

PRAKTIJKONDERZOEK BIORAFFINAGE



RAPPORT

2018
25

Ik zie een composthoop

Ik zie vezels, eiwitproducten,
Fosfaten, biogassen en suikers



PRAKTIJKONDERZOEK BIORAFFINAGE

RAPPORT

2018

25

ISBN 978.90.5773.793.0



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

IN OPDRACHT VAN

STOWA, waterschappen Aa en Maas, Rijn en IJssel, Limburg, Vallei en Veluwe, Zuiderzeeland, Wetterskip Fryslan, Waternet, hoogheemraadschappen Hollands Noorderkwartier en De Stichtse Rijnlanden, Rijkswaterstaat en ketenpartners GRASSA!, Millvision, Verbruggen Paddenstoelen, Cumela en Werkplaats de Gruyter.

AUTEUR Wim van Doorn (Primair Air Consultancy)

UITVOERDERS EN KETENPARTNERS

Martijn Wagener, Bram Koopmans, Roy Raedts (GRASSA!)
Harm Jan Thiewes (Millvision)
John Verbruggen (Verbruggen Paddenstoelen)
Nico Willemsen, Jan van der Leij (Cumela)
Johan Baars, Jan van Dam (WUR)
Edwin Keijzers, Gulden Yilmaz (Wageningen UR-Food & Biobased Research)
Wim van Doorn (Primair Air Consultancy)
Aldert van der Kooij (Van der Kooij Clean Technologies)
Roel Knoben (Royal HaskoningDHV)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE EN PARTNERS

Mark Kerkhoff, Bart Brugmans, Jos van der Stappen (Waterschap Aa en Maas)
Else Langbroek, Vincent van Rheenen (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
Joost Schrande (Waterschap Zuiderzeeland)
George Zoutberg (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
Anouska ten Have (Waterschap Rijn en IJssel)
Alex Veltman (Waternet)
Marco de Redelijkheid, Jos Hoogveld, (Waterschap Limburg)
Yede van der Kooij (Wetterskip Fryslân)
Mark Wesselink (Waterschap Vallei en Veluwe)
Emile van Eijk (Rijkswaterstaat)
Cora Uijterlinde (STOWA)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2018-25
ISBN 978.90.5773.793.0

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

Bioraffinage biedt nieuwe perspectieven voor de verwerking van groenresten uit het waterbeheer tot waardevolle producten.

De Nederlandse waterschappen hebben de ambitie om op duurzame wijze grondstoffen uit reststromen van de waterzuivering en waterbeheer terug te winnen en weer hoogwaardig in te zetten. Ze geven dit actief vorm door middel van de netwerkorganisatie De Energie- en Grondstoffenfabriek.

Het verwaarden van reststromen wordt door de waterschappen gezien als een belangrijke innovatie om te komen tot duurzame alternatieven voor toekomstig schaarse grondstoffen en voor het sluiten van kringlopen.

In dit project is onderzocht wat het potentieel is om uit woekerende waterplanten en andere groenstromen uit het waterbeheer via kleinschalige, mobiele bioraffinage nuttige producten te maken. Denk hierbij aan bijvoorbeeld eiwitproducten (diervoeder), vezel producten (papier/karton of biocomposiet), mineralenconcentraat (meststof), suikerconcentraat (diervoeder of biogas) en schoon water. Een uniek project omdat Nederland wereldwijd vooroploopt in de ontwikkeling van dit concept. Maar ook vanwege het grote draagvlak: een tiental deelnemende waterbeheerders samen met onderzoek- en ketenpartners en vanuit STOWA gedragen door drie programmacommissies, te weten Waterweren, Afvalwatersystemen en Watersystemen.

Hoewel er diverse aspecten verder dienen te worden ontwikkeld, is er een goede verwachting dat de inzet van bioraffinage bij het waterbeheer op korte termijn mogelijk is. Bioraffinage draagt bij aan een aantal doelen van de waterschappen op gebied van circulaire economie (grondstoffen produceren) en Kaderrichtlijn Water (bijdrage aan duurzaam waterbeheer) en kosten-efficiënter omgaan met woekerende waterplanten.

Daarnaast is het belangrijk om te zien dat Nederland voorop loopt met kleinschalige, mobiele bioraffinage, en dit concept kan ook in veel andere landen bijdragen aan het oplossen van problemen met woekerende planten vanuit een circulaire gedachte. Op deze manier kunnen de waterschappen een maatschappelijke bijdrage aan verduurzaming leveren, niet alleen in Nederland maar ook wereldwijd.

Dat het écht kan laat dit rapport zien als U een gedrukt exemplaar in handen heeft: gedrukt op papier dat 10% waterplant-vezel bevat!

