



# Glastuinbouw Waterproof: Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen (WP6)

Fase 2 - Desktop studie afzetmogelijkheden van concentraat als meststof voor andere teelten

Jos Balendonck<sup>1</sup>, Lourens Feenstra<sup>2</sup>, Erik van Os<sup>1</sup>, Carin van der Lans<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wageningen UR Glastuinbouw <sup>2</sup> TNO-Apeldoorn



## Referaat

Dit rapport geeft de resultaten van een desktop studie naar de haalbaarheid van valorisatie van stikstof-, fosfaat- en natriumrijke afvalwaterstromen uit de substraatteelt. Afzetroutes voor grondteelten, substraatteelten en aquacultuur zijn geëvalueerd door te kijken naar de gewenste samenstelling, logistiek, wetgeving, markt en implementatie termijn. Milieuwetgeving stelt dat hergebruik mag als het om dezelfde toepassing gaat. Voor hergebruik in een andere teelt, buiten het eigen bedrijf, is een vergunning nodig. Om transportkosten te besparen moet de afvalwaterstroom hoog geconcentreerd en het liefst dichtbij afgezet worden. Nutriëntenrijke drijfmest is op de markt een grote concurrent. Bewerking is vaak nodig omdat afnemers eigen kwaliteitseisen stellen. Met geavanceerde oxidatie, elektrochemische flocculatie en  $O_3$  met actief kool kunnen ziektekiemen en gewasbeschermingsmiddelen deels verwijderd worden. Met nano-filtratie en elektro-dialyse kan tot op zekere hoogte de nutriëntensamenstelling aangepast worden. Voor de korte termijn worden kansen gezien voor de afzet naar meststoffenleveranciers van vloeibare meststoffen en de bemesting van grasland. Voor de langere termijn zijn er kansen voor toepassing als aanvullende bemesting bij zout-tolerante teelten, mits uit onderzoek economisch interessante rassen daarvoor beschikbaar komen. Ook de algenteelt voor biobrandstof zou op termijn een markt kunnen vormen. Er moet wel gezocht worden naar het type alg dat optimaal presteert.

## Abstract

This report presents the results of a desktop study on the feasibility of valorisation of nitrogen, phosphate and sodium rich wastewater flows from the substrate cultivation. Disposal routes for soil cultivation, substrate crops and aquaculture are evaluated by looking at the desired composition, logistics, legislation, market options and implementation period. Environmental legislation states that reuse is allowed if the application is the same. For reuse in another crop, external to the greenhouse, a license is required. To save on transportation costs, a high concentrated wastewater is needed which preferably can be deposited near-by. Nutrient-rich slurry is a major competitor in the market. Water treatment is often necessary because all customers have their own quality requirements. With advanced oxidation, electrochemical flocculation and  $O_3$  with activated carbon can partly remove germs and pesticides. Nano filtration and electro dialysis can, to some extent, alter the nutrient composition. For the short term, there are opportunities for sales to fertilizer suppliers of liquid fertilizers and fertilization of grassland. For the longer term, there are opportunities for application as additional fertilizer application on salt-tolerant crops, provided research yields economically interesting varieties. Algae cultivation for biofuel would eventually constitute a market, but still the type algae that performs optimally must be found.

© 2012 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

## Overige financiers / partners:



## Overige uitvoerenden:



# Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk  
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk  
Tel. : 0317 - 48 56 06  
Fax : 010 - 522 51 93  
E-mail : [glastuinbouw@wur.nl](mailto:glastuinbouw@wur.nl)  
Internet : [www.glastuinbouw.wur.nl](http://www.glastuinbouw.wur.nl)

# Inhoudsopgave

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Doel van het onderzoek in fase 2	9
	1.2 Leeswijzer	9
2	Waterstromen en scenario's voor afzet	11
	2.1 Waterstromen	11
	2.2 Scenario's voor afzetroutes	12
3	Indeling afzetroutes en teelten	15
	3.1 Afzetroutes	15
	3.2 Teelten	15
	3.3 Preselectie van kansrijke afzetroutes en teelten	16
	3.4 Beschrijving van kansrijke afzetroutes	17
	3.4.1 Concentraat als grondstof voor vloeibare of vaste meststoffen	17
	3.4.1.1 Vloeibare meststoffen (6a)	17
	3.4.1.2 Vaste meststoffen (6b)	18
	3.4.2 Afvalwater bij alternatieve teelt op het eigen of nabijgelegen bedrijf	19
	3.4.2.1 Afvalwater bij alternatieve teelt op eigen bedrijf (7-in)	19
	3.4.2.2 Afvalwater bij alternatieve teelt op een nabijgelegen bedrijf (7-ex)	19
	3.4.3 Concentraat bij andere (glas)tuinbouw bedrijven	20
	3.4.3.1 Andere (glas)tuinbouw bedrijven met teelt op substraat (7a)	20
	3.4.4 Concentraat bij grondteelten in de regio	20
	3.4.4.1 Vollegronds tuinbouw (7b)	20
	3.4.4.2 Akkerbouw (7c)	20
	3.4.4.3 Grasland (7d)	21
	3.4.5 Afvalwater of concentraat in zouttolerante teelten	21
	3.4.5.1 Zouttolerante teelt op nabijgelegen bedrijf (8a1, 8a2)	21
	3.4.5.2 Zouttolerante substraatteelt op eigen bedrijf (8a2)	22
	3.4.6 Afvalwater of concentraat in aquacultuur teelten	22
	3.4.6.1 Aquacultuur voor non-food toepassingen (8b1)	22
	3.4.6.2 Aquacultuur voor food toepassingen (8b2)	23
4	Analyse van haalbaarheid afzetroutes	25
5	Evaluatie afzetmogelijkheden	31
	5.1 Resterende onderzoeksvragen en acties	31
	5.2 Beoordeling van afzetroutes	32
6	Conclusies	33

7	Bijlagen	35
	7.1 Relevante wet- en regelgeving (algemeen)	35
	7.2 Logistiek	38
	7.3 Afzetroutes (Factsheets)	38
	7.3.1 Route 6: Concentraat als grondstof voor meststoffen leverancier	38
	7.3.2 Route 7: Concentraat voor bestaande grond- of substraat teelten	41
	7.3.3 Route 8: Concentraat voor toekomstige teelten	53
	7.4 Stakeholder interviews	68
	7.4.1 Stakeholder identificatie	68
	7.4.2 Verslag gesprek Van Ieperen	70
	7.4.3 Verslag gesprek Priva	70
	7.4.4 Verslag gesprek Horticoop	71
	7.4.5 Verslag gesprek Yara	72
	7.4.6 Gesprek verslag RHP	73
	7.4.7 Verslag gesprek PPO-AGV	73
8	Referenties	75
	8.1 Literatuur	75
	8.2 Links	79

# Voorwoord

Deze studie (fase 1 en fase 2) is uitgevoerd als Werkpakket 6 (Valorisatie) in het kader van het KRW-project “Glastuinbouw Waterproof - substraatteelten”, in opdracht van AgentschapNL, en onder verantwoordelijkheid van het Productschap Tuinbouw (Zoetermeer). De overall projectleiding was in handen van Joke Klap (Productschap Tuinbouw). Voor de technisch inhoudelijke kant van het algehele project was Ellen Beerling van Wageningen-UR Glastuinbouw verantwoordelijk. Het werkpakket 6 (Valorisatie) werd geleid door TNO-Earth and Environmental Sciences (Apeldoorn), in de persoon van Raymond Creusen. Binnen dit werkpakket was Lourens Feenstra (TNO) inhoudelijk uitvoerder voor de verkenning van fase 1 en de water-technische onderdelen uit het laboratorium onderzoek van fase 2. Jos Balendonck (Wageningen-UR Glastuinbouw) was verantwoordelijk voor de uitvoering van de desktopstudie naar de haalbaarheid van valorisatie in andere teelten (fase 1 en 2).

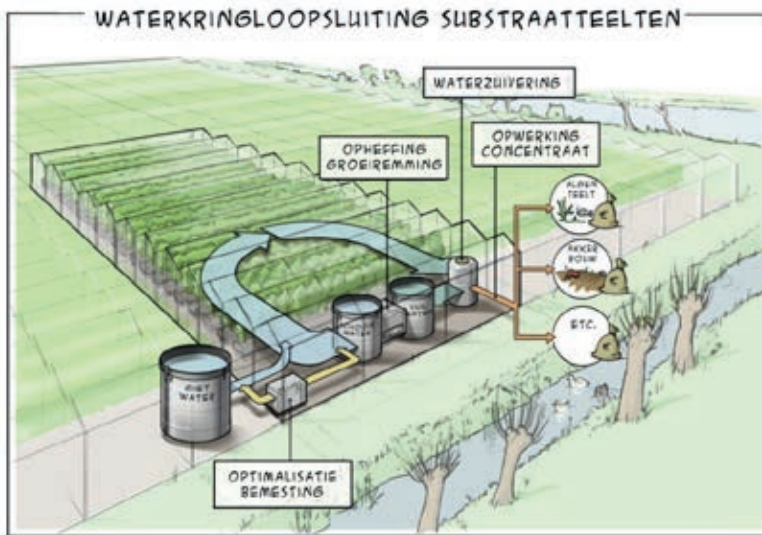
Aan de desktopstudie hebben meerdere personen van Wageningen-UR Glastuinbouw een bijdrage geleverd. Op de eerste plaats Erik van Os, die als onderzoeker binnen werkpakket 5 de waterstromen voor zuivering op het bedrijf in kaart heeft gebracht, en stakeholder interviews heeft afgenomen. Met hem is de afstemming met werkpakket 5 uitgewerkt. Verder hebben Roel Janssen en Jim van Ruijven input geleverd met betrekking tot de teelten van algen. Carin van der Lans heeft in de laatste fase van dit onderzoek de meeste stakeholder interviews uitgevoerd.

Bij het algehele onderzoek “Glastuinbouw Waterproof-substraatteelten” zijn een groot aantal partijen betrokken. Deze zijn: Wageningen UR Glastuinbouw, TNO, Groen Agro Control, Fytagoras, LTO Groeiservice, Bruine de Bruin BV, Priva BV, Stolze BV, Hellebrekers Technieken, Waterschap Peel en Maasvallei, Hoogheemraadschap van Delfland, Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, Bayer CS, Syngenta, BASF.

Binnen dit specifieke onderzoek gaat onze dank uit naar alle bedrijven en personen die door middel van adviezen en commentaren hun input aan deze verkenning hebben gegeven. Met name die personen die in persoonlijke interviews hun visie op hergebruik van tuinbouw afvalwater hebben geventileerd. Dit zijn met name Dick Zwartveld, Nico van Enthoven (Priva), Peter van der Drift en Peter Klein (Horticoop), Dick van der Vliet (Yara), Hans Verhagen (RHP), Willem van Geel (PPO-AGV), Martien Melissant, Daan Verheijen, Dick Breuchem (Van Ieperen) en Willem Brandenburg en Greet Blom (Plant Research International).

Jos Balendonck  
Wageningen-UR Glastuinbouw  
Wageningen, 8 november 2012





De partners in het project Glastuinbouw Waterproof Substraat hebben in de periode mei 2010 - oktober 2012 oplossingen (door)ontwikkeld voor het voorkomen van emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen naar het oppervlaktewater of riool. Dit heeft zijn beslag gekregen in 6 werkpakketten rond de thema's: maximaliseren van het hergebruik door opheffen van groeiremming (WP 1 en 2) en de optimalisatie van bemesting (WP 3 en 4), het zuiveren en valoriseren van het restant te lozen water (WP 5 en 6). Communicatie van resultaten naar de sector liep als rode draad door alle werkpakketten heen.

De resultaten zijn weergegeven in de volgende rapporten:

- Maas, B van der; Os, E van; Blok, C; Beerling, E & Enthoven, N (2012). Zuivering recirculatiewater in de rozenteelt, duurproef. Werkpakket 1. Wageningen UR Rapport GTB-1198
- Maas, B van der; Raaphorst, M & Beerling, E (2012). Monitoren bedrijven met toepassing van geavanceerde oxidatie als waterzuiveringsmethode. Werkpakket 1. Wageningen UR Rapport GTB-1199
- Maas, B van der; Meijer, R; Driever, S; Warmenhoven, M; Boer, P de; Blok, C; Marrewijk, I; Holtman W; Oppedijk B (2012). Opsporen en meten van groeiremming vanuit het recirculatiewater. Werkpakket 2. Wageningen UR Rapport GTB-1200
- Gieling, T; Blok, C; Maas, B van der; Os, E van & Lagas, P (2012). Literatuurstudie ion-specifieke meetmethoden. Werkpakket 3. Wageningen UR Rapport GTB-1195
- Boer-Tersteeg, P de; Winkel, A van; Steenhuizen, J; IJdo, M; Eveleens, B & Blok, C (2012). Een blauwdruk voor optimaal hergebruik van drainwater getoetst op 5 bedrijven. Werkpakket 4. Wageningen UR Rapport GTB-1196
- Jurgens, R; Appelman, W; Kuipers, N; Feenstra, L; Creusen, R; Os, E van; Bruins, M & Balendonck, J (2010). Haalbaarheidsstudie zuiveringstechnieken restant-water substraatteelt. Werkpakket 5. TNO rapport TNO-034-UT-2010-02389
- Jurgens, R; Appelman, A; Zijlstra, M; Creusen, R; Os, E. van (2012). Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt - WP5-onderzoek fase 2 (laboratorium onderzoek). TNO Rapport
- Appelman, A; Creusen, R; Jurgens, R; Medevoort, J van; Zijlstra, M; Os, E. van (2012). Glastuinbouw Waterproof, substraatteelt - WP5-onderzoek fase 3 (pilotonderzoek membraandestillatie). TNO Rapport
- Feenstra, L; Balendonck, J & Kuipers, N (2011). Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen. Fase 1 - Desktop studie "Scenario's". Werkpakket 6. Wageningen UR Rapport GTB-1203
- Feenstra, L; Nijhuis, M; Bisselink, R; Kuipers, N; Jurgens, R (2012). Valorisatie van concentraatstromen. Fase 2 - Laboratoriumonderzoek. TNO-rapport | TNO-060-UT-2012-01396
- Balendonck, J; Feenstra, L.; Os, E van; Lans D van der (2012). Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen. Fase 2 - Desktop studie afzetmogelijkheden van concentraat als meststof voor andere teelten. Werkpakket 6. Wageningen UR Rapport GTB-1204
- Os, E van; Jurgens, R; Appelman, W; Enthoven, N; Bruins, M; Creusen, R; Feenstra, L; Santos Cardoso, D; Meeuwse, B & Beerling, E. (2012). Technische en economische mogelijkheden voor het zuiveren van spuiwater. Wageningen UR Rapport GTB-1205

# Samenvatting

Dit rapport geeft de resultaten weer van een desktop studie naar de mogelijkheden van valorisatie van afvalwaterstromen uit de substraatteelt in andere teelten. Deze studie is één onderdeel (fase 2 van werkpakket 6) van een groter geheel van werkpakketten welke in het KRW-project "Glastuinbouw Waterproof - Substraatteelten" is uitgevoerd. Binnen dit werkpakket is een eerder tussentijdsrapport verschenen voor fase 1: "Glastuinbouw Waterproof - WP6: Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen" in mei 2011. Dit rapport is het tweede en tevens eindrapport van de desktopstudie.

Voor deel 2 van de desktopstudie, zoals vastgelegd in het onderhavige rapport, werden de beschikbare waterstromen voor valorisatie en de verschillende afzetroutes eerst geïdentificeerd. Afzetroutes werden daarna geclassificeerd in drie groepen: grondteelten, substraatteelten en aquacultuur en vervolgens globaal beschreven. Detail resultaten werden opgenomen in de factsheets als bijlagen, welke als achtergrond gediend hebben voor de nadere analyse van de haalbaarheid van de afzetroutes. Bij de evaluatie van de afzetroutes werd ook gebruik gemaakt van de resultaten verkregen uit enkele stakeholder gesprekken. Er werd vooral gekeken naar de eisen die ontvangers aan de samenstelling van de waterstroom stellen. Ook de logistiek, relevante regelgeving en een globale marktanalyse kwamen daarbij aan bod. Voor de potentiële afzetroutes is verder gekeken op welke termijn een praktische implementatie haalbaar werd geacht. Afzetroutes werden op haalbaarheid en implementeerbaarheidstermijn gerangschikt, en een advies voor korte en lange termijn acties is gegeven.

Telers beperken hun afval-, drain- en spuiwater door efficiënt water en meststoffen te gebruiken. Als er toch geloosd wordt, en nadat water en eventueel meststoffen voor hergebruik in de eigen teelt zijn onttrokken, blijft er een restproduct over voor valorisatie in andere teelten met vooral stikstof, fosfor en mogelijk natrium. Alleen de meststoffen daarin vertegenwoordigen een economische waarde van ca. €1,75/m<sup>3</sup>. Uit het oogpunt van milieuwetgeving verdient het aanbeveling om dit product op eigen bedrijf te gebruiken eventueel voor een alternatieve (zout-tolerantere) teelt. Afzet buiten het eigen bedrijf kan, maar de economische haalbaarheid hangt vooral af van de aanwezigheid van lokale geïnteresseerde afnemers of de mogelijkheid om het volume drastisch te reduceren, omdat de transportkosten relatief hoog zijn (ca. € 2,50/m<sup>3</sup> per vracht, bij 25 km), en de intrinsieke waarde laag. Er is op dit moment veel concurrentie van de aanvoer van drijfmest, waarvoor nu al een ontheffing voor afzet afgegeven is.

Het vinden van een afnemer is in de praktijk lastig omdat elke toepassing eigen eisen stelt qua meststofsamenstelling en de aanwezigheid van natrium, ziektekiemen of gewasbeschermingsmiddelen. Bewerking van het concentraat is vaak nodig. Met geavanceerde oxidatie (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> met UV) kunnen ca. 80% van de gewasbeschermingsmiddelen en 100% van de ziektekiemen uit het water verwijderd worden. Elektrochemische flocculatie en O<sub>3</sub> met actief kool kunnen op termijn daarvoor mogelijk ook ingezet worden. Nano-filtratie (scheiden van eenwaardige en tweewaardige ionen) en elektrolyse kunnen mogelijk ingezet worden om de nutriëntensamenstelling aan te passen.

Voor de korte termijn, tot 2020, worden er kansen gezien voor afzet naar regionale markten zoals de substraat(glas)tuinbouw met centrale zuivering. Deze variant is zinvol voor nieuw te ontwikkelen glastuinbouwgebieden. Meststoffenleveranciers kunnen het spuiwater na concentratie inzamelen en buiten de regio verwerken tot een vloeibare mengmeststof voor de landbouw. Daarnaast kan mogelijk het natriumrijke spuiwater of het concentraat, ontdaan van gewasbeschermingsmiddelen, ingezet worden voor grasland bemesting.

Voor de langere termijn (na 2020) zijn er kansen voor valorisatie door toepassing van het concentraat als aanvullende bemesting bij zout-tolerante teelten op eigen bedrijf. Het onderzoek moet daarvoor wel geschikte gewassen en rassen opleveren, die economisch interessant zijn. Ook de algenteelt voor biobrandstof of veevoer zou op termijn een markt kunnen vormen. Algen hebben goede groeimogelijkheden op nutriëntrijke afvalwaterstromen. Er moet wel gezocht worden naar het type alg dat optimaal presteert onder de gegeven vloeistof samenstelling. Effecten op de ontwikkeling t.g.v. gewasbeschermingsmiddelen, natrium concentraties, en andere microverontreinigingen is nog onbekend.

Een breed scala van andere, minder kansrijke, opties zijn afzet via de vollegronds tuinbouw, aquacultuur: voor non-food toepassingen, grondstof voor vaste meststoffen, zouttolerante buitenteelten (bv. groenten, aardappelen), akkerbouw en de productie van biomassa (riet e.d.). Deze opties vergen alle meer onderzoek, vergen aanpassingen van wetgeving of zijn economisch minder interessant.

Ten aanzien van de valorisatie van afvalwaterstromen worden de volgende aanbevelingen gedaan: Telers moet ervoor zorgen hun water en meststoffen, maar ook hun concentraat, zolang mogelijk in te zetten op eigen bedrijf eventueel in een alternatieve zout-tolerante teelt, door toepassing van waterterugwinning en zuiveringstechnieken. Waar het gebruik op eigen

bedrijf niet mogelijk is, moet gezocht worden naar afzet in de directe omgeving of regio van het eigen bedrijf. Bij nieuw te ontwikkelen glastuinbouw gebieden moet overwogen worden om een centrale waterbehandeling te ontwikkelen waarbij al het glastuinbouw afvalwater wordt opgewerkt tot kwalitatief goed gietwater. Bij bestaande glastuinbouw moeten afnemers gezocht worden in de veeteelt voor aanvullende grasland bemesting/beregening, waarbij gewasbeschermingsmiddelen vooraf verwijderd moeten worden. De markt hiervoor, en de mogelijke wetgevende beperkingen moeten in beeld gebracht worden. De afzetroute voor geconcentreerd spuiwater via langere afstandstransport buiten de regio naar een meststoffenleverancier moet verder verkend worden op economische haalbaarheid en technische uitvoerbaarheid. Onderzoek naar toepassing van de drain voor de teelt van algen en zout-tolerante gewassen moet opgezet worden.



# 1 Inleiding

In fase 1 van het onderzoek is in de haalbaarheidsstudie “Valorisatie van concentraatstromen” (Feenstra e.a., 2011) een overzicht opgesteld van de meest perspectiefvolle technieken die in aanmerking komen voor doorontwikkeling in fase 2. Daarnaast zijn een aantal technieken en onderwerpen benoemd die in aanmerking komen voor een nadere verkenning middels een desktop studie. Op basis van de bevindingen in fase 1 van het onderzoek is door het projectteam besloten om in het laboratoriumonderzoek van fase 2 (Feenstra e.a., 2012) aandacht te besteden aan de volgende onderwerpen:

- Nutriëntenterugwinning door toepassing van nanofiltratie (NF) en elektrolyse (ED), en
- Fosfaatmeststof, precipitatie van fosfaat als struviet.

Verder is besloten om in een desktop studie aandacht te besteden aan de afzetmogelijkheden van het concentraat als meststof voor andere teelten, de valorisatie. Dit rapport geeft de resultaten weer van de deze desktop studie.

## 1.1 Doel van het onderzoek in fase 2

Uit de resultaten van de studie uit fase 1 is gebleken dat hergebruik van het volledige drainwater of het concentraat daarvan, het meeste economische perspectief zal hebben wanneer dit direct of indirect weer ingezet kan worden voor de teelt van gewassen, eventueel na beperkte opwerking daarvan. De aantal mogelijke routes (teelten) is enorm divers, en een volledig beeld van de meest kansrijke afzetroutes daarbinnen is er zeker nog niet. Fase 1 heeft wel al een aantal aanknopingspunten daarvoor opgeleverd. Doel van deze studie (fase 2) is om een inventarisatie te maken van mogelijke routes. Voor alle routes willen we dan inzicht krijgen in de eisen die afnemers stellen aan het ontvangende water; eventuele belemmeringen door wetgeving of logistiek; het marktperspectief; en de termijn waarop de afzetroute praktisch geïmplementeerd zou kunnen worden. Dit alles moet leiden tot een overzicht met meest kansrijke afzetroutes die op de korte termijn (voor 2020) geïmplementeerd zouden kunnen of andere routes die voor de langere termijn (tot 2027) onderzocht kunnen worden.

## 1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de verschillende afzetroutes geïdentificeerd en worden de beschikbare waterstromen geïdentificeerd en beschreven. In detail worden deze routes toegelicht in de bijlagen (factsheets). Daarna (hoofdstuk 3) komen de verschillende teelten aan bod, globaal geïdentificeerd in 3 groepen: grondteelten, substraatteelten en aquacultuur. Hierin wordt aangegeven welke eisen deze teelten aan de watersamenstelling stellen. In hoofdstuk 4 worden de verschillende teelten en de mogelijke afzetroutes met elkaar gematched en wordt bezien welke waterstroom gebruikt kan worden, en of er in de route een bewerkingsstap (indirect) noodzakelijk is, of dat de waterstroom direct toegepast kan worden. Hierbij zal vooral gekeken worden naar eisen t.a.v. de watersamenstelling. Waar nodig zullen binnen de drie hoofdgroepen de meest kansrijke subgroepen nader benoemd worden op basis van algemene kennis van de sector. Zo ontstaat een groslijst van potentiële afzetroutes. In het volgende hoofdstuk 5 zal deze groslijst tegen het licht gehouden worden van een aantal randvoorwaarden zoals wetgeving, logistiek, markt en toekomstperspectief. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een overzicht van de kansen en de resterende onderzoeksvragen. Hoofdstuk 6 verwoordt tenslotte de conclusie.



## 2 Waterstromen en scenario's voor afzet

### 2.1 Waterstromen

De mogelijk waterstromen die gebruikt kunnen worden ter valorisatie zijn:

- AFVALWATER: De totale onbewerkte afvalwaterwaterstroom (spui + drain + afvalwater). Voor deze stroom uit simulaties vastgesteld dat het volume in de praktijk sterk varieert in de tijd en afhankelijk is van gewas en teeltsysteem. Voor groenten (paprika, tomaat) ligt dit doorgaans tussen 100-900 m<sup>3</sup>/ha/jaar en voor bloemen (roos en gerbera) tussen 500 en 2600 m<sup>3</sup>/ha/jaar);
- CONCENTRAAT+: Het concentraat dat resteert na waterterugwinning met nutriënten, zouten en verontreinigingen, door toepassing van een RO of MD-installatie. De volumestroom wordt hierbij een factor 5 - 10 x ingedikt.
- CONCENTRAAT-: Het concentraat dat resteert na gedeeltelijke nutriëntenterugwinning en waterterugwinning met daarin een beperktere hoeveelheid nutriënten, hoofdzakelijk eenwaardige ionen (K, Na, NO<sub>3</sub>, Cl) en verontreinigingen. Dit concentraat ontstaat wanneer een NF-apparaat voorgeschakeld wordt aan een RO of MD-installatie waarmee 80-90% van de tweewaardige ionen en tot 30% van het natrium verwijderd kan worden<sup>1</sup>. Het natrium wordt vervolgens samen met nitraat en kalium ingedikt tot een concentraatstroom.
- Brijn: restant natriumrijk water dat vrijkomt na zuivering van (brak) grondwater door gebruik van een RO-installatie. Over het algemeen hebben groenten bedrijven (tomaat, paprika) een brijnstroom volume van 100 - 1250 m<sup>3</sup>/ha/jaar en bloemen bedrijven (roos, gerbera) een volume van 300 - 1400 m<sup>3</sup>/ha/jaar.

In fase 1 is de samenstelling en het volume van de stromen vastgesteld.

---

<sup>1</sup> Voor landbouwtoepassingen is het aanwezige natrium in het Concentraat- waarschijnlijk geen probleem. In mineralenconcentraat van drijfmest zitten vergelijkbare gehalten Na en voor grasland is de aanwezigheid van natrium mogelijk zelfs een pré.

Tabel 1. Samenstelling en volume van huidige afvalwaterstroom (een gemiddelde voor verschillende gewassen), Concentraat+ bij 5x indikken, Concentraat- na gedeeltelijke verwijdering nutriënten en Na, en brijn-RO (Van Os, 2010). \*) Data van RO-brijn afkomstig van Priva, 2010 (grondwaterbron de Lier). \*\*) Schatting van samenstelling op basis van uitkomsten van eerste experimenten uit WP5.

	Afvalwater		Concentraat+		Concentraat-		Brijn-RO (*)	
Hoeveelheid (m <sup>3</sup> /ha/dag)	3.4 - 7.3		0.7 - 1.5				22 -39	
EC (mS/cm)	3.5		17.5				14.1	
Samenstelling	mmol/l	mg/l	mmol/l	g/l (**)	mmol/l	g/l	mmol/l	g/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.4	7.0	1.9	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21.1	295.4	105.5	1.5	105.5	1.5	0.0	0.0
K <sup>+</sup>	7.8	303.8	39.0	1.5	39.0	1.5	2.1	0.1
Na <sup>+</sup>	5.5	126.4	27.5	0.6	19.3	0.4	87.2	2.0
Cl <sup>-</sup>	3.7	132.4	18.7	0.7	18.7	0.7	118.0	4.2
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1.3	39.2	6.3	0.2	1.3	0.0	0.0	0.0
Ca <sup>2+</sup>	9.2	370.7	46.2	1.9	9.2	0.4	14.1	0.6
Mg <sup>2+</sup>	4.1	98.6	20.3	0.5	4.1	0.1	13.0	0.3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5.0	477.1	24.8	2.4	5.0	0.5	0.1	0.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.3	79.3	6.5	0.4	6.5	0.4	25.5	1.6

Naast de aanwezige zouten en nutriënten bevatten de waterstromen ook nog de volgende relevante stoffen, tenzij deze er specifiek op het bedrijf uitgehaald worden:

- o ziekteverwekkende micro-organismen; Als het gaat om ziekteverwekkende micro-organismen (b.v. Pythium, Phytophthora, Fusarium en Rhizoctonia of bacteriën) is uit data van laboratoria tests bekend dat concentraties in de orde van 1.000 - 120.000 k.v.e<sup>2</sup>/ml kunnen liggen;
- o niet schadelijke micro-organismen;
- o algen;
- o gewasbeschermingsmiddelen, bijvoorbeeld: imidacloprid, cyprodinil, spiroxamine, kreoxim-methyl; en
- o overige organische microverontreinigingen (afscheidingsstoffen planten, humuszuren).

## 2.2 Scenario's voor afzetroutes

In fase 1 van het onderzoek voor WP5 en WP6 zijn een viertal scenario's voor afzet van afvalwater of concentraat geïdentificeerd voor toepassing in andere teelten dan de eigen teelt. Dit waren:

- Water- en gedeeltelijke nutriëntenterugwinning en afzet concentraat als meststof in de landbouw (route 6);
- Directe afzet drainwater bij bestaande teelten op eigen bedrijf (route 7-intern);
- Directe externe afzet concentraat bij bestaande teelten: glastuinbouw/substraatteelt (route 7a), vollegronds tuinbouw (route 7b) of landbouwgrond (route 7c); en
- Directe afzet concentraat nieuwe teelten: zouttolerante gewassen (route 8a) of aquacultuur (route 8b).

2 K.v.e. = kolonie vormende eenheden.

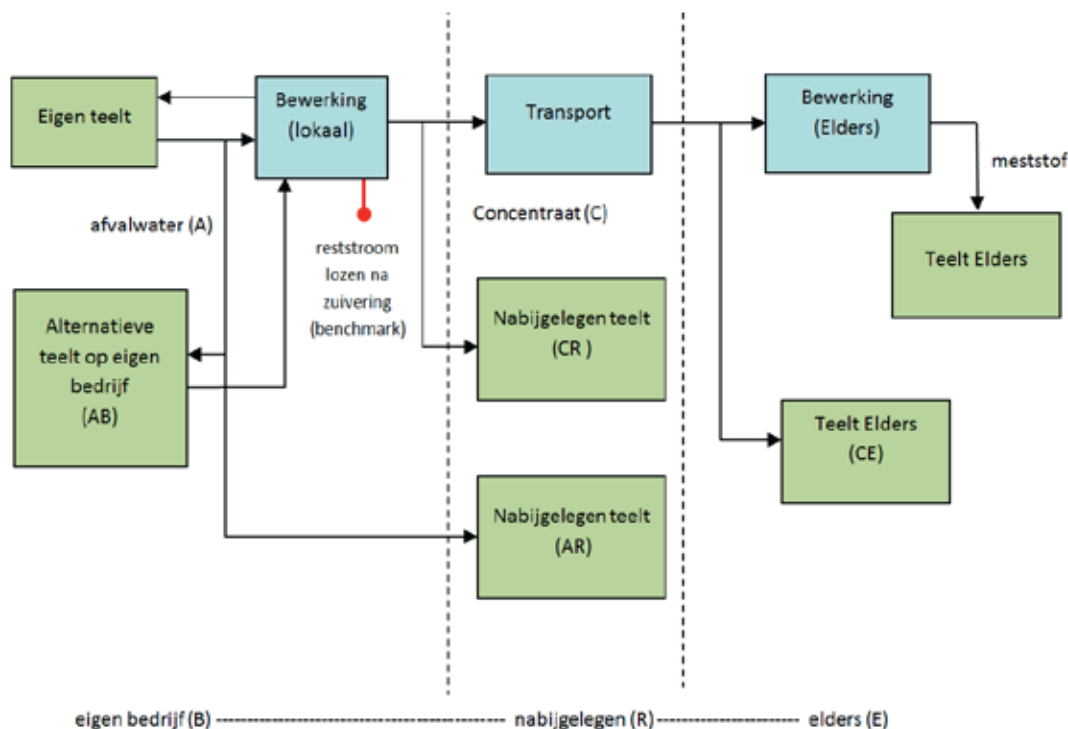
De benaming “direct” geeft hierbij aan dat het product (afvalwater of concentraat) zonder verdere op- of bewerking door een afnemer toegepast kan worden voor een teelt of toepassing. Indien wel een extra bewerkingsstap noodzakelijk is wordt voor deze route de term “indirect” gebruikt.

Voor de meeste van deze afzetroutes is geconstateerd dat deze op de langere termijn mogelijk interessant kunnen zijn, maar dat nog nader (fundamenteel) onderzoek, dan wel een aantal stappen gezet moeten worden om tot implementatie te komen. In fase 2 is daarom een desktopstudie gepland die nadere informatie verzamelt over de afzetmogelijkheden van het afvalwater en/of concentraat (resultaat na al of niet toepassing van de in WP5 geadviseerde technieken) bij andere teelten. De nadruk ligt op het perspectief van deze afzetmogelijkheden en welke eisen er zullen worden gesteld. Uitgangspunt (zie Figuur 1.) is de directe afzet van de afvalwaterstroom (spui en/of brijn) of het concentraat in bestaande teelten zoals de straatteelt, eventueel op eigen bedrijf bij een alternatief (zouttoleranter) gewas of een teelt elders, vollegronds tuinbouw en de benutting op landbouwgrond (akkerbouw, grasland), maar ook de afzet van het concentraat bij nieuwe (nog in onderzoek zijnde) externe teelten van zouttolerante gewassen of de aquacultuur en algenteelt (micro algen, macro algen en zeegroenten).

Tabel 2. Mogelijke afzetroutes.

Afstand tot bedrijf	Afvalwater	Concentraat
Eigen Bedrijf	Volledig hergebruik van afvalwater in een andere teelt op eigen bedrijf (AB).	Toepassing van het concentraat op eigen bedrijf in een andere teelt (CB)
In de Regio	Het via beperkte logistiek direct afzetten van afvalwater in een andere teelt in de nabijheid van het eigen bedrijf (AR).	Het via beperkte logistiek direct afzetten van concentraat in een andere teelt in de nabijheid van het eigen bedrijf (CR).
Elders of Extern	Volledig hergebruik van afvalwater op verre afstand van eigen bedrijf (AE)	Gebruik van concentraat op grotere afstand van eigen bedrijf (CE)

Bij de behandeling van de verschillende opties (Tabel 2. Mogelijke afzetroutes.) maken we in eerste instantie onderscheid tussen het type waterstroom (afvalwater of concentraat) en anderzijds de afstand tussen de producent en de afnemer van de waterstroom (op eigen bedrijf, in de regio, of elders). De afstand tussen producent en afnemers is namelijk erg belangrijk voor de economische haalbaarheid van een afzetroute in verband met de kosten van transport. Een schematisch overzicht van de scenario's wordt gegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Afzetroutes.



Van de verschillende routes zullen we een tweetal routes buiten beschouwing laten. De route (AE) waarbij afvalwater op grotere afstand van de producent gebruikt zal worden, wordt niet economisch rendabel geacht vanwege de kosten van de grote vracht over langere afstand. Ook de toepassing van het concentraat op eigen bedrijf (CB) wordt hier buiten beschouwing gelaten. We gaan er vanuit dat binnen WP5 er alles aan gedaan zal worden om zoveel mogelijk water en nuttige stoffen uit het afvalwater te halen om dit te hergebruiken voor de eigen teelt. Het concentraat zal daarom in alle gevallen het eigen bedrijf verlaten.

Het direct toepassen van het volledige afvalwater in een andere teelt op eigen bedrijf (AB) wordt wel als optie meegenomen. Een mogelijk voordeel van deze route kan zijn dat hiervoor niet de wet- en regelgeving t.a.v. de afvalstoffen geldt. We denken daarbij vooral aan de mogelijkheid om zouttolerante varianten van het eigen gewas of juist andere zouttolerante gewassen toe te passen. Indien het afvalwater voor een alternatieve teelt op eigen bedrijf gebruikt wordt, ook dan zal het restproduct weer de kas verlaten als concentraat via een lokale zuiveringsstap. Deze route heeft alleen nut (kan economisch interessant zijn) indien de alternatieve teelt veel toleranter met de kwaliteit van het water is, mogelijk schadelijke stoffen of nutriënten kan verwijderen of bijvoorbeeld het nieuwe afvalwater een nog hoger zoutgehalte heeft. Ook voor deze teelten moet er uiteindelijk wel een oplossing bedacht worden om het nieuwe afvalwater te verwerken *et al.* te voeren.

Ten aanzien van de afzet van afvalwater bij een teelt buiten de eigen kas, gaan we er vanuit dat de ontvangende partij in de nabijheid van de producent gevestigd is (AR). Als de transportkosten te hoog zijn, is waterterugwinning en het concentraat elders gebruiken als bron voor meststoffen het enige alternatief. Een route waarbij het afvalwater van één producent gebruikt wordt door één of meerdere ontvangende(n) partij(en), zonder tussenkomst van een derde partij (bv. voor in-/verzameling, opwerking, distributie), noemen we "cascadering". Voor deze route geldt, net als voor de toepassing van het volledige afvalwater binnen eigen bedrijf, dat het alleen nut heeft indien het teeltsysteem toleranter is met de waterkwaliteit en een toegevoegde waarde heeft m.b.t. de zuivering van het water. Cascadering kan ook over meerdere schakels verlopen. Hierbij gebruikt een volgende teler telkens het afvalwater van zijn buurman, en geeft op zijn beurt het afvalwater weer verder aan de volgende. Dit gaat door totdat de laatste teler zijn afvalwater moet lozen en/of reinigen. In de cascade lijn worden dan telkens gewassen geteeld die toleranter zijn voor de hogere concentraties natrium en bio verontreinigingen. Het meest efficiënt is dit concept als het afvalwater gebruikt kan worden zonder verdere opwerking. Eventueel kunnen tussenzuiveringsstappen (ontsmetting), al of niet bij de producent of afnemer, gebruikt worden om ziekteverspreiding te voorkomen. Uiteindelijk kunnen er combinaties gemaakt worden met andere watergebruikers (bv. vollegronds tuinbouw, akkerbouw, grasland e.d. of zelfs industrieën zoals bijvoorbeeld de groente verwerkende industrie voor de toepassing als waswater).

De afzet van het concentraat buiten de eigen kas lijkt zowel in de regio (CR) als daarbuiten (CE) mogelijk. De economische haalbaarheid van toepassing van het concentraat bij een teelt elders zal naar verwachting wel sterk afhangen van de mate waarin het concentraat ingedikt kan worden op het bedrijf i.v.m. de transportkosten. De indirecte afzetroute waarbij het (nog waterige) concentraat van het bedrijf nog een opwerkingsstap moet ondergaan voordat het als nutriëntrijk gietwater afgezet kan worden komt hierbij uitdrukkelijk aan bod. De teler zou hiertoe zelf apparatuur kunnen installeren (samenvoegen met apparatuur uit WP5); of zou dit als dienst kunnen inkopen van bijvoorbeeld de transporteur (zuiveren en afvoeren aan huis); of zou dit extern kunnen laten doen op een centrale plek. Bij dit laatste indirecte gebruik kunnen we ook denken aan het regionaal opwerken van de afvalwaterstromen (in een vloeibare vorm) welke weer als meststof (of deels gietwater) regionaal toegepast kan worden. Deze laatste route is reeds eerder onderzocht in het KASZA-project (STOWA, 2007), en in het huidige AquaReUse project ([www.aquareuse.nl](http://www.aquareuse.nl)), en wordt in dit rapport niet nader beschouwd omdat hier de focus ligt op sluiting van de waterkringloop op bedrijfsniveau. De keuzes zullen afhangen van de hoeveelheid concentraat dat verwerkt moet worden en of telers reeds zuiveringsapparatuur beschikbaar hebben.

Een route-variant die niet in de haalbaarheidsstudie (fase 1) is geïdentificeerd, is de inname van het concentraat door een meststoffenleverancier (bewerking buiten het bedrijf). Die zou de waterige stroom mogelijk weer als grondstof kunnen gebruiken bij de productie van, of de opwerking tot droge of sterk ingedikte vloeibare meststoffen voor andere teelten (grondteelt, akkerbouw, etc.). Als de samenstelling van het concentraat erg variabel is, dan zal mogelijk nog een selectiestap (kwaliteitscontrole) en een voorbereidingsstap noodzakelijk zijn bij de meststoffenleverancier. Als het concentraat van het bedrijf afgaat, is enige vorm van transport noodzakelijk, welke kan variëren van het lozen op een gesloten systeem (pijpen) tot het vervoeren via een transporteur (analogie aandrijfmest transport).

Indien de reststroom van een teelt niet gevaloriseerd kan worden is lozen (na zuivering) het enige alternatief. Voor het bepalen van de economische haalbaarheid van afzetroute varianten voor het afvalwater van eigen bedrijf nemen we deze lozingsvariant mee als benchmark.

## 3 Indeling afzetroutes en teelten

### 3.1 Afzetroutes

In het vorige hoofdstuk is er een opdeling van de routes gemaakt naar mogelijke plaats (eigen bedrijf, nabij of elders) en het type van de waterstroom (afvalwater of concentraat). Na een selectie op relevantie zijn daarbij 4 routes overgebleven welke onderzocht zullen worden:

- Toepassing van de afvalwaterstroom (Cascadering) op eigen bedrijf (AB)
- Toepassing van de afvalwaterstroom (Cascadering) op nabijgelegen bedrijf (AR)
- Toepassing van concentraat (Cascadering) op een nabij gelegen bedrijf (CR)
- Toepassing van concentraat op een elders gelegen bedrijf (CE).

Bij deze routes kunnen we in principe nog een opsplitsing maken tussen: zonder opwerking (**Direct**) en met opwerking (**Indirect**). In deze classificatie nemen we dit nog niet mee omdat de keuze eigenlijk afhangt van de gewenste samenstelling van het water voor een teelt. Deze analyse volgt in het volgende hoofdstuk. Van **Cascadering** is sprake als producent en afnemer de waterstroom verhandelen zonder tussenkomst van een derde partij (vervoerder/verwerker o.i.d.).

### 3.2 Teelten

De afzet naar teelten kan onderverdeeld worden in drie hoofdgroepen, eventueel nog verder onderverdeeld naar de verschillende (meest belangrijke) sectoren:

- o **Grondteelten.** Dit zijn teelten waarbij de gewassen in de grond geteeld worden zoals:
  - o Glastuinbouw, een bedekte teelt met bv. sla, radijs, chrysant, biologisch: tomaat, paprika, komkommer;
  - o Vollegronds tuinbouw, fruit-, bomen- en bollenteelt, onbedekte kleinschalige teelten van bv. kool, prei, sla, bessen, aardbei, fruit, welke vaak in rijen geteeld worden;
  - o Akkerbouw, grootschalige en volvelds gewassen zoals bijvoorbeeld graan, aardappelen, bieten, en mais; of
  - o Grasland, voor begrazing in de veehouderij, productie van graszoden, sportvelden en openbare of private parken en tuinen.
- o **Substraatteelten.** Dit zijn teelten los van de grond in vaak een ander teeltmedium dan grond zoals steenwol, perliet, kokos en veen of mengvormen daarvan, zoals:
  - o Glastuinbouw, bedekte teelten (in kassen) van bijvoorbeeld groenten, snijbloemen, potplanten en kruiden; of
  - o Open teelten, onbedekte of beperkt bedekte (onder tunnels) van groenten, bloemen, bomen, struiken e.d. in potten, containers, op stellingen, zoals aardbeien, bessen, rozen, boomstekken, e.d.
- o **Aquacultuur.** Dit zijn teelten op, of in water, zonder gebruik van een teeltmedium. Water en meststoffen worden via een gesloten en gerecirculeerd systeem aan de teelt toegevoerd in bakken, goten, containers, e.d. continue of via een intermitterend gietsysteem zoals:
  - o Gesloten systemen, in of onder glas, zoals bijvoorbeeld de teelt van tomaten met een NTF<sup>3</sup> systeem, of algen in gesloten buizen; of
  - o Open teeltsystemen, zoals bijvoorbeeld de teelt van algen of eendenkroos in vijvers, of prei, aardbei op water in goten.

---

3 Nutriënt Film Techniek, hierbij worden de vrijhangende wortels van het gewas regelmatig bespoten of doorspoeld met water en meststoffen.

Omdat binnen het onderzoek steeds verder gekeken wordt hoe bovenstaande teelten aangepast kunnen worden aan extremere omstandigheden (bv zout-tolerante gewassen, teelt van algen) is het belangrijk onderscheid te maken tussen:

- o **Bestaande teelten**, met alle kennis beschikbaar en teelt operationeel in praktijk, of
- o **Nieuwe teelten** of teeltsystemen, welke vanuit het onderzoek nog in ontwikkeling zijn.

### 3.3 Preselectie van kansrijke afzetroutes en teelten

In principe geeft bovenstaande afzet- en teeltindeling aanleiding tot 24 (4×3×2) mogelijke combinaties van een teeltsysteem en een afzetroute, waarbij de onderverdeling binnen de drie hoofdteeltsystemen niet meegenomen is. Uitgaand van de geïdentificeerde afzetroutes (6, 7, 8) uit fase 1 is een 6×4-matrix ingevuld zoals weergegeven in Tabel 3. Omwille van de eenvoud, zijn verschillende routes gecombineerd op basis van inschatting van de relevantie. Omdat de toepassing van aquacultuur (\*) redelijk nieuw is zal hiervoor geen onderscheid gemaakt worden tussen nieuwe en bestaande teelten, en nemen we alles als “nieuwe teelten” mee. Verder nemen we aan dat de productie van droge of sterk ingedikte meststoffen voor toepassing in nieuwe teelten (\*\*) in feite twee innovatiestappen zijn, en dat daarmee deze routes mogelijk minder kansrijk zijn. De directe toepassing van afvalwater in grondteelten (\*\*\*), zonder enige bewerking, lijkt een niet haalbare route. Immers, al het onderzoek zoals bijvoorbeeld “teelt-uit-grond” (de Haan, 2012) de KRW-lysimeter (Voogt, 2012) is er op gericht om de emissies van grond-teelten in de toekomst tot nul te beperken. Als *et al.* in grondteelten geteeld mag worden zal er op zijn minst een bewerkingsstap noodzakelijk zijn. In dat geval wordt een route via CR (7b,c,d of 8a1) gekozen.

Tabel 3. Mogelijke geclusterde combinaties voor verschillende teeltsystemen en afzetroutes. De nummering is afgeleid van de nummering gebruikt in de rapportage voor fase 1.

	Teelt	AB	AR	CR	CE
Bestaand	Grondteelt	***	***	7b 7c 7d	6b
	Substraat	7-in	7-ex	7a	6a
	Aquacultuur	*	*	*	*
Nieuw	aquacultuur	8b1, b2	8b1, b2	8b1, b2	**
	Grondteelt	***	***	8a1	**
	Substraat	8a2	8a2	8a2	**

Voor deze desktopstudie zijn zo de volgende 6 kansrijke routes met 12 mogelijke verfijningen voor afzet in andere teelten geïdentificeerd:

Toepassing van concentraat als grondstof voor vloeibare (6a) of vaste meststoffen (6b) voor bestaande grond- en substraat teelten via meststoffenleveranciers, of een andere derde partij. Toepassing van afvalwater bij alternatieve teelt op het eigen of nabijgelegen bedrijf, bijvoorbeeld een alternatief bestaand gewas waarbij het afvalwater volledig hergebruikt wordt op eigen bedrijf (7-in) of op een nabijgelegen bedrijf (7-ex) in een substraatteelt. Toepassing van concentraat bij andere (glas)tuinbouw bedrijven, waarbij nutriënten nuttig hergebruikt worden (7a) in bestaande teelten los-van-de-grond (op substraat). Toepassing van concentraat bij grondteelten in de regio als bron van aanvullende meststoffen (of gietwater) in bestaande bedekte of onbedekte teelten. De mogelijke routes zijn: de vollegronds tuinbouw (7b), de akkerbouw (7c), en grasland (7d). Toepassing in zouttolerante teelten in de grond (8a1) zoals bv. aardappelen of in teelten los-van-de grond (8a2), waarbij zowel afvalwater als concentraat beschouwd worden voor eigen en nabijgelegen teelten, voor zover deze teelten nog niet praktisch beschikbaar zijn. Toepassing in aquacultuur, voor non-food toepassingen (8b1) zoals voor biobrandstoffen en inhoudsstoffen via algenteelt en zeegroenten, of voor food toepassingen (8b2) zoals visvoer of eiwitten en andere inhoud stoffen via algenteelt of zeegroenten (zeekool, zeewier, eendenkroos), voor zover deze teelten nog niet praktisch beschikbaar zijn.

## 3.4 Beschrijving van kansrijke afzetroutes

Achtereenvolgens zullen nu van de verschillende geselecteerde afzetroutes en teelten de globale kenmerken beschreven worden, in de bijlagen (factsheets) worden de routes in detail omschreven. In het volgende hoofdstuk zullen zaken zoals waterkwaliteitseisen, regelgeving, logistiek e.d. aan de orde komen.

### 3.4.1 Concentraat als grondstof voor vloeibare of vaste meststoffen

Naast de directe toepassing van het concentraat als N-meststof in de landbouw (route 7, akkerbouw, grasland) kan het concentraat mogelijk ook worden afgenomen door een meststoffenleverancier die de meststoffen vervolgens weer in de akkerbouw of andere sectoren kan verkopen. Deze kan het concentraat rechtstreeks gebruiken als meststof, of als halffabricaat voor andere formuleringen. We onderscheiden twee verschillende routes toepassing van het concentraat in vloeibare meststoffen (6a) of in vaste meststoffen (6b). Er lijken, naar analogie met het mineralenconcentraat uit drijfmest, vooral mogelijkheden te liggen voor de afzet naar leveranciers van vloeibare meststoffen.

#### 3.4.1.1 Vloeibare meststoffen (6a)

Niet al het water is zonder meer geschikt als irrigatiewater. Om te weten of irrigatiewater geschikt is neemt men in de praktijk daartoe een watermonster en laat dat in het laboratorium analyseren. Deckers en Vergote (2006) geven een goed overzicht van de waterkwaliteit van normaal beschikbare bronnen voor gietwater (opgepompt grondwater of oppervlaktewater), en geven kwaliteitsnormen voor beregeningsadviezen voor de tuinbouw. Zij geven twee normen voor intensieve tuinbouw (norm1) en voor extensieve openlucht teelten (norm2). Een compleet overzicht van deze grenswaarden in Tabel 4.

Tabel 4. Kwaliteitsnormen voor gietwater (uit Deckers en Vergote, 2006). (!) Potentieel probleem voor norm1 en (?) norm 2.

Waterkwaliteit	Norm 1	Norm 2	Afvalwater
EC (mS/cm bij 25 °C)	0.8	0.8 - 1.5	!
Natrium (mmol/l)	<1.5	1.5 - 3	!
Chloor (mmol/l)	<1.5	1.5 - 3	!
Calcium (mmol/l)	<2	<3	!
Magnesium (mmol/l)	<0.5	<1	!
Sulfaat (mmol/l)	<4	>4	?
Bicarbonaat (mmol/l)	<0.4	0.4 - 0.8	!
Silicium (mmol/l)	10 - 20	20 - 30	
IJzer (umol/l)	<20	20 - 50	
Borium (umol/l)	<5	5 - 10	
Mangaan (umol/l)	<10	10 - 20	
Koper (umol/l)	<1	1 - 3	

De zuurgraad van grondwater ligt meestal tussen 6.5 en 8.5. De pH moet altijd bezien worden in relatie tot de buffer capaciteit (bicarbonaat). Een te lage zuurgraad (pH<5) kan verbranding opleveren bij beregening van boven.

De EC, een maat voor het totale gehalte aan ionen, wordt doorgaans bepaald door de belangrijkste voedingselementen calcium, magnesium, sulfaat en bicarbonaat, en de ionen natrium en chloride. In het algemeen beoordeelt men de EC als volgt: <0.8 mS/cm is gunstig; 0.8 - 1.2 mS/cm is gunstig als voornamelijk hiervoor voedingselementen in zitten, maar met problemen als er veel Na of Cl in zit; 1.2 - 1.5 mS/cm enkel te gebruiken voor zouttolerante gewassen zoals bloemkool of selderij; en >1.5 mS/cm is voor tuinbouw niet geschikt, mogelijk alleen voor weinig gevoelige landbouwteelten of grasland. Wortelen en prei zijn weinig gevoelig, en aardappelen en koolsoorten zijn matig gevoelig voor Na en Cl.

Hoge concentraties van calcium en magnesium vormen doorgaans geen probleem voor de akkerbouw en groenteteelt, maar verhogen wel de pH in de bodem als ze achter blijven. Een overmaat sulfaat is ook geen probleem maar kan wel de EC verhogen. IJzer is van naturen aanwezig, en vooral in zure bodems. Het tweewaardige ijzer reageert met zuurstof, gaat over in driewaardige vorm, en vormt zo ijzerhydroxide ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) dat in leidingen kan neerslaan of roestvorming op plantendelen kan veroorzaken. Vooraf beluchten is de remedie.

Spoorelementen (boor, zink, mangaan) zijn belangrijk voor de plant maar mogen ook niet in hoge concentraties voorkomen omdat ze dan toxisch werken. Silicium is geen belangrijk sporenelement voor de planten.

Stikstof, fosfaat en kali komen doorgaans maar in hele lage concentraties voor in bodem- of oppervlaktewater (enkele tienden mmol/l) zodat deze ook door middel van bemesting of fertigatie aangevuld worden door de telers. Hier zit dan ook de belangrijkste reden om afvalwater in te zetten voor fertigatie.

Uit de tabel blijkt dat het afvalwater (zie ook Tabel 1, hoofdstuk 2) en zeker het concentraat niet zondermeer geschikt zijn om gebruikt te worden in de tuinbouw. In veel gevallen zal het afvalwater voor toepassing verdund moeten worden. Clevering (2002) geeft aan dat hogere concentraties ook wel mogelijk zijn, maar dan in combinatie met regen bijvoorbeeld. Verder concludeert zij ook dat fertigatie niet de volledige bemesting kan vervangen, maar alleen als bijmest ingezet kan worden. Voordelen moeten vooral gezocht worden in de preciezere dosering en een betere verdeling van de mestgift in de tijd, en een beperkte kleine meeropbrengst van ten hoogste 5%, en een mogelijkheid om de uitspoeling van stikstof te beperken door een betere matching met plantbehoefte in de tijd. Nadelen zijn er ook in de zin van de hogere kosten van arbeid voor het aanbrengen van de infrastructuur (druppelsslangen of beregeningssystemen), het veel nauwkeuriger moeten kennen van actuele mineralen concentraties in de bodem. In het algemeen zijn de perspectieven voor vloeibare meststoffen het grootst op mineraalarme droogte en uitspoeling gevoelige zandgronden. Op kalkrijke jonge zeekleigronden moet vanwege ammoniakvervluchtiging het gebruik van ammonium houdende meststoffen sterk afgeraden worden. Wel kan hier een methode als fertigatie met nitraatmeststoffen goed worden gebruikt. Vloeibare stikstofmeststoffen bieden het meest perspectief bij najaarsteelten en/of gewassen met een slecht ontwikkeld wortelstelsel. Voor de typische akkerbouwgewassen is het perspectief het grootst voor aardappelen, ongeacht de gebruikte toepassing. Een voordeel van Urean is dat de mestgift veelal gecombineerd kan worden met het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Bovengenoemde voordelen zijn echter niet goed gekwantificeerd. Momenteel is het niet rendabel om alle meststoffen vloeibaar toe te dienen.

### **3.4.1.2 Vaste meststoffen (6b)**

Grondstoffen voor kunstmest moeten homogeen zijn, qua samenstelling constant, niet te veel ongewenste verontreinigingen bevatten, zoals ziektekiemen en zware metalen, de toevoer moet gegarandeerd zijn en het productieproces moet passen binnen de milieuregelgeving. Voor nutriënten uit dierlijke mest is de recycling in de kunstmestproductie reeds onderzocht (Vaneekhaute, 2010). Voor nitraat houdende kunstmest blijkt onder de huidige technische en regelgevende randvoorwaarden recycling moeilijk haalbaar, vooral vanwege het huidige productieproces. De productie van nitraat houdende meststoffen vindt plaats door stikstofgas en waterstof (uit aardgas) onder hoge druk en temperatuur te laten reageren tot ammoniak. Dit ammoniak wordt verder verwerkt tot een reeks van nitraat houdende meststoffen. In de fosfaatindustrie is de verwerking van dierlijke mest echter minder problematisch. Fosfaatkunstmest wordt verkregen door het ontsluiten van natuurfosfaten. Op dit moment gebruikt de fosforindustrie al alternatieve grondstoffen ter vervanging van fosfaaterts, waaronder P-houdend zuiveringsslib as (Thermphos). De eisen die de fosforindustrie aan de grondstoffen stelt, behelzen onder meer een minimaal ds- en P-gehalte (resp. 75% en ca. 20% als P2O5). Anderzijds worden met het oog op de emissie-eisen ook eisen gesteld aan ten aanzien van het N- en  $\text{SO}_4$ -gehalte (resp.  $\sim 0$  en  $< 0,5\%$ ).

Gelet op bovenstaande en gezien het feit dat het concentraat met name stikstof bevat en veel lagere gehalten aan fosfor, lijkt het gebruik van het N-rijke concentraat voor de droge meststof productie niet voor de hand te liggen. Gebruik als vloeibare meststof of als halffabricaat voor vloeibare meststoffen lijkt wel een interessante optie.



## 3.4.2 Afvalwater bij alternatieve teelt op het eigen of nabijgelegen bedrijf

In deelproject WP5 worden allerlei technische alternatieven onderzocht om het afvalwater zodanig te bewerken dat zoveel mogelijk van het gietwater en eventueel de meststoffen weer hergebruikt kunnen worden in de eigen teelt. In principe kunnen gewassen ook ingezet worden om het afvalwater te “behandelen”. Een voorwaarde is dan, dat het gewas geen schade ondervindt van het gebruikte water, in het algemeen de waterkwaliteit, maar met name het natriumgehalte en groeiremmers. Een voorbeeld is in een ander deelproject al genoemd. Het eigen gewas kan mogelijk wat minder gevoelig voor zout-stress zijn in de allerlaatste fase van de teelt, waardoor men langer kan doortelen met voedingswater met een hogere EC. In deze afzetroute kijken we echter naar de toepassing bij alternatieve gewassen.

Het gebruik van afvalwater in een andere teelt kan om economische redenen zinvol zijn indien de alternatieve teelt de rest-meststoffen en/of (micro-)vervuilingen uit het afvalwater kan halen en het nieuwe restwater op eenvoudigere of goedkopere wijze afgevoerd kan worden. Wellicht kan op deze wijze het totale volume van het afvalwater verkleind worden, waardoor zuiveringsapparatuur en buffertanks kleiner kunnen zijn. Alvorens het afvalwater in de alternatieve teelt te gebruiken, kan eventueel wel een reinigungsstap noodzakelijk zijn voor verwijdering van GBM en OMV (in combinatie met de apparatuur van WP5).

Twee routes liggen voor de hand, een alternatieve teelt op eigen bedrijf (7-in) en, omwille van de logistiek, een nabijgelegen teelt in de regio (7-ex). Verder ligt de focus hier op de toepassing van bestaande substraatteelten die mogelijk snel toepasbaar zullen zijn. De toepassing van nieuwe (zout-tolerante) teelten die mogelijk op termijn toepasbaar komen worden meegenomen in de route 8a1 en 8a2, ook als het gaat om bijvoorbeeld een zout-tolerantere variëteit van het eigen gewas.

### 3.4.2.1 Afvalwater bij alternatieve teelt op eigen bedrijf (7-in)

Een optie is de bijteelt van potplanten onder glas, die een weinig zouttoleranter zijn dan het eigen gewas, en mogelijk geen last hebben van groeiremmers of GBM. Mogelijk moeten er wel schoner water (lagere EC en natriumgehalte) en aanvullende meststoffen bijgemengd worden om aan de kwaliteits- en voedingseisen voor het gewas te voldoen. Het teveel aan natrium kan mogelijk gefixeerd worden in het substraat (potten) en daarmee afgevoerd worden naar de eindgebruiker.

### 3.4.2.2 Afvalwater bij alternatieve teelt op een nabijgelegen bedrijf (7-ex)

Verschillende toepassingen kunnen gevonden worden in de alternatieven voor “teelt de grond uit” beschreven door de Haan *et al.* (2012). Experimenten met hoge zoutconcentraties en langdurig watergebruik bij bladgewassen bleken geen effect op de opbrengst te hebben. Voordelen van deze manier van telen die genoemd worden zijn het efficiëntere gebruik van grondstoffen, en de mogelijkheid tot het beter sluiten van waterkringlopen.

Een voorbeeld is de teelt van prei op ruggen met folie en fertigatie (de Haan *et al.* 2008) en de teelt van aardbeien op goten met een veensubstraat (Verhoeven, 2012). Het areaal van aardbeien op stellingen geteeld in Nederland groeit en ook daar zal op termijn de teelt gesloten en de drain hergebruikt moeten worden. Telers zijn dan vooral bang voor ziekten wanneer drain hergebruikt wordt. Het onderzoek (Verhoeven, 2011) richt zich op de ontwikkeling van een NFT-systeem (zie ook route 8b2). Ook zijn er experimenten uitgevoerd met zomerbloemen en vaste planten geteeld op goten of in kisten met grof en fijn zand, dunne matten en in minimale substraathoeveelheden met gereguleerde fertigatie (Slootweg, 2012). Voorlopig worden er positieve resultaten gemeld, maar loopt het onderzoek nog voort, vooral op het gebied van het realiseren van een recirculatiesysteem voor drainagewater. Kool (2012) beschrijft een onderzoek naar het telen van bloembollen (hyacint, lelies) op substraatbedden (kokos, duinzandgrond) en een volveldse teelt in een 40 cm laag met afgedekte ondergrond, en rapporteert hogere opbrengsten dan in een vollegrondsteelt. Er is bij telers vooral interesse in dit soort teelten omwille van de verspreiding van ziektes bij grondteelten en de beschikbaarheid van schone grond.

In de fruitteelt werkt men met lage zoutgehaltenes, peren verdragen meer zout dan appels. In principe kan bij de berekening boven de bomen bij nachtvorstbestrijding tamelijk zout water gebruikt worden, waarbij wel gewaakt moet worden voor accumulatie in de bodem van ongewenste zouten (Deckers en Vergrote, 2006). Een mogelijk voorbeeld is de teelt van laanbomen in goten of containers. Reeds in de jaren '70 is een pot- en containerteelt ontwikkeld dat momenteel een areaal heeft van ca. 1000 ha. Deze teeltsystemen worden momenteel doorontwikkeld naar emissiearme/vrije systemen (Reuler, 2012), waarbij drie systemen worden onderzocht: teelt in goten, in grote containers of pot-in-pot. Voorlopige resultaten geven aan dat er winst in diktematen te behalen is, maar dat deze wel soort afhankelijk is.

Efficiënt gebruik van water en meststoffen staat voorop en het gebruik van oplosbare meststoffen wordt uitdrukkelijk genoemd. Vooral nog is er weinig bekend van het telen bij hogere zoutconcentraties. Afhankelijk van de vereiste kwaliteit van het gietwater (fertigatiewater samenstelling) kunnen deze toepassingen van het afvalwater in een substraatteelt ook overlap vertonen met die van de toepassing van het concentraat in een substraatteelt (Route 7a).

### 3.4.3 Concentraat bij andere (glas)tuinbouw bedrijven

#### 3.4.3.1 Andere (glas)tuinbouw bedrijven met teelt op substraat (7a)

Bij deze route zal het concentraat, met daarin de beschikbare nutriënten hergebruikt worden in substraatteelten (los-van-de-grond) in de (glas)tuinbouw buiten het eigen bedrijf, maar wel in de regio zodat de transportkosten beperkt kunnen blijven. Kansen zijn er mogelijk voor lokale situaties waarbij aanbieders en afnemers elkaar kunnen vinden. Vooral gewassen die minder gevoelig zijn voor natrium of GBM komen dan in beeld. Dit zijn over het algemeen koolgewassen (bloemkool), aardappelen, wortelen, prei, selderij. Vooral nog zijn er geen applicaties bekend van deze gewassen op substraat, maar er wordt wel geëxperimenteerd met telen op water, zoals b.v. prei (Van Os, 2011), hetgeen bij route 8b2 wordt behandeld. Substraatteelten als bij 7-ex genoemd voor hergebruik van afvalwater komen ook hier in aanmerking, maar naarmate de gewassen meer gevoeliger zijn, zal het concentraat verdund moeten worden met schoon water, en er zal meer bijgemest moeten worden.

### 3.4.4 Concentraat bij grondteelten in de regio

Bij deze toepassing is het concentraat een bron van aanvullende meststoffen (of gietwater) in bedekte of onbedekte teelten. De mogelijke routes zijn: de vollegronds tuinbouw (7b), de akkerbouw (7c), en grasland (7d).

#### 3.4.4.1 Vollegronds tuinbouw (7b)

In de vollegrondstuinbouw worden tuinbouwgewassen buiten geteeld. Dat kunnen ook groenten (groenteteelt) en snijbloemen zijn. Andere buitenteelten zijn bijvoorbeeld boomteelt, fruitteelt of bloembollenteelt. Anders dan in de tuinbouw, vindt de teelt en oogst daar nagenoeg volledig gemechaniseerd plaats. De laatste jaren is een trend gaande waarbij men de vollegronds tuinbouw, ook in het kader van de KRW, uit de grond wil gaan telen: "Teelt uit de grond". De watergift voor deze gewassen zal dan drastisch gaan wijzigen. De teelten op een teeltsubstraat worden meegenomen in route 7a. Indien deze teelten volledig in een waterige voedingsoplossing worden geteeld, worden die meegenomen in aquacultuur (8a1,2). Soms worden groenten ook door akkerbouwers geteeld. Men noemt dat de 'grove groententeelt'. Deze route zal bij akkerbouw (7c1) meegenomen worden.

#### 3.4.4.2 Akkerbouw (7c)

Deze teelt heeft het karakter van een volvelds (bulk) gewas. Bij deze toepassing kan de landbouwer/veehouder de in het drainwater of concentraat aanwezige nutriënten of meststoffen nuttig aanwenden ter vervanging van chemische meststoffen (kunstmest) voor landbouwgrond. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat de aanvoer van voedingselementen in het drainwater worden berekend/gemeten. De aanvoer van meststoffen via het drainwater kan worden verrekend in het bemestingsplan.

Concentraat drainwater kan alternatief zijn voor mineralenconcentraat drijfmest. Gebruik als meststof in akkerbouw/landbouw (bijv. grasland, snijmaïs, aardappelen). Maximale prijs gebaseerd op waarde van de aanwezige meststoffen. Werkelijke waarde zal lager zijn. Concentraat dient 1-2 gew-% aan meststoffen te bevatten. Hiertoe dient het drainwater een factor 20 te worden geconcentreerd. Toepassing binnen straal van 20-30 km.

Bij deze toepassing wordt naast de productie van consumptie goederen ook gedacht aan de productie van biomassa (riet, wilgen e.d.) welke ingezet kan worden in biomassa centrales voor energieproductie. In het verleden is onderzoek gedaan naar het schoonmaken van rivierslib (bagger) via deze route (Boels, Vermeulen *et al.* 1999).

### 3.4.4.3 Grasland (7d)

Grasland levert de belangrijkste grondstof voor melk: 'ruwvoer' in de vorm van beweiding én via graskuil. Grasland is daarom het fundament waarop een veehouderij bedrijf is gebouwd, en kan bij efficiënte productie de kostprijs van de melk verlagen. Een veehouder zal dus veel aandacht voor de bemesting van grasland hebben. De bemesting van grasland staat in relatie tot de grondsoort en bodemvruchtbaarheid, het gebruik van dierlijke mest en de kwaliteit van het ruwvoer. Een teler start met de analyse van alle belangrijke bodemkenmerken en volgt vervolgens een bemestingsadvies (NPK, Natrium en andere elementen) dat doorwerkt in de bodem, het gewas en de voeding van de koeien. Omdat voor grasland dus ook een Natrium advies geldt, is deze afzetroute mogelijk een interessant spoor om te onderzoeken. Kint (2008) geeft voor een aardbeienteelt aan dat het drainwater geschikt zou kunnen zijn voor grasland beregening. Voor een aardbeienteelt met een drain van 900 m<sup>3</sup>/ha/jaar is dan ca. 1.3 - 1.7 ha grasland vereist.

Grasland komt niet alleen voor bij beweiding in de veehouderij, maar ook de productie van graszoden, sportvelden en openbare of private parken en tuinen komen in principe in aanmerking. Mogelijk kunnen juist in die situatie hele individuele matches gevonden worden tussen toeleverancier en afnemer.

## 3.4.5 Afvalwater of concentraat in zouttolerante teelten

In dit scenario wordt de huidige afvalwaterstroom of de concentraatstroom ingezet als gietwater voor een specifiek zouttolerant gewas. Toepassing in zouttolerante teelten is mogelijk in de grond (8a1), of in teelten los-van-de grond (8a2), waarbij zowel afvalwater als concentraat beschouwd worden voor eigen en nabijgelegen teelten. In dit scenario beschouwen we uitsluitend die gewassen die nog niet in Nederland commercieel geteeld worden en nog in ontwikkeling zijn ("Nieuwe Teelten"). Zouttolerante gewassen welke nu al toepasbaar zijn worden meegenomen in de "Bestaande teelten" en behandeld onder 7-in, 7-ex en 7abcd.

Na gebruik als gietwater resteert bij de nieuwe toepassing ook weer een afvalwaterstroom met daarin aanwezige componenten zoals zouten, gewasbeschermingsmiddelen en pathogenen. Ook voor deze afvalwaterstroom zal een bestemming en/of verwerking moeten worden gevonden. Deze route vormt een soort van "Cascadering" waarbij steeds verdere processtappen (productiestappen), het (afval) water van steeds mindere kwaliteit gebruiken. Mogelijk dat de volumestroom daardoor ook binnen een kleiner gebied of op kortere afstand sterk verkleind kan worden, mogelijk zelfs binnen het eigen bedrijf, waarbij het bedrijf dan wel moet accepteren dat bedrijfsvreemde (zout-tolerante) gewassen geproduceerd zullen worden.

### 3.4.5.1 Zouttolerante teelt op nabijgelegen bedrijf (8a1, 8a2)

Zouttolerante nieuwe teelten die buiten het eigen bedrijf afvalwater of concentraat willen afnemen zullen in de meeste gevallen grondteelten (8a1) zijn, maar kunnen ook teelten op stellingen of substraat zijn (8a2). De gewassen kunnen zijn: aardappelen, groenten, zeekool, zeekraal, wilde rucola, gerst e.d. Op Texel is in 2010 het 'Zilte Teelt Project' gestart. Een project opzoek naar de kansen voor het telen op zilte gronden. Doel van dit project is het vinden van zout resistente gewassen en het onderzoeken van de mate van zouttolerantie van deze gewassen. Plant Research International (PRI), onderdeel van Wageningen UR, zoekt naar de effecten van zilte teelt op de inhoudsstoffen van gewassen en de zout-resistentie van verschillende aardappel cultivars. Aardappelen worden in dit experiment op water met een zoutgehalte van 20 dS/m geteeld. Ter vergelijking: Waddenzee water is 40 dS/m (o.a. Brandenburg, 2008; van Rijsselberghe, 2011). Toepassing van concentraat in aquacultuur

Bij deze toepassing wordt volledig op, of in, water geteeld. Het kan zich handelen om teelten voor non-food toepassingen (8b1) zoals voor biobrandstoffen en inhoudsstoffen via algenteelt en zeegroenten, of voor food toepassingen (8b2) zoals visvoer of eiwitten en andere inhoud stoffen via algenteelt of zeegroenten (zeekool, zeewier, eendenkroos). Dit onderscheid tussen food/non-food is gemaakt omdat de regelgeving met name voor food producten strenge eisen stelt aan de inputs en het productieproces.

### 3.4.5.2 Zouttolerante substraatteelt op eigen bedrijf (8a2)

Bij deze optie wordt ervan uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom of het concentraat op eigen bedrijf kan worden ingezet bij de teelt van een ander zouttoleranter gewas of een zelfde gewas maar dan een variëteit met een hoger zouttolerantie niveau (cascadering). Omdat de toepassing op eigen bedrijf zal zijn, zal met name het beperkte ruimtegebruik (hetgeen in competitie zal zijn met de ruimte voor het hoofdproduct) een belangrijke rol spelen. Juist om die reden zal men dan het liefst voor hoogwaardige gewassen kiezen, niet bijvoorbeeld bulkproducten voor energieteelt. Een voorbeeld zouden zilte kruiden (zeekraal) als niche-producten kunnen zijn. Voordeel kan zijn dat er geen wetgeving beperkend is t.a.v. het hergebruik van afvalwater, en dat mogelijk de afvalwaterstroom in volume teruggebracht kan worden zonder daarvoor techniek in te zetten. De reststroom moet geloosd worden of er moet een andere toepassing buiten het eigen bedrijf voor gezocht worden. Deze kasteelten zullen los-van-de-grond/substraatteelten zijn omdat door hogere concentraties natrium en meststoffen grondteelten niet zullen kunnen voldoen aan de KRW-doelstellingen.

## 3.4.6 Afvalwater of concentraat in aquacultuur teelten

### 3.4.6.1 Aquacultuur voor non-food toepassingen (8b1)

Bij dit scenario worden de aanwezige nutriënten in de niet meer bruikbare drain (en andere afvalwaterstromen) of in de concentraatstroom aangewend voor de teelt van algen, zeegroenten, bloemen of bloembollen. Omdat alleen de nutriënten (stikstof, fosfaat) effectief gebruikt worden, is een aandachtspunt wat er na benutting van de nutriënten met de resterende zouten gebeurt. De uitgangsmethode van algenkweek is als volgt: een watersysteem wordt geënt met een bepaalde algensoort en onder toevoeging van de voedingsstoffen aangevuld met vitaminen en eventueel koolstofdioxide gaan de algen zich onder invloed van licht vermeerderen. Voor algen zijn verschillende toepassingen mogelijk, op langere termijn mogelijk als voedingsbron voor vis- of schelpdierenteelt. In deze route beschouwen we de Non-food toepassing voor biobrandstoffen en inhoud stoffen, maar ook de sierteelt Slootweg (2012) rapporteert voorzichtig positieve resultaten met de teelt de grond uit voor zomerbloemen op water. Verder onderzoek richt zich op ziektegevoeligheid. Kool (2012) beschrijft een teelt van bloembollen op water in vijvers, maar laat vooralsnog wisselende resultaten zien.



Figuur 2. Algenteelt in onderzoek (Algae Parc, Wageningen-UR Glastuinbouw).

### 3.4.6.2 Aquacultuur voor food toepassingen (8b2)

Deze afzetroute is identiek als die van 8b1, met dien verstande dat hier de toepassing voor menselijke of dierlijke consumptie wordt bekeken (inclusief medicinale producten), met benutting van eiwitten en andere inhoud stoffen. Deze route wordt apart bekeken vanwege de mogelijke verschillen in wetgeving, schaalgrootte en marktvolumes.

Verschillende toepassingen kunnen gevonden worden in de alternatieven voor “teelt de grond uit” beschreven door de Haan *et al.* (2012). Zo wordt er bijvoorbeeld gewerkt aan drijvende teeltsystemen voor bladgewassen (bv. sla, andijvie, prei, Chinese kool, broccoli, paksoi, bloemkool) waarbij planten op drijvers met hun wortels in het water hangen (Blind & Verhoeven, 2012; Verhoeven, 2012; Van Os, 2012). Een andere vorm is de teelt van gewassen in goten met een laagje water (of een substraat), wat bekend staat onder Nutriënt Film Techniek (NFT) zoals beschreven door Verhoeven (2012). Teeltextperimenten met bladgewassen met hogere zoutconcentraties dan een standaard oplossing (6x chloride en 10x natrium) en langdurig watergebruik bleken geen effect op de opbrengst te hebben. Een eerste praktijk teelt (5600m<sup>2</sup>) bij een veredelingsbedrijf is reeds operationeel. Voordelen van deze manier van telen die genoemd worden zijn het efficiëntere gebruik van grondstoffen, meer oogsten per jaar en de mogelijkheid tot het beter sluiten van waterkringlopen. Huidig onderzoek (bv. Chinese kool) richten zich vooral ook op de gevoeligheid voor ziekten zoals schimmels, maar ook de risico's voor emissie van meststoffen en GBM, de productkwaliteit, de optimalisatie van de teelt en mechanische bewerking, teeltmogelijkheid jaarrond, de vermarkting van producten en de opschaling naar praktijksystemen. De komende jaren worden meer resultaten uit dit onderzoek verwacht, en zullen praktijksystemen de komende 5-10 jaar een feit worden.