Joost Buntsma
Directeur STOWA

SAMENVATTING

Waterschappen en andere waterbeheerders zien dat de laatste jaren in toenemende mate inspanningen nodig zijn om problemen door uitheemse en/of invasieve plantensoorten in het waterbeheer te beheersen. Echte oplossingen zijn nog steeds niet beschikbaar. Tegelijkertijd werken de waterschappen samen met andere gebiedsbeheerders en ketenpartners aan verduurzaming van het waterbeheer, onder meer door bij te dragen aan een meer circulaire economie, en aan realisatie van de Kader Richtlijn Water doelstellingen.

In dit project is onderzocht hoe bioraffinage kan bijdragen aan deze verduurzaming, door het produceren van diverse nuttige grondstoffen uit groenresten van het waterbeheer. Daarbij lag de nadruk op het verwaarden van woekerende waterplanten en oevermaaisels via kleinschalige, mobiele bioraffinage. Daarbij worden op de plaats ter waar maaisels vrijkomen via een bioraffinage machine de planten opgewerkt tot diverse producten, zoals eiwitten (voor diervoer of technische toepassingen), vezels (voor diervoeder, papier/karton of biocomposiet), mineralenconcentraat (meststof) en eventueel substraat voor vergisting tot biogas. Loosbaar water is wat overblijft en terug kan naar het aquatisch milieu.

Het project is uitgevoerd in opdracht van en samen met STOWA, negen waterschappen, Rijkswaterstaat en ketenpartners. In de periode 2016 – 2018 is eerst een verkennende literatuurstudie uitgevoerd (zie STOWA-rapport 2017-04), gevolgd door proeven in het laboratorium en in de praktijk. Alle rapportages zijn terug te vinden in de STOWA-Hydrotheek).

Op basis van een inventarisatie van hoeveelheden groenresten, de fysisch-chemische samenstelling en hun potentieel voor verwaarding tot producten, zijn de vijf meest belovende planten geselecteerd: Grote waternavel, Fonteinkruiden, Ongelijkbladig vederkruid, Brandnetel en mengsels van waterplantmaaisels en/of oeverbeplanting. Deze zijn onderzocht in laboratoriumproeven (door WUR-FBR) en via diverse praktijktesten (Grassal-bioraffinage in samenwerking met waterschappen, Millvision vezelverwaarding, Verbruggen Paddenstoelensubstraat). Uit deze planten kunnen via bioraffinage de volgende grondstoffen geproduceerd worden:

- eiwitrijke grondstoffen voor diervoeder (onderzochte planten hebben doorgaans gunstige aminozuursamenstelling, en bevatten soms ook anti-oxidantia en andere ondersteunende stoffen);
- vezelproduct voor toepassing in papier/karton (10 - 30% vervangende toevoeging is goed mogelijk, hoewel de vezels doorgaans geen extra kwaliteit aan product geven);
- vezels voor biocomposiet (ca. 10% toevoeging is mogelijk, wel is nadere aandacht nodig voor droging van de vezels, die veel tijd en energie vraagt).

In de toekomstige bioraffinage machine kunnen daarnaast ook een mineralenconcentraat (meststof) en suikerconcentraat (diervoer of voor biogas productie) gemaakt worden met schoon water als restproduct.

Lisdodde is ook een veel voorkomende wateroeverplant, maar deze is vanwege de houtige structuur niet geschikt voor bioraffinage volgens de gebruikte technologie. Daarom is onderzocht of Lisdodde ingezet kan worden als vezel-grondstof voor plaatmateriaal (zonder raffinage). Dit blijkt zeer goed het geval te zijn: er kan stevig, licht plaatmateriaal van gemaakt worden.

De praktijkproef heeft veel waardevolle informatie opgeleverd over de technische, logistieke en bedrijfseconomische aspecten van kleinschalige mobiele bioraffinage. Zo bleek dat de planten, langer dan verwacht, zeker een dag vers bleven na maaien, zonder noemenswaardig verlies aan eiwitten. Daarbij verdient het aanbeveling om de planten in het water te laten liggen tot moment van raffinage.

Een verwaarding van waterplanten en bermmaaisels, al dan niet in combinatie met andere groenstromen uit het (waterschaps)gebied tegen kosten vergelijkbaar of lager dan de huidige composteringspraktijk bleek nog niet mogelijk met de bioraffinage machine die is getest in dit project. Doordat technisch gezien nog niet alle onderdelen (voldoende) operationeel konden functioneren, en door de te beperkte productiecapaciteit bleek een business case niet rendabel.

Verwacht wordt dat met een volgende generatie bioraffinage, die een grote capaciteit en hogere (energie)efficiëntie combineert met meerdere producten wel een rendabele business case gaat ontstaan, ondanks de lage droge stof gehaltes van de (waterige) waterplanten.

Daarbij draagt verwerken via bioraffinage op meerdere manieren bij aan verduurzaming van het waterbeheer: minder uitstoot broeikasgasemissies, verwijderen van nutriënten, mogelijk ook zware metalen uit het aquatisch milieu, bijdrage aan lokale circulaire economie bij lokale afzet producten, minder import van eiwitten (soja) en ondersteunen van andere duurzame initiatieven in Nederland en wereldwijd.

Door een praktijk-pilot op grotere schaal te gaan doen met een volgende generatie bioraffinage machine, wordt het mogelijk te toetsen of inderdaad op de verwachte energiezuinigere wijze de product-hoeveelheden geproduceerd kunnen worden, en of de kwaliteit zodanig is dat deze goed als duurzaam product afgezet kan worden in de markt voor (biologische) grondstoffen.

Tegelijkertijd dienen de waterschappen een aantal verdere stappen te zetten in de overgang van “maaïen naar oogsten”:

- betere inventarisatie van hoeveelheden en beschikbaarheid water- en oeverplantmaaisels;
- aanpassingen in maairegime/beheersmaatregelen woekerende planten;
- mogelijk aangepaste contractvormen voor loonwerkers;
- actieve inzet in Green Deal trajecten om afzet van producten uit het waterbeheer ook juridisch mogelijk te maken;
- nog actievere samenwerking binnen en tussen waterschappen, met andere gebiedsbeheerders, met kennisinstituten en met partners in de waardeketen om kwaliteit, acceptatie en efficiëntie van processen te vergroten. Samenwerken is essentieel om circulair gebiedsbeheer te realiseren.

In dit rapport en onderliggende deelrapporten worden concrete voorstellen gedaan hoe deze vervolgstappen zouden kunnen worden ingevuld.

SUMMARY

In the framework of developing towards a more circular economy and sustainable water management, this project has been carried out to explore how invasive waterplants and other green plant biomass from water management can be refined to usefull raw materials.

The project was commissioned by the Dutch Foundation of Applied Water Research, 10 Waterboards and partners in the chain of valorisation of green biomass in the period 2016-2018.

The concept of small scale mobile biorefinery is to make optimal use of the properties of the various components of green plant material (protein, fibres, minerals, sugars) by opening the cell structures, followed by separation of the various fractions and elaborate them towards raw materials. This is done on location where the plant biomass is available, in order to minimise (water) transportation (costs).

The project consisted of a literature study to determine the amounts of green biomass from water management in The Netherlands, and its potential for valorisation based on the biochemical composition. Next, both by laboratory testing and pilot-testing in practice by a Grassa! 3rd generation biorefinery, 5 different green plants have been refined to raw materials. Based on the results, business cases have been defined.

This report provides an integrated summary of all results obtained, and, together with the comprehensive reports of all tests done, valuable insights have been obtained how green biomass from water management can be transformed into raw materials.

The biorefinery unit tested, with a capacity of 300 kg/h (fresh weight) appeared not to be able to produce all expected products and qualities as expected. Still, the results indicate that with the next generation mobile biorefinery unit, with a considerable higher production capacity (2 t/h), with a 50% more energy efficient design and able to produce multiple products, that it will be possible to produce raw materials against costs that are similar or slightly lower to the current practice of composting. And as the environmental benefits have not been transposed into financial benefits yet, and given its contribution towards a circular economy, one can conclude that small scale biorefinery should be considered as a practical and economical method in dealing with invasive water plants in near future. Not only in The Netherlands, but as well in (sub-)tropical countries where invasive water plants (like waterhyacinth) are a serious threat to public health, hindering fisheries, have negative ompact on water quality and decrease hydro-energy production.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

DE STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)33 - 460 32 00.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 2180, 3800 CD Amersfoort.

E-mail: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

PRAKTIJKONDERZOEK BIORAFFINAGE

INHOUD

TEN GELEIDE

SAMENVATTING

SUMMARY

DE STOWA IN HET KORT

DE STOWA IN BRIEF

1	INLEIDING	1
1.1	Introductie	1
1.2	Achtergrond	1
1.3	Wat is kleinschalige mobiele bioraffinage?	4
1.4	Bioraffinage en duurzaam waterbeheer	5
1.5	Uitvoering onderzoek en leeswijzer	6
2	DOELSTELLING EN AFBAKENING	8
2.1	Doelstelling	8
2.2	Afbakening	8
3	BIORAFFINAGE POTENTIEEL	10
3.1	Aanbod (woekerende) waterplanten en bermmaaisels uit het waterbeheer	10
3.1.1	Hoeveelheden	10
3.1.2	Ontwikkeling in de tijd	12
3.2	Selectie van plantensoorten	14
4	BIORAFFINAGE IN DE PRAKTIJK	18
4.1	Logistiek	18
4.2	Techniek	20
4.2.1	Introductie bioraffinage machine	20
4.2.2	Bioraffinage proces	21