*Figuur 3. Teelt-uit-de-grond, met varianten waarbij op water geteeld wordt. Voorbeeld “prei op water”, Bron De Haan, PPO-Lelystad.*





## 4 Analyse van haalbaarheid afzetroutes

In het vorige hoofdstuk zijn een aantal potentiële afzetroutes benoemd. Door middel van een desktopstudie zijn deze routes nader onderzocht op de mogelijkheden. De resultaten van de desktopstudie zijn vastgelegd in de factsheets voor de verschillende afzetroutes (zie bijlage). Hieruit zijn daarna de afzetroutes geselecteerd die kansrijk lijken qua haalbaarheid en valorisatiemogelijkheden en implementeerbaar na beperkt onderzoek of acties. Deze zijn:

- o Vloeibare meststoffen (6a)
- o Plantaardige teelten (extern)
  - o Glastuinbouwbedrijf (7a)
  - o veeteelt/gras (7d)
  - o vollegrondstuinbouw (7b)
  - o aardappelen/akkerbouw (7c)
- o Algenteelt t.b.v. inhoudsstoffen, voedingssupplementen (8b1,2).

Voor iedere afzetroute zijn stakeholders geïdentificeerd welke de haalbaarheid van een dergelijke route zouden kunnen toelichten (zie bijlage). Met een aantal daarvan zijn daadwerkelijk interviews gehouden welke zijn vastgelegd in een verslag (zie bijlagen). Er is gestart door één expert binnen Wageningen UR te interviewen of iemand uit het relatienetwerk. De volgende stakeholders zijn geselecteerd voor een interview:

Plantaardige teelten (extern)	Algenteelt	Vloeibare meststoffen
Horticoop: Peter Klein, Peter van der Drift Arend Sosef Brinkman Telers van gtb, veeteelt/gras, agv/bollen		
PPO-AGV: Willem van Geel	Jim van Ruijven (WUR-Glastuinbouw)	Priva: Dick Zwartveld Yara: Dick van der Vliet Van Iperen: Martien Melissant en Daan Verheijen

In de interviews zijn de volgende vragen gebruikt (de exacte vraagstelling hangt af van de interview-kandidaat):

- o Korte introductie van het scenario.
- o Wat zijn uw ervaringen of ideeën over deze toepassing?
- o Toelichting op inhoud van concentraat<sup>4</sup> (welke nutriënten en in welke verhoudingen zitten die erin?).
- o Welke (technische) eisen stelt u aan de concentraatstroom?
  - Of: Onder welke voorwaarden is concentraat interessant voor de potentiële afnemer?
- o Welk volume kan worden gebruikt? In continue stroom of in pieken, of anders?
- o Met welke wet- en regelgeving krijgen de te betrekken partijen we te maken wanneer we dit gaan opzetten? Welk toekomstig beleid en wetgeving?
- o Zijn er afvalstromen/reststromen te verwachten a.g.v. deze toepassing? Voorziet u hier problemen (bijvoorbeeld voor het eigen bedrijf van de afnemende partij)? Welke?
- o Welke partijen heeft u nodig om dit idee te kunnen realiseren voor uw eigen bedrijf?
- o Dit najaar wordt er een themadag Water georganiseerd. We overwegen dan ook een workshop te organiseren op die dag rondom dit scenario (openbare workshop). Zou u dan hierover willen meepraten?

4 Voorafgaand aan het interview zijn naar de interviewkandidaat de inhoud en volumes van de 3 concentraatvormen toegestuurd. Grofweg zijn er 3 vormen van het concentraat: • Concentraat met nog alles er in; • Concentraat zonder gewasbeschermingsmiddelen, pathogenen, groeiremmende stoffen; • Concentraat met minder Na, P, etc.

- o Als uit deze studie blijkt dat dit idee kansrijk is en er meerdere partijen zouden willen meewerken aan de uitwerking c.q. het opzetten van een pilot, bent u dan bereid hieraan mee te werken? Bijzonderheden daarbij..?
- o Wie moeten we nog meer bevragen over dit scenario?

De resultaten van de gesprekken met deskundigen zijn vastgelegd in de gespreksverslagen (zie bijlage). Samen met de resultaten van de desktopstudie (factsheets) worden deze verslagen nu samengevat in een overzicht met de volgende rubrieken: kwaliteitseisen, wet- en regelgeving, logistiek en marktperspectief. De samenvatting geeft de analyse in het algemeen (voor alle routes) of waar nodig, voor de specifieke routes.

Bij "Kwaliteitseisen" gaat het om de eisen (componenten, concentraties) van de gebruikte reststroom (onbehandeld afvalwater of concentraat) en het voorbehandelingsstype, zoals bijvoorbeeld gedeeltelijke verwijderingen van nutriënten of gewasbeschermingsmiddelen.

Naast technische eisen kan "wet- en regelgeving" ten aanzien van de water- en productkwaliteit en of de route (cascadering e.d.) belemmerend werken bij een bepaalde afzetroute. Een overzicht van de verschillende wetten is gegeven in de bijlagen. Belangrijk is of er nieuwe wetgeving aankomt die meer mogelijkheden biedt, en of er groot verschil is tussen intern of extern hergebruik.

"Logistiek" speelt een belangrijke rol bij de afzet van het onbehandeld afvalwater of het concentraat. Enerzijds moet daarvoor een infrastructuur beschikbaar zijn (bv. pijpen, pompen, wegvervoer, aanbieder..) en anderzijds is het belangrijk om de kosten (euros per m<sup>3</sup>-km) daarvan zo laag mogelijk te houden.

Tot slot is het "marktperspectief" een belangrijk gegeven. Daarbij gaat het om het mogelijke directe afzetvolume en marktwaarde van het restproduct, maar ook indirect over de potentie daarvan voor het uiteindelijke eindproduct na opwerking of hergebruik.

De belangrijkste resultaten zijn kort samengevat in de volgende twee tabellen.

Tabel 5. Algemene eisen voor verschillende afzetroutes.

<p><b>KWALITEITS EISEN</b>                  Bij toepassing van MD voor waterterugwinning is concentrering van het drainwater met maximaal een factor 4-5 mogelijk. Als NF voorafgaand aan MD wordt toegepast, kan mogelijk een hogere indikkingsgraad worden bereikt. Met NF worden de 2-waardige ionen, zoals sulfaat, fosfaat, Mg, Ca tegengehouden en eenwaardige ionen zoals Na, K en nitraat doorgelaten. Het NF-concentraat kan als meststroom retour kas en het MD-concentraat, wat met name natrium, kalium en nitraat bevat, kan mogelijk als meststroom in de akkerbouw/landbouw worden toegepast. Met geavanceerde oxidatie (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> met UV) kunnen tot 80% van de gewasbeschermingsmiddelen verwijderd worden en tot 100% van de ziektekiemen.</p>
<p><b>WET- EN REGELGEVING</b>                  Europese kaderrichtlijn afvalstoffen (KRW): Eind vorig jaar zijn er nieuwe regels vastgesteld in de Europese kaderrichtlijn afvalstoffen. Hierin is onder meer bepaald aan welke criteria een stof of een voorwerp afkomstig uit een productieproces moet voldoen om niet als een afvalstof maar als een bijproduct te worden aangemerkt. Met bijproduct wordt hier bedoeld: stoffen of voorwerpen die ontstaan bij een productieproces dat in de eerste plaats op het vervaardigen van andere stoffen of voorwerpen is gericht. Ook vermeldt de kaderrichtlijn afvalstoffen voorwaarden op basis waarvan specifieke criteria door de Europese Commissie zullen worden ontwikkeld om bepaalde afvalstoffen niet langer als een afvalstof aan te merken. In de Wet Milieubeheer zijn in 2011 de richtlijnen van de KRW uitgewerkt en het beleid ten aanzien van afvalwater (ontdoen, vervoer en inzameling) vastgelegd. Vooral het duurzaamheidsprincipe van hergebruik van nuttige stoffen is hierin verankerd. Voor afvalstoffen gelden stringente bepalingen (vergunningen) zoals dat deze door een officieel verwerkingsbedrijf moeten worden verwerkt. Voor een bijproduct of het hergebruik van, of een gedeelte van, een stof voor hetzelfde doel als waarvoor zij oorspronkelijk bedoeld waren gelden worden niet als afvalstoffen gezien.</p> <p>Indien telers hun afvalwater hergebruiken binnen eigen bedrijf, dan is er geen belemmerende wet- en regelgeving. Voor het afvoeren van afvalwater (al of niet geconcentreerd) moet onderzocht worden of het een bijproduct is. Leidend daarbij is of het water voor een andere dan de oorspronkelijke toepassing gebruikt wordt. Er zal nagegaan moeten worden of hergebruik in welke andere plantaardige teelt dan ook buiten het eigen bedrijf onder een "andere" toepassing valt. Vooralsnog zal mogelijk een (tijdelijke) vergunning aangevraagd moeten worden om afvalwater uit de tuinbouw via een andere route dan het riool af te voeren. In de Meststoffenwet wordt vastgelegd welke stoffen (restproducten van fabricage processen) verhandeld mogen worden als meststof. Voor nieuwe meststoffen moet een toelating aangevraagd worden. Voor onderzoekdoeleinden kan een tijdelijke ontheffing gegeven worden, zoals bijvoorbeeld recent gebeurd is voor drijfmest. Ook het nutriënten Platform heeft in 2012 een verzoek ingediend voor recycling van fosfaat (struviet).</p> <p>Met de Wet Bodembescherming (mate van schade voor mens en milieu) legt beperkingen op in het kader milieuvreemde stoffen (bestrijdingsmiddelen). Voor bodem eigen stoffen geldt een zorgplicht dat de bodem niet aangetast mag worden (verzilt, stikstof, ijzer).</p> <p>Elke sector kent een eigen regelgeving voor bemesting. Deze adviezen kunnen gebruikt worden om te zien of de samenstelling van de spui of concentraat aansluit bij de reguliere bemesting (volledig of aanvullend bemesten).</p> <p>Nieuwe regelgeving t.a.v. brijnlozing is naar 2022 uitgesteld.</p>
<p><b>LOGISTIEK</b>                  Transport kost ca. €2,50/m<sup>3</sup> per vracht van 25 km.</p>
<p><b>MARKTPERSPECTIEF</b>                  Meststoffen hebben in de spuistroom een waarde van €1,75/m<sup>3</sup>.</p>

Tabel 6. Specifieke eisen per afzetroute.

KWALITEITS EISEN	WET- EN REGELGEVING	LOGISTIEK	MARKTPERSPECTIEF
<b>Grondstof voor vloeibare meststoffen (6a)</b>			
Geen zware metalen, GBM en ziektekiemen (decentraal verwijderen). Homogeen, constante kwaliteit, en leveringszekerheid. Concentraat moet ingedikt (factor 10-20x) tot 1-2% droge stof gehalte meststoffen. Na is ongewenst.	Regelgeving is belemmerend en kan mogelijk aangepast worden. Verwerker moet vergunning/ontheffing vragen.	Er is een concentratiestap gewenst (WP5) i.v.m. logistieke kosten. Transport over grote afstand van kleine hoeveelheden, b.v. vervoer per vrachtauto.	Er is belangstelling voor precisietoediening van vloeibare meststoffen. Kan als halffabricaat gebruikt worden of voor aanvullende bemesting. Marktvolume is groot, maar er is een steeds groter wordende concurrentie met drijfmest (meer inhoud stoffen, met subsidie, et al. ontheffing). Marktwaarde veel lager dan de intrinsieke nutriëntenwaarde.
<b>Grondstof voor vaste meststoffen productie (6b)</b>			
Idem. Hoge energiekosten voor indampen.	Idem	Idem	Idem. Het recyclen van nutriënten uit dierlijke mest (vooral stikstof, minder voor fosfaat) is niet haalbaar omdat er een enorme concurrentie is van het huidige efficiënte productieproces. Een mogelijke toepassing zou ook het toedienen aan potgrond kunnen zijn.
<b>Zout-tolerantere variëteit op het eigen bedrijf (7-in) of extern (7-ex) - afvalwater (cascadering)</b>			
Spui, concentraat en eventueel brijn. Het verziltingsprobleem wordt hier wel in principe doorgeschoven zodat er alsnog kosten gemaakt moeten worden om daarna nog te zuiveren. GBM en ziektekiemen verwijderen afhankelijk van de gekozen 2 <sup>de</sup> teelt. Na geen probleem.	Regelgeving is niet belemmerend. Mogelijk problemen indien genetisch gemodificeerde rassen gebruikt gaan worden of als water van eigen bedrijf af gaat.	Geen problemen (eigen bedrijf) verder alleen geschikt voor directe omgeving. Hierbij ook uitgegaan van decentrale bewerking in het glastuinbouwgebied.	Ander of juist zout-toleranter gewas op eigen bedrijf. Beschikbare ruimte op bedrijf is mogelijk een uitdaging, dus hoogwaardige producten kiezen. Niche markten. Marktwaarde nutriënten komt volledig terug in besparing op meststoffen 2 <sup>de</sup> teelt. Geschikte gewassen worden nog ontwikkeld. Voor teelten los van de grond als aanvullende bemesting.
<b>Andere (glas)tuinbouw bedrijven (7a) - concentraat</b>			
Geen Na, GBM, ziekten. Er zal een decentrale verwijdering van Na neergezet moeten worden, of een goede (dure) brijnafhandeling.	Regelgeving is waarschijnlijk niet belemmerend omdat het voor hetzelfde doel gebruikt wordt.	In de regio.	Sterk afhankelijk van mogelijkheden en uitvoeringsvormen.
<b>Vollegroonds tuinbouw (7b) - concentraat</b>			
GBM en ziektekiemen verwijderen. Na speelt mogelijk een iets kleinere rol omdat dat op termijn toch uitspoelt.	Kan gebruikt worden als het op eigen bedrijf van teler is, daarbuiten mogelijk ontheffingen nodig. Rekening houden met gebruiksnormen.	Indien in directe nabijheid van glastuinbouw cluster.	Aanvullende bemesting.

KWALITEITS EISEN	WET- EN REGELGEVING	LOGISTIEK	MARKTPERSPECTIEF
<b>Akkerbouw (7c) - concentraat</b>			
Concentraat dient 1-2 gewichts procenten aan meststoffen te bevatten. Hiertoe dient het drainwater een factor 20 te worden geconcentreerd. GBM verwijderen. Mogelijk moet Na verwijderd worden i.v.m. verziltingsproblematiek. De samenstelling moet bekend zijn (meten?).	AW kan gebruikt worden als het op eigen bedrijf van teler is. Maar, voor alle teelten moet aan de bodemwetgeving voldaan worden (uitspoeling N,P) en verzilting moet worden voorkomen.	Toepassing binnen straal van 20-30 km.	Concentraat kan alternatief zijn voor mineralenconcentraat drijfmest. Gebruik als aanvullende meststof (bv. snijmais, aardappelen). Maximale prijs gebaseerd op waarde van de aanwezige meststoffen. Werkelijke waarde zal lager zijn. Eventueel productie van biomassa voor energieteelten in gebieden met lage grondprijs.
<b>Grasland (7d) - concentraat/afvalwater</b>			
Eisen hangen van de toepassing af: gietwater of bemesting. Natrium mag er inzitten en kan nuttig worden gebruikt. Verwijdering van GBM en fosfaten i.v.m. lozen in open milieu en eigen overschot aan fosfaat uit drijfmest.	AW kan gebruikt worden als het op eigen bedrijf van teler is. Milieuwetgeving is mogelijk beperking.	AW kan gebruikt worden als het op (eigen) land in de nabijheid van teler is. CONC als een grotere afstand vereist is.	Toepassing als aanvullende gietwater in droge perioden of aanvullende (geconcentreerde) meststof en natriumbron voor veeteelt.
<b>Zouttolerante teelten (8a1 - in grond, 8a2 - los van de grond)</b>			
Mogelijk moeten GBM verwijderd worden. Reststroom: Is afhankelijk van waar de teelt is. In nabijheid van zee zal verzilting geen rol spelen, maar in binnenland zal uiteindelijk verzilting kunnen optreden. Na geen probleem.	Regelgeving is mogelijk belemmerend. Teelten los van de grond maken meer kans.	Er van uitgaande dat de externe teelt in de nabijheid van het glastuinbouwbedrijf kan worden opgezet.	Markt voor zoute gewassen moet nog ontwikkelen (er zijn pilots). Niche producten. Kansrijke toepassing bodemtype afhankelijk.
<b>Aquacultuur voor non-food toepassingen (8b1)</b>			
GBM (natrium) moeten uit de reststroom indien algen daar niet tegen kunnen. Ook andere verontreinigingen moeten eruit. Maar resistente algen kunnen mogelijk ontwikkeld worden.	Afnemers zouden op eigen terrein moeten staan of als afvalstoffen verwerker betiteld moeten worden. Tenzij de reststroom niet het predikaat "afval" zou kunnen krijgen. Geen belangrijke wetgevende beperkingen.		Marktwaaarde nutriënten lager dan de intrinsieke waarde. Voor energiegewassen is de eindproductwaarde laag.
<b>Aquacultuur voor food toepassingen (8b2)</b>			
GBM en andere componenten voor voedselveiligheid moeten uit de reststroom. Reststroom: Lozen van (zout) restproduct op zee is mogelijk.	Mogelijk afhankelijk van of teelten in open of gesloten systemen toegepast worden.	Bij de productie van zeewieren is vers zeewater (mogelijk brakwater) gewenst. Nabijheid van zeewater is dan nodig. Bij zoetwater culturen (b.v. eendenkroos) is mogelijk op logistieke kosten te besparen. Er vanuit gaan dat algenteelt in directe nabijheid van glastuinbouw (cluster) kan worden ingericht.	Afzet voldoende hoog.





## 5 Evaluatie afzetmogelijkheden

Dit hoofdstuk geeft een beoordeling ten aanzien van de haalbaarheid van de geïnventariseerde afzetmogelijkheden. In de factsheets is voor de verschillende afzetroutes vastgelegd wat de stand der techniek is, en wat mogelijk voor het realiseren van de route nog allemaal aan noodzakelijk onderzoek of acties uitgevoerd moet worden (aanpassing regelgeving, opzetten van afzet kanalen e.d.). Alvorens een afzetroute in de praktijk uitgerold kan worden, kan er dus een bepaalde tijd verstrijken. In dit hoofdstuk is daarom ook een inschatting gemaakt van de tijd tot implementatie. Daarna worden alle afzetroutes beoordeeld op hun haalbaarheid, gebruik makend van de resultaten uit de analyse (hoofdstuk 3) en het implementatie perspectief. Het resultaat is een lijst van afzetroutes, gesorteerd op de gecombineerde mate van kans rijkheid en implementatie termijn.

### 5.1 Resterende onderzoeksvragen en acties

De afzetroutes die onderzocht zijn, zijn nog niet praktisch toegepast. In het perspectief is aangegeven op welke termijn praktische implementatie reëel geacht wordt. Indien de technologie voorhanden is, en implementatie op korte termijn (2015) mogelijk lijkt, dan worden hier de acties beschreven die ondernomen moeten worden om tot implementatie te komen. Indien implementatie op langere tijd (2027) mogelijk is, dan wordt hier een overzicht gegeven van noodzakelijk onderzoek.

Tabel 7. Onderzoeksvragen, acties en implementatie termijn voor de verschillende afzetroutes.

Afzetroute	Onderzoek/Acties/Vragen
Wetgeving	Nagaan wat de wet onder een andere toepassing verstaat. Is hergebruik in een externe plantenteelt dezelfde toepassing?
<b>Implementatie tussen 2013 en 2020</b>	
Volleggronds tuinbouw	In hoeverre vormen hoge Na concentraties een bedreiging voor de verzilting ?
Grondstof voor vloeibare meststoffen	Verkenning van mogelijkheden en opzetten van een goede logistiek.
Grasland (veeteelt)	Milieutechnische effecten van uitrijden drainwater zijn nog onbekend. Nader onderzoek naar eventuele beperkingen via milieuwetgeving.
Extern bedrijf (glastuinbouw regionaal)	
Aquacultuur	
Zouttolerante teelt extern	Onderzoek naar verbeterde zout-tolerante gewassen. In hoeverre vormen hoge Na concentraties een bedreiging voor de verzilting ? Kunnen gewassen al het zout opnemen? Ziekteresistentie van zout-tolerante gewassen. Matchen van vraag en aanbod jaarrond.
Grondstof voor vloeibare meststoffen (andere teelten)	
<b>Implementatie tussen 2020 en 2027</b>	
Biobrandstof via algenteelt	Nemen algen Na op? Zijn algen gevoelig voor GBM of is er een variant te vinden die tolerant is?
Zouttolerante teelt op eigen bedrijf	Zoektocht naar zout-tolerante gewassen loopt nog, er zijn beperkte resultaten.
Akkerbouw	In hoeverre vormen hoge Na concentraties een bedreiging voor de verzilting ? Milieutechnische effecten van uitrijden drainwater zijn nog onbekend.
Voedingssupplementen via algenteelt	Nemen algen Na op?
<b>Implementatie na 2027</b>	
Grondstof voor vaste meststoffen productie	
Vis- of visvoer via algenteelt	

## 5.2 Beoordeling van afzetroutes

De resultaten van de analyse van de desktopstudie en de gesprekken met deskundigen (hoofdstuk 4) worden nu samengevat in de volgende tabel. Daarbij zijn de kwalitatieve beschrijvingen vertaald in een kwantitatieve score om zodoende een indruk voor de haalbaarheid van de afzetroutes te krijgen. De scores zijn gegeven volgens de volgende inzichten:

Tabel 8. Beoordeling afzetroutes.

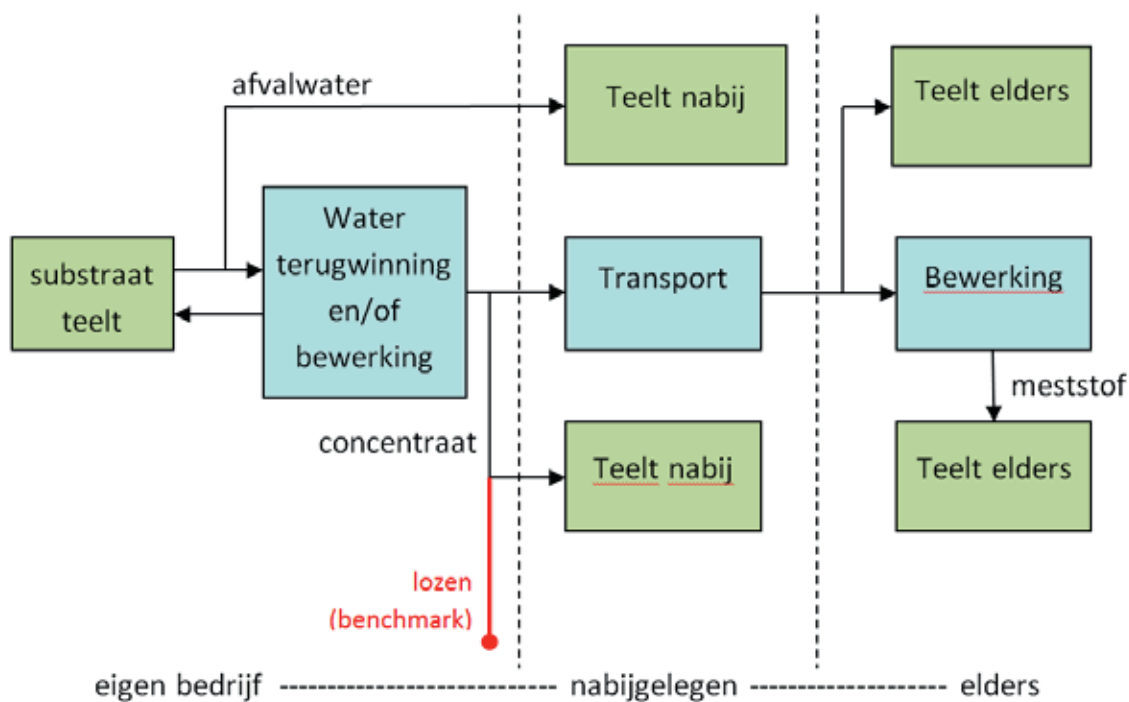
Haalbaarheid	Eisen	Logistiek	Regelgeving	Markt	Implementatie
-2 (-)	Restproduct moet een uitgebreide (kostbare) opwerking ondergaan	Transport van grote hoeveelheden over grote afstand, bv vervoer per vrachtauto	Regelgeving is belemmerend en zal niet aangepast worden	Geen marktwaarde, geen marktperspectief	-
-1 (-)	restproduct voldoet niet, maar kan gebruikt worden na een beperkte opwerking	transport over grote afstand van kleine hoeveelheden, bv vervoer per vrachtauto	regelgeving is momenteel niet belemmerend, maar zal dat op termijn (wellicht) worden	Geen marktwaarde of perspectief	Implementatie wordt niet verwacht voor 2027
0 (o)	restproduct voldoet maar vereist een nabewerking bij de afnemer	transport over relatief korte afstand buiten het bedrijf, bv via pijp of sloot	regelgeving is belemmerend en kan mogelijk aangepast worden	Klein afzetvolume/ hoog concentraat	Implementatie na 2020 met reële kans of voor 2027 met veel onderzoek met risico
+1 (+)	restproduct voldoet, maar vereist een kwaliteitscontrole stap bij inname (selectie)	afnemer betaalt vervoer	regelgeving is belemmerend maar kan (tijdelijk) ontheffing of een vergunning voor verkregen worden	Middelmatig afzetvolume /beperkt concentraat	Implementatie na 2013 met onderzoek of op korte termijn te implementeren na acties (+)
+2 (++)	restproduct voldoet ruimschoots zonder voorbereiding	gebruik op eigen bedrijf	Regelgeving is niet belemmerend	Hoge afzet/totale spuistroom	-

Tabel 9. Beoordeling afzetroutes voor valorisatie afvalwaterstroom, ontwaterd of ander concentraat.

Afzetroute	Eisen	logistiek	Markt	Regelgeving	Implementatie	Totaal
7a. Extern bedrijf (glastuinbouw regionaal)	-	0	+	+	+	+++
7c2. Grasland (veeteelt)	-	0	+	0	+	+
6a. Grondstof voor vloeibare meststoffen	+	-	0	0	+	+
7b.Vollegronds tuinbouw	-	0	0	0	+	0
7-in/ex. Zouttolerante teelt eigen/ extern bedrijf	-	++	+	++	0	++++
8b1.Biobrandstof via algenteelt	+	0	+	+	0	+++
8a. Zouttolerante teelt extern (bv. aardappelen)	-	0	+	0	0	0
8b2.Voedingssupplementen via algenteelt	-	0	+	+	0	0
8b1.Aquacultuur: voor non-food toepassingen	0	-	+	0	0	-
8b2.Aquacultuur: voor food toepassingen	-	-	+	0	0	-
7c1.Akkerbouw	-	0	0	0	0	-
6b.Grondstof voor vaste meststoffen productie	-	-	-	0	-	---

## 6 Conclusies

Telers beperken hun afval-, drain- en spuiwater zoveel mogelijk door efficiënt gebruik van water en meststoffen, maar soms moet er toch geloosd worden (zie Figuur 4.). Met membraan destillatie of omgekeerde osmose kunnen telers dan ca. 80-90% van hun lozingswater terug winnen als gietwater. Afhankelijk van de bedrijfssituatie en de inzet van het type waterbehandeling, blijft er dan een afvalwaterstroom over met vooral stikstof en fosfaat en mogelijk een hoge natrium concentratie, welke nuttig kan worden afgezet of moet worden geloosd. De meststoffen daarin vertegenwoordigen een waarde van ca. €1,75/m<sup>3</sup>, en hergebruik daarvan in andere teelten is dus interessant. Het liefst op eigen bedrijf omdat milieuwetgeving voor het hergebruik van spui voor een andere toepassing buiten het eigen bedrijf mogelijk belemmerend kan werken. Indien dit niet kan, dan is hergebruik buiten het eigen bedrijf een alternatief, mits dit financieel aantrekkelijk kan zijn. De kosten van lozen op termijn (benchmark) zijn niet bekend maar voorlopige schattingen gaan uit van bijvoorbeeld €5,-/m<sup>3</sup>. Het transport is relatief duur (ca. € 2,50/m<sup>3</sup> per vracht, bij 25 km), waardoor de haalbaarheid van valorisatie dan vooral afhangt van de aanwezigheid van lokale geïnteresseerde afnemers (teelt nabij) of de mogelijkheid om het volume drastisch te reduceren (teelt elders). De discussie daarbij zal worden wie de vracht betaalt: de afnemer of de aanbieder? Een desktop-studie geeft aan dat de afzetkosten naar verwachting op termijn lager kunnen zijn dan de kosten van lozing, mits er – net als voor het hergebruik van dierlijke mest – een ontheffing komt voor de afzet van de afvalwaterstroom.



Figuur 4. Overzicht mogelijke afzetroutes.

Het vinden van een afnemer is in de praktijk lastig omdat elke toepassing eigen eisen stelt qua meststofsamenstelling en de aanwezigheid van natrium, ziektekiemen of gewasbeschermingsmiddelen. Bewerking van het concentraat is daarom vaak nodig. Met geavanceerde oxidatie (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> met UV) kunnen ca. 80% van de gewasbeschermingsmiddelen en 100% van de ziektekiemen uit het water verwijderd worden. Elektrochemische flocculatie en O<sub>3</sub> met actief kool kunnen op termijn daarvoor mogelijk ook ingezet worden. Nano-filtratie (scheiden van eenwaardige en tweewaardige ionen) en elektrolyse kunnen mogelijk ingezet worden om de nutriëntensamenstelling aan te passen.

Voor de korte termijn, tot 2020, worden er kansen gezien voor afzet naar regionale markten zoals de substraat(glas)tuinbouw met centrale zuivering en opwaardering. Deze variant is mogelijk zinvol voor nieuw te ontwikkelen glastuinbouwgebieden waarbij het water alleen decentraal wordt behandeld, niet in de kas zelf, en de logistiek kosteneffectief gemaakt kan worden. Een variant hierop is een waarbij een meststoffenleverancier het spuiwater (na concentratie op eigen bedrijf) inzamelt, vervoert en buiten de regio zelf verwerkt tot een vloeibare mengmeststof voor de landbouw. Daarnaast zou mogelijk op korte termijn het natriumrijke spuiwater of het concentraat ingezet kunnen worden voor grasland bemesting.

Wel moet daarvoor het spuiwater van gewasbeschermingsmiddelen ontdaan zijn. Deze stroom moet op de markt concurreren met andere rijkere meststromen zoals bijvoorbeeld drijfmest. Een meststoffenleverancier ziet al kansen in deze richting. Wel mogelijk, maar minder kansrijk geacht dan bovengenoemde alternatieven, is de toepassing in de vollegrondstuinbouw.

Voor de langere termijn (na 2020) zijn er kansen voor valorisatie door toepassing van het concentraat als aanvullende bemesting bij zout-tolerante teelten (substraat, containers) op eigen bedrijf. Voorwaarde daarbij is dat vanuit het onderzoek daarvoor de geschikte gewassen en rassen worden gevonden die als niche-product in de markt een plek kunnen veroveren. Ook de algenteelt voor biobrandstof of veevoer zou op termijn een markt kunnen vormen. Algen hebben goede groeimogelijkheden op nutriëntrijke afvalwaterstromen, en een algenproducent ziet al mogelijkheden om het concentraat te gebruiken. Wat algen met resten gewasbeschermingsmiddelen in het drainwater doen is vooralsnog niet bekend, maar er zijn zeker mogelijkheden in productie van biobrandstoffen en bioplastics. Na verwijdering gewasbeschermingsmiddelen zijn er ook mogelijkheden in de algenproductie voor hoogwaardigere producten (veevoer of cosmetica bijvoorbeeld). De mogelijke implementatie hangt sterk af van de ontwikkelingen en resultaten van meer fundamenteel onderzoek.

Concluderend kan gezegd worden dat voor de korte termijn (tot 2020) het meeste perspectief verwacht mag worden van een centrale zuivering van afvalwater op tuinbouwclusterniveau. Er zijn mogelijk alternatieven zoals de verwerking tot vloeibare meststof of het uitrijden op grasland. Naast technische (onderzoeksvragen) staat hierbij nog de regelgeving ter discussie. Voor de langere termijn (na 2020) zijn zout-tolerante teelten op eigen bedrijf en de toepassing van algenteelt kansrijk geachte afzetroutes. Een breed scala van andere, minder kansrijke, opties zijn afzet via de vollegrondstuinbouw, aquacultuur: voor non-food toepassingen, grondstof voor vaste meststoffen, zouttolerante buitenteelten (bv. groenten, aardappelen), akkerbouw en de productie van biomassa (riet e.d.). Deze opties vergen alle meer onderzoek, vergen aanpassingen van wetgeving of zijn economisch minder interessant.

Ten aanzien van de valorisatie van afvalwaterstromen worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- o Telers moet ervoor zorgen hun water en meststoffen, maar ook hun concentraat, zolang mogelijk in te zetten op eigen bedrijf eventueel in een alternatieve zout-tolerante teelt, door toepassing van waterterugwinning en zuiveringstechnieken.
- o Waar gebruik op eigen bedrijf niet mogelijk is, moet gezocht worden naar afzet in de directe omgeving of regio van het eigen bedrijf.
- o Bij nieuw te ontwikkelen glastuinbouw gebieden moet overwogen worden om een centrale waterbehandeling te ontwikkelen waarbij al het glastuinbouw afvalwater wordt opgewerkt tot kwalitatief goed gietwater.
- o Bij bestaande glastuinbouw moeten afnemers gezocht worden in de veeteelt voor aanvullende grasland bemesting/beregening, waarbij gewasbeschermingsmiddelen vooraf verwijderd moeten worden. De markt hiervoor, en de mogelijke wetgevende beperkingen moeten in beeld gebracht worden.
- o De afzetroute voor geconcentreerd spuiwater via langere afstandstransport buiten de regio naar een meststoffenleverancier moet verder verkend worden op economische haalbaarheid en technische uitvoerbaarheid.
- o Onderzoek naar toepassing van de drain voor de teelt van algen en zout-tolerante gewassen moet opgezet worden.

# 7 Bijlagen

## 7.1 Relevante wet- en regelgeving (algemeen)

Naast de handhaving van de Europese Kader Richtlijn Water, hebben we in Nederland te maken met milieuwetgeving (uit: Wikipedia). De milieuwetgeving in Nederland is al vrij oud, al vanaf begin 1900. Sindsdien hebben diverse ontwikkelingen plaatsgevonden, zoals decentralisatie, centralisatie en sectorale clustering. Hieronder een overzicht van regelgeving, waarbij de wetgevingen die in het kader van hergebruik van afvalwater glastuinbouw mogelijk belangrijk zijn, gemarkeerd zijn met (\*):

- Europese kaderrichtlijn afvalstoffen (KRW)\*
- Wet bodembescherming (WBB)\*
- Meststoffenwet\*
- Wet vervoer gevaarlijke stoffen\*
- Sectorgerichte Regelgeving voor Bemesting\*
  
- Bestrijdingsmiddelenwet
- Wet milieubeheer - (Wm) vroeger de 'Hinderwet'
- Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo)
- Grondwaterwet (Gww)
- Wet milieugevaarlijke stoffen (Wms)
- Wet op de waterhuishouding (Wwh)
- Wet verontreiniging zeewater (Wvz)
- Interimwet bodemsanering
- Natuurschoonwet
- Natuurbeschermingswet
- Wet belastingen op milieugrondslag (WBM)
- Waterwet (2009)
- Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo - 2010)

Onder de meeste wetgevingen zijn besluiten opgenomen. Diverse beleidsontwikkelingen (met name in de Wet bodembescherming) zijn uitgewerkt in circulaire en Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB). Hierin is veelal de aanpak beschreven en ze hebben een normerende werking (ook geldt dit met name voor de Wbb).

*In de navolgende analyse zullen stukjes uit de wetgeving benoemd worden, en waar mogelijk belang voor hergebruik van concentraat of afvalwater bestaat zullen stukjes onderstreept worden.*

**Europese kaderrichtlijn afvalstoffen (KRW):** Eind vorig jaar zijn er nieuwe regels vastgesteld in de Europese kaderrichtlijn afvalstoffen. Hierin is onder meer bepaald aan welke criteria een stof of een voorwerp afkomstig uit een productieproces moet voldoen om niet als een afvalstof maar als een bijproduct te worden aangemerkt. Met bijproduct wordt hier bedoeld: stoffen of voorwerpen die ontstaan bij een productieproces dat in de eerste plaats op het vervaardigen van andere stoffen of voorwerpen is gericht. Ook vermeldt de kaderrichtlijn afvalstoffen voorwaarden op basis waarvan specifieke criteria door de Europese Commissie zullen worden ontwikkeld om bepaalde afvalstoffen niet langer als een afvalstof aan te merken.

**WBB:** Zorgplicht Wet Bodembescherming houdt in dat verontreiniging of aantasting van de bodem (grond en grondwater) moet worden voorkomen. De zorgplicht bestaat uit twee onderdelen voorkomen en herstelplicht (saneren). Iedereen die handelingen verricht op of in de bodem en weet of redelijkerwijs kan vermoeden dat door die handelingen de bodem kan worden verontreinigd moet zorgvuldig zijn. Het is verplicht om alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs kunnen worden verwacht om die verontreiniging te voorkomen. De bedoeling is dat daarmee gevallen van bodemverontreiniging worden



voorkomen. De zorgplicht geldt voor iedereen die op of in de bodem handelingen verricht en die weet of had kunnen vermoeden dat door die handelingen de bodem kan worden verontreinigd of aangetast (stoffen op of in de bodem kunnen komen, verzilting).

Van een bodemverontreiniging is sprake wanneer er door toedoen van de mens stoffen of materialen in de bodem (grond of grondwater) terecht zijn gekomen die schadelijk zijn voor mens en/of milieu. In de bodem komen van naturen allerlei stoffen voor zoals stikstof en metalen als ijzer. Deze stoffen maken deel uit van een kringloop en zijn meestal biologisch afbreekbaar door micro-organismen, dieren en planten. Ook zijn er onnatuurlijke stoffen in het milieu terecht gekomen. Deze door de mensen gemaakte, milieuvreemde stoffen (zoals bestrijdingsmiddelen) zijn vaak niet afbreekbaar en kunnen schadelijk zijn voor mens en/of milieu.

**Wet vervoer gevaarlijke stoffen:** van toepassing indien een van de volgende stoffen vervoerd worden: ontplofbare stoffen, samengeperste, vloeibaar gemaakte of onder druk opgeloste gassen, brandbare vloeistoffen, stoffen die bij aanraking met water brandbare gassen ontwikkelen, organische peroxiden, giftige stoffen, infectieuze stoffen (OMV?), bijtende stoffen, andere stoffen die voor de mens of het milieu gevaarlijk kunnen zijn (GBM?).

**Wet milieubeheer:** Hoofdstuk 10 van de Wet Milieubeheer handelt over afvalstoffen. In 2011 is dit hoofdstuk aangepast naar aanleiding van de nieuwe Europese Kaderrichtlijn afvalstoffen. De artikelen 10.30 tot en met 10.35 handelen over afvalwater, met name het zich ontdoen daarvan, het transport en de inzameling. Afvalbeleid staat niet op zichzelf. Het moet bijdragen aan de besparing op grondstoffen, het tegengaan van klimaatverandering en aan verduurzaming van onze productie en consumptiepatronen. Dat is de kern van de wijziging van de Wet milieubeheer waarmee invulling wordt gegeven aan de Europese kaderrichtlijn afvalstoffen.

De Europese richtlijn geeft nieuwe definities, brengt nieuwe accenten aan in het afvalbeleid en legt diverse nieuwe verplichtingen op aan de lidstaten. Met de nieuwe wetgeving wordt een betere afvalpreventie, het efficiënter omgaan met schaarse grondstoffen en een zo hoog mogelijk hergebruik van materialen beoogd.

Als een stof een afvalstof is, moet worden voldaan aan andere administratieve en financiële verplichtingen, dan wanneer het geen afvalstof (bv bijproduct) is. Voor het verwerken, toepassen en vervoeren van afvalstoffen gelden specifieke regels en vergunningprocedures. Afvalstoffen moeten in ieder geval vervoerd worden naar een verwerkingsinstallatie die daarvoor vergunning (of ontheffing) heeft. De toetsingscriteria van het bevoegd gezag zijn deels ontleend aan regelgeving, en deels aan jurisprudentie. Daarnaast neemt het bevoegd gezag bij elke beoordeling omstandigheden in acht die voor dat specifieke geval gelden. Een standpunt geldt dus voor een bepaalde situatie en is niet zonder meer toepasbaar op andere gevallen.

Van hergebruik (geen afvalstof) is sprake als stoffen (of componenten daarvan) worden gebruikt voor hetzelfde doel als waarvoor zij oorspronkelijk bedoeld waren.

**Regelgeving voor Bemesting:** Elke sector heeft zijn eigen commissie bemesting. Naast de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen is er ook een Commissie Bemesting Akkerbouw en Vollegrondsgroenten, Bloembollen en boomkwekerij. Voor de Commissie Bemesting Akkerbouw en Vollegrondsgroenten voert PPO-Lelystad het secretariaat (Wim van Dijk en Willem van Geel). Daarnaast is er nog de CDM: Commissie Deskundigen Meststoffenwet, die de overheid adviseert over de meststoffenwet en ook nog de TCB: Technische Commissie Bodembescherming, die de overheid adviseert over bodemvraagstukken.

**Meststoffenwet:** Artikel 4 van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet

I. Stoffen die als meststof kunnen worden verhandeld

1. Reststof die is vrijgekomen bij de fabrieksmatige winning van suiker uit suikerbieten en die met name bestaat uit calciumcarbonaat, organische stof afkomstig van suikerbieten en water (schuimaarde).
2. Reststof, die uitsluitend bestaat uit calciumcarbonaat in de vorm van tot granulaat vormalen eierschalen die zijn vrijgekomen bij de industriële verwerking van eieren, en die is gehygiëniseerd door verhitting (calciumcarbonaat van verwerkte eierschalen).
3. Reststof die is vrijgekomen bij de fabrieksmatige productie van drinkwater uit grond- of oppervlaktewater en die met name bestaat uit calciumcarbonaat (kalkslib van drinkwaterbereiding).

4. Reststof die is vrijgekomen bij de fermentatieve productie van het antibioticum 7-amino-de-acetoxycfalosporinezuur en die met name bestaat uit zwavel, kalium en stikstof (reststof bij 7-ADCA productie).
5. Reststof die is vrijgekomen bij de zuivering van steenzout bij de fabrieksmatige productie van zuiver natriumchloride en die bestaat uit calciumcarbonaat, water, magnesiumhydroxide en sporen gips en keukenzout (kalkhoudende reststof van zoutwinning),
6. Reststof die is vrijgekomen bij de productie van urean uit kalkammonsalpeter en ureum en die bestaat uit calciumcarbonaat (kalk), water en de filterhulpstof amorf aluminiumsilicaat (kalkhoudende filterkoek die vrijkomt bij de productie van anorganische meststoffen).
7. Reststof die is vrijgekomen bij de industriële productie van bakkergist door fermentatie van verdunde melasse van suikerbieten en suikerriet en die bestaat uit een donkerbruine viskeuze suspensie van kristallen van kaliumsulfaat (kaliumsulfaatsuspensie).
8. Reststof die is vrijgekomen bij de fabrieksmatige productie van alcohol door fermentatie van melasse die is vrijgekomen bij de fabrieksmatige verwerking van suikerbieten en die bestaat uit een donkerbruine stroperige vloeistof (vinsassekali) of bestaat uit een ingedikte donkerbruine stroperige vloeistof (ingedikte vinsassekali).
9. Reststof die is vrijgekomen bij de chemische reiniging van lucht uit een bedrijfshal, waar (gecomposteerd) zuiverings-slib met houtsnippers wordt gecomposteerd door middel van het wassen met een verdunde waterige oplossing van zwavelzuur en die bestaat uit een pH-neutrale oplossing van ammoniumsulfaat in water (ammoniumsulfaathoudende spuiwater van chemische luchtwassers van composteerhallen).
10. Reststof die is vrijgekomen bij de productie van blauwzuur (waterstofcyanide) uit methaan en ammoniak volgens het BMA-proces en die bestaat uit een oplossing van ammoniumsulfaat in water met een maximaal blauwzuurgehalte van 0,00027% (ammoniumsulfaatoplossing in water van blauwzuurproductie volgens BMAproces).
11. Reststof die is vrijgekomen bij de fabrieksmatige verwerking van fabrieksaardappelen tot zetmeel en die bestaat uit ingedikt onteiwit aardappelvruchtwater (ingedikt onteiwit aardappelvruchtwater).
12. Reststof die is vrijgekomen bij de productie van alcohol door fermentatie van het glucosehoudend bijproduct van de verwerking van tarwe tot tarwegluten en tarwezetmeel na toevoeging van gist, waaruit de alcohol door destillatie is verwijderd en dat met propionzuur en boterzuur gestabiliseerd kan zijn en die bestaat uit waterig slib met residuen van vergiste tarwebestanddelen en gist (tarwegistconcentraat).
13. Reststof die is vrijgekomen bij het verwijderen van kalium uit glycerine van biodieselproductie uit koolzaad door middel van precipitatie en in hoofdzaak bestaat uit gedroogde kaliumsulfaat (Kaliumsulfaat van biodieselproductie).
14. Reststof die is vrijgekomen bij de fabrieksmatige verwijdering van schillen met behulp van stoom van vooraf gewassen wortelen en die bestaat uit wortelschillen in water (wortelstoomschillen).

#### Nutriënt Platform bespreekt mogelijkheden herziening wet- en regelgeving

In het kader van het Ketenakkoord Fosfaatkringloop vond op 7 juni 2012 een bijeenkomst van het Nutriënt Platform plaats t.b.v. van de doorlichting van de wet- en regelgeving door de Ministeries van Economie, Landbouw & Innovatie en Infrastructuur & Milieu. Voorafgaand aan de bijeenkomst is de notitie 'herziening regelgeving in het kader van Ketenakkoord Fosfaatkringloop 04062012' verspreid. De partijen betrokken bij het Nutriënt Platform hebben de afgelopen maanden diverse knelpunten in de regelgeving aangegeven waar zij tegen aanlopen in de uitvoering van het Ketenakkoord, bij het creëren van een markt voor gerecycled fosfaat (zoals struviet).

De bestaande Nederlandse en Europese regelgeving is in het verleden tot stand gekomen vanuit het perspectief van bescherming van gezondheid, veiligheid en milieu. Normen werden gesteld en procedures ontwikkeld waarbij het uitgangspunt was dat elke nieuwe ontwikkeling zorgvuldig getoetst moest worden. Het vraagstuk waar de Ketenpartijen voor staan, doet aan het belang van deze normen niet af. De Ketenpartijen zijn gezamenlijk op zoek gegaan naar concrete situaties waarin de huidige regelgeving naar hun mening onnodig belemmerend werkt om tot innovatie te komen. De rijksoverheid heeft zich bereid verklaard deze signalen serieus te nemen, goed te kijken naar de verschillende cases en indien nodig en wenselijk voorstellen te formuleren die in een brief aan de Tweede Kamer rond de zomer van 2012 worden aangeboden.

Tijdens de bijeenkomst hebben de Ministeries van I&M en EL&I een terugkoppeling gegeven op de input die door de leden van het Nutrient Platform in het eerste kwartaal van 2012 gegeven is. Als eerste is een inventarisatie gemaakt van belangrijke zaken die nog niet in bovengenoemde notitie geadresseerd werden. Vervolgens zijn de verschillende paragrafen in de notitie een voor een besproken en bediscussieerd. Tenslotte is besproken welke vervolgstappen gezet moeten worden om de noodzakelijke veranderingen op nationaal en Europees niveau te realiseren.

Na afloop van de bijeenkomst sloot het gros van de aanwezigen aan bij een rondleiding over het terrein van gastheer ICL Fertilizers.

Voor meer informatie over het Ketenakkoord of de notitie 'herziening regelgeving t.b.v. uitvoering Ketenakkoord Fosfaatkringloop', neem contact op met secretaris van het Nutrient Platform Ger Pannekoek, g.pannekoek@nutrientplatform.org, tel: 070 304 3734

## 7.2 Logistiek

Een berekeningsvoorbeeld voor transportkosten:

Een rozenbedrijf heeft maximaal 1250 m<sup>3</sup>/ha/jaar aan spuiwater. Bij een 10x indikking is dit 125 m<sup>3</sup>/ha/jaar. Een bedrijf van 5 ha heeft dan 625 m<sup>3</sup>/jaar spui, en bij een bedrijf van 30 ha 3750 m<sup>3</sup>/jaar. Dat is in 1<sup>ste</sup> geval 21 auto's van 30 m<sup>3</sup> per jaar, om de paar dagen een auto. In 2<sup>de</sup> geval 125 auto's van 30 m<sup>3</sup> en in de zomer dus eigenlijk elke dag.

De kosten van transport worden geraamd op €2.50 /m<sup>3</sup> per vracht bij een afstand van 25 km (Dambrink, 2006).

Een mogelijke aanpak bij het ophalen van spui zou kunnen zijn het tevens afleveren van vloeibare meststoffen, om daarmee transportkosten te besparen. Deze aanpak werpt wel een paar vragen op?

- o Hoe frequent wordt er mest aangeleverd?
- o Kunnen tanks voor aanleveren meststoffen hergebruikt worden om te vullen met spuiwater? Moet er dan schoongemaakt worden i.v.m. contaminatie, en wat zou dat kosten?
- o Kan één vrachtauto meerdere klanten combineren?
- o Komen volumina in de tijd (seizoenen) overeen?

## 7.3 Afzetroutes (Factsheets)

### 7.3.1 Route 6: Concentraat als grondstof voor meststoffen leverancier

We onderscheiden 2 routes: vloeibare meststoffen (6a) en (nagenoeg) vaste meststoffen (6b). Van belang is vast te stellen wat de landbouwkundige waarde van deze producten is; en of deze producten een goedkoper alternatief kunnen zijn voor de gangbare meststoffen.

#### **Route 6a: Concentraat als grondstof voor vloeibare meststoffen**

Beschrijving

Vloeibare meststoffen staan in de akkerbouw sterk in de belangstelling (Uit: Bussink en van Dijk, 2011). In Nederland is een breed aanbod aan vloeibare minerale meststoffen voorhanden en met enige regelmaat komen er ook nieuwe producten op de markt. Er zijn zowel enkelvoudige N-, P- en K-meststoffen als samengestelde meststoffen beschikbaar. In 2002 is het perspectief geschetst van vloeibare NPK-meststoffen (Clevering, 2003). Recentelijk heeft van Campen (2010) aangegeven dat in de akkerbouw op dit moment met vloeibare meststoffen veelal geen financiële voordelen zijn te behalen. De laatste jaren komen er in toenemende mate producten op de markt die afkomstig zijn uit mestscheidings- en mestbewerkinginstallaties, luchtwassers en industriële productie (bijvoorbeeld uit de voedingsindustrie). Het betreft zowel vloeibare (bijvoorbeeld ammoniumsulfaat oplossing) als vaste producten (bijvoorbeeld struviet). Deels hebben deze producten een toelating gekregen (zie Bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) om ingezet te worden als meststof, deels worden ze ook toegepast zonder toelating.

Naast de directe toepassing van het concentraat als N-meststof in de landbouw (akkerbouw, grasland) kan het concentraat mogelijk ook worden afgenomen door een meststoffenleverancier. Deze kan het concentraat rechtstreeks gebruiken als meststof, of als halffabricaat voor andere formuleringen. Er lijken, naar analogie met het mineralenconcentraat uit drijfmest, met name mogelijkheden te liggen voor de afzet naar leveranciers van vloeibare meststoffen.

Gebruik als vloeibare meststof of als halffabricaat voor vloeibare meststoffen lijkt wel een interessante optie. Voorwaarde is wel dat het concentraat voldoende is ingedikt tot 1-2% ds-gehalte aan meststoffen. Ter vergelijking: mineralenconcentraat uit drijfmest bevat gemiddeld 7 g N en K/kg. Het huidige afvalwater bevat 0,3 g N en K/l. Het drainwater moet dus minimaal met een factor 20 ingedikt worden. De aanwezigheid van Na in het drainwater (0,1 g/l) geeft ook na indikking met 20x (2 g/l) waarschijnlijk geen probleem. Immers ook het mineralenconcentraat bevat enkele g/l aan Na.

Milieuvriendelijke meststoffen zijn meststoffen met een zeer lage CO<sub>2</sub>-voetafdruk, die emissiearm zijn te plaatsen in de wortelzone van planten en die tijdens het opnameproces door de planten minimale verliezen naar het milieu opleveren. De bekende vloeibare meststoffen, afkomstig uit reststromen, spuihoog uit luchtwassers van veehouders en mineralenconcentraat, voldoen aan deze definitie, om de volgende redenen :

- vloeibare meststoffen zijn nauwkeurig te doseren in de wortelzone
- de CO<sub>2</sub>-voetafdruk van reststromen is nihil, de CO<sub>2</sub>-voetafdruk drukt op het hoofdproduct
- onder natte omstandigheden, die in Nederland in het groeiseizoen altijd voorkomen, kan nitraat uitspoelen of als lachgas vervluchtigen, plantenvoeding zonder nitraat verdient dus de voorkeur. Spuihoog en mineralenconcentraat bevatten uitsluitend ammoniakale stikstof (Oenema, 2001).

In aanmerking komende stroom  
Het concentraat.

Wetgeving

T.a.v. regelgeving zijn er 2 die belangrijk zijn: 1. De milieuwet en 2. De meststoffenwet.

De eerste gaat over afvalstoffen. Afvalstoffen moeten vervoerd worden naar een erkend afvalstofverwerkingsbedrijf. Zo'n bedrijf moet een vergunning daartoe hebben. Als ons spuiwater voor het zelfde doel wordt ingezet dan is het geen afvalstof. Het is nog een discussie of hergebruik van drainwater van een rozenbedrijf voor toepassing op grasland bv. hergebruik (een bijproduct) is of dat dat toch een afvalstof is. M.a.w. of telen van gewassen in het algemeen de definitie is, of dat telen van een bepaald gewas de definitie zal zijn.

De tweede wet zegt iets over het verhandelen van meststoffen. Ook kan een bepaalde oorsprong gedefinieerd worden als mogelijke meststof (bv water afkomstig uit luchtwassers van de dierhouderij). Dat moet dan expliciet in de wet aangegeven worden, en daarvoor moet dus een toekenning voor verkregen worden. Het gebruik van dierlijke mest als meststof heeft een tijdelijk toekenning om het mogelijk te maken dit pad te onderzoeken.

Afzetvolume/markt

Wat betreft de afzetmarkt is het volume voldoende groot, maar is er duidelijk sprake van een verdringingsmarkt. Door scherpere wet- en regelgeving zal de eerstkomende jaren ook uit de mestverwerkingssector een toenemende hoeveelheid mineralenconcentraat op de markt worden aangeboden. Een mogelijk voordeel van het concentraat van de glastuinbouw is dat de herkomst niet gerelateerd is aan drijfmest uit de bio-industrie.

Marktwaaarde van product (of stroom)

Op basis van de waarde van de in het concentraat aanwezige nutriënten zou een potentiële marktprijs van naar schatting ca. 10 euro/m<sup>3</sup> worden berekend. Maar de huidige afzet van het mineralenconcentraat uit drijfmest, wat een vergelijkbare waarde op basis van de aanwezige nutriënten zou hebben, leert dat een dergelijk bedrag niet door de markt wordt betaald. De huidige marktwaaarde van het mineralenconcentraat ligt duidelijk lager (ca. 1-2 euro/m<sup>3</sup>). Voor het concentraat van de glastuinbouw zal waarschijnlijk ook gelden dat de werkelijke marktwaaarde lager is dan de prijs gebaseerd op de waarde van de aanwezige nutriënten.

Huidige status

Er zijn meststoffenleveranciers die interesse hebben. Er is gesproken met een meststoffen leverancier van Iperen (Zie gespreksverslag in bijlagen).

### **Afzetroute 6b: Concentraat als grondstof voor vaste meststoffen**

Beschrijving

Een recente ontwikkeling is het zodanig bewerken van dierlijke mest in mestscheidingsinstallaties dat mineralenconcentraten ontstaan die op termijn het predicaat kunstmestvervanger dienen te krijgen. Daartoe is in 2009 een pilot gestart waarin wordt onderzocht of het mineralenconcentraat, dat ontstaat door mestscheiding, ultrafiltratie en omgekeerde osmose, gebruikt kan worden als kunstmest. Tegelijk wordt nagegaan wat de waarde van de fosfaatrijke dikke fractie is. Nederland heeft voor deze pilot van de Europese Commissie toestemming gekregen om gedurende twee jaar (2009 en 2010) de landbouwkundige, economische en milieukundige aspecten te onderzoeken van de productie en het gebruik van mineralenconcentraten. Hierbij kunnen de mineralenconcentraten als kunstmest boven de gebruiksnorm van dierlijke mest worden toegepast, maar binnen de stikstofgebruiksnorm in het kader van de Nitraatrichtlijn. De eerste resultaten zijn recentelijk gerapporteerd (Velthof, 2009).

In aanmerking komende stroom

Het concentraat.

Eisen

Voor nutriënten uit dierlijke mest is de recycling in de kunstmestproductie reeds onderzocht (Boosten, G.G.M.; J.G. de Wilt; 2011). In zijn algemeenheid geldt dat de volgende eisen aan grondstoffen voor kunstmest worden gesteld. In de eerste plaats moet de grondstof homogeen zijn en qua samenstelling constant, in de tweede plaats mag de grondstof niet te veel ongewenste verontreinigingen bevatten, zoals ziektekiemen en zware metalen. In de derde plaats moet de toevoer van de grondstof gegarandeerd zijn en in de vierde plaats moet het productieproces passen binnen de milieuregelgeving. Het recyclen van nutriënten uit dierlijke mest in de huidige nitraat houdende kunstmestproductie is onder de huidige technische en regelgevende randvoorwaarden moeilijk haalbaar (MMF,2010). Dit heeft ook alles te maken met het huidige productieproces. De productie van nitraat houdende meststoffen vindt plaats door stikstofgas en waterstof (uit aardgas) onder hoge druk en temperatuur te laten reageren tot ammoniak. Dit ammoniak wordt verder verwerkt tot een reeks van nitraat houdende meststoffen. In de fosfaatindustrie is de verwerking van dierlijke mest minder problematisch. Fosfaatkunstmest wordt verkregen door het ontsluiten van natuurfosfaten. Op dit moment gebruikt de fosforindustrie al alternatieve grondstoffen ter vervanging van fosfaaterts, waaronder P-houdend zuiveringsslibas (Thermphos). De eisen die de fosforindustrie aan de grondstoffen stelt, behelzen onder meer een minimaal ds- en P-gehalte (resp. 75% en ca. 20% als P2O5). Anderzijds worden met het oog op de emissie-eisen ook eisen gesteld aan ten aanzien van het N- en SO<sub>4</sub>-gehalte (resp. ~0 en < 0,5%).

Gelet op bovenstaande en gezien het feit dat het concentraat met name stikstof bevat en veel lagere gehalten aan fosfor, lijkt het gebruik van het N-rijke concentraat voor de droge meststof productie niet voor de hand te liggen.

Afhankelijk van de gebruikte types en de concentraties aan GBM moeten deze voorafgaand verwijderd worden uit het drainwater of concentraat.

Wetgeving

Om het ingedikte concentraat als alternatieve meststof te mogen gebruiken, is een predicaat meststof vereist of een ontheffing. Meer informatie hierover in de Bijlage over wetgeving.

## 7.3.2 Route 7: Concentraat voor bestaande grond- of substraat teelten

### **Afzetroute 7-in: Alternatieve (bestaande of zout-tolerante) teelt op eigen bedrijf**

De directe afzet van de afvalwaterstroom of het concentraat voor de eigen teelt is in deze studie (WP6) geen optie, omdat deze route bij WP5 hoort. Wel beschouwen we het gebruik daarvan in een alternatieve teelt (ander gewas) op eigen bedrijf (7-in-a), ook als er daarvoor nog een interne opwerkingsstap op eigen bedrijf noodzakelijk zou zijn, wat dit gebruik dan in principe als indirect betiteld. Ook kan het gaan om een teelt van een zouttolerante variëteit van hetzelfde gewas (7-in-b). Omdat het dan om een “nieuwe teelt” gaat zal er veel overlap zijn met route 8a (zout-tolerante gewassen). Hier geven we alleen de verschillen ten aanzien van toepassing op eigen bedrijf.

#### Beschrijving

De volledige afvalwaterstroom (WP5) kan niet gebruikt worden voor de eigen teelt. Wel kan deze waterstroom mogelijk gebruikt worden voor een andere (bestaande) teelt op eigen bedrijf. Zo zou een bijteelt van potplanten onder glas die mogelijk wat zout toleranter zijn gekozen kunnen worden. Bij deze optie wordt er ook van uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom of het concentraat op eigen bedrijf kan worden ingezet bij de teelt van een ander zouttoleranter gewas of een zelfde gewas maar dan een variëteit met een hoger zouttolerantie niveau (cascadering). Omdat de toepassing op eigen bedrijf zal zijn, zal met name het beperkte ruimtegebruik (hetgeen in competitie zal zijn met de ruimte voor het hoofdproduct) een belangrijke rol spelen. Juist om die reden zal men dan het liefst voor hoogwaardige gewassen kiezen, niet bijvoorbeeld bulkproducten voor energieteelt.

#### In aanmerking komende stroom

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom (nutriënten en eventueel brijn).

#### Eisen

Bij de teelt van een soortgelijk product als het hoofdproduct zullen de resten van pathogenen en groeiremmers niet meer in het water mogen zitten, om ziekteverspreiding te voorkomen. Bij de teelt van andere producten (bv bloemen) zal dit wellicht in mindere maten een rol spelen, maar dit behoeft wel aandacht.

Hoofd- en micronutriënten. Omdat met een zouttoleranter gewas wordt gewerkt is een aanwezig zout geen probleem, mits de teelt daarop wel aangepast is.

Omdat de toepassing op eigen bedrijf is, gelden alle wettelijke bepalingen zoals die ook voor de bestaande teelt gelden. Met andere woorden ook hier zullen we naar 0-emissie moeten streven van alle componenten, en mogen deze alleen via productroutes het bedrijf verlaten. Andere wettelijke bepalingen zullen er zijn voor voedingsproducten (restant GBM en andere mogelijk toxische stoffen/pathogenen). Om deze reden kan er bijvoorbeeld voor gekozen worden om een niet-voedingsproduct zoals sierplanten te telen.

#### Afzetvolume/markt

Zouttolerante variëteiten van het hoofdgewas zullen mogelijk als een niche markt verkocht kunnen worden. Producten zullen mogelijk een andere “look” hebben of ook een andere smaak, wat zelfs een voordeel zou kunnen zijn, maar waar de markt aan moet wennen. Als de teler dit product “mee” kan verkopen met zijn bestaande product als een special, is er mogelijk geen probleem in de afzetmarkt. Als hij in een bestaande markt, met een kleinschalig product, een plek moet veroveren zal dat wellicht lastiger zijn. Deze aanpak zal het meest aansluiten bij groentetelers.

Voor sierplanten lijkt er geen probleem van afzetmarkt te zijn. Wel kan een teler, die een sierteelt als bijproduct heeft, mogelijk concurrentie ondervinden in de (inter-) nationale markt. Door de kleinschaligheid lijkt dit mogelijk niet haalbaar, waardoor ook weer eerder aan een kleine, lokale of nichemarkt gedacht moet worden. Deze aanpak lijkt mogelijk het best aan te sluiten bij bloementelers die naast hun eigen snij-product ook een potvariant willen produceren, al of niet van de zelfde plantsoort.



Marktwaaarde van product (of stroom)

De marktwaaarde van de productstroom is die van de aanwezige nutriënten in de afvalwaterstroom (maximaal €1,75/m<sup>3</sup>). Deze komt terug in de vorm van een besparing aan meststoffen bij de na-geschakelde teelt. De aanwezige zouten (b.v. NaCl) hebben geen waarde.

Huidige status

Het ontwikkelen van zouttolerante gewassen is wereldwijd een groot aandachtsveld (Californië, Sicilië, Peking, Mexico, Singapore). Vooral verwacht met veel van genetisch gemodificeerde producten, die sowieso al veel toleranter zijn ten aanzien van zout (Van Dam, 2007). Een voorbeeld daarvan is de zout-tolerante tomaat (Li *et al.* 2010).

Zhang en Blumwald (2001) geven aan dat tomatenplanten met name zout opslaan in de bladeren en niet in de vruchten, een kans om de kwaliteit van de tomaten te handhaven.

Stanghellini (1987) heeft laten zien dat juist de kwaliteit van tomaten verbetert (consumenten perceptie) als tomaten zouter worden geteeld.

De Plantenveredeling van Wageningen Universiteit & Researchcentrum Centrum heeft een nieuwe zouttolerante gebaseerd tomaat genotype op gen vermenging van moderne en gecultiveerde planten soorten. De nieuwe genotype werden hogere opbrengsten in zoute omstandigheden dan een gewone gewas en het genotype bleek ook de favoriet van een smaakpanel zijn vanwege zijn hoge suikergehalte. Hoewel verder onderzoek nodig is om krijgen meer informatie over problemen zoals de ziekte van tolerantie, de nieuwe genotype is nu in principe beschikbaar voor veredelingsbedrijven (Jagers *et al.* 2011).

Concrete praktijkrijpe productiesystemen zijn nog niet voorhanden. Wel liggen er perspectieven voor middellange termijn (>5 jaar).

Wetgeving

Genetische modificatie van rassen stuit in de praktijk vaak op wettelijke problemen. Het na schakelen van een zouttolerante teelt lijkt een voordeel op te leveren om de aanwezige nutriënten uit het afvalwater te halen. Omdat de na-geschakelde teelt ook met een recirculatie watergeefstelsel uitgevoerd zal moeten worden, bestaat het gevaar dat het zout uiteindelijk ook hier zich zal ophopen. End-of-pipe zoutterugwinning zal blijven bestaan. Het na schakelen levert mogelijk een voordeel omdat de concentratie van NaCl hoger kan liggen en de nutriënten grotendeels verwijderd zullen zijn. In hoeverre al het zout gefixeerd kan worden in bijvoorbeeld de teeltsubstraten in containers die van het bedrijf afgevoerd worden is maar zeer de vraag.

### **Route 7ex: Afvalwater voor gietwater voor andere (glas)tuinbouwbedrijven (cascadering)**

Bij deze route zal het afvalwater, met daarin de beschikbare nutriënten hergebruikt worden in substraatteelten (los-van-de-grond) in de (glas)tuinbouw buiten het eigen bedrijf, maar wel dichtbij zodat de transportkosten beperkt kunnen blijven. Kansen zijn er mogelijk voor lokale situaties waarbij aanbieders en afnemers elkaar kunnen vinden. Vooral gewassen die minder gevoelig zijn voor natrium of GBM komen dan in beeld. Dit zijn over het algemeen koolgewassen (bloemkool), aardappelen, wortelen, prei, selderij. Vooralsnog zijn er geen applicaties bekend van deze gewassen op substraat, maar er wordt wel geëxperimenteerd met telen op water, zoals b.v. prei (van Os, 2011), hetgeen bij route 8b2 wordt behandeld.

Beschrijving

Hierbij gebruikt een volgende teler telkens het afvalwater van zijn buurman, en geeft op zijn beurt het afvalwater weer verder aan de volgende (cascadering). Dit gaat door totdat de laatste teler zijn afvalwater weer moet lozen en/of reinigen. In de cascade lijn worden dan telkens gewassen geteeld die toleranter zijn voor de hogere concentraties Na en bio verontreinigingen. Het meest efficiënt is dit concept als het afvalwater gebruikt kan worden zonder verdere opwerking. Eventueel kunnen tussenzuiveringsstappen (ontsmetting) gebruikt worden om ziekteverspreiding te voorkomen. Uiteindelijk kunnen er combinaties gemaakt worden met andere watergebruikers (bv. vollegronds tuinbouw, akkerbouw, grasland e.d.). Een variant van cascadering is een tuinbouw gebied met een centrale zuivering.

In aanmerking komende stroom  
Afvalwater

Eisen

Ziekteverwekkers, groeiremmers en gewasbeschermingsmiddelen moeten in tussenstappen uit het water gehaald worden indien het gewas dat vereist. Natrium mag er wel in zitten als er telkens voor een gewas gekozen wordt dat zout-toleranter is.

Huidige status

Rondom het thema van waterkringloopsluiting en de daarmee samenhangende onderwerpen als goed gietwater en zuiveringstechnologieën is al veel kennis en ervaring beschikbaar. Ook zijn belangrijke ontwikkelingen in gang gezet zoals in de projecten Kasza (Stowa, 2007), project 'AquaReUse' ([www.aquareuse.nl](http://www.aquareuse.nl)) in de Overbuurtse polder en het project '4-B concept' in Waalblok ([www.aquareuse.nl](http://www.aquareuse.nl)). Genoemde projecten betreffen allen een gebiedsgerichte aanpak, waarbij collectief het afvalwater aangewend wordt om gietwater te produceren.

(Externe) risico's

Bij cascadering hangen de mogelijkheden sterk af van combinaties die te maken zullen zijn in de praktijk. In de praktijk zien we dat ook buiten de glastuinbouw water tussen partijen verhandeld wordt, maar dat dit niet altijd voor de hand ligt. Er is wel een voorbeeld (proef) bekend waarbij in Dinteloord een suikerfabriek afvalwater gebruikt vanuit de glastuinbouw. Bij deze aanpak zijn meerdere partijen betrokken. Veelal zal een goede rechtsvorm voor een samenwerkingsverband gezocht moeten worden, en zullen er afspraken over leveringszekerheid gemaakt moeten worden. Het opzetten van centrale zuiveringen is nagenoeg alleen efficiënt mogelijk bij nieuw te ontwikkelen glastuinbouw gebieden. Voor bestaande gebieden zal het afhangen van de lokale infrastructuur (bestemmingsplannen en regelgeving) en het aantal telers of dit mogelijk is.

Afzetroute 7a: Concentraat voor giet- en fertigatiewater voor andere (glas)tuinbouwbedrijven

Bij deze route zal het concentraat, met daarin de beschikbare nutriënten hergebruikt worden in substraatteelten (los-van-de-grond) in de (glas)tuinbouw buiten het eigen bedrijf, maar wel in de regio zodat de transportkosten beperkt kunnen blijven. Kansen zijn er mogelijk voor lokale situaties waarbij aanbieders en afnemers elkaar kunnen vinden. Vooral gewassen die minder gevoelig zijn voor natrium of GBM komen dan in beeld. Dit zijn over het algemeen koolgewassen (bloemkool), aardappelen, wortelen, prei, selderij. Vooralsnog zijn er geen applicaties bekend van deze gewassen op substraat, maar er wordt wel geëxperimenteerd met telen op water, zoals b.v. prei (Van Os, 2011), hetgeen bij route 8b2 wordt behandeld. Substraatteelten als bij 7-ex genoemd voor hergebruik van afvalwater komen ook hier in aanmerking, maar naarmate de gewassen meer gevoeliger zijn, zal het concentraat verdund moeten worden met schoon water, en er zal meer bij gemest moeten worden.

Beschrijving

Indien concentraat hergebruikt wordt bij andere glastuinbouwbedrijven praten we over extern gebruik.

In aanmerking komende stroom  
Concentraat

Eisen

Ziekteverwekkers, groeiremmers en gewasbeschermingsmiddelen moeten in tussenstappen uit het water gehaald worden indien het gewas dat vereist. Natrium mag er wel in zitten als er telkens voor een gewas gekozen wordt dat zout-toleranter is.

Afzetvolume/markt

Afnemers zullen vooral eisen willen stellen aan de productstroom en garanties willen hebben. Vooralsnog is het daarom de vraag of de route voor het hergebruik van het concentraat als vloeibare meststof via een meststoffen leverancier (in dat geval de tussenpersoon) niet interessanter is. De meststoffenleverancier kan zo de taak op zich nemen om het product onder garantie te leveren. De keuze direct gebruik, regionaal zuiveren of via de meststoffen leverancier, zal afhangen van een kostenoverweging of de lokale/regionale situatie.

(Externe) risico's

Vooral aandacht voor ziekteverspreiding.

### **Afzetroute 7b: Vollegronds tuinbouw**

#### Beschrijving

In de vollegrondstuinbouw worden tuinbouwgewassen buiten geteeld. Dat kunnen ook groenten (groenteteelt) en snijbloemen zijn. Andere buitenteelten zijn bijvoorbeeld boomteelt, fruitteelt of bloembollenteelt. Anders dan in de tuinbouw, vindt de teelt en oogst daar nagenoeg volledig gemechaniseerd plaats. De laatste jaren is een trend gaande waarbij men de vollegronds tuinbouw, ook in het kader van de KRW, uit de grond wil gaan telen: "Teelt uit de grond". De watergift voor deze gewassen zal dan drastisch gaan wijzigen. In het kader van deze trend is het zinvol om de afzet van afvalwater of concentraat uit de glastuinbouw hierbij apart te beschouwen. Soms worden groenten ook door akkerbouwers geteeld. Men noemt dat de 'grove groenteteelt'. Deze route zal bij akkerbouw (7c1) meegenomen worden.

In de vollegronds tuinbouw zijn tijdens de teelt risico's bijna niet uit te bannen. Ieder bedrijf kent zijn eigen infectiedruk van ziekten en onkruid. Daarom gebruiken telers biologische of chemische gewasbeschermingsmiddelen, welke toegelaten zijn of waar vrijstellingen voor zijn. Leveranciers van gewasbeschermingsmiddelen zijn: Bayer, BASF, Certis, Syngenta, Agrichem, Nufarm, Brabant Chemie, Belchim, Dow Agro Science. In de nieuwe Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden zijn veranderingen opgenomen over de natte grondontsmetting. Nu voldoet een melding terwijl voorheen een vergunning nodig was. Een andere verandering is, dat er vanaf 1 januari 2006, één ontsmetting is toegestaan per 5 jaar. Meststoffen bestaan in vele varianten, kortwerkend of langwerkend, vloeibaar of vast, enkelvoudig of meervoudig, organische mest of kunstmest. Vloeibare, langzaam werkende meststoffen (bv van Cultan en Urean) zijn stikstofhoudende meststoffen die direct tijdens het planten worden toegediend. Een langzaam werkende, vaste meststof (bv Entec) is een enkelvoudige stikstofmeststof die voor vele doeleinden in de vollegrondstuinbouw toegepast kan worden. De stikstof is in een bepaalde vorm aanwezig waardoor deze niet snel uitspoelt. De stikstofbenutting verbetert voor de plant en het aantal malen stikstof toedienen kan daarmee beperkt worden.

Leveranciers van meststoffen maken soms bepaalde blends op verzoek van telers (bv Handelsonderneming C.J. Klep B.V.), als zij in hun teelt verschillende meststoffen gebruiken. Bij aanvang van een nieuwe teelt is de aanwezige voedingstoestand zeer belangrijk. Door het nemen van een grondmonster kan de voedingstoestand geanalyseerd worden (bv Groen Agro Control). Het is ook mogelijk om de grond te onderzoeken op de aanwezigheid van schadelijke aaltjes en eventuele residuen van gewasbeschermingsmiddelen. Ook analyses van gietwater worden wel gemaakt, bijvoorbeeld voor Eurep Gap. Tevens kunnen ziektes worden aangetoond door middel van DNA onderzoek van bodem of plant.

Afhankelijk van de tijd van het jaar worden verschillende soorten doek en folie toegepast als bedekking van de teelt. Voor de bescherming tegen vorst wordt vaak gebruik gemaakt van vliesdoek of geperforeerde folie. In droge en warme perioden van het jaar werkt men met beregening .

In aanmerking komende stroom

Afvalwater of concentraat.

#### Wettelijke eisen/bepalingen

Vanaf 1 januari 2006 is er een nieuwe mestwetgeving van kracht gegaan. In de nieuwe mestwetgeving geldt per gewas en grondsoort een gebruiksnorm. In tegenstelling tot Minas, moeten telers nu ook rekening houden met een maximum fosfaatgift per hectare. Bij overschrijding van de gebruiksnormen krijgen zij een boete. Telers gebruiken voor de berekening van hun meststoffen gift vaak hulpprogramma's van hun meststoffen leverancier.

#### Huidige status

In 2010 is geconstateerd, dat het voor een aantal vollegrondsteelten, om in de mineralenbehoefte te kunnen blijven voorzien, noodzakelijk is om nieuwe oplossingen en/of teeltmethoden te zoeken. In de zoektocht moeten nog veel obstakels genomen worden, maar afgelopen jaar is - met ondersteuning vanuit ZLTO - via praktijknetwerken een begin gemaakt met telen uit de grond op praktijkniveau.

## Route 7c: Akkerbouw5

### Beschrijving

Bij deze toepassing kan de landbouwer/veehouder de in het drainwater of concentraat aanwezige nutriënten of meststoffen nuttig aanwenden ter vervanging van chemische meststoffen (kunstmest) voor landbouwgrond. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat de aanvoer van voedingselementen in het drainwater worden berekend/gemeten. De aanvoer van meststoffen via het drainwater kan worden verrekend in het bemestingsplan. Bussink en van Dijk (2011), geven een overzicht van de huidige mogelijkheden voor de toepassing en de waarde van alternatieve meststoffen in de akkerbouw. Bij deze toepassing wordt naast de productie van consumptie goederen ook gedacht aan de productie van biomassa (riet, wilgen e.d.) welke ingezet kan worden in biomassa centrales voor energieproductie. In het verleden is onderzoek gedaan naar het schoonmaken van rivierslib (bagger) via deze route (Boels, Vermeulen *et al.* 1999).