5	PRODUCTEN, VERWAARDBAARHEID EN WAARDE	24
5.1	Inleiding bioraffinageproducten	24
5.2	Eiwit	25
5.2.1	Diervoeder	25
5.2.2	Technische toepassingen	28
5.3	Vezels	28
5.3.1	Diervoeder	28
5.3.2	Papier en karton	28
5.3.3	Biocomposiet	29
5.3.4	Plaatmateriaal	30
5.3.5	Substraat voor paddenstoelenteelt	31
5.4	Mineralenconcentraat	33
5.5	Biogas	33
5.6	Vervaardbaarheid en waarde	34
5.7	Verwaardingspotentieel per plantensoort	36
6	BUSINESS CASE(S)	38
6.1	Uitgangspunten bij business cases	38
6.2	Vergelijking business cases 3e en 4e generatie bioraffinage machine	39
6.3	Toekomstige business case scenario's na opschaling	42
6.4	Waarde vanwege verduurzaming waterbeheer	45
7	WET EN REGELGEVING	47
7.1	Algemeen	47
7.2	Algemene kwaliteit water(-beheer)	47
7.3	Maaien en ecologie	47
7.4	Afvalstoffen	49
7.5	Diervoeder producten	50
7.6	Green Deal	50
8	CONCLUSIES	52
9	MOGELIJKE VERVOLGSTAPPEN	56
	LITERATUUR EN REFERENTIES	59

1

INLEIDING

1.1 INTRODUCTIE

De waterschappen, Rijkswaterstaat en STOWA werken aan verduurzaming van het waterbeheer. Verduurzaming betekent onder meer optimaal gebruik maken van reststromen uit het waterbeheer door produceren van waardevolle grondstoffen en door het sluiten van kringlopen bijdragen aan de realisatie van de doelstellingen vanuit de Kaderrichtlijn Water (waterkwaliteit en ecologie).

Eén belangrijke bron van grondstoffen vormen de maaisels van woekerende waterplanten en bermbeheer. Woekerende waterplanten vormen een bedreiging voor het watersysteem en aanzienlijke kostenpost. Een recent STOWA-onderzoek [Kamp, 2017] laat zien dat er nog geen adequate, (kosten-)effectieve maatregelen beschikbaar zijn. Maaien blijft één van de best beschikbare beheersmaatregelen. Vanuit de verwachting dat deze situatie nog langere tijd zal blijven bestaan, is maaien gevolgd door meer hoogwaardige verwaarding een goed alternatief.

Dit rapport geeft een samenvatting van een project waarin de mogelijkheden van mobiele, kleinschalige bioraffinage technieken zijn onderzocht. Via literatuuronderzoek, met laboratoriumproeven en met concrete toepassing op praktijk-pilot schaal, is gekeken welke nuttige, waardevolle stoffen gewonnen kunnen worden uit de beschikbare groenrest-stromen in het waterbeheer.

Op basis van de uitkomsten van deze proeven is nader bepaald hoe een business case voor verwaarding via mobiele bioraffinage eruit zou kunnen gaan zien. In de verkenning van mogelijke business cases is ook een aanzet gemaakt voor het betrekken van aspecten die moeilijker in geld uit te drukken zijn, zoals effecten op broeikasgasemissies, het sluiten van mineralenkringloop en de bijdrage aan verduurzaming van het waterbeheer en innovatie.

Het project is uitgevoerd door nauwe samenwerking van negen waterschappen, STOWA, Rijkswaterstaat en ketenpartners. De ketenpartners hebben daarbij een groot deel van het onderzoek uitgevoerd.

1.2 ACHTERGROND

Vele organisaties, zoals gemeenten, natuurverenigingen, waterschappen en Rijkswaterstaat hebben de taak aquatische natuurgebieden, watergangen, plassen, meren en rivieren en hun oevers te onderhouden. Dit onderhoud bestaat uit het periodiek (laten) maaien en het al dan niet (laten) afvoeren van het maaisel. Het maairegime hangt af van de doelstellingen van de beheerder, de wetgeving en daarmee ook het volume maaisel.

De maaisels worden doorgaans voor een deel afgevoerd en gecomposteerd of blijven achter op de oever en vervallen aan de landeigenaar. Een schatting van waterschap Aa en Maas is dat

doorgaans 10% van de maaisels direct wordt afgevoerd, 40% ca. een week blijft liggen en dan wordt afgevoerd, en dat 50% blijft langere tijd liggen.

De laatste jaren is de toename van exotische (invasieve) plantensoorten en extra belasting voor de waterbeheerder geworden. Verschillende waterbeheerder ondervinden problemen met stagnatie van de waterafvoer, de ecologische kwaliteit en het extra maaibeheer wat tot extra kosten leidt. Zie figuur 1.1.