In aanmerking komende stroom

Afvalwater of concentraat.

### Eisen

Voor de toepassing bij wilgen lijkt de afvalwater of concentraatstroom direct toegepast te kunnen worden. Wilgen zijn redelijk tolerant, zelfs voor zware metalen. Beperking zou de wetgeving kunnen zijn als de wilgen op een makkelijk draineerbare bodem staan. Dan moet voorkomen worden dat meststoffen en andere middelen uitspoelen, bijvoorbeeld door de wilgen quasi "los van de grond" te gaan telen.

Akkerbouwers hebben wel interesse in P maar alleen als die werkzaam gehouden is. P mag dus niet neergeslagen zijn in de vorm van P-ijzerzouten<sup>6</sup>. Volgens EU verordening 2003/2003 moeten verhandelbare N-kunstmest (oplossingen) minimaal 15% N bevatten. Het concentraat komt in ieder geval niet tot deze concentratie.

In het bemestingsadvies voor maïs (bijvoorbeeld) wordt onderscheid gemaakt tussen maïs in continueelt en maïs geteeld in vruchtwisseling met andere gewassen. Met maïs in continueelt wordt bedoeld dat de maïs twee of meer opeenvolgende jaren op hetzelfde perceel wordt geteeld, of dat de maïs meer dan 50% van het vruchtwisselingschema uitmaakt. In alle andere gevallen wordt gesproken over maïs in vruchtwisseling met andere gewassen. De vermelde adviezen gelden voor snijmaïs, MKS, CCM en korrelmaïs tenzij anders vermeld. De giften moeten gecorrigeerd worden met de beschikbare concentraties van mineralen in de bodem bij zaaien. Er wordt tevens onderscheid gemaakt tussen volvelds bemesting of rijenbemesting (gift lager).

Tabel 10. Bemestingsadviezen voor maïs (Bron CBGV, Bemestingsadviezen voor maïs, voederbieten, granen en luzerne).

Meststof	kg/ha/jaar - maximaal	graan	voederbieten	<b>luzerne</b>
Stikstof	210	200	215	Niet nodig
Kalium (K <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	300	220	430	330
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	60	100	160	130
Natrium (Na <sub>2</sub> O)	-	-	200 <sup>1</sup>	-
Magnesium (MgO)	150	idem	idem	idem
Koper (Cu)	6	idem	idem	idem
Borium	0.75	idem	idem	idem
Mangaan	15 (evt. bespuiten)	idem	idem	idem
Kalk	pH en grondsoort (lutum, org. Stof) afhankelijk			

5 Bijdrages uit persoonlijke communicatie met Janjo de Haan (PPO-Lelystad)

6 Persoonlijke communicatie met Jaap Schröder van Plant Research International (Wageningen-UR).

## Wettelijke eisen/bepalingen

Vanuit de milieuwetgeving verwacht zal het afvalwater uit de glastuinbouw gezien worden als afval en om het dan te mogen ontvangen moet je een afvalverwerker zijn. Behalve dus als de teler eigen grond heeft. Of je het dan wel mag uitrijden is niet bekend, maar ook daar kan de wetgeving rond bodembescherming dwarszitten. Hier zit mogelijk wel een parallel met spuiwater van luchtwassers uit de varkenshouderij dat wel uitgereden mag worden. Milieutechnisch zou het uitrijden misschien niet eens zo'n groot probleem zijn en misschien wel een effectieve maatregel (zou nog nader onderzocht moeten worden) maar gezien de wettelijke en acceptatieproblemen is de verwachting dat dit niet op grote schaal kans maakt. Spuiloog uit luchtwassers van veehouders en mineralenconcentraat zijn de meest bekende meststoffen uit reststromen, maar in de Bijlage Aa van de Meststoffenwet worden nog veel meer producten uit reststromen genoemd die als meststof zijn toegelaten ([http://wetten.overheid.nl/BWBR0018989/bijlageAa/geldigheidsdatum\\_08-12-2011](http://wetten.overheid.nl/BWBR0018989/bijlageAa/geldigheidsdatum_08-12-2011)).

## Afzetvolume/markt

Op de afvalmarkt ((verwerkte) mest, (mogelijk opnieuw) slib, compost) is het dringen: afnemers kunnen dus veeleisend zijn. Als melkveehouders (grasland, maïsland) al interesse hebben, dan willen ze wel de NK maar niet de P (vanwege hun eigen al bestaande P overschot). Akkerbouwers hebben wel interesse in P maar alleen als die werkzaam gehouden is; P mag dus niet neergeslagen zijn in de vorm van P-ijzerzouten<sup>7</sup>.

Voor de afzet naar een biomassateelt op eigen of nabijgelegen bedrijf zal in het Westland weinig belangstelling zijn. Het ruimtegebruik zal daar de beperkende factor kunnen zijn. Telers hebben in westen niet veel ruimte over voor een buitenteelt. Daarom staan de kassen tot aan de sloot, eventueel met schaaap of geit om het gras kort te houden. In oosten of noorden is er natuurlijk meer perspectief omdat kasdichtheid veel kleiner is.

## Marktwaaarde van product (of stroom)

De eerste vraag is wat de waarde van de afvalwaterstroom uit de glastuinbouw is voor andere sectoren en dit gerelateerd aan de alternatieven. Vooralsnog is de beschikbaarheid van goed water over het algemeen geen knelpunt. Alleen in periodes van grote droogte en dan met name in de kustgebieden en west Nederland. Hoge zoutconcentraties, microbiologische verontreiniging en GBM resten vormen een bedreiging. GBM zijn er mogelijk wel uit te halen. De waarde zit vooral in de nutriënten, maar het aanbod van dierlijke mest vormt een bedreiging. Dit alles maakt dat de waarde van het concentraat laag ingeschat wordt.

De vraag is verder hoe het water beschikbaar is. De vraag zit in de zomerperiode (grootweg mei tot september) en daarbuiten niet. Binnen "Teelt de grond uit" bestaat een vergelijkbaar probleem. Voordeel is daar dat buitentelers vaak zelf nog eigen grond hebben.

## Huidige status

Binnen Wageningen-UR (PPO,PRI, Livestock Research, Alterra) loopt op dit moment (2009-2012) veel onderzoek aan mineralenconcentraten (MC). Dat is product uit mestscheiding waarbij de dunne fractie die daaruit voortkomt wordt blootgesteld aan ultrafiltratie gevolgd door (energievretende) omgekeerde osmose. Doel is het produceren van een P-rijke exporteerbare waterarme dikke fractie en een geconcentreerde NK oplossing als kunstmestvervanger in akkerbouw (en evt. grasland). Probleem vooralsnog is soms een tegenvallende N werking die je niet zou verwachten op basis van ammonium-gehalte. Mogelijk speelt denitrificatie als gevolg van de aanwezige vetzuren een rol. Hiernaar loopt nog onderzoek bij Alterra.

Een in België uitgevoerd ALT-demonstratieproject "Valorisatie drainwater van substraatteelt op cultuurgronden" (MVG, 2004) concludeerde dat het drainwater opgevangen en aangewend kan worden als bemesting op cultuurgrond. Op twee locaties werden resten van drainwater geïnjecteerd op grasland. Uit de resultaten van het ALT-demonstratieproject bleek dat toediening van het drainwater tot verhoging van de grasproductie leidde. Overigens was de inhoud aan voedingselementen in het drainwater beperkt ten opzichte van de totale voedingsbehoefte van het gras. De productieverhoging was mogelijk mede een gevolg van de toediening van het extra water.

Het drainwater zou mogelijk ook als irrigatiewater voor landbouwgrond kunnen worden aangewend (gebruikelijke hoeveelheden 10 - 100 m<sup>3</sup>/ha). Het gebruik van irrigatiewater is in Nederland niet gebruikelijk. Alleen in droge perioden wordt in de akkerbouw en tuinbouw beregend, waarvoor grondwater en oppervlaktewater wordt gebruikt. In Zuid-Europese landen is vanwege de droogte het gebruik van irrigatie veel essentiëler voor de plantengroei (link: Lentech). Zo wordt in Spanje

7 Persoonlijke communicatie met Jaap Schröder van Plant Research International (WUR).

56% van de totale landbouwgrond geïrrigeerd. Door toenemende verdroging zal waarschijnlijk irrigatie ook in Nederland vaker worden toegepast. Natuurlijke irrigatiebronnen zijn regenwater en oppervlaktewater. Alternatieve irrigatiebronnen zijn hergebruik van stedelijk afvalwater en drainagewater (Lentech). Hergebruik van water voor irrigatiedoeleinden wordt wereldwijd toegepast. De kwaliteit van het gebruikte irrigatiewater is erg belangrijk, omdat het bepalend is voor kwaliteit en hoeveelheid oogst, de bodemkwaliteit en de milieukwaliteit.

Bij gebruik van drainagewater als irrigatiewater zijn de aanwezige nutriënten een nuttige bron van voedingsstoffen. Hierdoor kan bespaard worden op het gebruik van kunstmest. Wel dient de nutriëntenconcentratie in het drainagewater te worden gemeten. Voor wat betreft het zoutgehalte van het drainwater (voornamelijk NaCl), is de geschiktheid van het drainagewater afhankelijk van de zouttolerantie van het gewas en de eigenschappen van de geïrrigeerde bodem. Over het algemeen moet water dat voor irrigatiedoeleinden wordt gebruikt een lage tot gemiddelde zoutconcentratie bevatten (EC tussen de 0,6 - 1,7 mS/cm).

Het drainagewater zal in de meeste gevallen een hoger zoutgehalte hebben dan 1,7 mS/cm (gemiddeld ca. 3,5 mS/cm). Drainagewater is wat betreft het zoutgehalte dan ook minder geschikt als irrigatiewater, maar kan mogelijk als suppletiewater dienen (gezamenlijk gebruik met andere zoutarmere irrigatiebronnen). Het gebruik van alternatieve meststoffen op landbouwgrond staat de laatste jaren sterk in de belangstelling in zowel Nederland als België. Voor transport en de aanwending op de grond van derden dient wel een en ander te worden geregeld. In België is de aanwending van specifieke meststoffen (o.a. spuiwater uit een biologische of zure water) al mogelijk, mits de juiste procedures zijn gevolgd (producent dient een gebruikerscertificaat en voor het gebruik op grond van derden een ontheffing te hebben, voor transport dient een document te worden opgemaakt). In Nederland moet voor het gebruik van een alternatieve meststof eerst een verzoek worden ingediend, waarna toetsing volgens een Protocol Beoordelen stoffen Meststoffenwet plaats kan vinden<sup>8</sup>. Toetsing vindt plaats aan de hand van een dossier, algemene criteria en landbouwkundige en milieukundige criteria. Afhankelijk van de beoordeling, door een onafhankelijke commissie Deskundigen Meststoffenwet, wordt de alternatieve meststof geplaatst op de Bijlage Aa anorganische Rest- en afvalstoffen. Eerst daarna kan gebruik als meststof onder de geldende regels plaatsvinden. Daaraan voorafgaand kan voor het gebruik van de alternatieve meststof (bijv. het drainwater/concentraat) als meststof op landbouwgrond ten behoeve van onderzoek, een ontheffing worden aangevraagd (ontheffing gebruiksverbod voor onderzoeksdoeleinden, zie Besluit gebruik meststoffen). Enkele algemene eisen zijn dat de meststof gelijkmatig qua samenstelling moet zijn, de meststof voor de praktijk in een bruikbare toestand verkeert, de aanwezig nutriënten worden geleverd, de werking doeltreffend is, geen schadelijke gevolgen voor gezondheid, mens, dier, plant en milieu optreedt en de meststof niet geheel/gedeeltelijk is geproduceerd uit rest- en afvalstoffen.

In 2009 is in Nederland met toestemming van de Europese commissie, een tweejarige pilot gestart waarin werd onderzocht of het mineralenconcentraat uit drijfmest<sup>9</sup>, dat ontstaat door mestscheiding, ultrafiltratie en omgekeerde osmose, gebruikt kan worden als kunstmest voor o.a. aardappelteelt en graanteelt (NMI, 2011). Het mineralenconcentraat bestond afhankelijk van het procedé, per kuub uit 5-6 kilo zuivere stikstof, 0,5 tot 1,0 kilo fosfaat en rond de 8 kilo kali<sup>9</sup>. Als tweede gift aan een gewas zetmeelaardappelen werd ongeveer 10 kuub per hectare toegevoegd. Bij graanteelt, 14-15 kuub per hectare, levert het gebruik een voordeel van 90 euro per hectare op (vermeden kunstmestkosten). Op zowel gras- als bouwland bleef de werking duidelijk achter ten opzichte van kunstmeststikstof in de vorm van kalkammonsalpeter. Op bouwland bedroeg de N-werking op zand en klei respectievelijk 75% en 85% op basis van de opgenomen N in plaats van de beoogde 100%. Het vermoeden bestaat dat deze lagere werking het gevolg is van ammoniakemissies en/of denitrificatie. Uit berekeningen van de waarde van het mineralenconcentraat blijkt dat indien stikstof en kali beiden positief worden gewaardeerd door de ontvanger, een ton concentraat een waarde van 12 euro vertegenwoordigt (9,0 g K<sub>2</sub>O/kg ; N-totaal 6,9 g N/kg waarvan 6,3 g/kg NH<sub>4</sub>-N). Overigens wordt meestal een lagere prijs betaald dan een prijs die is gebaseerd op de waarde van de aanwezige nutriënten (oorzaak extra kosten met uitrijden, lagere werking nutriënten, slecht imago, etc.). Het concentraat wordt meestal toegepast binnen een straal van 25 km van herkomst.

Het drainwater bevat per kuub gemiddeld resp. 300 g K, 300 g N-NO<sub>3</sub>/l en 40 g P-PO<sub>4</sub>/l. Het concentraat zal bij indikking met een factor 5 resp. 1,5 kilo K, 1,5 kgN-NO<sub>3</sub>/l en 0,2 kg P-PO<sub>4</sub> per kuub bevatten. Ten opzichte van bovengenoemd mineralenconcentraat uit drijfmest bevat het concentraat van drainwater lagere gehalten aan meststoffen (factor 3-5 lager).

8 Huidige wet- en regelgeving hergebruik fosfaat, struviet, etc., Henri Bos, Directie Agroketens en Visserij, Ministerie van Economische zaken, landbouw en Innovatie, Lezing 13 mei 2011, Antropia, Driebergen.

9 Korrelkunstmest krijgt serieuze concurrentie in Bemesting, nr.1 februari 2009.



Een ander verschil is dat de stikstof niet aanwezig is als  $N-NH_4$ , maar als nitraat ( $N-NO_3$ ). Op nitraat gebaseerde meststoffen worden echter efficiënter, betrouwbaarder en als minder milieubelastend gezien (minder uitspoeling en vervluchtiging) dan ureum houdende meststoffen, zoals ureum en urean. In de haalbaarheidsstudie van fase 1 is vastgesteld dat de aanwezige meststoffen in het concentraat van het drainwater een waarde van ca. 7,50 euro/m<sup>3</sup> vertegenwoordigen. De waarde van de aanwezige hoeveelheid P, K en N in het concentraat bedraagt naar schatting ca. 3 euro/m<sup>3</sup>.

Behalve de bovengenoemde meststoffen bevat het drainconcentraat ook zouten, waarvan natrium de belangrijkste is (concentratie in drainwater 125 mg Na/l en in concentraat 0,6 g/l). Een dergelijk natriumgehalte is voor de beoogde toepassing eerder een voordeel dan een nadeel. Natrium is voor een aantal gewassen een essentiële meststof, onder andere voor bieten. Voor andere gewassen is de aanwezigheid van natrium niet essentieel, ook niet voor gras. Wel is natrium essentieel voor de gezondheid van vee. Natrium is van invloed op de smakelijkheid van het gras en daarmee op de grasopname. Ook maakt voldoende natrium het gras minder droogtegevoelig<sup>10</sup>. Ter vergelijking: Het mineralenconcentraat van drijfmest bevat enkele grammen natrium/l (Velthof, 2011).

Bij gebruik van het drainwater op landbouwgrond is het van belang dat deze zich in de buurt bevindt van het betreffende glastuinbouwbedrijf, immers het drainwater bestaat voor het grootste deel uit water. Bij voorafgaande indikking van het drainwater tot een concentraat is transport over een wat grotere afstand mogelijk (transportkosten ca. 2.50 euro/m<sup>3</sup> voor een afstand van maximaal 25 km (Dambrink, 2006). Om het concentraat van drainwater in aanmerking te laten komen als mogelijk alternatief voor mineralenconcentraat uit drijfmest, dient het drainwater bij voorkeur een factor 15-20 te worden ingedikt, tot ca. 1-2 gew-% aan meststoffen. Dit wordt bevestigd door van Iperen<sup>11</sup>.

Bij toepassing van het concentraat als alternatieve meststof voor landbouwgrond, verdient het aanbeveling dit centraal aan te gaan pakken voor meerdere bedrijven of voor een glastuinbouwgebied. Hierdoor kan een constante aanvoer en een constant product qua samenstelling worden gegarandeerd. De afname van het concentraat zou kunnen worden gecombineerd met de waterterugwinning uit de spui van de drain. Een loonwerker zou bij de glastuinbouwbedrijven langs kunnen gaan met een mobiele grootschalige MD-installatie, die het opgevangen spuiwater zuivert in een schone waterstroom en een concentraatstroom. De concentraatstroom wordt ingenomen en afgevoerd naar een centrale innameplaats, waar het op specificatie wordt gebracht voor de afzet richting landbouw.

#### Aanvullende informatie

Mineralenconcentraat en spuihoog zijn goede vervangers van kunstmest in de aardappelteelt<sup>12</sup>. Dat is de uitkomst van onderzoek dat WUR-PPO Westmaas dit jaar heeft uitgevoerd. De resultaten werden vrijdag 9 december bekendgemaakt tijdens het symposium van de stichting NCOR (Nederlands Centrum voor de Ontwikkeling van de Rijenbemesting). De stichting NCOR wil rijenbemesting stimuleren en praktische toepassingen beschikbaar maken. Daarvoor stimuleert NCOR de ontwikkeling van machines en onderzoek. Ook stelt de stichting op basis van onderzoek jaarlijks de voorlopige adviesbasis voor rijenbemesting op. Dit is nodig, omdat de belangstelling voor rijenbemesting toeneemt, terwijl er nog geen officiële bemestingsadviezen zijn. Door efficiëntere toediening van de meststoffen, is het bemestingsadvies bij rijenbemesting lager, waardoor er meer ruimte is om dierlijke mest aan te voeren.

#### Precisiebemester

WUR-PPO in Westmaas deed dit jaar onderzoek met de precisiebemester, waarbij de vloeibare meststof tegelijkertijd met het frezen van de aardappelruggen in de grond wordt gebracht. Via een kouter komt de meststof 10 cm naast het midden van de poter en 5 cm onder de poter in de grond. Op die manier kan op wortelniveau worden bemest. Het onderzoek werd gefinancierd vanuit het Programma Precisie Landbouw (PPL) en uitgevoerd in opdracht van CZAV, Nedato, Suiker Unie en Landbouwcommunicatie.

10 <http://www.mineralemeststoffen.nl/15622/Natrium.html>.

11 Persoonlijke communicatie dhr. Martien Melissant van Iperen, dd. 2 september 2011.

12 Uit persbericht: Programma Precisie Landbouw, stichting NCOR, Herre Bartlema: 06-51596092). Henny van Gurp, projectleider PPL, 06/21212453/henny.van.gurp@zito.nl.

Op het proefveld werden verschillende meststoffen met elkaar vergeleken: KAS (breedwerpig toegediend), urean, spui loog en mineralenconcentraat. Deze drie vloeibare meststoffen werden in de rij toegediend met de precisiebemester. De onderzoekers pasten verschillende basisgiften toe, variërend van 0 tot 200 kilo N/ha. Daarnaast keken ze naar het effect van bij bemesting met 50 kg N/ha KAS. Uit het onderzoek kwam naar voren dat de verschillen tussen KAS en urean niet erg groot zijn. Spui loog en mineralenconcentraat daarentegen zorgden voor minstens evenveel tot meer opbrengst. Dat betekent dat deze twee restproducten uit de veehouderij prima kunnen dienen als vervanger van kunstmest.

En dat is goed nieuws, vindt voorzitter Herre Bartlema van NCOR. "De kunstmestvervangers worden door verschillende leveranciers in diverse vormen op de markt gebracht, onder meer door CZAV. De eenvoudige machine voor toediening in combinatie met het frezen is door de relatief lage prijzen van de kunstmestvervangers snel terugverdiend. Zo kan de teler zijn saldo verhogen en tegelijkertijd de CO<sub>2</sub>-voetafdruk fors verlagen." Dat laatste is belangrijk voor de aardappelketen om te voldoen aan de wens van de afnemer om de uitstoot van broeikasgassen te verlagen. Tijdens het symposium werden cijfers bekend gemaakt van het aandeel dat kunstmest heeft in deze uitstoot. Voor de aardappelteelt loopt dit op tot 50 procent. Vervanging van kunstmest door reststromen uit de veehouderij zorgt voor een fors lagere 'voetafdruk', zeker als deze stoffen ook nog eens emissiearm worden toegediend. Toedienen gecombineerd met frezen bespaart bovendien een werkvang en dus energie. Reststoffen bewijzen hun waarde als kunstmestvervanger.

### Reststromen

Het gebruik van reststromen in de landbouw zal fors toenemen, verwacht NCOR. De gunstige invloed op de CO<sub>2</sub>-voetafdruk pleit hiervoor, terwijl het aanbod bovendien steeds groter wordt. NCOR heeft daarom een werkgroep ingesteld die zich gaat bezighouden met voorlichting over verantwoord gebruik van reststromen in de landbouw. Uitgangspunt van deze voorlichting is objectief landbouwkundig onderzoek. In de werkgroep zijn leveranciers en distributeurs van meststoffen vertegenwoordigd en de ontwikkelingen zijn te volgen op de website [www.klimaatvriendelijkemeststoffen.nl](http://www.klimaatvriendelijkemeststoffen.nl).

Een reststof die tijdens het symposium van NCOR extra aandacht kreeg was struviet: een potentiële enkelvoudige meststof die in grote hoeveelheden beschikbaar komt bij de zuivering van afvalwater. Deze stof kan dienen als vervanger van kunstmestfosfaat bij de start van gewassen als aardappel, maïs en bonen en is goed toe te passen met de precisiebemester. Deze precisiebemester zelf wordt ook verder ontwikkeld. In de derde tranche van het Programma Precisie Landbouw heeft een aantal initiatiefnemers een werkplan ingediend voor de verdere ontwikkeling van de bemester tot een autonoom werkende machine die in het voorjaar drijfmest in combinatie met kunstmestvervanger kan toedienen. Deze lichte precisiebemestingsrobot kan na elke omgang zelfstandig meststoffen bijtanken en daarmee het probleem van structuurbederf tackelen. Het streven is om een prototype van de robot te tonen tijdens de aardappel demodag die in september 2012 in Westmaas wordt gehouden. In Programma Precisie Landbouw investeren het landbouwbedrijfsleven en het ministerie van EL&I in hulpmiddelen en voorwaarden voor innovatieve Controlled Traffic Farming, Bemesting en Gewasbescherming.

## **Route 7d: Irrigatie en bemesting van grasland (veehouderij)**

### Beschrijving

Grasland levert de belangrijkste grondstof voor melk: 'ruwvoer' in de vorm van beweiding én via graskuil. Grasland is daarom het fundament waarop een veehouderij bedrijf is gebouwd, en kan bij efficiënte productie de kostprijs van de melk verlagen. Een veehouder zal dus veel aandacht voor de bemesting van grasland hebben. De bemesting van grasland staat in relatie tot de grondsoort en bodemvruchtbaarheid, het gebruik van dierlijke mest en de kwaliteit van het ruwvoer. Een teler start met de analyse van alle belangrijke bodemkenmerken en volgt vervolgens een bemestingsadvies (NPK, Natrium en andere elementen) dat doorwerkt in de bodem, het gewas en de voeding van de koeien. Omdat voor grasland dus ook een Natrium advies geldt, is deze afzetroute mogelijk een interessant spoor om te onderzoeken.

In aanmerking komende stroom

Afvalwater en concentraat, mogelijk ook brijn (natrium).

Eisen

Op de afvalmarkt ((verwerkte) mest, (mogelijk opnieuw) slib, compost) is het dringen: afnemers kunnen dus veeleisend zijn. Als melkveehouders (grasland, maïsland) al interesse hebben, dan willen ze wel de NK maar niet de P (vanwege hun eigen al bestaande P overschot).

Het bemestingsadvies voor grasland is verschillend voor met en zonder klaver, of voor nieuwe graslanden. Hier worden de getallen voor zonder klaver vermeld (Bron: CBVG).

**Stikstof:** Het stikstofbemestingsadvies wordt gestuurd door de stikstofjaargift en het stikstof leverend vermogen van de grond (NLV). De stikstofjaargift is de vooraf geplande hoeveelheid stikstof uit kunstmest én werkzame stikstof uit dierlijke mest die jaarlijks op het grasland wordt toegediend. Het NLV wordt bepaald met grondonderzoek. De adviesnorm (275 kg/ha/jaar) hangt ook af van de beweiding of het maaien.

**Fosfaat:** De waardering van het P-AL getal hangt af van de grondsoort(zeeklei, veen, zand, rivierklei, löss, dalgrond). Het advies is het grasland te bemonsteren op 0-10 cm. De adviesgift in kg P2O5 per ha, is gelijk voor alle grondsoorten. In het kader van de gebruiksnormen mogen veehouders op percelen met een lage P-toestand (P-AL-getal < 16) gedurende 4 jaar 160 kg P2O5 per ha geven. In 2009 is de gebruiksnorm 95 kg P2O5 per ha. Dit betekent dat er maximaal 95 kg P2O5 per ha als dierlijke mest gegeven kan worden. Het overige fosfaat moet toegediend worden in de vorm van kunstmest. Deze gegevens leiden tot het volgende Advies: Advies verdeling 160 kg P2O5 per ha over de sneden: Voorjaar vóór snede 1 110 P2O5 (65 kg P2O5 per ha als kunstmest en 45 kg via de dierlijke mest. Dit is 25 - 30 m3 mest in het voorjaar. Overige sneden 50 kg P2O5 per ha uit dierlijke mest.

**Kalium:** De kaliumbemesting (variërend van 0- 180 kg K2O2/ha/jaar) is afhankelijk van de grondsoort. Het K-getal (den Boer en Vergeer 2000) geeft een waardering voor de grondsoort, bemonsterd op 0-10cm. Dit K-getal geeft de basis voor de keuzes bij de K-bemesting. Daarnaast bepalen de weersomstandigheden en het gebruik de giften. Op zandgronden, met name op humusarme gronden, wordt kali door neerslag gemakkelijk naar diepere lagen verplaatst. De mate van uitspoeling wordt bepaald door de hoeveelheid neerslag tussen de kali gift en het begin van de grasgroei. Wordt een perceel met een zeer hoge kalitoestand meer dan twee keer gemaaid, dan is het gevolg dat een grote hoeveelheid kali wordt afgevoerd. Hierdoor is het mogelijk dat voor de latere sneden onvoldoende voor de plant opneembare kali aanwezig is. Voor deze situatie wordt geadviseerd om een van de volgende sneden te bemesten met 60 kg K2O per ha (lichte sneden 40 kg/ha).Geadviseerd wordt na 15 september geen kali meer te geven.

**Zwavel:** Het element zwavel is nieuw opgenomen in het bemestingsadvies voor grasland. Een goede voorziening met zwavel is van belang voor een optimale grasgroei. Gras neemt tussen de 30 en 50 kg zwavel (S) per ha per jaar op in de vorm van sulfaat. Tot begin jaren 90 was er vooral door een hoge zwaveldepositie geen sprake van S-tekorten op grasland. De laatste decennia is de jaarlijkse zwaveldepositie echter sterk gedaald. In Noord-Nederland ligt deze inmiddels beneden de 10 kg S per ha per jaar en is nog steeds dalende. Uit veldproeven op zandgrond is gebleken dat S-bemesting meeropbrengsten kan geven van 0 tot 2,2 ton droge stof per ha.

**Natrium:** Het natriumadvies voor grasland is niet gericht op verhoging van de opbrengst, maar wordt uitsluitend gegeven met het oog op de gezondheidstoestand van het rundvee. Bij beweiding en/of een rantsoen met veel graskuil is het gewenst om via bemesting het Na-gehalte van het gras op peil te houden. Dit is gunstig voor de voeropname. Daarnaast worden percelen beter afgeweid. Bij een rantsoen met veel snijmaïs is aanvulling nodig via het voerspoor.

Het advies hangt af van de grondsoort, de waardering van het natriumgehalte in de grond en van het K-getal. Het bemestingsadvies voor natrium bestaat uit een advies voor het eerste jaar na grondonderzoek en een advies voor de latere jaren. Met het advies voor het eerste jaar na grondonderzoek wordt de natriumtoestand op de waardering voldoende gebracht. Het advies voor de latere jaren is erop gericht om de toestand te handhaven en kan worden gezien als onderhoudsbemesting. Het advies is het grasland te bemonsteren op 0-10 cm.

Als geen kali in de vorm van een minerale meststof behoeft te worden gestrooid, wordt geadviseerd de vereiste hoeveelheid natrium als natriumnitrat (#) of landbouwsout (#) te geven. Op percelen waar het calciumgehalte van het gras niet hoog is (in het algemeen op zandgrond) verdient landbouwsout de voorkeur boven natriumnitrat, omdat natriumnitrat het calciumgehalte van het gras verlaagt. Wanneer wel een kalibemesting nodig is naast de natriumbemesting, wordt geadviseerd kalizouten met een laag kaligehalte te gebruiken.

Dierlijke mest bevat ook natrium. Bedrijven met een laag natriumgehalte in de grond zullen echter ook een laag gehalte in de mest hebben, waardoor zeker niet in de extra grote behoefte kan worden voorzien.

De waardering van natrium in de bodem varieert van 2 - 11 mg/100g (van laag naar hoog). Het advies voor natriumbemesting (afhankelijk van grondsoort en K-getal) bedraagt: 0 - 110 kg Na<sub>2</sub>O/ha/jaar.

Natrium spoelt zeer gemakkelijk uit, vooral op zand- en dalgrond, waardoor bij herfst- en wintertoediening van mest ook een deel van de natrium verloren zal gaan. Natriummeststoffen dienen dan ook bij voorkeur in het voorjaar toegediend te worden. In het advies zijn de verliezen die na half maart optreden verdisconteerd. Dit betekent dat alleen voor de verliezen die tot half maart optreden een toeslag gerechtvaardigd is.

**Magnesium:** Het advies voor bemesting met magnesium is gericht op het op een redelijk peil (omstreeks 150 mg MgO/kg grond) brengen of handhaven van de magnesiumtoestand van de grond. Daarnaast, het bereiken van zodanige magnesiumgehalten in het gras dat buiten de typische kopziekteperiode een goede magnesiumvoorziening van het vee mag worden verwacht. Dit is vooral van belang bij beweiding en/of rantsoenen met veel gras(kuil).

Om in voor- en najaar, wanneer de beweidingsomstandigheden als regel ongunstig zijn, kopziekte te voorkomen, zal men veelal aanvullende maatregelen moeten nemen, vooral wanneer zwaar met stikstof en/of kali is bemest. Deze maatregelen kunnen bestaan uit het voeren van krachtvoer met 5 gram magnesium per kg voer. Meer zekerheid geeft het voeren van magnesiumbrok, het voeren van magnesiet of het bestuiven van het gras met gebrande magnesiet (20 kg MgO/ha). Het magnesiumadvies hangt af van de grondsoort en de waardering van de magnesiumtoestand.

**Koper:** De kopertoestand van grasland en een eventuele bemesting met koper dienen alleen om het vee van voldoende koper te voorzien. Dit vooral van belang bij beweiding van dieren die geen krachtvoer of aanvullende mineralen krijgen (bijvoorbeeld ouder jongvee en droge koeien). Het advies voor koper hangt af van het kopergehalte van de grond, en is gelijk voor alle grondsoorten. Het advies is het grasland te bemonsteren op 0-10 cm. Ondanks een goede kopertoestand van de grond kan bij het vee toch kopergebrek optreden. Dit komt dan door een slechte benutting van het koper in het voer. Door verlaging van het ruweiwitgehalte van het rantsoen wordt de koperbenutting beter. Bij een goede kopertoestand van de grond heeft een koperbemesting geen zin, omdat het kopergehalte van het gras niet meer wordt verhoogd. Een bemesting met koper moet minstens twee weken voor het inscharen van melkvee plaatsvinden. Voor schapen wordt een minimale veiligheidstermijn van een half jaar geadviseerd.

Cu-gehalte in de grond kan variëren tussen 2 - 9.8 mg/kg. De bemesting varieert daarmee van 6 - 0 kg Cu/ha. Met de geadviseerde koper bemesting wordt de kopertoestand voor vier à vijf jaar op peil gebracht. Uit veiligheidsoverwegingen is het voor schapen raadzaam om de helft van dit advies te volgen en na vier jaar opnieuw grondonderzoek te laten doen. Een kopertoestand hoger dan 15 mg Cu/kg grond wordt voor schapen als gevaarlijk aangemerkt.

**Kalk:** De pH is van invloed op o.a. de beschikbaarheid van nutriënten voor de planten, de bodemstructuur en de biologische activiteit in de bodem. Zowel een te hoge als te lage pH beïnvloedt de beschikbaarheid van nutriënten nadelig. De gewenste pH is afhankelijk van het gewas en de grondsoort. De pH van de bodem daalt jaarlijks door o.a. gewasonttrekking, uitspoeling en eventueel de verzurende werking van minerale meststoffen. Deze daling kan beperkt worden door het vermijden van het gebruik van zuurwerkende minerale meststoffen. De pH kan verhoogd worden door het gebruik van kalkmeststoffen (bekalking). Voor bekalking kan gekozen worden voor één van de twee volgende strategieën: onderhoudsbekalking of reparatiebekalking.

Tabel 11. Overzicht bodemgehalten en bemestingsadviezen grasland zonder klaver (ook voor overige stoffen).

Meststof	Bodemgehalten (mg/kg) <i>laag - hoog (max)</i>	Bemestingsadvies (kg/ha/jaar) <i>Laag - hoog</i>
Stikstof		275 - 0
Kalium (K <sub>2</sub> O)		180 - 0
Fosfaat (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		160 - 95
Zwavel		50 - 30
Natrium (Na <sub>2</sub> O)	2 - 11	110 - 0
Magnesium (MgO)	150	20
Koper (Cu)	2 - 9.8 (15)	6 - 0
Kobalt	0.11 - 0.29	0.5 - 0
Mangaan	Geen informatie, is pH afhankelijk	-
Seleen	-	Max. 10 gram / ha in 3 giften
IJzer, Zink en Molybdeen	Voldoende aanwezig	Geen advies, evt. aanvullen via voeding
Kalk	4.4 < pH < 6.1	Bekalken tot pH=4.8 -5.0

#### Wettelijke eisen/bepalingen

De Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen is een initiatief van LTO-Nederland. Het Productschap Zuivel financiert de activiteiten van de commissie. De commissie draagt er zorg voor dat er een onafhankelijk bemestingsadvies voor iedereen beschikbaar is. De Commissie Veehouderij van het Productschap Zuivel (PZ) wil een autoriteit voor bemesting van grasland<sup>13</sup> en stelt voor dat de Commissie Bemesting Grasland en voedergewassen (CBGV) dé autoriteit in Nederland moet worden op gebied van bemestingsadviezen voor de veehouderij. De veehouderijcommissie constateert een wildgroei aan bemestingsadviezen en wil daar duidelijkheid in scheppen. Volgens haar is de CBGV de aangewezen organisatie om dat te doen. Voorgesteld wordt daarom om het budget van de CBGV voor de komende jaren met een kleine 60.000 euro per jaar op te hogen. Met dit geld kan extra onderzoek in (onderbouwing van) bemestingsadviezen worden gestoken en kan ook de communicatie richting veehouders worden versterkt.

Een volledige inventarisatie van wettelijke bepalingen en mogelijke beperkingen is niet uitgevoerd.

#### Afzetvolume/markt

In principe moet het afvalwater van de glastuinbouw concurreren de afzet van (eigen) drijfmest. Wel is het zo dat drijfmest een negatief imago heeft omdat het een dierlijke afvalwaterstroom is, en omdat er mogelijk antibiotica in dit product aanwezig zijn.

#### Marktwaaarde van product (of stroom)

Op de afvalmarkt ((verwerkte) mest, (mogelijk opnieuw) slib, compost) is het dringen: afnemers kunnen dus veeleisend zijn. Als melkveehouders (grasland, maisland) al interesse hebben, dan willen ze wel de NK maar niet de P (vanwege hun eigen al bestaande P overschot)<sup>14</sup>.

#### Huidige status

Er is weinig nog bekend over de bemesting van grasland met drainwater. Wel is een artikel gevonden over een boer die spuiwater van luchtwassers gebruikt voor grasland bemesting.

<sup>13</sup> BRON: AGRARISCH DAGBLAD AUTEUR: KLAAS VAN DER HORST, 25 juni 2010.

<sup>14</sup> Communicatie met Jaap Schröder (PRI, Wageningen-UR).

(Uit: [www.groenkennisnet.nl/melkveehouderij/Pages/nieuws.aspx?npid=2902](http://www.groenkennisnet.nl/melkveehouderij/Pages/nieuws.aspx?npid=2902); 16-3-2012, Bron: Ivo Mulders (Doelbeelden) Graslandbeheer.

Dick de Haan uit Oosterzee heeft vier jaar ervaring met het gebruik van spuiwater uit luchtwassers. Vanwege de lagere kosten verving hij een deel van zijn kunstmest met dit spuiwater, zoals het in de volksmond heet. De Haan is zich bewust van de risico's. In het voorjaar brengt De Haan tussen de 35 en 40 kuub van de met spuiwater vermengde mest op het land. Vorig jaar wist hij zijn drijfmest op te waarden tot 6,5 à 7 kilo stikstof per ton. 'Het werkt erg snel, daarom bemesten we later dan we voorheen gewend waren. Eind maart gaat de eerste drijfmest pas het land op. We bemesten met de sleepslang en vermengen de mest met water; dat zorgt voor dunnere mest en daarmee een betere benutting van mineralen. Aanvullend geven we niet meer dan vijftig tot honderd kilo kas voor de eerste snede.' Voor de latere sneden gebruikt de veehouder uitsluitend kas en gangbare drijfmest. Het gras neemt de stikstof uit spuiwater sneller op dan uit kunstmest. 'Misschien zelfs te snel, want door die snelheid groeit er wel veel gras, maar vormt het weinig structuur. Je krijgt als het ware een berg slappe hap. Het valt niet mee om een mooie kwaliteit gras te winnen. Daarom kuilen we over de eerste snede altijd een tweede snede met meer structuur.'