FIGUUR 1.1

ARTIKEL IN DE VOLKSKRANT VAN 6 JANUARI 2017



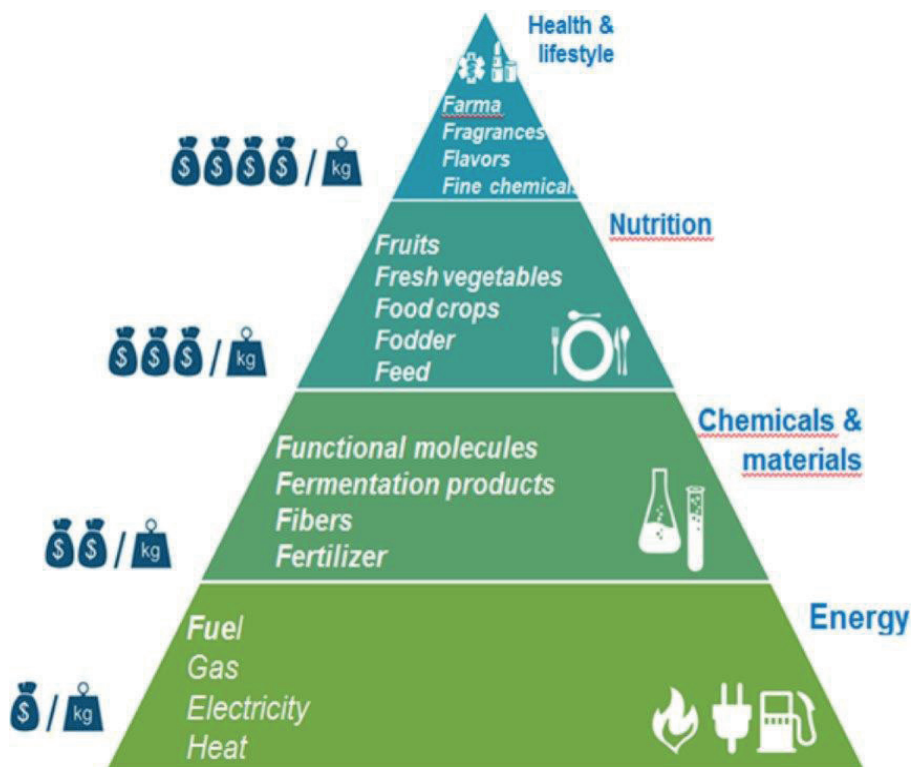
Omdat de maaisels waardevolle bestanddelen bevatten, zoals eiwitten, vezels, suikers en mineralen, zou het winnen en bewerken waardevolle grondstoffen kunnen opleveren, waardoor er ook opbrengsten tegenover de kosten van het waterbeheer gezet zouden kunnen worden.

Bioraffinage is een vrij nieuwe innovatieve technologie, waarmee het mogelijk wordt om meer waarde te halen uit lokale (rest-)gewassen, gras en sommige planten uit de natuur. Het gaat dan om plantaardige materialen die niet of weinig nuttig gebruikt worden. Planten bouwen allerlei stoffen op gebruikmakend van zonlicht. Door bioraffinage wordt het mogelijk de kwaliteiten van deze verschillende stoffen zo goed mogelijk te benutten door ze uit de planten te halen.

Het idee van zo hoogwaardig mogelijke verwaarding is samengevat in onderstaande waarde-piramide (figuur 1.2). Specifieke complexe moleculen, zoals geurstoffen of geneeskrachtige stoffen, staan bovenin de waarde-piramide: deze stoffen komen weinig voor in een plant en hebben een hoge prijs per hoeveelheid product. Aan de onderkant van de piramide staat de toepassing van plantaardig materiaal als bron van energie, waarvoor weinig specifieke eigenschappen aan de moleculen worden gesteld, en waarvoor de meeste plantenstoffen kunnen worden gebruikt.

FIGUUR 1.2

WAARDE PIRAMIDE VAN BIOMASSA [VAN DOORN, 2015]



Op deze manier kunnen woekerende planten dienen als grondstof voor productie van een combinatie van producten, zoals:

- eiwitten (diervoeder/technische toepassingen),
- vezels (diverse toepassingen),
- bron van specifieke inhoudstoffen
- mineralen (specifiek mest substraat)
- energie (biogas).

De waarde bestaat uit twee componenten:

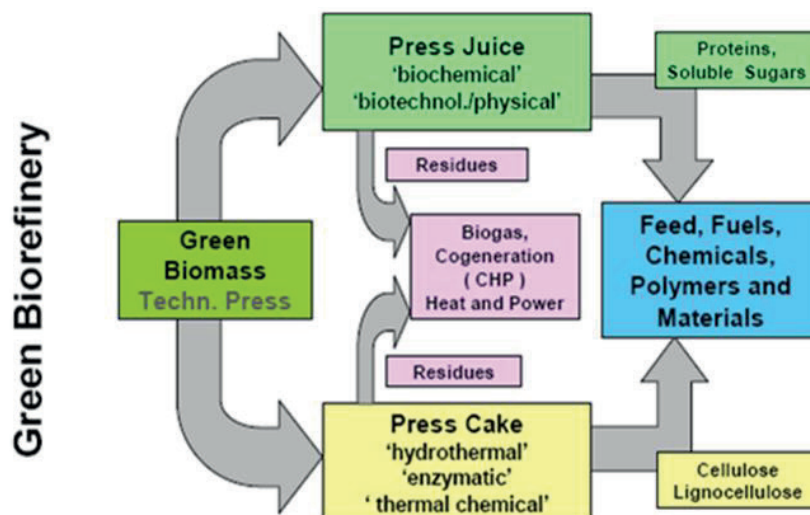
- **een financiële component:** door toepassing van bioraffinage en andere verwaardingstechnieken (op termijn) terugbrengen van de kosten van het maaibeheer;
- **een maatschappelijke/natuur/duurzaamheid component:** een bijdrage leveren aan reductie van de uitstoot van broeikasgassen, en aan sluiting van de mineralenkringloop. Daarnaast bevordert het project innovatie, waarbij niet altijd direct de resultaten helder worden, maar op termijn wel een doorwerking plaatsvindt die nodig is om tot concrete innovaties te komen. Zo zijn er diverse toepassingen denkbaar binnen de innovatie-trajecten van de Energie- en GrondstoffenFabriek (zie www.efgf.nl). Deze component is minder goed in geld uit te drukken. Als uit waterplanten (kracht-)voer voor vee gemaakt zou kunnen worden, zou daarmee tevens een bijdrage geleverd worden aan vermindering van de import van soja, hetgeen positief doorwerkt op het tegengaan van tropische boskap, minder CO₂-emissies vanwege transport, en verkleining van het mineralenoverschot in Nederland (sluiten kringlopen). Door in dit project een bioraffinage unit op kleine schaal te laten werken wordt ervaring opgedaan door de waterschappen en project partners, die van groot belang kan blijken te zijn voor andere en verdere innovaties binnen de “energie- en grondstoffenfabriek” en ook zou bioraffinage goed kunnen aansluiten bij ontwikkelingen in paludicultuur (natte teelten).

1.3 WAT IS KLEINSCHALIGE MOBIELE BIORAFFINAGE?

De verwerking van verse groene biomassa tot diverse eindproducten wordt al vele jaren onderzocht [Keijsers, 2018]. Dit concept wordt vaak “Green Biorefinery” genoemd (Figuur 1.3), om het te onderscheiden van o.a. Lignocellulose Biorefineries en Aquatische Biorefineries. Die verwerken respectievelijk verhoude planten en algen.

FIGUUR 1.3

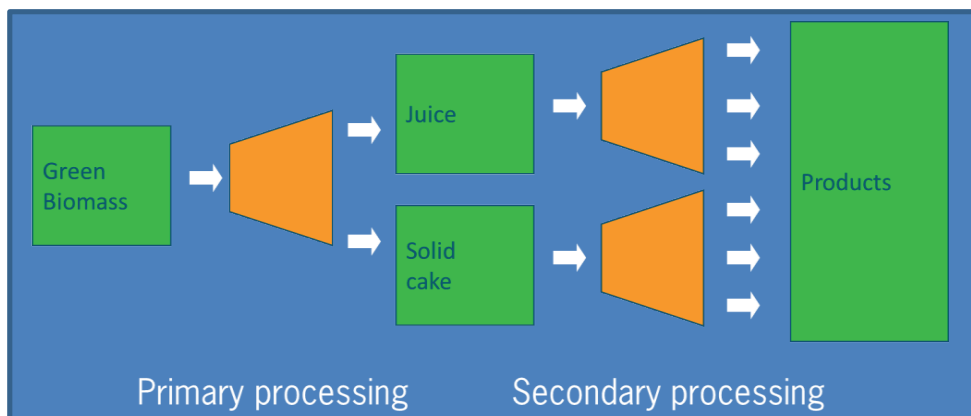
GREEN BIOREFINERY CONCEPT [KAMM ET AL. 2006][IN: KEIJSERS, 2018]



De “Green Biorefinery” genereert een product op basis van cellulose- houdende stroom en een product op basis van eiwit. Dit proces bestaat vaak uit twee stappen, een primaire scheidingstap en een secundaire scheidingstap, schematisch weergegeven in figuur 1.4.

FIGUUR 1.4

SCHEMA VAN DE TWEE STAPS BIORAFFINAGE [KEIJSERS, 2018]



Deze twee processen zijn niet onafhankelijk van elkaar. De procescondities in de eerste stap bepalen mede de scheidingsmogelijkheden in de tweede stap en de eigenschappen van de eindproducten. Het deelrapport van WUR-FBR geeft meer gedetailleerd inzicht in deze samenhang [Keijsers, 2018].