#### Luchtreinigers

De luchtreiniger wordt in de intensieve veehouderij gebruikt om de uitstoot van gevaarlijke stoffen en/of stoffen die het milieu aantasten te reduceren. Chemische luchtwassers werken met behulp van water met zwavelzuur. Chemische luchtwassers reduceren ammoniak en een groot deel van het stof.

#### Ammoniumsulfaat

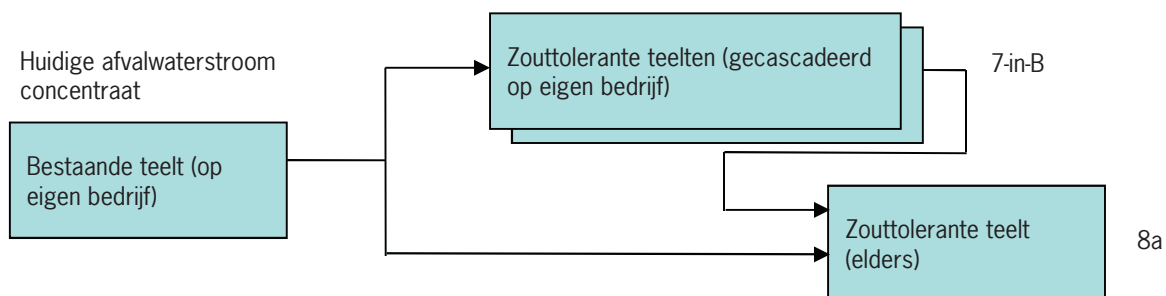
Ammoniumsulfaat, kortweg spuiwater, is het restproduct van luchtreinigers, dat overblijft na reiniging van de stallucht. De afzet van spuiwater is een probleem voor veehouders. Verschillende toepassings- en afzetmogelijkheden zijn onderzocht. Het gebruik als meststof lijkt vooralsnog de beste optie.

## 7.3.3 Route 8: Concentraat voor toekomstige teelten

### Route 8a: Zouttolerante gewassen

(Zie ook: 7-in-B. Toepassing bij zouttolerante grond- of substraatteelt op eigen bedrijf).

In dit scenario wordt de huidige afvalwaterstroom of de concentraatstroom ingezet als gietwater voor een zouttolerant gewas. Dit kan op het eigen bedrijf zijn of bij een ander bedrijf (elders). Na gebruik als gietwater resteert bij de nieuwe toepassing ook weer een afvalwaterstroom met daarin aanwezige componenten zoals zouten. Ook voor deze afvalwaterstroom zal een bestemming en/of verwerking moeten worden gevonden. Dit concept vormt een soort van "Cascadering" waarbij steeds verdere processtappen (productiestappen), het (afval) water van steeds mindere kwaliteit gebruiken. Mogelijk dat de volumestroom daardoor ook binnen een kleiner gebied of op kortere afstand sterk verkleind kan worden, mogelijk zelfs binnen het eigen bedrijf, waarbij het bedrijf dan wel moet accepteren dat bedrijfsvreemde (zouttolerante) gewassen geproduceerd zullen worden.



In aanmerking komende stroom

Bij de toepassing van droge aquacultuur wordt ervan uitgegaan dat de huidige afvalwaterstroom of de geconcentreerde concentraatstroom als gietwater kan worden gebruikt bij zouttolerante (grond)teelten in de nabijheid van het eigen bedrijf. Eventueel kan ook de brijn gebruikt worden, maar dan moeten er wel voorzorgsmaatregelen getroffen worden om al te hoge EC's in de bodem te beperken. Indien het concentraat te hoge concentraties bevat aan nutriënten of andere componenten kan overwogen worden een mengvorm van brijn en concentraat te gebruiken. Naast specifieke zoutminnende planten zijn er ook nog andere normale landbouwgewassen die redelijk zouttolerant zijn en dus ook een mogelijkheid bieden in zilt grondgebied (kustgebieden).

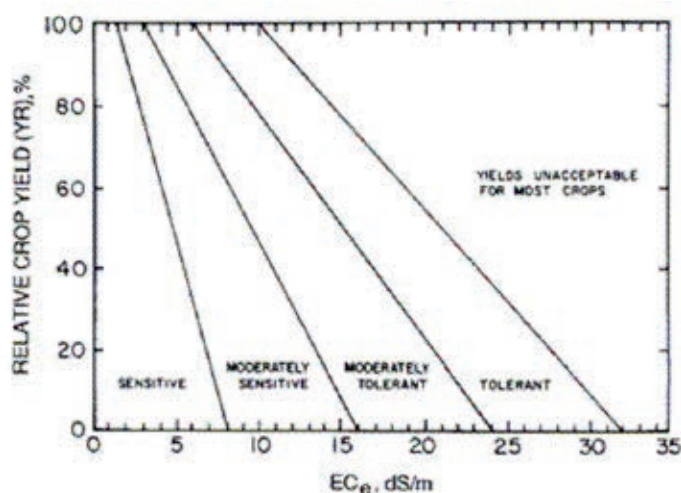
### Beschrijving

Normale Nederlandse landbouwgewassen hebben een zouttolerantie tot ca. 5 gram per liter NaCl in het wortelmilieu. In een zout milieu nemen planten moeilijker via de wortels water op. Tomaten kunnen tot 7 mS/cm nog een goede productie leveren.

Als het zoutgehalte in het wortelmilieu hoger ligt door bijvoorbeeld verzilting, komen zouttolerante planten (halofyten) in aanmerking, die ook in zilte omstandigheden een goede productie kunnen leveren. Hierbij moet gedacht worden aan soorten als gerst, spelt, bieten en huttentut, vaak de wat oudere gewassen. Onderstaande Figuur geeft aan dat tolerante soorten bij een zoutgehalte ( $EC_e$ ) van 8 tot 14 dS/m (5 tot 10 g/l NaCl) een normale opbrengst kunnen hebben. Bij een hoger zoutgehalte neemt de opbrengst iets af, maar dit hoeft geen nadeel te zijn als de zoute gronden iets extra's toevoegen aan de smaak. Om te vergelijken, zeewater heeft een EC van 20 mS/cm.

Er bestaan verschillende manieren waarop een halofyt aangepast is aan zijn zoute omgeving. Er zijn bijvoorbeeld halofyten die zout nodig hebben om te overleven (obligate zoutplanten, voorbeeldzeekraal), andere halofyten kunnen ook in zoet water leven (facultatieve zoutplanten, voorbeeldlamsoor).

Een halofyt is een plant, die kan groeien in een bodem met een hoog zoutgehalte (bijvoorbeeld 3% keukenzout), zoals die voorkomen in mangroven, kustgebieden, zoute steppen en zoute half woestijnen. Het kunnen zowel natrium als kaliumhoudende bodems zijn. De echte halofyten slaan het zout op in het cytoplasma of maken organische verbindingen aan om zo een compatibele oplossing te maken, genoemd de organische osmose strategie. Halofyten kunnen ingedeeld worden in planten die zout tolereren, de echte halofyten en in facultatieve halofyten die zout uit de weg gaan. Deze laatste groep planten groeien bijvoorbeeld alleen in het regenseizoen als de zoutconcentratie laag is of ze houden het zoutgehalte in de plant laag door het op te slaan in bladeren die later afvallen of door de zoutklieren of blaasharen op de bladeren het overtollige zout uit te scheiden. Weer andere zijn eigenlijk succulenten die veel water kunnen vasthouden (bron: Wikipedia).



Figuur 5. Opbrengsten bij verschillende zoutgehalten van gevoelige tot tolerante planten als percentage van de normale opbrengst (bron dr. Joost Bogemans, Serra Maris).



Er zijn wel 40 gewassen bekend die zouttolerant zijn (Xplorelab, 2010). In Nederland denkt men in de eerste plaats aan zeegroenten zoals zeekraal en lamsoor (zeeaster). In het algemeen kan gedacht worden aan groenten (spinazie, groene asperges), akkerbouwgewassen (snijbiet, aardappel, speltgraan), bloemen- of sierteelt (potplanten), zilte grassen of hooi voor veevoer (Brandenburg, 2007, van Dam, 2007). De productie van eendenkroos voor eiwitrijk (zilt) veevoer, en vervanging van de likstenen als natrium leverancier, is een serieuze optie (Priva<sup>15</sup>). Voor een uitgebreid overzicht van de mogelijk te telen gewassen en hun kenmerken op zilte gronden wordt verwezen naar Van Schaijk (2007).

## Eisen

Iedere potentiële soort heeft eigen specifieke kenmerken en teeltvoorwaarden. Bij zilte gewassen zijn dat bijvoorbeeld de grondsoort en de hoeveelheid zout water die de plant mag hebben. Natrium- en chloorionen uit zout bij hoge concentraties zijn schadelijk voor de plant en nemen groei, productie en kwaliteit af. Ook zullen planten onder deze stresscondities veel gevoeliger voor ziekten worden. De uiteindelijke EC in het wortelmilieu (zie figuur) is daarbij leidend en is aan een maximum gebonden. Toepassing van brijn of afvalwater met een vrij hoge EC lijkt wel mogelijk, maar er zal voor gewaakt moeten worden dat de EC in de wortelzone niet boven de drempel zal gaan oplopen. Berekening met zout water (van boven) kan het blad schaden. Dit is een extra schadepost bij siergewassen zoals bloemen en boomkwekerijproducten. Verzilting heeft ook effect op de bodemstructuur, vooral op zavel- en kleigronden. De natriumionen nemen in de grond als het ware de plaats in van het aanwezige calcium en magnesium, waardoor de bodem dichtslibt. De aanwezigheid van residuen GBM en pathogenen is mogelijk een knelpunt ten aanzien van de teelt.

Zeekraal heeft zout nodig, en groeit slechter in zoet water. (Half zout: 12 mS/cm). Zeekraal heeft geen bladeren, maakt geen suikers aan, en gebruikt de vacuolen om te gaan met het zout. De efficiëntie van zoutopname moet nog bekeken worden. Waarschijnlijk neemt zeekraal niet alles op. De gevoeligheid voor gewasbeschermingsmiddelen is onbekend.

Toepassing van standaard afvalwater zal qua concentraties van hoofd- en micronutriënten geen probleem vormen. Mogelijk dat na indikking (5x) de concentraties van bepaalde micronutriënten schadelijk kunnen zijn voor de planten.

De in het afvalwater aanwezige hoofdnutriënten (N,P,K) maar ook de andere sporenelementen zijn van nut voor het gewas. Zeekraal groeit het best op zandige kleigronden en moet bevoeid worden met zoutwater voor een optimale smaak. Lamsoor groeit bij voorkeur ook op zandige kleigronden, maar heeft geen zout nodig om te kunnen overleven, wel voor de typische zilte smaak. Een zandige deklaag bij de teelt van zeeaster/lamsoor vormt een voordeel, omdat klei allerlei teeltproblemen met zich meebrengt indien het overspoeld wordt met zout water (Brandenburg, 2007).

## Wetgeving

Het lozen van nutriënten, zout en ander stoffen zoals GBM in een open milieu is door de KRW aan banden gelegd. Een buitenteelt heeft daarmee dus ook te maken. GBM zullen verwijderd moeten worden alvorens geloosd wordt op de buitenteelt. Wel is bekend dat bijvoorbeeld bepaalde stoffen (bv. GBM) door langere verblijftijd in halofytenfilters afgebroken kunnen worden, maar toepassingen zullen altijd moeten aantonen dat er geen O-uitspoeling van deze stoffen naar milieu plaatsvindt.

De teelt van zilte gewassen is binnendijs mogelijk als zout water gebruikt wordt om te bevoeien. Bij teelt in de volle grond zal dit inhouden dat het bodemprofiel hier zout(er) gaat worden. Dit moet dan wel zo in te passen zijn dat dit geen verzilting van de omgeving oplevert. Het omliggende watersysteem moet dit toestaan of hierop aangepast worden (Grontmij, 2008), of het systeem moet hydrologisch ontkoppeld kunnen worden. Zilte teelt zal daarom veelal alleen in kustgebieden eenvoudig te realiseren zijn. In principe is toepassing van zouttolerante teelt in open milieus een variant op "Lozen op oppervlaktewater", waarbij het gewas als nutriëntenfilter wordt gebruikt. Meer landinwaarts zal zout-tolerante teelt daarom mogelijk alleen als recirculatiesysteem opgezet kunnen worden, waarbij opnieuw een lozingsprobleem (zout) zal ontstaan. Telers in Zeeland mogen nagenoeg geen herbiciden spuiten, en hebben veel last van onkruid. Voorkeur geniet dan ook een binnenteelt. Zeekraal is een snijgewas. De stengels verhouten op termijn en zodoende kan er drie maal gesneden worden. Lamsoor is een sierproduct. Het kan niet binnen geteeld worden, en moet afgehard worden. De wind moet er doorheen kunnen blazen en weerswisselingen zijn belangrijk. Lamsoor is ziektegevoelig, vooral schimmels en witte vlieg.

---

15 Priva, informatie per email d.d. 21 februari 2011, Nico Enthoven.

Zeekool heeft een mooi gekleurd blad, en heeft langgerekte bladeren. Het is lastig te telen, en moet voorgekiemd worden in de kas. Deze teelt moet opgeschaald worden naar een buitenteelt. Vooral konijnen kunnen de buitenteelt last bezorgen. Sierplanten/Bloemen (Ijsbloemen). Dit is een laag gewas met felle kleuren dat voor boeketten gebruikt kan worden.

#### Afzetvolume/markt

Over het telen van zeekraal is voldoende bekend in Nederland. Jaarlijks kan er van een hectare minstens 4000-6000 kg geoogst worden, verdeeld over 3 keer snijden in de periode van juni tot september. De opbrengst van Lamsoor is ongeveer 4000 kg per ha per seizoen. Verwacht wordt dat de productie van zouttolerante gewassen voorlopig mondjesmaat zal toenemen, maar voorlopig (in ieder geval de komende 10 jaar) niet tot grootschalige marktvolumes zal leiden. De markt moet nog ontwikkeld worden. De productie van zoutminnende gewassen neemt af naarmate de zoutconcentratie hoger wordt. Voor hoge zoutconcentraties kan het marktperspectief daardoor kleiner worden. De zeekraal heeft een marktwaarde van 10-12 euro per kilo. In Zeeland zijn er nu 5 restaurants waar zeekraal op de menukaart staat.

Zeekraal wordt geoogst langs de stranden in een groot aantal gebieden en is een seizoenproduct. Koppert-Cress is een glastuinbouwbedrijf gespecialiseerd in de productie van speciale kruiden en smaakmakers. In tegenstelling tot deze conventioneel aangeboden zeekraal, wordt hun zeekraal (*Salicornia Cress*) jaarrond in de kas geteeld en kan zij derhalve een kwalitatief hoogwaardig product (verpakt in kleine doosjes) voor een vaste prijs leveren. *Salicornia Cress* is jaarrond verkrijgbaar en kan meer dan 10 dagen bewaard worden tussen 2° en 4 °C. Gezaaid op een substraat van cellulose, voldoet *Salicornia Cress* aan de hygiënische normen in de keuken. U hoeft *Salicornia Cress* slechts af te spoelen voor gebruik, want de producten worden schoon en hygiënisch geteeld.

Vanaf 2008 is de 'nieuwe' groente zilte zeekool in Nederland verkrijgbaar ([www.ziltezeekool.nl](http://www.ziltezeekool.nl)). Deze exclusieve groente wordt in winter en voorjaar verkocht via twee groothandels. Zeekool werd tot nu toe alleen particulier verbouwd, of in het wild geoogst. Stichting Sint Donatus op Texel is erin geslaagd het gewas geschikt te maken voor de professionele teelt. Stichting Sint Donatus heeft vlakbij het dorpje Den Hoorn speciaal voor deze teelt een traditionele schapenboet omgebouwd. Bij de teelt van zilte zeekool worden geen chemische bestrijdingsmiddelen gebruikt.

#### Marktwaarde van product (of stroom)

De marktwaarde van de hergebruikte afvalwaterstroom is kwantificeerbaar met de kosten van het water en de daarin opgeloste meststoffen (N,P,K), omdat de waterstroom direct gebruikt wordt voor gietwater (maximaal 1.75 €/m<sup>3</sup>). De marktwaarde van de zouten lijkt nihil en moet gezien worden als een bijproduct dat getolereerd wordt bij levering.

#### Huidige status

Omdat ontzilten een kostbare zaak en alleen een alternatief is in de intensieve tuinbouw, en om toch de negatieve effecten van zoute teelten het hoofd te kunnen bieden, richt het huidige onderzoek zich op het ontwikkelen van gewassen die meer opbrengst, betere kwaliteit geven en beter bestand zijn tegen zout, door traditionele veredeling of met behulp van moderne technieken. Daarbij wordt ook gedacht aan het ontwikkelen van zoutminnende planten tot landbouwgewassen. Kansen liggen er door het toevoegen van bacteriën aan de bodem die de opname van voedingsstoffen in een zout milieu vergemakkelijken.

Verder zijn er technische mogelijkheden in onderzoek (bekend onder de verzamelnaam in Nederland: "teelt uit de grond") om de gevolgen van verzilting tegen te gaan, bijvoorbeeld door aangepaste bemesting en beregening (Balendonck, 2010) en infrastructures (van Os, 2011). Internationaal is verzilting, onder meer in relatie met irrigatie, ook een belangrijk onderzoeksonderwerp. Er mag dan veel bekend zijn over verzilting, er is nog veel meer onbekend, concludeert Van Dam (2007).

In Italië (Incrocci, 2010) zijn experimenten uitgevoerd waarin siergewassen water werd gegeven op basis van hoog EC afvalwater, in de vorm van een recirculatie watergeefstelsel. Water van een betere kwaliteit werd daartoe bijgemengd indien de EC in de containers boven een limiet van ca. 3.5 mS/cm kwam. Deze aanpak zou mogelijk ook in Nederland toegepast kunnen worden. Onderzoek daartoe is wel nog vereist.

In Zeeland wordt al geëxperimenteerd met de teelt van lamsoor en zeekraal op praktijkschaal (van Maanen, 2008), waarbij ook de ziektegevoeligheid van gewassen wordt onderzocht. Zeekraal wordt geteeld op steenwol in de kas (proef). Ook PRI is in onderzoek betrokken<sup>16</sup>.

---

16 Persoonlijke communicatie Greet Blom (PRI, Wageningen-UR).

Het zilt proefbedrijf Tested op Texel in Den Hoorn ([www.ziltproefbedrijf.nl](http://www.ziltproefbedrijf.nl)) experimenteert met de zilte teelt van aardappelen. Eind juli 2011 presenteerde hij twee soorten aardappels die geschikt waren voor consumptie. De aardappels waren geteeld bij De Petten en besproeid met zout water. Het project Zilte Landbouw Texel is onderdeel van het Bsik-project 'Leven met Water' waarin nieuwe en traditionele gewassen worden onderzocht op hun zouttolerantie en marktpotentie. Daarnaast wordt een agronomisch systeem gebaseerd op het gebruik van zout kwelwater ontwikkeld en worden de nieuwe (biologische) gewassen op de markt gebracht. Het onderzoek aan de VU (Professor Jelte Rozema en drs. Arjen de Vos) richt zich vooral op de ecologie en het uitvoeren van verschillende groei experimenten in het laboratorium.

Om van een halofyt een nieuw landbouwgewas te maken moeten er meerdere stappen doorlopen worden. Vaak zijn dit wilde planten die nog niet in de landbouw worden gebruikt. Er is meestal weinig informatie beschikbaar over hoe de plant groeit en hoe deze gecultiveerd kan worden. Als eerste wordt er gekeken naar de ecologie van de desbetreffende plant, aangezien dit al veel informatie kan opleveren. Hierna worden experimenten in het laboratorium uitgevoerd om o.a. de zouttolerantie te bepalen, gevolgd door opschaling van de teelt op Texel.

Er worden momenteel diverse experimenten uitgevoerd aan de VU. Deze zijn vooral gericht op het achterhalen van de zouttolerantie en de groeisnelheid van de verschillende planten. Ook wordt er gekeken naar de fysiologie van de zouttolerantie. Hiervoor worden verschillende delen van de plant doorgemeten op zouten, nutriënten, polyfenolen, specifieke flavonoïden en antioxidanten. Deze stoffen zijn niet alleen belangrijk voor de zouttolerantie, maar geven de potentiële gewassen vaak ook een meerwaarde op de markt.

Planten waar momenteel mee wordt gewerkt zijn onder andere *Crambe maritima* (Zeekool), *Hordeum vulgare* (Gerst), *Cochlearia officinalis* (Echt Lepelblad), *Diplotaxis tenuifolia* (Wilde Rucola), en *Tripleurospermum maritimum* (Reukloze Kamille). Op dit moment wordt in Texel gewerkt aan de opschaling van de teelt van Zeekool. Ook de marktintroductie van de nieuwe gewassen is onderdeel van het project. De afzet van de zeekool heeft in de 2008/2009 winter belangrijke informatie opgeleverd. De zeekool is in beperkte mate afgezet voor een prijs die bij de € 50 per kilo per gelegen heeft. Dit heeft de afzetmogelijkheden sterk beperkt maar ondanks dat zijn wij er rond de kerst erg goed in geslaagd de zeekool af te zetten.

#### Eventuele externe risico's

Bij deze toepassing wordt er vanuit gegaan dat de (rest) nutriënten door het zouttolerante gewas volledig of nagenoeg volledig opgenomen worden. Hoewel deze gewassen de hogere zoutconcentraties verdragen, is de vraag in hoeverre deze gewassen de hoeveelheden NaCl volledig zouden kunnen verwijderen alvorens de restwaterstroom naar grondwater of oppervlaktewater verder geleid wordt. Hiertoe zou een berekening gemaakt moeten worden over hoeveel het areaal (ha.) en de hoeveelheid gewas (ton) er geproduceerd moet worden om de hoeveelheid NaCl volledig op te nemen.

Het gebruik van zouttolerante gewassen levert producten met een andere dan de bekende smaken. Consumenten moeten vaak wennen hieraan, en de marktintroductie vraagt daarom een specifieke aanpak. Inzet op streekproducten en delicatessen in vaak de gekozen route.

Andere risico's vormen de ziekteresistentie van zouten teelten en het ruimtegebruik op of nabij het bedrijf. Logistiek (opslag en transport) is bij deze optie nog wel een punt van aandacht indien de zoute teelt niet in de directe nabijheid van het eigen bedrijf toegepast kan worden.

Verder is de continue beschikbaarheid van zout en nutriëntrijk water een mogelijk probleem, en zal er mogelijk in de winterperiodes minder nutriënten opgenomen worden door de halofyten.

Een mogelijke beperking is het jaarrond kunnen telen. Met name de wintermaanden januari-februari vormen een probleem.

Hoewel er een aantal pilots lopen, lijkt toepassing in de praktijk nog niet op korte termijn realiseerbaar omdat er nog veel vragen liggen. De eerste praktijktoepassingen, bijvoorbeeld sierteelt op licht zouten afvalwaterstromen (los van de grond), of combinaties met open akkerbouw in zilte kustgebieden, lijken haalbaar over 5 jaar, mits schadelijke stoffen verwijderd worden alvorens het afvalwater als irrigatiewater gebruikt wordt. Voor gebruik van brijn ligt de val op de loer dat er in de teelt uiteindelijk toch weer verzilting optreedt en daarmee niet duurzaam is. Indien alleen licht-gezouten afvalwater wordt gebruikt, zijn halofytenfilters naast het bedrijf ook een mogelijkheid.

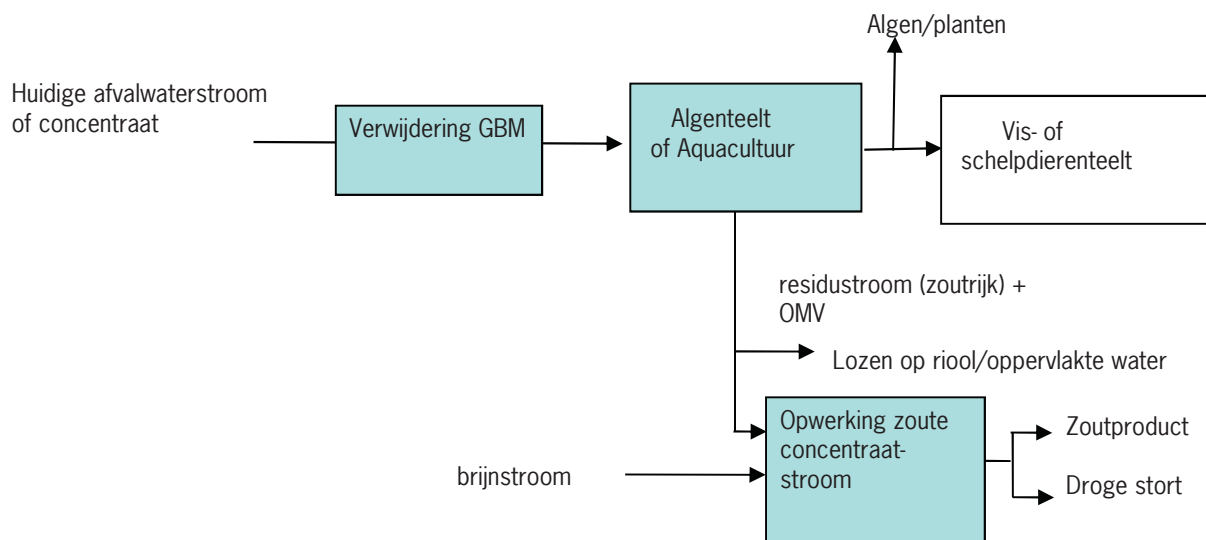
## Route 8b: Aquacultuur, algenteelt en zeegroenten

8b1: Non-food: biobrandstoffen en inhoudstoffen

8b2: Food: eiwitten en andere inhoudstoffen

Bij dit scenario worden de aanwezige nutriënten in de niet meer bruikbare drain (en andere afvalwaterstromen) of in de concentraatstroom aangewend voor de teelt van algen. Omdat alleen de nutriënten (stikstof, fosfaat) effectief gebruikt worden, is een aandachtspunt wat er na benutting van de nutriënten met de resterende zouten gebeurt. De uitgangsmethode van algenkweek is als volgt: een watersysteem wordt geënt met een bepaalde algensoort en onder toevoeging van de voedingsstoffen aangevuld met vitaminen en eventueel koolstofdioxide gaan de algen zich onder invloed van licht vermeerderen. Voor algen zijn verschillende toepassingen mogelijk, op langere termijn mogelijk als voedingsbron voor vis- of schelpdierenteelt.

Algen kunnen geteeld worden in een zoute omgeving (selectie van juiste soort). Het is de vraag in hoeverre de algen de zoutproducten kunnen vastleggen. Indien dat niet in voldoende mate gebeurt, zal uiteindelijk ook het zoute proceswater weer afgevoerd moeten worden. Met wellicht een langer ontwikkelingsperspectief zou de algenstroom met eventueel de OMV ook als voedsel kunnen dienen voor vis of schelpdieren, waarbij ook de brijnstroom als bron van zout water wordt gebruikt. In dat geval moet de aanvoer van voldoende vers (zeewater) wel gegarandeerd zijn, zodat mogelijk alleen in kustgebieden deze optie rendabel kan zijn. Verder mag het inkomende water dan geen GBM en andere schadelijke stoffen bevatten omdat deze verderop in de keten als voedingsproduct (vis/schelpdieren ed.) worden gebruikt.



Figuur 6. Afzetroute voor algenteelt.

Bij deze toepassing worden de aanwezige nutriënten in de huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom aangewend voor de teelt van algen en het gebruik daarvan voor biobrandstof (biodiesel) of -plastics, of als grondstof voor voedingssupplementen, cosmetica, verf en voer (vis, schelpdieren, vee). Bij deze procesroute worden alleen de aanwezige nutriënten benut, en aandachtspunt is de eventuele fixatie of lozing van resterende zouten. Algen worden al duizenden jaren geteeld. Echter, er is nauwelijks ervaring met het telen van algen op drainwater. De laatste jaren is de kweek van algen in opkomst in Nederland. De uitgangsmethode van algenkweek is als volgt: een watersysteem wordt geënt met een bepaalde algensoort en onder toevoeging van voedingsstoffen zoals onder andere stikstof, fosfaat, vitaminen en eventueel koolstofdioxide gaan de algen zich onder invloed van licht vermeerderen. De kweekmethoden kunnen nogal uiteenlopen en daarvoor zijn verschillende algensoorten nodig. De meest intensieve kweekmethode gebruikt fotobioreactoren, en heeft een hoge opbrengst in een korte tijd. Een andere methode is algenkweek in natuurlijke of artificiële vijversystemen, deze methode geeft een minder hoge opbrengst, maar kost minder energie, omdat er gebruik gemaakt wordt van natuurlijk zonlicht (Van der Hiele, 2008).

Algenkweek kan eventueel gecombineerd of geïntegreerd worden met vis-, schelpdier- of zagerkweek, maar niet met de kweek van zeeplanten, in verband met de competitie om nutriënten (meststoffen).

Bij aquacultuur gaan we er vanuit dat de "standaard" watersamenstelling van zeewater hier gevraagd is. Verder mogen we veronderstellen dat de regelgeving t.a.v. te lozen stoffen (MTR waarden) niet overschreden mogen worden. De concentraatstroom mag geen bestrijdingsmiddelen bevatten als de algen uiteindelijk in voedingsproducten terecht komen. Het afvalwater dient dan een voorzuivering te ondergaan. Verder is nog onduidelijk welke eisen er aan het zoutgehalte, gehalte aan N en P en de aanwezigheid van andere componenten gesteld worden. Het is belangrijk dat er geen vervuilde industrie in de directe omgeving zit. Algen gedijen het beste bij schone lucht en een schone omgeving. Het voor de teelt van algen noodzakelijk dat er een agrarische bestemming op de grond zit. Het hoeft geen hoogwaardige landbouwgrond te zijn, de voorkeur gaat uit naar goedkope grond. (uit: Grontmij, 2008).

Bij de productie van algen wordt ca. 10% van de kosten bepaald door de voeding, de rest van de kosten zijn afschrijving, energie en investeringen. De investeringskosten voor een teeltsysteem van algen ligt rond de 30 €/m<sup>2</sup> (grondprijs ca. 10 €/m<sup>2</sup>). Haalbaarheidsonderzoek geeft aan dat bij telen op drainwater er voor de algen ca. 1/20-ste van het glastuinbouw teeltoppervlak extra nodig is (beschikbaarheid zonlicht). Er van uitgaande dat in de (5x ingedikte) concentraatstroom ongeveer 3,2 kg NPK/m<sup>3</sup> zit, en de omzettingsefficiëntie (rendement) voor laagwaardige toepassing op 80% wordt geschat, en die voor hoogwaardige toepassingen op 1%, dan is de bruto marktwaarde ongeveer 0.25 - 15 €/m<sup>3</sup> concentraatstroom. Omdat een algenteiler nooit meer voor de nutriënten zal willen betalen dan gangbaar op de markt, mogen we het maximum daarom echter op 1.75 €/m<sup>3</sup> stellen. In de praktijk zal dit maximum niet zo gauw gehaald worden.

Imares heeft een desktop studie uitgevoerd (Kamermans, 2008) naar de kweek van algen op basis van drainwater uit de glastuinbouw. Tevens is gekeken naar de mogelijke toepassing van deze algen voor de productie van schelpdieren (oesters). Niet alle algensoorten zijn geschikt voor deze toepassing. Geadviseerd is om eerst de algensoort te optimaliseren voor het zuiveringsproces, en dan te kijken voor welke toepassing de alg verder ingezet kan worden. Een grote reductie van stikstof en fosfor is mogelijk. Voedselveiligheidsrisico's worden vooral gerapporteerd voor zover de algen gebruikt worden voor de productie van voedsel. Belangrijke stoffen daarvoor zijn gewasbeschermingsmiddelen, zware metalen, dioxines, PCB's en eventueel micro-organismen.

Er zijn enkele pilots uitgevoerd met algenkweek op drainwater uit de glastuinbouw (IMARES, Hogeschool Zeeland) in kunstmatige vijvers op containers. Op dit moment is er geen praktijktoepassing van algen op drainwater. Belangrijke knelpunten zijn de energie nodig voor de teelt, met name bij de oogst wordt relatief veel energie gebruikt. Het niet jaar-rond kunnen telen van algen is een ander belangrijk knelpunt, en daarnaast is de kwaliteit, kwantiteit en samenstelling van de concentraatstroom ook niet erg constant. Voor de teelt van algen is het belangrijk redelijk zuivere condities te hebben. Aanwezigheid van microverontreinigingen (bacteriën of andere algensoorten) en gewasbeschermingsmiddelen is daarbij niet gewenst. Het drainwater zal daarvoor een voorzuivering moeten ondergaan zoals bijvoorbeeld UV of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-behandeling. Als laatste is het opwerken van de algen naar geschikte eindproducten een knelpunt. Vooral nog lijkt toepassing als veevoer additief (vitaminen en eiwitten als vervanger van soja producten) de meest haalbare route.

Er bestaat een haalbaarheidsstudie, waarbij is gekeken naar de geschiktheid van afvalwater uit de glastuinbouw voor het kweken van algen (Stichting H2O Organic, 2009). Uit deze haalbaarheidsstudie blijkt dat - afhankelijk van het gekozen algenteeltsysteem - een productie van 25-120 ton droge stof/ha/jaar behaald kan worden. De haalbaarheidsstudie heeft een concept plan opgeleverd voor het opzetten van een tweejarig proefproject. Het project, uit te voeren door het adviesbureau Phytocare (en Stichting H2Organic), zou in het voorjaar 2011 starten. Bunnik Plants in Bleiswijk stelt daartoe ruimte beschikbaar voor vier overdekte algenvijvers van elk 1.000 m<sup>3</sup> (Kamminga, 2010). Dit project is niet gestart i.v.m. problemen m.b.t. de financiering. Op dit moment is er daardoor geen project dat zich richt op de toepassing van algen om drainwater te zuiveren.

WUR gaat het AlgaePARC bouwen in Wageningen, een onderzoekscentrum voor algenkweek.

Algenkweek in volledig natuurlijke systemen komt nog niet voor in Nederland. Deze manier van kweken brengt veel onzekerheden met zich mee. Afhankelijk van het doel waarvoor de oogst gebruikt gaat worden zullen bepaalde algensoorten de voorkeur hebben. In een natuurlijk systeem zal naar verwachting de samenstelling van de algen met ieder seizoen variëren. Ook als het systeem geënt wordt met de gewenste algensoort (dit kan overigens alleen een van naturen in de Noordzee of Westerschelde voorkomende soort zijn), kunnen er veel variaties in soortensamenstelling optreden.

Op het onderzoeksterrein van Wageningen UR in Lelystad staat een kas waar algen gekweekt worden op basis van zonlicht en led-licht.

De algen maken gebruik van 3 reststromen van een biogasinstallatie: CO<sub>2</sub>, restwarmte van de WKK en meststoffen van de vergister. Dit proces kan bij opschaling mogelijk een alternatief bieden voor het ondergronds opslaan van CO<sub>2</sub> in lege gasvelden. De biogasinstallatie staat op het terrein van toepassingscentrum ACRRES, een initiatief van Wageningen UR en energiebedrijf ENECO ([www.acress.nl](http://www.acress.nl)).

### Route micro-algenteelt

Microalgen zijn microscopische algen die worden aangetroffen in zoet water en oceanen (ook: microfyten, uit Wikipedia). Het zijn doorgaans eencellige soorten die afzonderlijk bestaan of in ketens of groepen. Afhankelijk van de soort kan hun grootte variëren van enkele micrometers (µm) tot enkele honderden van micrometers. In tegenstelling tot de hogere planten hebben microalgen geen wortels, stengels of bladeren. Microalgen zijn in staat tot het uitvoeren van fotosynthese en zijn daarmee belangrijk voor het leven op aarde, zij produceren ongeveer de helft van de zuurstof in de atmosfeer en verbruiken tegelijkertijd het broeikasgas kooldioxide om foto-autotroof te groeien.

De biodiversiteit van microalgen is enorm en zij vertegenwoordigen een bijna onontgonnen bron. Er wordt geschat dat er ongeveer 200 000 tot 800 000 soorten bestaan, waarvan er ongeveer 35 000 zijn beschreven. Meer dan 15 000 nieuwe chemische verbindingen, afkomstig van algen-biomassa zijn gekarakteriseerd (Cardozo *et al.* 2007). De meeste van deze soorten microalgen produceren unieke stoffen zoals carotenoïden, antioxidanten, vetzuren, enzymen, polymeren, peptiden, toxinen en sterolen.

De chemische samenstelling van microalgen is geen intrinsieke constante factor maar varieert aanzienlijk, afhankelijk van zowel de soort als de teeltomstandigheden. Het is mogelijk om de gewenste producten in microalgen te accumuleren door het veranderen van omgevingsfactoren zoals temperatuur, verlichting, pH, toevoer van CO<sub>2</sub>, zout en voedingsstoffen ([http://www.algae.wur.nl/UK/factsonalgae/growing\\_algae/](http://www.algae.wur.nl/UK/factsonalgae/growing_algae/)). Hoewel visolie beroemd is geworden om de aanwezigheid van omega-3 vetzuren is het niet de vis die omega-3 vetzuren produceert, maar vindt er accumulatie plaats door het eten van microalgen. Spirulina is een micro alg die populair geworden is als voedingssupplement.

In aanmerking komende stroom

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom

#### Beschrijving

Bij deze toepassing worden de aanwezige nutriënten in de niet meer bruikbare drain (en andere afvalwaterstromen) of in de concentraatstroom aangewend voor de teelt van algen. Op dit moment wordt uitgebreid gespeculeerd over de inzet van algen voor biobrandstof/plastics en als grondstof voor bijvoorbeeld voedingssupplementen, cosmetica, verf en visvoer. Bij teelt van algen op drainwater kan mogelijk de totale stroom worden toegepast. Vermoedelijk worden bij de toepassing van algen alleen de aanwezige nutriënten benut. Een aandachtspunt is wat er gebeurt met de concentraatstroom na benutting van de nutriënten; bijvoorbeeld wat gebeurt er met de resterende zouten.

Algen worden al duizenden jaren geteeld. Echter, er is nauwelijks ervaring met het telen van algen op drain water. Wel bestaat een haalbaarheidsstudie, waarbij is gekeken naar de geschiktheid van afvalwater uit de glastuinbouw voor het kweken van algen (H2O Organic, 2009). Uit deze haalbaarheidsstudie blijkt dat - afhankelijk van het gekozen algenteeltsysteem - een productie van 25-120 ton droge stof/ha/jaar behaald kan worden. Bij de beoordeling van de geschiktheid van deze toepassing, kan zowel het gebruik van de huidige afvalwaterstroom als van een toekomstige geconcentreerde concentraatstroom worden beschouwd.

De laatste jaren is de kweek van algen in opkomst in Nederland. De uitgangsmethode van algenkweek is als volgt: een watersysteem wordt geënt met een bepaalde algensoort en onder toevoeging van voedingsstoffen zoals onder andere stikstof, fosfaat, vitamines en eventueel koolstofdioxide gaan de algen zich onder invloed van licht vermeerderen. Voor algen zijn verschillende toepassingen mogelijk. Ten eerste als voer voor andere organismen: vers oogsten en gebruiken als voer voor schelpdierkweek (mosselzaad) is een mogelijkheid, maar algen kunnen ook verwerkt worden in visvoer. Een andere toepassing is de voedingssupplementindustrie: met name door de omega-3-vetzuren en antioxidanten die zich in hoge mate in sommige algensoorten kunnen bevinden. De derde toepassing en in Nederland het meest in de belangstelling staande is het verwerken van oliehoudende algen tot biodiesel.



Voor de verschillende toepassingen zijn verschillende algensoorten nodig. Ook de kweekmethoden kunnen nogal uiteenlopen. De meest intensieve kweekmethode is de kweek van algen in fotobioreactoren: een hoge opbrengst in een korte tijd. Een andere methode is algenkweek in natuurlijke of artificiële vijversystemen, deze methode geeft een minder hoge opbrengst, maar kost minder energie, omdat er gebruik gemaakt wordt van natuurlijk zonlicht. (Uit: van der Hiele, 2008).

Algenkweek kan eventueel gecombineerd of geïntegreerd worden met vis of zagerkweek, maar niet met de kweek van zeegroenten, in verband met de competitie om nutriënten (meststoffen). Algenkweek kan daarnaast geschakeld worden met schelpdierkweek, waarbij de algenkweek na de schelpdieren geschakeld moet worden.

#### Eisen

Bij aquacultuur gaan we er vanuit dat de "standaard" watersamenstelling van zeewater hier gevraagd is. Verder mogen we veronderstellen dat de regelgeving t.a.v. te lozen stoffen (MTR waarden) niet overschreden mogen worden. De concentraatstroom mag vermoedelijk geen bestrijdingsmiddelen bevatten omdat algen hier wellicht gevoelig voor zijn. Het afvalwater dient dan een voorzuivering te ondergaan. Mogelijk zijn er algensoorten die wel tegen (bepaalde) bestrijdingsmiddelen kunnen. De vraag die dan ontstaat is: wat gebeurt er vervolgens met de algen. In geval van biobrandstof is bestrijdingsmiddelen een minder groot probleem dan voor voedingssupplementen. Bij een vergelijkbaar initiatief; het gebruik van dierlijke mest voor productie van kunstmestvervangers, speelt een zelfde vraag. Zijn geneesmiddelen terug te vinden in het eindproduct en zo ja, wat is toegestaan? Verder is nog onduidelijk welke eisen er aan het zoutgehalte, gehalte aan N en P en de aanwezigheid van andere componenten gesteld worden.

Het is belangrijk dat er geen vervuulende industrie in de directe omgeving zit. Algen gedijen het beste bij schone lucht en een schone omgeving. Het voor de teelt van algen noodzakelijk dat er een agrarische bestemming op de grond zit. Het hoeft geen hoogwaardige landbouwgrond te zijn, de voorkeur gaat uit naar goedkope grond. (uit: Grontmij, 2008).

#### Afzetvolume

Momenteel is het wereldwijde afzetvolume voor hoogwaardige stoffen in de orde van 5.000-10.000 ton droge stof per jaar. Afzet van algen voor laagwaardige toepassingen zoals biobrandstof zal nog tenminste 10 tot 15 jaar duren (Milledge, 2011). Vooralsnog is de teelt van algen nog een nichemarkt (afzetvolume beperkt).

#### Marktwaaarde

De marktwaaarde van algen ligt in de orde van 1 - 500 €/kg droge stof, afhankelijk van het type markt. Microalgen leveren over het algemeen hoogwaardige producten op, dit in tegenstelling tot macroalgen.

Hoge marktwaardes hebben voedingsproducten en hele specifieke toepassingen zoals voedingssupplementen en medicijnen. Het rendement van een algenteelt is per kwaliteitsklasse verschillend. Verschillende klassen worden bij de oogst geselecteerd, en het rendement voor hoogwaardige grondstoffen is vele malen lager dan voor laagwaardige toepassingen. Een voorbeeld van een zeer hoogwaardige stof is Astaxanthin die door de alg Haematococcus wordt gebruikt, met een prijs in de orde van 500 €/kg, maar slechts een klein deel (ca. 1%) is inzetbaar daarvoor. De processtappen nodig voor de productie van Astaxanthin zijn complex en relatief kostbaar.

Laagwaardige toepassingen zijn bijvoorbeeld energie productie en bio-plastics (orde van grootte €1/kg). Ook veevoer, bulkleverancier van eiwit, of grondstof voor verfstoffen zijn mogelijkheden. Hiervoor is een veel groter deel van de alg inzetbaar en de processtappen zijn minder complex en relatief minder kostbaar. Als er gebruik wordt gemaakt van niet goed gedefinieerd uitgangsmateriaal (grondstof) zoals vermoedelijk bij spui, dan is productie van laagwaardige stof het meest waarschijnlijk.

Bij de productie van algen wordt ca. 10% van de kosten bepaald door de voeding, de rest van de kosten zijn afschrijving, energie en investeringen. De investeringskosten voor een teeltsysteem van algen ligt rond de 30 €/m<sup>2</sup> (grondprijs ca. 10 €/m<sup>2</sup>). Haalbaarheidsonderzoek geeft aan dat bij telen op drainwater er voor de algen ca. 1/20-ste van het glastuinbouw teeltoppervlak extra nodig is (beschikbaarheid zonlicht). Er van uitgaande dat in de (5x ingedikte) concentraatstroom ongeveer 3,2 kg NPK/m<sup>3</sup> zit, en de omzettingsefficiëntie (rendement) voor laagwaardige toepassing op 80% wordt geschat, en die voor hoogwaardige toepassingen op 1%, dan is de bruto marktwaaarde ongeveer 0.25 - 15 €/m<sup>3</sup> concentraatstroom.



Omdat een algenteler nooit meer voor de nutriënten zal willen betalen dan gangbaar op de markt, mogen we het maximum daarom echter op 1.75 €/m<sup>3</sup> stellen. In de praktijk zal dit maximum niet zo gauw gehaald worden.

#### Huidige status

Imares en Stichting H2Organic hebben in opdracht van Stichting Innovatie Glastuinbouw Nederland (SIGN) en Innovatie Netwerk een desktop studie uitgevoerd (Kamermans, 2008) en laboratorium onderzoek (Oei, 2009) naar de kweek van algen op basis van drainwater uit de glastuinbouw. Tevens is gekeken naar mogelijk gebruik van de algen voor de productie van oesters. Er is een suggestie gegeven voor de algensoort dat geschikt zou zijn voor de teelt. Grote reductie van stikstof en fosfor zijn mogelijk. Voedselveiligheidsrisico's worden vooral gerapporteerd voor zover de algen gebruikt worden voor de productie van voedsel (bv. oesters). Belangrijke stoffen daarvoor zijn gewasbeschermingsmiddelen, zware metalen, dioxines, PCB's en eventueel micro-organismen. Kamermans (2008) concludeert dat: "Het (beperkte) zoutgehalte van het drainwater maakt het water mogelijk geschikt voor de kweek van brakwater (en adaptieve mariene) algensoorten. Hierdoor worden waardevolle nutriënten onttrokken en wordt de anorganische belasting van het drainwater lager. Het gekweekte algenproduct kan geschikt zijn voor een aanvullende teelt van een aquacultuurproduct zoals schelpdieren, deze kunnen aan elkaar gekoppeld worden".

Er zijn enkele pilots uitgevoerd met algenkweek op drainwater uit de glastuinbouw (IMARES, Hogeschool Zeeland) in kunstmatige vijvers op containers. Op dit moment is er geen praktijktoepassing van algen op drainwater. Belangrijke knelpunten zijn de energie nodig voor de teelt, met name bij de oogst wordt relatief veel energie gebruikt. Het niet jaar-rond kunnen telen van algen is een ander belangrijk knelpunt, en daarnaast is de kwaliteit, kwantiteit en samenstelling van de concentraatstroom ook niet erg constant. Als laatste is het opwerken van de algen naar geschikte eindproducten een knelpunt. WUR gaat het AlgaePARC bouwen in Wageningen, een onderzoekscentrum voor algenkweek.

Algenkweek in volledig natuurlijke systemen komt nog niet voor in Nederland. Deze manier van kweken brengt veel onzekerheden met zich mee. Afhankelijk van het doel waarvoor de oogst gebruikt gaat worden zullen bepaalde algensoorten de voorkeur hebben. In een natuurlijk systeem zal naar verwachting de samenstelling van de algen met ieder seizoen variëren. Ook als het systeem geënt wordt met de gewenste algensoort (dit kan overigens alleen een van naturen in de Noordzee of Westerschelde voorkomende soort zijn), kunnen er veel variaties in soortensamenstelling optreden.

Slager (2011) ontwikkelde een model om algen productie van biomassa te voorspellen en om de economische haalbaarheid van de gecombineerde productie van tomaten en algen te beoordelen. Focus van het werk was op algenproductie en economie. Algenproductie werd gedaan in buisvormige fotobioreactoren (PBR) en die is afhankelijk van straling en temperatuur. Het effect van de locatie van de PBR in de kas, de diameter van de buizen PBR, de algen biomassa concentratie, de lichtintensiteit en de temperatuur PBR op de algen productiviteit werden bekeken. Daarnaast werd de economische haalbaarheid van de gecombineerde productie berekend, rekening houdend met zowel investerings- en exploitatiekosten. Drie mogelijke locaties voor de PBR werden beschouwd, onder de tomatenteelt, op het pad tussen de rijen gewassen en in een gescheiden compartiment. Ook drie mogelijkheden voor de PBRtube diameter werden beschouwd, 0,06 m, 0,11 m en 0,16 m. Als basis voor de bioreactor lay-out, werd een algenproductie systeem gekozen dat momenteel door een tomatenteler wordt gebruikt. Zowel vaste als variabele kosten van algen en de productie van tomaten werden geschat. Economische haalbaarheid van algenproductie onder de tomatenteelt was laag, een minimum eenheidsprijs biomassa productie kosten van €70/kg algen droge stof werd berekend. Het verhogen van de lichtintensiteit door daling van de tomaat LAI door extra bladplukken verhoogt de economische haalbaarheid van de algenproductie onder het gewas. Om economisch haalbaar te zijn moeten deze prijs zakken onder de €11/kg. Het ontwikkelde model kan fungeren als een basis voor verder onderzoek naar gecombineerde productie van een gewas en microalgen in Nederlandse kassen.

Zowel het onderzoek naar en implementatie van grootschalige algenproductie in buisvormige PBR is nog steeds in een onvolwassen stadium in vergelijking met bijvoorbeeld tomatenproductie in Nederlandse kassen. Model verbetering is een zeer belangrijke kwestie, met betrekking tot de groeimodel en de evaluatie op praktijkschaal. Verdere onderzoek moet zich ook richten op de technische opzet van een grootschalig algenproductie systeem met betrekking tot de optimalisatie van systeemp parameters met betrekking tot lichtopbrengst, energiebalans, pijp diameter en pompvermogen, logistiek in de kas etc. weinig informatie is bekend over de specifieke kosten van algenproductie met betrekking tot de productiesysteem en zijn kenmerken. Combinatie van algenproductie en potplanten die minder straling te gebruiken zou kunnen zijn moeite waard om te verkennen.

## Route macro-algenteelt

Macroalgen zijn met het blote oog zichtbare draad- of bladvormige algen die meestal vastgehecht maar ook wel losliggend of drijvend worden aangetroffen. In tegenstelling tot (water-)planten bezitten ze geen vaatbundels en wortels maar hechtschijven en/of rhizoïden. De meeste soorten macroalgen bezitten de mogelijkheid zich zowel ongeslachtelijk als geslachtelijk voort te planten. Overwintering vindt plaats door middel van sporen of thallusfragmenten.

### Biobrandstof uit algen

Biobrandstof uit algen (soms ook wel algendiesel genoemd) is een vorm van biobrandstof die uit gekweekte algen gewonnen wordt (Uit: Wikipedia, de vrije encyclopedie). Biobrandstof uit algen wordt vaak beschouwd als de derde generatie biobrandstof. De kweek van algen wereldwijd worden verschillende soorten algen gekweekt; meestal als voedsel. De kweek van algen wordt algencultuur genoemd. Voor het gebruik als biobrandstof zijn met name de eencellige microalgen interessant, macro-algen (meestal zeewier genoemd) zijn minder geschikt. De meeste algen worden gekweekt voor de voedselindustrie. Micro-algen groeien relatief snel en veel soorten verdubbelen zich minstens één keer per dag. De kweek van algen is zeer intensief en op een relatief klein oppervlakte kan een hoge opbrengst gerealiseerd worden. Er zijn twee gangbare manieren voor het kweken van algen: in open systemen of in gesloten, doorzichtige buizensystemen. Beide manieren hebben voor- en nadelen.

De kweek van algen kost energie. Zo moet bijvoorbeeld het water waarin de algen groeien geroerd worden om het te mengen met zuurstof. Dit mengen kost energie. Algenkweek heeft daardoor in veel gevallen een negatieve energiebalans. In de industrie worden tientallen soorten algen gebruikt voor het maken van biobrandstoffen (AlgaeLink.com). Enkele geschikte algensoorten voor het maken van biobrandstof zijn bijvoorbeeld *Chlorella*, *Botryococcus*, *Gracilaria* en *Sargassum*. Veel van deze soorten worden al gekweekt voor gebruik in cosmetische industrie, voor gebruik als vis- en diervoeder en voor de winning van Omega-3 vetzuren.

Uit de algen worden lipiden gewonnen, die als grondstof gebruikt worden voor de productie van biodiesel. Algen met een hoge concentratie lipiden zijn de meest geschikte algen voor biobrandstofproductie.

Een hectare groene algen produceert jaarlijks zo'n vijftien tot twintig ton biodiesel (Griffiths *et al.* 2010). Het Amerikaanse ministerie van energie heeft ingeschat, dat een oppervlakte van zo'n 38.000 km<sup>2</sup> voldoende is om het gebruik van aardolie in de Verenigde Staten te vervangen door biobrandstof uit algen (Washington Post, 2008).

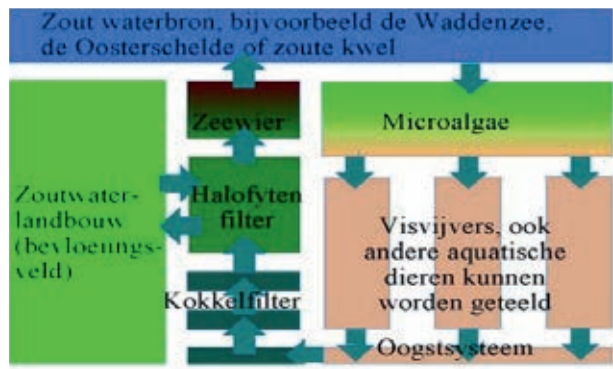
Deze vorm van biobrandstof wordt nog maar op beperkte schaal gebruikt, maar is wel in opkomst. Er wordt op het moment veel onderzoek gedaan naar en geëxperimenteerd met biobrandstof uit algen. Op een boerderij in het Friese dorp Hallum is een demonstratieproject gestart waarbij jaarlijks zo'n 200 ton biodiesel zal worden geproduceerd. Een bijproduct hiervan is algenkoek die als veevoeder gebruikt gaat worden (Agrarisch Dagblad, 2007; Friesch Dagblad, 2007). In 2008 kondigde de KLM aan dat zij samen met het bedrijf AlgaeLink uit Roosendaal een onderzoeksproject heeft opgezet dat kerosine gaat maken uit algen (Peakoil Nederland, 2008).

Deze vorm van biobrandstof heeft als voordeel dat hij niet concurreert met voedsel of ander gebruik van planten. Alle biobrandstoffen hebben als voordeel ten opzichte van fossiele brandstoffen dat ze klimaatneutraal zijn.

Een nadeel van de productie van biobrandstof uit algen is dat het duur is vergeleken met andere energiebronnen. Een ton consumptie-algen kost ongeveer 5000 dollar (handelsprijzen uit China, Peakoil Nederland, 2008). Daarnaast is de kweek van algen zeer arbeidsintensief en is veel onderhoud aan de installaties noodzakelijk. De sterk gestegen prijs van aardolie maakt de kweek van algen voor gebruik als biobrandstof echter mogelijk economisch interessant voor de toekomst.

### Visvoer

Wageningen-UR voert onderzoek uit naar de teelt van Tong op land in grote vijvers. Hier werkt met aan het gemengd zilt bedrijf. Met het adagium 'zilte waarden benut' is voor dit bedrijfstype het gebruik, van zout water uitgangspunt en daarnaast de combinatie van dierlijke en plantaardige productiesystemen. Een voor de hand liggende combinatie is die van zoute aquacultuur (vis, schelp- en schaaldieren) met zilte groenten en zeewier. Dit concept wordt thans in Zeeland in het kader van het samenwerkingsproject 'de Zeeuwse Tong' verder uitgewerkt, waarbij de combinatie van microalgen, tong, zagers, zeewier en zilte groenten onder studie is ([www.zeeuwsetong.nl](http://www.zeeuwsetong.nl)). Voor Noord Nederland wordt gekeken naar andere combinaties van zoute aquacultuur en zilte groenten. Het basisprincipe ziet er in essentie als volgt uit:



Figuur 7. Het gemengd zilt bedrijf (Bron de Vos et al. 2010; rapport zilte landbouw Texel).

### Afzet-route Aquacultuur

Producten

Eendenkroos (*Lemna*), Zeesla, Zeewier

Eindproduct

Eiwitten voor voedingsproducten.

In aanmerking komende stroom

Huidige afvalwaterstroom en toekomstige concentraatstroom

Beschrijving voor zeewier:

Het onderzoeken van de mogelijkheid van zeewierteelt staat in de belangstelling. Zeewier kan een grondstof worden voor veel toepassingen. Op de testlocatie Schelphoek (Oosterschelde) worden vanaf het voorjaar 2011 concepten en systemen ontwikkeld voor de teelt per zeewier. Met de proef in de Schelphoek krijgen we inzicht in de mogelijkheden om effectief zeewierbiomassa te kunnen produceren. Deze alles omvattende benadering van telen, verwerken en vermarkten van zeewier op duurzame wijze is uniek in Europa. Alleen in Zuidoost Azië, Japan en Frankrijk bestaat eeuwenlange ervaring met teelt en gebruik van wieren. Grootschalige proeven zoals in de Schelphoek komen nog niet voor.

Zeewieren kunnen grondstof worden voor veel toepassingen, zoals biobrandstof en groene plastics, maar ook chocolade, tandpasta en margarine. Om zicht te krijgen op het economisch en ecologisch perspectief van de productie, verwerking en het vermarkten van zeewier onderzoeken de initiatiefnemers eerst het productieproces en de oogst- en verwerkingsprocessen van zeewier. Het onderzoek biedt perspectief voor allerlei soorten bedrijven, waaronder veredeling, milieutechnisch, energie en chemie. De Provincie leverde een bijdrage van 88.000 euro aan het onderzoek. Willem Brandenburg (WUR) gaat onderzoek doen in Schelphoek. Hij vergelijkt het altijd met de teelt van aardappelen en tarwe, de een moet groeien op ruggen in het veld, de ander juist niet. "In het zeelab zien we hoe zeewieren het beste gedijen en in welke systemen. Wij weten dan wat de best mogelijke combinaties zijn, dat is een extra stimulans voor de aquacultuur."

Zeewier kan een grondstof worden voor veel toepassingen, zoals biobrandstof en groene plastics. Zeewier is rijk aan eiwitten en kan dus ook goed als veevoer worden gebruikt. Teelt op zee kan ook gecombineerd worden met visteelt en windenergie.

Eisen

Voor de teelt van zeewier, een zilte teelt, is de nabijheid van vers zilt (zee) water belangrijk. Als de glastuinbouw nabij de zee is, dan zou mogelijk het (zoute) afvalwater bijgemengd kunnen worden zodat de zeewieren de nutriënten kunnen verwerken. Zeesla is dan het meest geëigende wier om dit uit te proberen<sup>17</sup>. Er zijn ook zeewieren bekend die het wellicht onder brakke omstandigheden ook doen.

Afzetvolume en Marktwaaarde

De inhoudstoffen  $\beta$ -caroteen, vitaminen en Omega 3 in bijvoorbeeld zeewier staan in de belangstelling bij de voedingsindustrie (www.becel.nl, Bona, Unilever e.d.).

Huidige status (onderzoek en praktijk)

Er is een proeftuin met zilte groente op Texel. Het Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (NIOZ) in Oudeschild heeft op de eigen pier een opstelling met bassins en tuintjes gemaakt. Samen met verschillende organisaties wil NIOZ aquacultuur naar een hoger plan te tillen. Zij willen een systeem ontwikkelen waarbij verschillende disciplines in balans zijn. Vissen, schelpen, algen, wieren en zilte groenten moeten een werkbare cyclus vormen.

Ronald Osinga van de leerstoelgroep Aquacultuur en visserij van Wageningen UR doet onderzoek naar zeesla. Samen met Willem Brandenburg (Plant Research International) rekende hij uit dat een zeetuin van 180.000 km<sup>2</sup> de totale wereldbevolking van voldoende eiwit kan voorzien. Tevens kan deze teelt de pH van het zeewater met 0.1 verhogen om de aantasting van koraal te voorkomen. Julia Wald van de zeeboerderij op de Oosterschelde gaat onderzoek doen naar wieren telen op drijvende vlotten (juli 2011). Op dit moment loopt er onderzoek naar de teelt van zeewier en de productie van inhoudstoffen.

### **Zeewier bio-energie en inhoudstoffen**

(Bron: Technisch Weekblad, 3 september 2009).

De Nederlandse bedrijven en instellingen Bioclear, Technologie Centrum Noord-Nederland (TCNN), Oosterhof Holman Milieutechniek, Hogeschool Van Hall Larenstein en de Duitse partners MaRenate en D. G. A. Die Gründeragentur hebben gezamenlijk een subsidieaanvraag ingediend voor onderzoek naar het winnen van grondstoffen en energie uit aangespoeld en opgevist zeewier in de Eems Dollard Regio. Dit zeewier wordt nu beschouwd als afval; vissers gooien deze ongewenste bijvangst weer terug in zee. Bioclear zal kijken of het mogelijk is grondstoffen uit het zeewier te halen voor gebruik in de farmaceutische industrie. De andere instellingen onderzoeken of er energie te winnen is uit de reststoffen van de wieren door middel van vergisting. 'Het wier spoelt nu als afval aan op de stranden of wordt door vissers onbedoeld opgevist', vertelt projectleider Doede Binnema van TCNN. 'Als het wier een economische waarde kan krijgen, zou dat mooi zijn. In eerste instantie gaat het om het nuttig gebruik van afval en eventueel een kweek van nieuwe, interessante biomassa in een gesloten systeem.'

Onderzoek van het Duitse MaRenate heeft al veelbelovende resultaten opgeleverd voor het winnen van energie uit de wiermassa. Oosterhof Holman Milieutechniek zal na verder laboratoriumonderzoek de pilotvergistingsinstallatie bouwen. 'Er zijn nog geen vergisters die op zoute biomassa draaien, dus het is een geheel nieuw concept, al blijft het principe van het vergisten hetzelfde', legt adjunct-directeur van Oosterhof Holman Rinus Rinia uit. 'Eerst moeten we weten welke bacteriën het meest geschikt zijn en hoe deze zich tijdens het gehele vergistingsproces houden. Daarnaast moet ook het voorbereiden van de zoute biomassa onderzocht worden. Pas daarna gaan we met alle partijen rond de tafel zitten voor het ontwerp van de pilotinstallatie.'

De subsidieaanvraag van 1,3 miljoen euro is bijna rond. Naar verwachting begint de bouw van de pilotinstallatie zes maanden tot een jaar na de start van het project. Het gehele project duurt drie jaar.

---

17      Persoonlijke communicatie dr. Willem Brandenburg (WUR).

## Teelt van prei op water

(Uit: Groenten en Fruit, 11 april 2012, VOLLEGROND; Blz. 13 Ed. 66 Nr. 15. Copyright 2012 Reed Business BV, Stan Verstegen).

### Prei op water gaat de praktijk in

Komend seizoen gaat een teler in Zeeland prei op water zetten. De praktijkproef wordt ondersteund met gelden van het ministerie van EL&I en het Productschap Tuinbouw. Voorzitter Ton Besouw van de LLTB-vakgroep Vollegrond omschreef het vorige week treffend op een bijeenkomst van preitelers bij de Boerenbond in Panningen, mede georganiseerd door LTO-vollegrondsgroente.net: "Het is onvoorstelbaar hoe ver we na vier jaar onderzoek met deze teeltwijze zijn gekomen en er lijkt perspectief in te zitten. Als iemand mij dit vier jaar geleden had verteld, had ik hem voor gek verklaard." Het grote punt blijft natuurlijk het financiële plaatje van deze teeltwijze, gekoppeld aan de marktkansen voor een dergelijk speciaal product. Onderzoeker Jos Wilms van PPO stelt dat vier teelten per jaar op het watersysteem mogelijk zijn met een totale productie van 300 ton per hectare.

Tevens geeft hij de beperking aan, want in het meest praktische systeem met pvc-buisjes is de dikte van de prei - afhankelijk van de doorsnede van het pvc-buisje - 2,8 tot 3,4 centimeter. "Dikker kan niet, want dan groeit de prei vast en krijg je hem niet meer uit de buisjes." Een drijvend systeem lijkt tot nu toe de meeste potentie te hebben als het om teelttechniek gaat. Een voordeel is dat er nauwelijks gewasbescherming nodig is, omdat de prei continu aan de groei blijft. Zo zijn tegen trips nog nooit bespuitingen nodig geweest. De invloed van vorst werd in 2011 duidelijk. "We hebben afgedekt, maar op een gegeven moment hebben we het systeem toch moeten uitzetten. Dan is de prei dus weg." In de winter van 2011/12 werd door afdekking met tunneltjes en vliesdoek voorkomen dat de prei bevroor en kon wel worden geoogst. In 2012 gaat verder gekeken worden naar de optimale pH en EC van het water. Daarnaast zullen smaak- en houdbaarheidsproeven worden gedaan. PPO spreekt voor 2013 de ambitie uit om op dit in onderzoek zijnde systeem zonder gewasbeschermingsmiddelen een kwaliteitsproduct te kunnen telen, wellicht met uitzondering van de najaarsteelt waar schimmels normaal gesproken wel nadrukkelijker aanwezig zijn.

Prei op water voldoet het beste in pvc buisjes.

## Algenproductie op glastuinbouw spuiwater

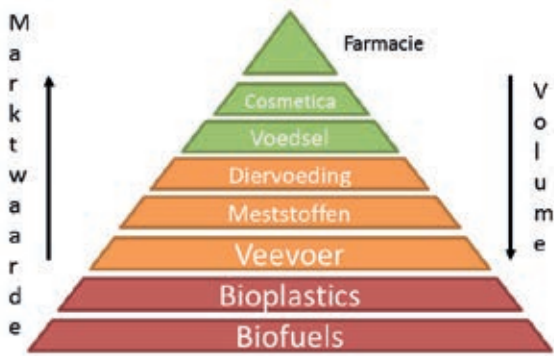
### Business-cases nadere haalbaarheidsanalyses

In de glastuinbouw wordt regelmatig nutriëntrijk restwater geloosd, omdat het niet meer gerecirculeerd kan worden door bijvoorbeeld een te hoge concentratie natrium (Beerling, 2011). Het lijkt mogelijk deze restwaterstroom van de substraatteelt te valoriseren, door het te gebruiken in de productie van algen. Algenproductie is een belangrijke pijler in het idee van de biobased economy, het produceren van consumptiegoederen uit biomassa. Waar veel landbouwproducten in de biobased economy gebruik maken van dezelfde vruchtbare grond waar ook voedsel geproduceerd kan worden, kunnen algen geteeld worden op onvruchtbare grond (Richardson *et al.* 2012). Algen zijn daarnaast in staat om te groeien in nutriëntrijke restwaterstromen (Christenson *et al.* 2011). De restwaterstromen uit de glastuinbouw lijken een geschikte bron van nutriënten te vormen voor de productie van algen, waarmee een proces is gevonden wat een reststroom kan valoriseren<sup>18</sup>.

De samenstelling van spuiwater uit substraatteelten in de glastuinbouw verschilt per gewas, afhankelijk van de behoefte en de opname van nutriënten en de noodzaak tot het gebruiken van gewasbeschermingsmiddelen. Er is een 'standaard water' gedefinieerd door Wageningen UR Glastuinbouw voor het vergelijken van waterzuiveringstechnieken (Jansen *et al.* 2012). Dit standaard water is representatief voor de glastuinbouw, maar heeft een redelijk extreme samenstelling qua nutriënten, met een EC van 3mS/cm. Verder zitten er 12 gewasbeschermingsmiddelen in, die ingezet worden als insecticide en als fungicide.

---

18 Niet verder uitgewerkt is hoe de preciese verhoudingen van nutriënten die specifieke algen nodig hebben om goed te groeien moeten zijn. Mogelijk is *et al.* intern al onderzoek naar gedaan? Kan uit de literatuur wel uitgezocht worden voor een aantal verschillende algensoorten, al werken ze daar wel vaak met nutriëntenverhoudingen die uit de biomassaformule (bijvoorbeeld CH1.1800.9N0.63P0.3) naar voren komen (WUR, Ruijven, Jim van).



Figuur 8. Verwaardingspiramide van algenproducten (plaatje gebruikt uit: Dijkman&Jongbloed, AquaPhyto BV, NL).

Algen kunnen geproduceerd worden voor verschillende doeleinden, uiteenlopend van brandstoffen tot grondstoffen voor de productie van medicijnen, zie *Figuur 8*. In deze piramide wordt duidelijk gemaakt dat de eindproducten onderin een groot volume nodig hebben, maar relatief weinig opbrengen en bovenin de piramide het volume kleiner wordt, maar meer opbrengen. Niet alle producten kunnen door alle algensoorten gemaakt worden en alle algensoorten hebben specifieke eisen aan het water waarin ze geproduceerd worden. Sommige algen groeien goed in zout water (EC ongeveer 50mS/cm), anderen beter in brak (EC ongeveer 30mS/cm) of zoet water (EC ongeveer 1mS/cm). Restwater in de glastuinbouw heeft een EC die in de orde van grootte valt waar zoetwateralgen goed op kunnen groeien. Door concentrerende waterzuiveringstechnieken zoals omgekeerde osmose of membraandestillatie toe te passen, kan de restwaterstroom tot maximaal een factor 10 geconcentreerd worden. Daarmee kan een EC gemaakt worden tot 30mS/cm, waarmee het niet mogelijk is om een zoutwater alg te kweken. Het effect op de groeisnelheid van algen van de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen is op basis van ervaring met algenproductie waarschijnlijk klein (Van Dorpel, 2012). De aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen in het productieproces van *Nannochloropsis* verlaagt mogelijk de groeisnelheid (Hii *et al.* 2009).

Wat er precies met de gewasbeschermingsmiddelen gebeurt in de productie van algen is niet duidelijk. Sommige soorten algen groeien goed bij aanwezigheid van GBM en kunnen zelfs voor een vermindering van de GBM in water zorgen door sorptie of afbraak (Friesen-Pankratz, 2003). Andere middelen kunnen worden opgenomen en binnen de cel worden afgebroken (Jin, 2012). In de productie van algen voor het voeden van oesters is onderzocht wat het effect is van de GBM uit restwater van de glastuinbouw op de oesters (Kamermaans, 2008). Waar de gewasbeschermingsmiddelen uit het tuinbouw restwater blijven tijdens de productie van algen is onbekend en zal verder onderzocht moeten worden om meer over de kwaliteit van de algen te kunnen zeggen.

Het meest gunstig voor de valorisatie van de restwaterstroom in de glastuinbouw is het maken van producten die zo hoog mogelijk in de verwaardingspiramide staan. Vaak kunnen na het winnen van deze producten van de restanten nog producten gemaakt worden die lager in de piramide staan. Echter, hoe hoger de producten in de verwaardingspiramide staan, hoe hoger de kwaliteitseisen zijn aan het product. De producten in het groen hebben direct te maken met producten waar mensen mee in aanraking komen. Zeker voor productie van grondstoffen voor de farmacie is het gebruiken van restwaterstromen waar gewasbeschermingsmiddelen in zitten of gezeten hebben niet bespreekbaar, zelfs niet na het toepassen van zuiveringstechnieken (P. van Dorpel, 2012). Voor de productie van voedsel en voedingssupplementen uit algen gelden waarschijnlijk dezelfde eisen als voor residu van gewasbeschermingsmiddelen op andere gewassen, de maximale residu limiet (Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit, 2012), hoewel hier nog geen informatie over beschikbaar is. Door de hogere waarde van de producten is het mogelijk om zuiveringsstappen uit te voeren voordat het water gebruikt wordt in de productie van algen. Voor de productie van diervoeding, meststoffen en veevoer zijn de kwaliteitseisen aan het algen productieproces al een stuk lager, tegelijk met een afgenomen productwaarde en een toegenomen benodigd volume. De kwaliteitseisen aan het productieproces, opslag en transport van algen voor veevoer zijn te vinden in de GMP+ database (GMP+, 2012)<sup>19</sup>. Algenveevoer moet ten minste voldoen aan de kwaliteitseisen die de EU stelt aan veevoer (R. Jongbloed, 2012). Voor echte bulkproducten als bio plastics en biobrandstoffen zijn de kwaliteitseisen aan het productieproces nog lager, omdat ze niet direct door mensen geconsumeerd worden.

19 Hier moet je echter lid van zijn om de informatie te kunnen zien. Heb geprobeerd via een algen productiebedrijf deze informatie boven tafel te krijgen, maar heb tot op heden nog niets ontvangen (WUR, Jim van Ruijven).



Voor de verwaarding van de restwaterstroom uit de glastuinbouw moet altijd gestreefd worden naar het produceren van producten die zo hoog mogelijk in de verwaardingspiramide staan, waarna restanten gebruikt kunnen worden om producten lager uit de piramide te maken. Hierdoor kan de meeste waarde gecreëerd worden uit de restwaterstroom, waardoor ook toepassen van duurdere zuiveringstechnieken een optie wordt. Hoe de levering van nutriëntrijk water aan de algenproductie afgerekend moet worden is nog niet duidelijk. Een optie is dat de afnemer een prijs betaalt voor het afnemen van het nutriëntrijke water. Een andere optie is dat de afnemer de transportkosten van het water op zich neemt. Het zou dan interessant zijn om de waterstroom zoveel mogelijk te concentreren, zodat het te transporteren volume zo klein mogelijk is. De waterstroom kan ook 'om niet' afgenomen worden, waarbij de winst voor de glastuinbouw zit in het vermijden van verwerkingskosten en de winst voor de algenproducent in het verlagen van grondstofkosten. Momenteel is de opbrengst van een kilo droge stof algen €0,30 voor veevoer en €0,15 voor biobrandstoffen (De Buissonjé & Aarnink, 2011).

## 7.4 Stakeholder interviews

### 7.4.1 Stakeholder identificatie

#### Korte termijn (tot 2020)

##### 7a. Extern bedrijf (glastuinbouw regionaal)

7a.1 Cascadering van afvalwater/gietwater hergebruik. Aansluiten bij bestaande initiatieven zoals: Aqua ReUse, Waalblok, Gietwater Bergerden. Toeleveranciers meststoffen en regeltechniek (PRIVA, Hoogendoorn, Hortimax).

7a.2 Dinteloord suikerfabriek, hergebruik van glastuinbouw water. Een business case voor de voedselverwerkende industrie met het hergebruik als spoelwater is onderbelicht gebleven in deze studie omdat we ons eigenlijk op teelten hebben gericht, en niet op de keten van producten. Er loopt al een initiatief in deze richting.

##### 8a. Zouttolerante teelt extern (bv. groenten, aardappelen)

Zilt proefbedrijf op Texel in Den Hoorn, [www.ziltproefbedrijf.nl](http://www.ziltproefbedrijf.nl): Marc van Rijsselberghe. BSIK project: "Leven met Water". De VU (prof. Jelte Rozema, drs. Arjen de Vos). Willem Brandenburg, Ingrid van der Meer (PRI-WUR).

##### 7b. Vollegronds tuinbouw

Fruit, bomen- en containerteelt. Teelt uit de grond. Ton Baltussen (PPO)-Betuwse Bloem. Janjo de Haan, programmaleider "Teelt uit de Grond" (PPO-Lelystad).

##### 7c2. Grasland (veeteelt)

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (Wageningen UR Livestock Research, Maikel Timmerman; Kees Lokhorst; Bert Ipema).

LTO-Nederland, Productschap Zuivel, Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (CBGV). Jaap Schröder (WUR, PRI-Agrosysteemkunde, lid CBGV).

#### Langere termijn (na 2020)

##### 6a. Grondstof voor vloeibare meststoffen (andere teelten via meststoffenleveranciers)

Van Iperen, producent van vloeibare meststoffen voor land- en glastuinbouw (Heeft in eerder gesprek aangegeven onderzoek te doen naar verwijdering van N,P uit afvalwater). Kuunders in Zevenbergen (mestverwerking, oktober 2011 is er een open dag geweest).

Handelsonderneming C.J. Klep BV (maakt blends voor ondernemers). Groen Agro Control (analyses van bodemonsters of gietwater).

Henri Bos, Directie Agroketens en Visserij, Min. ELI (meststoffenwet).

Toepassing vloeibare meststoffen in precisiebemester voor aardappelen (WUR-PPO Westmaas, stichting Nederlands Centrum voor de Ontwikkeling van de Rijenbemesting (Herre Bartlema, voorzitter), CZAV, Nedato, Suiker Unie) uitgevoerd in kader van Programma Precisie Landbouw.



## **7-in-b. Zouttolerantere teelt op eigen bedrijf**

Koppert-Cress, Monster (glastuinbouwbedrijf gespecialiseerd in productie van speciale kruiden en smaakmakers, bv zeekraal; <http://benelux.koppertcress.com/>).

Stichting Donatus, Texel (groothandel in zeekool).