Er zijn verschillende typen bioraffinage, waarbij de keuze voor type proces wordt bepaald door grondstoffen, gewenste producten en schaalgrootte. In dit project is vooral ingezet op kleinschalige, mobiele bioraffinage. Dit is een techniek waarbij via mechanische kneuzing en persing de plantencellen worden geopend. Daardoor komen de inhoudstoffen (beter) beschikbaar. Vervolgens worden deze inhoudstoffen gescheiden en eventueel opgewerkt, zodat opti-

maal gebruik kan worden gemaakt van de eigenschappen van deze stoffen (voedingswaarde, structuur, etc.).

In dit project is gebruik gemaakt van een kleinschalige, mobiele bioraffinage-machine van bedrijf GRASSA!. Hiermee is het mogelijk om vier producten en een reststroom te maken van groenresten uit het waterbeheer:

- een vezel product (silageproduct)
- eiwitconcentraat,
- suikerconcentraat,
- mineralenconcentraat, en
- loosbaar water.

Kleinschalig en mobiel betekent dat de bewerking plaatsvindt bij de plaats waar het groenmateriaal beschikbaar is: water- en bremplanten bestaan immers voor ca. 90% uit water. Door ter plaatse het water uit de planten te halen hoeft dit water niet getransporteerd te worden. Dit leidt tot kostenreductie en vermindering van uitstoot van verontreinigende stoffen en broeikasgassen. Vermijden van watertransport is een belangrijke reden geweest om in dit project voor deze techniek te kiezen

Kleinschalig betekent ook dat het bioraffinage proces wordt ingepast in de lokale context: door plantaardig materiaal uit de omgeving om te zetten tot waardevolle grondstoffen, door nutriënten te verwijderen waar ze niet wenselijk zijn en te brengen naar die plaatsen waar deze nuttig ingezet kunnen worden, en door eventuele verontreinigingen uit het milieu te verwijderen. Producten worden zoveel mogelijk lokaal afgezet. Als de eiwitconcentraten uit het raffinage-proces inderdaad als diervoeder kunnen worden gebruikt, hoeft minder eiwitrijk voer via soja uit andere delen van de wereld te worden geïmporteerd. Dat bespaart emissies van CO₂ en andere luchtverontreiniging tijdens transport over de oceaan, reduceert import van mineralen, en helpt de ontbossing van tropisch regenwoud tegen te gaan.

Grassa! is oorspronkelijk gestart met bioraffinage van weidegras, waarbij gras als hoogwaardige bron van eiwit wordt gezien. Door mechanische opening van de celwanden van het gras kunnen de inhoudstoffen veel optimaler als varkens- en koeienvoer benut worden dan bij ruw gras het geval is. Tevens wordt het mogelijk de mineralenkringloop van een agrarisch bedrijf te verbeteren en import van soja te verminderen.

1.4 BIORAFFINAGE EN DUURZAAM WATERBEHEER

In de voorgaande paragrafen is al een aantal voordelen genoemd van bioraffinage voor verduurzaming en specifiek voor het waterbeheer en in meer algemene zin. Samengevat zijn dit:

- productie van hoogwaardige producten uit reststromen waterbeheer;
- bijdrage aan realisatie Kaderrichtlijn Water doelstellingen, door bijdrage aan het sluiten van de mineralen kringloop, en verwijdering van nutriënten uit het (aquatisch) milieu;
- bij productie van eiwit concentraat voor diervoeder: vermindering import soja;
- enige vermindering van broeikasgasemissies ten opzichte van de huidige werkwijze van compostering;
- maatschappelijk voorbeeld van lokale circulaire economie bij afzet van producten in gebied van herkomst grondstoffen;
- bijdrage aan wereldwijde ontwikkeling van duurzame grondstoffenproductie en concepten voor sluiten van kringlopen.

1.5 UITVOERING ONDERZOEK EN LEESWIJZER

Het project bestond uit een aantal sporen, zoals weergegeven in onderstaande figuur.

FIGUUR 1.5

OVERZICHT OPZET VAN HET PROJECT



Op basis van de uitkomsten van het verkennende literatuuronderzoek (spoor 1) is besloten om praktijkproeven te gaan doen bij de meest belovende planten die vrijkomen in het waterbeheer:

1. Grote waternavel (Waterschap Aa en Maas en Wetterskip Fryslân)
2. Fonteinkruiden (Waterschap Zuiderzeeland)
3. Ongelijkbladig vederkruid (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)
4. Brandnetel (Waterschap Zuiderzeeland)
5. Lisdodde (geen bioraffinage, alleen proeven op laboratorium schaal)
6. Waterpest (alleen laboratorium proeven).