Timo ter Voort, Living Foods (Leeuwarden, 058-2650004, [t.tervoort@livingfoods.nl](mailto:t.tervoort@livingfoods.nl)) heeft een nieuw teeltsysteem ontwikkeld om negen maanden per jaar zeekraal te oogsten.

## **8b1. Biobrandstof via algenteelt**

Slager (WUR, Farm Technology)-student.

Jim van Ruijven (WUR-Glastuinbouw).

Bioclear, Technologie Centrum Noord-NL (Doede Binnema), Oosterhof Holman Milieutechniek energie winnen uit zeewier.

## **8b2. Voedingssupplementen via algenteelt**

Becel, Bona, Unilever.

Heineken (Zoetermeer) heeft ervaring met algen die afvalwater reinigen. Wat doen zij met het eindproduct? Zou samenwerking met glastuinbouw mogelijk of interessant zijn?

## **8b1. Aquacultuur: voor non-food toepassingen (biobrandstoffen, inhoudsstoffen..)**

<http://www.biobased-society.nl/biobased-economy>. Noordtj, Bioclear en KNN werken al een aantal jaren samen op het terrein van Biobased Economy. Zij zijn aanjagers van de Biobased Society en zetten zich in voor de soepele realisatie van biobased in de samenleving.

Ontwikkelprogramma Biobased Economy Noord-Nederland; prof. dr. A. Bruggink, lid van de Wetenschappelijk Technische Commissie voor Interdepartementaal Programma Biobased Economy (IPBBE).

Kansen en mogelijkheden bezien vanuit het noordelijk bedrijfsleven: prof. dr. ir. J.T.F. Keurentjes, director technology executive vice president Akzo Nobel Industrial Chemicals BV.

Van Biobased Economy naar Biobased Society: prof. dr. A.J.M. Schoot Uiterkamp, Honorair hoogleraar aan de Rijksuniversiteit Groningen.

## **8b2. Aquacultuur: voor food toepassingen (eiwitten..)**

Willem Doorn (Heerde), komkommerteler (wil ook op water alternatieve teelten).

NIOZ (Texel, gecombineerde zilte teelten).

Dr. Ir. Wim Bussink (senior projectmanager Bodem, Milieu, Bemesting, R&D; mobiel 06 2903 7096 e-mail [wim.bussink@nmi-agro.nl](mailto:wim.bussink@nmi-agro.nl)) en ing. Tonnis A. van Dijk (senior projectmanager Bemesting, Meststoffen, Milieu; mobiel 06 2903 7099, e-mail [tonnis.vandijk@nmi-agro.nl](mailto:tonnis.vandijk@nmi-agro.nl)), NMI heeft een overzicht gemaakt van alternatieve meststoffengebruik voor de akkerbouw. (zie: [www.nmi-agro.nl/sites/nmi/nl/nmi.nsf/dx/medewerkers.htm](http://www.nmi-agro.nl/sites/nmi/nl/nmi.nsf/dx/medewerkers.htm)).

Het ministerie van LNV heeft goedkeuring gegeven (2009) voor onderzoek naar het gebruik van mineralenconcentraat in plaats van kunstmest. Vier mestverwerkingsprojecten in Nederland - Biogreen in Heeten, mestverwerkingscoöperatie Wintelre, Kumac BV in Deurne en Van Heugten in Nederweert - beschikken nu over 'groene' kunstmest. Dit product ontstaat na scheiding van drijfmest in een dikke en een dunne fractie.

De Stuurgroep Mineralenconcentraat, waarbij Biogreen, DLV Plant, projectbureau Landmark en verschillende onderzoeksinstituten (waaronder de PPO-proefboerderij 't Kompas in Valthermond). Akkerbouwer en DLV-medewerker Eric Emmens uit Zeijen heeft vorig jaar al ervaring opgedaan met de dunne fractie, afkomstig van Biogreen. Hij wendde het mineralenconcentraat aan als tweede gift aam in een gewas zetmeelaardappelen. Bij het sluiten van het gewas diende hij ongeveer tien kuub per hectare toe. In de basisbemesting beperkte Emmens de kaligift. De DLV-medewerker ziet ook mogelijkheden in de graanteelt. Ongeveer 14 à 15 kuub per hectare, voorafgaand aan zomergerst, levert een voordeel van 90 euro per hectare op, volgens Emmens.

## Implementatie na 2027

### 8b2. Vis- of visvoer via algenteelt

Kamermans, IMARES; Hogeschool Zeeland; Stichting H2O Organic; Adviesburo Phytocare; Bunnik Plants, Bleiswijk, Kamminga (kweek algen op basis van drainwater uit glastuinbouw).

Xander Ruisveld (WUR), in Zeeland onderzoek naar teelt van Tong in vijvers.

Jan Ketelaars (PRI, WUR) - Proefbedrijf teelt van zagers (Zeeland).

### 6b. Grondstof voor vaste meststoffen productie

Geen specifieke stakeholder geïdentificeerd, zie 6a.

### Wet- en regelgeving

Hay Koppers (directeur Reststoffenunie).

## 7.4.2 Verslag gesprek Van Iperen

Er is gesproken met een meststoffen leverancier Van Iperen. De heren Martien Melissant en Daan Verheijen Dick Breuchem (Apeldoorn, 2 sept. 2011) zijn geïnterviewd door Lourens Feenstra en Norbert Kuipers (TNO) en Jos Balendonck (WUR).

- o Van Iperen levert alleen vloeibare meststoffen aan landbouw en glastuinbouw en betreft deze uit diverse grondstoffen. Er worden geen minerale grondstoffen tot meststoffen verwerkt, alleen formuleringen gemaakt uit halffabricaten.
- o Van Iperen start binnenkort met een proef om zowel P als N te verwijderen uit drainwater (of was het oppervlaktewater ?#). Nitraat door gebruik te maken van IX (kennis en ervaring is aanwezig bij Kuunders/Kumac mestverwerking). Hier wordt IX gebruikt om restant nitraat te verwijderen uit permeaat van RO. RO wordt ingezet op dunne fractie. Hierna wordt permeaat als waterbron gebruikt en concentraat wordt door Kumac ingenomen als meststof (> 1% nutriënten). Fosfaat (concentratie ca. 1 mmol/l) door adsorptie aan fosfaatbindend materiaal (reststof TiO<sub>2</sub>-productie, wordt geleverd door Kemira, bevat 9% Fe(OH)<sub>3</sub> en verder Mg+Ca sulfaat). In oktober is er een open dag bij Kuunders in Zevenbergen. TNO/WUR zullen ook worden uitgenodigd.
- o Rechtstreeks gebruik van drainwater/concentraat in akkerbouw is niet mogelijk (te dun en teveel water). Eerst indikken tot >> 1% meststoffen (drainwater bevat ca. 1 g/l nitraat (0,1%), moet dus > 10 x ingedikt worden om richting landbouw te kunnen worden afgezet).
- o Na zit ook in meststoffen (o.a. 0,15% Na in kalisalpeter). Vuistregel dat dit gehalte aan Na leidt tot een concentratie van Na in gietwater van 0,1-0,2 mmol/l. Na verwijderen uit grondstoffen is lastig en duur. Bovendien zit het meeste Na in het gietwater.
- o GBM worden met name bij de teelt van bloemen gebruikt. Bij de groenteteelt word en veel minder GBM gebruikt (er wordt weinig "gedruppeld") en er wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van biologisch afbreekbare GBM.
- o Voor pH verhoging van drainwater (om neerslag van o.a. fosfaat te krijgen) kan mogelijk gebruik worden gemaakt van kalkhoudende meststoffen.

## 7.4.3 Verslag gesprek Priva

*Datum: 16 aug 2012, met: Dick Zwartveld.*

Vraag: Kan Priva het spuiwater in normale of ingedikte vorm gebruiken als meststof?

De volgende conclusies uit half uur telefoongesprek:

- o Eigenlijk is alleen natriumophoping het probleem, als er geen natrium ophoopt kan de voedingsoplossing altijd worden gerecirculeerd op eigen bedrijf en met de nutronic per nutriënt op de ideale hoogte worden gehouden.
- o Als RO op tijd wordt gestart om regenwaterbassin bij te vullen dan lijkt vóóraf vrijmaken van Na de oplossing. Er is dan weinig voorbehandeling nodig. Spuiwater is veel viezer (meer organisch stof) daardoor meer reiniging/voorbehandeling nodig om RO goed te laten werken.

- o Scheiding van Na met nanofiltratie is nog niet succesvol, o.a. door benodigde voorbehandeling.
- o Als er wel natrium inzit, en dus ook andere stoffen als gewasbeschermingsmiddelen en organische stof dan kan je het alleen op grasland gebruiken ("wie wil het dan nog hebben?"). Koeien en gras hebben beide natrium nodig.
- o Om natriuminname te voorkomen moet voldoende regenwater worden opgevangen en een goede RO aanwezig zijn. Daarnaast geen meststoffen of chelaten met natrium gebruiken.
- o Het drainpercentage zou met Nutronic omlaag kunnen naar 10-20% bij groentegewassen. Bij rozen is een ander verhaal omdat deze met de bloem heel veel verdampend oppervlak wegsnijden en de ene plant dus na pluk maar 1 l/m<sup>2</sup> nodig heeft en de naast staande plant, die morgen pas wordt geoogst, wel 7 l/m<sup>2</sup>. Daarom wel 50% nodig.
- o Telers zouden flexibeler in hun regeling moeten willen zijn: ze gebruiken A/B bak en leggen zich voor dagen vast, ze gebruiken dagvoorraadtank, en kunnen niet meer wisselen op de dag. Wel wordt vaak al een hoger drainpercentage hergebruikt als de tanks vol raken. Nadelig is nog dat niet gelijk het water dat je geeft bij alle druppelaars aankomt, traagheid in leidingensysteem veroorzaakt dit. EC verlaging op basis van licht is daardoor nauwelijks mogelijk.
- o Combinatie met online sensoren zou ideaal zijn, maar nog steeds niet haalbaar. Ook Capillix en Greengro gaan het nog niet maken.
- o Geavanceerde oxidatie kan voor telers met UV een goede oplossing zijn om groeiremmers en GBM af te breken.
- o Spui zit tussen de oren; een technische oplossing verdient nauwelijks voorkeur.
- o Op demokwekerij al enkele jaren proeven aan het doen met aangepast NFT: druppelaar + zijdelingse afvoer.
- o Uitfaseren verhitting t.g.v. UV is voor Priva commercieel gunstig, maar verhitten is veel minder energie efficiënt, er is te weinig restwarmte aanwezig, dus op termijn naar geavanceerde oxidatie met UV.

## 7.4.4 Verslag gesprek Horticoop

*Gesproken met Peter van der Drift (manager research & development) en Peter Klein (productmanager meststoffen) dd 22 augustus 2012, door Eric van Os en Carin van der Lans*

In het gesprek is uitgelegd dat we zoeken naar een mogelijkheid /mogelijkheden voor benutting van spuiwater bij de glastelers op andere wijze dan lozen. Ziet Horticoop mogelijkheden om deze reststroom te gebruiken of op te waarderen tot een product met marktwaarde. Conclusies uit het gesprek en andere opmerkingen:

- o Bij indikken / concentreren van het spuiwater zullen als eerste calciumfosfaat en -sulfaat gaan neerslaan. Hier ligt dan de beperking qua indikmogelijkheden. Wanneer calciumsulfaat gaat neerslaan (sulfaat is een kostbare grondstof), dan daalt de waarde van het spuiconcentraat.
- o Horticoop kan de marktwaarde en opwerkmogelijkheden pas bepalen als inzicht is in de spui analyse cijfers. WUR zal deze cijfers aanleveren op basis van meetresultaten in een ander project.
- o Het wordt lastig voor telers om water te (blijven) recirculeren, wanneer er te veel Na in zit. Hier kan op gestuurd worden, door een andere keuze van meststoffen bij het klaarmaken van de voedingsoplossing. Er kan eventueel ook via de voorkant al gestuurd worden op de aanwezigheid van zware metalen in de reststroom, maar de huidige concentraties in het spuiwater zijn volgens Peter Klein niet echt een probleem in de reststroom.
- o Het Na gehalte is afhankelijk van het geteelde gewas, soms ook van cultivars.
- o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> met UV kan worden gebruikt als nabehandeling op drainwater/spui om gewasbeschermingsmiddelen af te breken. De vraag is of deze handeling moet gebeuren op het teeltbedrijf, ter borging van de veiligheid van het meststoffen-product dat Horticoop op de markt zou kunnen brengen bij dit scenario, zal ook Horticoop zelf een dergelijke behandeling ten alle tijde willen doen (om schadeclaims te voorkomen).
- o Horticoop vind het moeilijk om op dit moment een inschatting te geven van de afzetmogelijkheden. Onduidelijk is of een teler dit product (dat immers door een collega teler niet voor niets is gespuid) wil gebruiken. Horticoop bespreekt mogelijkheden ook met Agrifirm (met wie ze samenwerken), die vooral actief zijn op AGV.
- o Peter Klein wil n.a.v. dit gesprek met de meststoffenfabrikant gaan overleggen of die een dergelijke reststroom kan opwaarderen tot een vermarktbaar en bruikbaar product. Denk daarbij aan toevoeging van bepaalde nutriënten of onttrekking van bepaalde nutriënten via chemische reacties. Een en ander is afhankelijk van hoe dergelijk drainwater is samengesteld. WUR zoekt dit uit, ook wat telers in de voedingsoplossing meegegeven qua meststof en merk van meststof. Aandachtspunten bij een dergelijk traject zijn:

- o Na in reststroom verminderen door dit niet tot nauwelijks te gebruiken bij het maken van de voedingsoplossing. Horticoop zal dit ook als eis moeten kunnen stellen aan telers bij wie ze de spui gaat ophalen.
- o Vuil water moet worden gezuiverd van ziekteverwekkers.
- o Gewasbeschermingsmiddelen verwijderen/afbreken via geavanceerde oxidatie (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> met UV). Dit doodt ook pathogenen.
- o Reststroom zal al bij de teler moeten worden ingedikt, om transport van teler naar fabrikant rendabel te krijgen. N.B. Wanneer een teler 5 euro per kuub betaald voor lozen van spui aan het waterschap, dan zal deze teler voor het laten ophalen van ditzelfde water door de fabrikant met een tankwagen van 30 kuub, max 150 euro willen betalen.
- o De uiteindelijke afzetbestemming hangt af van het inhoudstoffen gehalte. Peter Klein bespreekt dit met Agrifirm. Toevoeging aan potgrond behoort ook tot de mogelijkheden.
- o De vraag rijst tijdens het interview in hoeverre het mogelijk is om het spuiwater “gewoon” te laten lozen door telers en pas bij het waterschap deze nutriënten te vangen ten behoeve van een andere toepassing.
- o Peter Klein bespreekt intern of er bij het inzamelen van spuiwater bij telers milieuregelgeving om de hoek komt kijken.
- o Horticoop is bereid actief mee te denken bij het uitwerken van dit scenario. WUR levert hiertoe de afgesproken spuigegevens aan bij Peter Klein.
- o Horticoop heeft interesse om bij de Themadag Water in september mee te doen met een eventuele workshop over dit scenario.
- o Suggesties voor andere interviewkandidaten: teler uit WUR project van Bram vd Maas.

## 7.4.5 Verslag gesprek Yara

*Gesproken met: Dick van Vliet, Datum: 3 sept 2012, door Carin van der Lans.*

Vraag: Hoe kijkt Yara naar toepassing van spuiwater als input voor meststofproduct/ voedingsoplossing voor plantaardige productie? Welke randvoorwaarden en welke kansen?

De volgende conclusies uit ruim half uur telefoongesprek:

- o Volgens Dick heeft spuiwater zeker zijn waarde. Zo zijn nitraat, sulfaat en kali elementen en diverse sporenelementen zeer waardevol.
- o Maar, Dick ziet zeker veel beperkingen.
  - o Spuiwater ontstaat vooral aan begin van teelt i.v.m. vermeende wortellexudaten. Een andere teler wil niet zomaar het (probleem)water van zijn collega of buurman gaan gebruiken. Zelfs als je dit water ontsmet, dan nog is het risico op toepassing op een ander glastuinbouwbedrijf te groot (stel dat er toch een ziekte optreedt, dan gaan alle vingers naar Yara en de glastuinbouw die ‘vuile’ producten leveren).
  - o Spuiwater kan niet onbeperkt worden ingedikt (maximaal 2x). Bij een EC boven 5 ms/cm gaat sulfaat al neerslaan en gaat een kostbare stof (sulfaat) verloren. Dit niet kunnen indikken maakt dat het transport van spuiwater erg duur is; de kosten staan niet in verhouding tot de marktwaarde /vermarktbaarheid van spuiwater.
  - o Daar komt nog bij dat de tankwagens steeds weer ontsmet moeten worden na transport van spuiwater om besmetting van andere bedrijven uit te sluiten.
  - o Na is een groot probleem bij valorisatie van spuiwater.
  - o Technisch is valorisatie van spuiwater door toevoeging van elementen bij Yara (locatie van vloeibare meststoffen) niet eens mogelijk. Men kan het spuiwater namelijk niet opslaan op de productielocatie/fabriek en bewerken.
- o Toepassingen in andere sectoren dan de glastuinbouw zijn wellicht wel mogelijk. Denk bijvoorbeeld aan de fruitteelt. Maar wanneer fertigatiesystemen gemeengoed in deze sector worden, dan wordt toepassing lastig. Het in het spuiwater aanwezige koolstof leidt tot algengroei in het fertigatiesysteem en daarmee tot verstopping.
- o Het wegfilteren van koolstof (door bijvoorbeeld CO<sub>2</sub> productie) is natuurlijk wel mogelijk maar van het restproduct CO<sub>2</sub> heeft Yara al genoeg, zitten ze niet op te wachten.
- o Voor toepassing door boeren met grasland ziet Dick ook weinig mogelijkheden. Er is genoeg (goedkopere) mest voor handen. Yara is leverancier van vloeibare meststoffen, en is dus niet actief op de markt van graslandproductie.
- o Opmerking. Dick van Vliet is niet erg optimistisch over toepassingsmogelijkheden. Wel heeft hij sinds vorige week al enkele keren telefonisch gesproken met, cq is hij benaderd door, Peter Klein van Horticoop om de geopperde gebruiksmogelijkheden van spuiwater te bespreken.

## 7.4.6 Gesprek verslag RHP

*Gesproken met: Hans Verhagen, datum: 5 sept 2012, door Carin van der Lans.*

Vraag: Hoe kijkt RHP (auditor potgrond keurmerk) naar toepassing van spuiwater als input voor meststofproduct/voedingsoplossing voor potgrond? Welke randvoorwaarden en welke kansen? De volgende conclusies het telefoongesprek:

- o Volgens Hans is het technisch gezien zeker wel mogelijk om spuiwater te benutten in de potgrondproductie als meststof-bevochtiger.
- o Overigens is niet voor alle afzet / vrachten bevochtiging gewenst. Soms is vanwege de transportkosten van de potgrond het logischer om droge potgrond af te leveren bij de klant.
- o Qua variatie in watergift: deze loopt uiteen van 0 tot 20 liter per m<sup>3</sup> potgrond.
- o Enkele cijfers: Bij een worstcase scenario van 50 l spui water bij 1 kuub grond, dan komen we nog niet boven de maximaal aanvaardbare Na en Cl waarden voor potgrond.
- o Bij aanlevering van concentraat zijn de cijfers iets anders, maar zijn er ook nog steeds mogelijkheden qua toepassing.
- o Maar, ondanks dat het technisch (meststoffen concentraties) wel mogelijk is, maken de risico's en de kosten het een niet reële toepassing.
- o Afnemers van potgrond lopen een groot risico op overbrengen van ziektes. Bijvoorbeeld Clavibacter. Ook in potgrond is dit een probleem, stel dat het wordt gebruikt voor opkweek van jonge tomatenplanten in grond (bio-teelt bijvoorbeeld).
- o Met een hoeveelheid van 30 m<sup>3</sup> spuiwater (een vrachtwagen) kunnen zeker 100 partijen potgrond worden gemaakt. Als slechts 1 zo'n vracht van spuiwater besmet is, dan hebben daar 100 andere telers (of zelfs meer) schade van.
- o Door dit potentieel risico verwacht Hans dat de mate van acceptie bij afnemers van potgrond zeer laag is.
  - o Om risico's uit te sluiten cq. veiligheid te borgen zullen extra monster analyses en auditkosten moeten worden gedaan (t.b.v. RHP keurmerk). Dit maakt het spuiwater als toepassing voor de potgrondindustrie nog veel duurder.
  - o Er is nauwelijks een kostenbesparing op meststoffen die aan potgrond moeten worden toegediend, volgens Hans. Er zullen naar spuiwater nog steeds additionele meststoffen moeten worden toegevoegd.
  - o Al met al is de waarde van spuiwater/concentraat voor de potgrondindustrie laag, zijn de additionele kosten hoog, en het risico op ziekteverspreiding is te hoog.

## 7.4.7 Verslag gesprek PPO-AGV

Gesproken met: Willem van Geel (PPO-AGV) bemestingsdeskundige akkerbouw en vollegrondsteelten, datum: 4 sept 2012, door Carin van der Lans.

- o Vraag: Hoe kijkt Willem naar toepassing van spuiwater concentraat als bemestingsvorm voor akkerbouw of vollegrondsgroententeelt? Welke randvoorwaarden en welke kansen?
- o De volgende conclusies uit het interview (vooraf heb ik hem een overzicht van samenstelling drainwater toegestuurd):
- o Volgens Willem moet je met deze gehalten aan nutriënten nog steeds veel andere meststoffen toevoegen. Als basisbemesting is het daarom niet geschikt. Toepassing tijdens de teelt is ook niet praktisch, omdat je dan met een grote tank het land moet berijden om het te kunnen verspreiden. Dit is uit praktisch oogpunt (het gewas) niet mogelijk.
- o Stel dat je het spuiwater 10x zou (kunnen) indikken en de teelt heeft een behoefte van 100 kg N/h, dat is er 40 m<sup>3</sup>/ha concentraat nodig. Dit is qua transportkosten erg duur. Veelal ligt glastuinbouw ook niet in de buurt van akkerbouw of vollegrondsgroenten bedrijven.
- o Een belangrijke concurrent voor spuiwater concentraat blijft dierlijke mest. Als akkerbouwer krijg je zelfs nog geld toe van de veehouders en wordt het bovendien uitgereden door de veehouder.
- o Overall conclusie van Willem is dat dit idee zal sneuvelen op transportkosten, zelfs bij 10x indikken.
- o Enkele suggesties van Willem voor de glastelers:
- o Informeer eens bij Accres. Die zijn bezig met algenteelt en energieproductie, misschien weten die een toepassingsmogelijkheid voor het spuiwater, misschien zelfs op het bedrijf van de teler zelf of als collectieve voorziening in een glastuinbouw-gebied?
- o Met zandfilters kunnen er aardig wat stoffen uit water worden gehaald. Wellicht ook net die nutriënten en ziektes waar de telers vanaf willen..



## 8 Referenties

### 8.1 Literatuur

Agrarisch Dagblad, 2007.

Fries project kweekt algen voor biodiesel, artikel in het Agrarisch Dagblad, 19 december 2007.

Balendonck, J., *et al.* 2010.

Farm Level Optimal Water management Assistant for Irrigation under Deficit, More Crop per Drop, Leaflet European Project GOCE 036958, Wageningen-JR, [www.flow-aid.eu](http://www.flow-aid.eu), 2010.

Beerling, E. (2011).

Reducing pesticide emission from greenhouses: a joint agenda setting. IOBC/wprs Bulletin 68: pp. 5-9.

Blind, M., J. Verhoeven, 2012.

Teelt de grond uit, Bladgewassen op water; een nauwelijks te stuiten ontwikkeling, Proeftuin Zwaagdijk en PPO.

Boels, D., G.D. Vermeulen *et al.* 1999.

Kwaliteitsverbetering van baggerspecie op basis van extensieve biorestauratie in combinatie met energieteelt. Gouda, CUR/NOBIS 96-1-02 Maart 1999.

Boosten, G.G.M.; J.G. de Wilt; 2011.

Markt voor mest, ontwikkeling van vraaggestuurde ketens voor grondstoffen uit mest. Innovatienetwerk, ISBN: 978-90-5059-443-1, rapport nummer: 11.2.260, Utrecht, mei 2011.

Brandenburg, W.A. (2007)

Zilte botanie - Plantenteelt onder zilte omstandigheden in Nederland. Bijlage in: Het zout en de pap, een verkenning bij marktexperts naar langere termijn mogelijkheden voor zilte landbouw door Innovatienetwerk.

Bussink, Wim, Tonnis van Dijk, 2011.

Factsheet: Mogelijkheden en waarde van alternatieve meststoffen in de akkerbouw, NMI, 2011.

Campen Van, O (2010).

Vloeibare meststoffen. Voordelen zichtbaar bij extreme omstandigheden. Nieuwe Oogst, 16 januari, 20-21.

Cardozo, K. *et al.* 2007.

Metabolites from algae with economic impact, *Comp. Biochem. Physiol. Part C*, 146: 60-78.

Christenson, L.; Sims, R. (2011).

Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels and bioproducts. *Biotechnology Advances* 29: pp. 686-702.

Clevering, Olga A. 2002.

Toepassingsmogelijkheden van vloeibare NPK-meststoffen in de akkerbouw. PPO Projectrapport nr. 1125246. pp 52.

Dam, A.M. van; O.A. Clevering; W. Voogt; Th.G.L. Aendekerk; M.P. van der Maas, 2007.

Zouttolerantie van landbouwgewassen. Deelrapport Leven met zout water. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., PPO nr. 32 34019400, augustus 2007.

Dambrink, K., 2006.

Haalbaarheidsstudie vergistinginstallatie in het glastuinbouwgebied Deurne, HoSt B.V., Sensor Novem, 0377-05-03-01-012, ref. 1754rap01, rev. 03, november 2006.

De Buissonjé, F.E., Aarnink, A.J.A. (2011).

Algenkweek op stallucht. Haalbaarheidsstudie. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 451.

Deckers, Stan en Johan Vergrote, 2006.

Waterkwaliteit voor beregning, in *Landbouw en Techniek* no. 1, 27 januari 2006, pp 36-37 (België). <http://www.bdb.be/Portals/0/docs/vul200602.pdf>

Dijkman, Nicole en René Jongboed, 20xx. Presentatie "Micro-algae and water purification", AquaPhyto B.V., Nederland.

Dorpel, P. van, 2012.

Persoonlijk telefonisch contact, CEO AlgaeLink, op 15-08-2012.



- Feenstra L.; J. Balendonck; N. Kuipers; 2011.  
Glastuinbouw Waterproof - WP6: Haalbaarheidsstudie valorisatie van concentraatstromen. TNO/Wageningen UR, 17 mei 2011.
- Feenstra, L.; M. Nijhuis, R. Bisselink, N. Kuipers en R. Jurgens; 2012.  
Glastuinbouw Waterproof; WP6: Fase 2 - Laboratoriumonderzoek, TNO-Apeldoorn, rapport TNO-060-UT-2012-01396, 22 oktober 2012.
- Friesch Dagblad, 2007.  
Algen in overvloed: maar wat doen we ermee?, artikel in het Friesch Dagblad, 21 december 2007.
- Friesen-Pankratz, B.; Doebel, C.; Farenhorst, A.; Goldsbrough, L.G. (2003).  
Interactions between algae (*Selenastrum capricornutum*) and pesticides: implications for managing constructed wetlands for pesticide removal. *Journal of environmental science and health. Part B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*, 38 (2): pp.147-155.
- GMP+ International (2012)  
Veevoer veiligheid database, Via [www.gmpplus.org/en/](http://www.gmpplus.org/en/) (21-08-2012)
- Griffiths, M.J., Van Hille R.P. & Harrison S.T.L. (2010).  
Selection of direct transesterification as the preferred method for assay of fatty acid content of microalgae. *Lipids*, 45: 1053-1060.
- Grontmij, 2008.  
Zilte Agriport Westergozone, kansen voor zilte aquacultuur. Drachten, 19-12-2008.
- Haan, Janjo de, Jos Wilms & Willem van Geel, 2008.  
Teelt van prei op ruggen met fertigatie en folie, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
- Haan, J. de, 2012.  
Teelt de grond uit. 11 Factsheets in brochure van PPO-Lelystad. [www.teeltdegronduit.nl](http://www.teeltdegronduit.nl)
- Hii, Y.S.; Shia, K.L.; Chuah, T.S.; Hing, L.S., 2009.  
Physiological responses of *Chaetoceros* sp. and *Nannochloropsis* sp. to short-term 2, 4-d dimethylamine and endosulfan exposure. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 12 (4): pp. 375-389.
- Hiele, Van der; T., J. H., Bram Verkruysse (2008).  
Mogelijkheden voor zilte teelten in Waterduinen, een haalbaarheidsstudie. Vlissingen, Provincie Zeeland.
- Incrocci, L., P. Marzioletti, G. Incrocci, J. Balendonck, S. Spagnol and A. Pardossi, 2010.  
The Application of the WET Sensor for the Management of Reclaimed Wastewater Irrigation in Container-Grown Ornamentals (*Prunus laurocerasus* L.), Third International Symposium on Soil Water Measurement Using Capacitance, Impedance and TDT, Murcia, Spain, April, 7-9, 2010.
- Jagers, F. *et al.* 2011.  
Horti Fair 2011-Knowledge review. Towards sustainable horticulture. Aalsmeer, Hortifair/Bleiswijk, Wageningen-UR Greenhouse Horticulture. WATER-Optimisation, more crop per drop by J. Balendonck, p. 12.
- Jansen, R.; Van Os, E.; Blok, C.; Beerling, E. (2012).  
'Standaard water' voor toetsing zuiveringstechnologie voor de glastuinbouw. Via: <http://www.glastuinbouw.wur.nl/NL/thema/water-emissie/water/standaard-toetsing-zuiveringstechnologie/>
- Jongbloed, R., 2012.  
directeur AlgaSpring B.V. Persoonlijk contact via de mail op 21-08-2012
- Jin, Z.P.; Luo, K.; Zhang, S.; Zheng, Q.; Yang, H. (2012).  
Bioaccumulation and catabolism of prometryne in green algae. *Chemosphere*, 87 (3): p.278-284.
- Kamermans, P.; Blanco Garcia, A.; Poelman, M. (2008).  
Draining Sustainable Profit Fase 1: deskstudie naar mogelijkheden voor benutting van drainwater voor het kweken van algen voor oesterteelt. Yerseke : Wageningen IMARES, (Rapport / Wageningen IMARES C043/08).
- Kint, S. 2008.  
Impact Nieuw Mestdecreet op aardbeienteelt, ProeftuinNieuws 04 - 15 februari 2008.
- Kool, S., 2012.  
Teelt de grond uit: Met sector teeltsysteem bloembollen ontwikkelen.

- Li, Junming ; Lei Liu; Yuling Bai; Pujuan Zhang; Richard Finkers; Yongchen Du; Richard G. F. Visser; Adriaan W. van Heusden, 2010. Seedling salt tolerance in tomato. *Euphytica* (2011) 178:403-414 DOI 10.1007/s10681-010-0321-x. This article is published with open access at Springerlink.com, published online: 19 December 2010.
- Maanen van, G. e. a., 2008.  
Duurzame vis en zilte teelt. Kennis on-line. Wageningen, Wageningen-UR, juli 2008.
- Milledge, John, 2011.  
Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review, in: *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, Springer, Volume 10, Number 1, March 2011, pp. 31-41(11).
- MMF, 2010.  
FACTSHEET Recycling van nutriënten uit dierlijke mest in de kunstmestproductie, Minerale Meststoffen Federatie, Den Haag, 2010. E-mail: mmf@brabers.nl; (www.mineralemeststoffen.nl/mineralemeststoffen.nl/media/Mineralemeststoffen/Themabijeenkomst/Factsheet-recycling-dierlijke-mest-nutriënten-20100519.pdf)
- NMI, 2011.  
Factsheet "Mogelijkheden en waarde van alternatieve meststoffen in de akkerbouw, 2011
- MVG, 2004.  
Brochure "Recirculatie van water in de glastuinbouw - Winst voor u en het Milieu", Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Beleidsdomein landbouw en Visserij, D/2006/3241/008.
- Oei, P.T., 2009.  
Algencultuur op drainwater uit de glastuinbouw. Naar een pilot algenteelt voor de glastuinbouw. Stichting Innovatie Glastuinbouw Nederland (SIGN) en InnovatieNetwerk opgesteld door: Stichting H2Organic en Imares. ISBN: 978 - 90 - 5059 - 401 - 1, Rapportnr. 09.2.219, Utrecht, september 2009. (www.ltonoordglaskracht.nl)
- Oenema, Oene, 2001.  
Technical and policy aspects of strategies to decrease greenhouse gas emissions from agriculture Oene Oenema, Gerard Velthof & Peter Kuikman Wageningen University and Research Centre, Alterra Green World Research, P.O. Box 47, NL-6700.AA Wageningen, The Netherlands. In : *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60: 301-315, 2001. © 2001. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Os, E.A. van; Bruins, M.A.; Verhoeven, J.T.W.; Weel, P.A. van; Wijk, C.A.P. van; Wilms, J.A.M., 2011.  
Prei: Teeltsystemen uit de grond, onderzoek 2011,  
Lelystad: WUR Glastuinbouw/PPO-agv, 2012 (PPO rapport 478).
- Peakoil Nederland, 2008.  
KLM gaat vliegen op algen, 24 mei 2008. (www.peakoil.nl/2008/05/24/klm-gaat-vliegen-op-algen/).
- Priva, 2010.  
Samenstelling van RO-brijn grondwaterbron de Lier Data (persoonlijke communicatie).
- Reuler, H.v., 2012.  
Teelt de grond uit: Boomteelt in goten en grote containers, factsheet PPO, 2012.
- Richardson, J.W.; Johnson, M.D.; Outlaw, J.L. (2012).  
Economic comparison of open pond raceways to Photo bio-reactors for profitable production of algae for transportation fuels in the Southwest. *Algal Research* 1: pp. 93-100.
- Schajjk, van en Brandenburg, 2007.  
Rapport: 'Het zout en de pap'.
- Stowa, 2007.  
KASZA, Kas zonder afvalwater, analyse uitgangspunten en technische en financiële haalbaarheid waterketensluitingrapport 28, no. 978.90.5773.388.8, Utrecht, 2007.
- Slager, A.A., 2011.  
Feasibility of combined production of algae and tomatoes in a Dutchgreenhouse, Thesis: MSc Agricultural and Bioresource Engineering, Farm Technology, Wageningen-University, October 2011.
- Slootweg, C., 2012.  
Teelt uit de grond: Op zoek naar een rendabel teeltsysteem voor zomerbloemen en vaste planten, factsheet PPO, 2012.

- Stanghellini, C., 1987.  
Transpiration of greenhouse crops: an aid to climate management. Ph.D. Dissertation, Agricultural University, Wageningen, xvi+150 pp.
- Stichting H2O Organic, Algencultuur op drainwater uit de glastuinbouw - naar een pilot algenteelt voor de glastuinbouw, Stichting H2O Organic en IMARES in opdracht van Stichting Innovatie Stowa-R2005/1, Fosfaatterugwinning uit stripperwater BCFS rwzi Deventer; Verkennend onderzoek naar de vorming van groen fosfaat, STOWA-rapport R2005/1, 1 augustus 2005.
- Vaneeckhaute, Céline (Evi Michels, Erik Meers, Filip M.G. Tack), 2010.  
Hergebruik van water en nutriënten uit mest- en digestaatverwerking, promotierapport Universiteit Gent.
- Velthof, G., 2009.  
Kunstmestvervangers onderzocht. Tussentijds rapport van het onderzoek in het kader van de pilot Mineralenconcentraten, pp.130.
- Velthof, G.L., 2011.  
Synthese van het onderzoek in het kadervan de Pilot Mineralenconcentraten, Wageningen-UR, Alterra-rapport 2211, projectcode BO-12.02-006-002, ISSN 1566-7197.
- Verhoeven, John, 2011.  
Teelt uit de grond. Hergebruik drainwater bij teelt van aardbei op stellingen, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (WUR), Sector AGV, rapport nr. 1125246
- Verhoeven, J., 2012.  
Teelt de grond uit: Van prototype vijver naar marketing prei op water, PPO, factsheet, 2012.
- Verhoeven, J., 2012.  
Teelt uit de grond: Hergebruik van drainwater bij teelt van aardbei op stellingen, PPO factsheet, 2012.
- Verstegen, Stan, 2012.  
Groenten en Fruit, VOLLEGROND; Blz. 13 Ed. 66 Nr. 15. 11 april 2012, Reed Business BV.
- Vos, A. de; J. Rozema, M. van Rijsselberghe, W. v. Duin, W. Brandenburg, 2010.  
Zilte Landbouw Texel, een voorbeeld transitieproject-2006-2010 (eindrapport). Vrije Universiteit van Amsterdam e.a., P2057.
- Voogt, Wim *et al.* 2012.  
Ontwikkeling emissie-managementsysteem grondgebonden teelt, de lysimeter; Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen/Bleiswijk, rapport GTB-1190, oktober 2012.
- Washington Post, 2008.  
A Promising Oil Alternative: Algae Energy, 6-1-2008.
- Xplorelab, Gebruik je brijn, Onderzoek naar innovatieve methoden voor het gebruiken en voorkomen van brijn, eindrapport, Xplorelab, provincie Zuid-Holland, oktober 2010.
- Zhang HX, Blumwald E (2001).  
Transgenic salt-tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nat. Biotechnol.* 19: 765-768.

## 8.2 Links

[www.aquareuse.nl](http://www.aquareuse.nl) - Waterkringloopsluiting in de glastuinbouw.

[www.bemestingsadvies.nl](http://www.bemestingsadvies.nl) - Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, p.a. Wageningen UR Livestock Research, Postbus 65, 8200.AB Lelystad.

[www.ziltezeekool.nl](http://www.ziltezeekool.nl) - Zilte Zeekool is recent beschikbaar voor de markt.

[wetten.overheid.nl/BWBR0018989/bijlageAa/geldigheidsdatum\\_08-12-2011](http://wetten.overheid.nl/BWBR0018989/bijlageAa/geldigheidsdatum_08-12-2011) -Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, geldend op 08-12-2011.

[www.teeltdegronduit.nl](http://www.teeltdegronduit.nl) - Het programma Teelt de Grond uit ontwikkelt rendabele gesloten teeltsystemen voor de vollegrondstuinbouw (groenten, bloembollen, boomteelt, fruit en zomerbloemen en vaste planten), die voldoen aan de Europese regelgeving voor de waterkwaliteit (KRW).

[www.lenntech.nl/toepassingen/irrigatie/irrigatiewater](http://www.lenntech.nl/toepassingen/irrigatie/irrigatiewater)

[www.ziltproefbedrijf.nl](http://www.ziltproefbedrijf.nl) - Marc van Rijsselberghe, 2011

