Dit rapport is gebaseerd op zes deelrapporten van de uitvoerende partners in het project:

- **Grassa!:**
praktijktesten met de mobiele bioraffinage unit van een 5-tal geselecteerde plantensoorten beschikbaar gesteld door vijf waterschappen en doorvertaling naar toekomstige verwaarding van de bioraffinage producten (business cases).
Referentie: Koopmans B. en R. Raedts, Waarde halen uit groenresten in het waterbeheer, praktijktesten bioraffinage, Grassa-rapport, februari 2018, (Project-spoor 3A).
- **Millvision:**
onderzoeken op laboratorium en pilotschaal naar de toepasbaarheid van vezels uit het raffinage proces voor toepassing in papier, karton en als biocomposiet.
Referentie: Calker, S. van en H.J. Thiewes, Millvision, Waarde halen uit groenresten waterbeheer:

Valorisatie in Papierproductie en (Bio)composieten, 2016-2017, 2018, (Project-spoor 3B).

- Van der Kooij Clean Technologies (VDKCT):
 - uitvoering inventarisatie hoeveelheden en samenstelling van maaisels in het waterbeheer, fysisch-chemische karakterisering van geselecteerde planten en eerste business case verkenning;
 - Referentie: Doorn, W.J. van, A. van der Kooij, J. van Dam, literatuurstudie waarde halen uit groenresten in het waterbeheer, STOWA rapport 2017-04, 2017, (Project-spoor 1).*
 - onderzoek naar weivloeistof van bioraffinage grote Waternavel;
 - samen met CUMELA onderzoek naar de logistieke aspecten van de toepassing van mobiele bioraffinage bij praktijk-pilots van Grote waternavel en Brandnetel.
 - Referentie: Kooij, A. van der, en Cumela, Groenresten uit het waterbeheer: logistieke analyse praktijkproeven – Rapport Spoor 3D, februari 2018, (Project-spoor 3D).*
- WUR-FBR: Wageningen Food & Biobased Research
 - scan van wetenschappelijke literatuur naar de mogelijkheden voor verwaarding via bioraffinage van vrijkomend maaisel en in het water beheer af te voeren waterplanten, met name gericht op specifieke inhoudstoffen;
 - Referentie: Doorn, W.J. van, A. van der Kooij, J. van Dam, literatuurstudie waarde halen uit groenresten in het waterbeheer, STOWA rapport 2017-04, 2017, (Project-spoor 1).*
 - laboratorium onderzoek naar het toepassings-potentieel van 5 geselecteerde waterplanten en verwaardingspotentieel.
 - Referentie: Keijsers, E., Labexperimenten groenresten uit waterbeheer, WUR-FBR, rapport 1811, februari 2018, (Project-spoor 2).*
- WUR/Verbruggen Paddenstoelen B.V.:
 - onderzoek naar de mogelijkheden om uit maaisels van Ecologische Verbindings Zones (EVZ) substraat voor de teelt van oesterzwammen en andere speciale paddenstoelen te produceren.
 - Baars, J. en G. Chatzipavlidis, Testen van natuurgras en daaruit gewonnen vezelfractie voor de teelt van oesterzwammen, WUR, rapport WPR-2018-1, maart 2018, (Project spoor 3C).*

Dit hoofdrapport beschrijft de doelstellingen, de opzet en een samenvatting van de resultaten. Deze zijn gericht op de verdere stappen die nodig zijn om tot verwaarding van maaisels uit het waterbeheer te komen. Het rapport is grotendeels samengesteld op basis van de deelrapporten opgesteld door de uitvoerende projectpartners. Deze deelrapporten bevatten veel waardevolle informatie en zijn als separate rapporten beschikbaar via de STOWA-hydrotheek.

DEELRAPPORTEN (DOCUMENTEN TE VINDEN IN WWW.HYDROTHEEK.NL)

- Doorn, W.J. van, A. van der Kooij, J. van Dam, literatuurstudie waarde halen uit groenresten in het waterbeheer, STOWA rapport 2017-04, 2017, (Project-spoor 1).
- Keijsers, E., Labexperimenten groenresten uit waterbeheer, WUR-FBR, rapport 1811, februari 2018, (Project-spoor 2).
- Koopmans B. en R. Raedts, Waarde halen uit groenresten in het waterbeheer, praktijktesten bioraffinage, Grassa-rapport, februari 2018, (Project-spoor 3A).
- Calker, S. van en H.J. Thiewes, Millvision, Waarde halen uit groenresten waterbeheer: Valorisatie in Papierproductie en (Bio)composieten, 2016-2017, 2018, (Project-spoor 3B).
- Baars, J. en G. Chatzipavlidis, Testen van natuurgras en daaruit gewonnen vezelfractie voor de teelt van oesterzwammen, WUR, rapport WPR-2018-1, maart 2018, (Project spoor 3C).
- Kooij, A. van der, en Cumela, Groenresten uit het waterbeheer: logistieke analyse praktijkproeven – Rapport Spoor 3D, februari 2018, (Project-spoor 3D).

2

DOELSTELLING EN AFBAKENING

2.1 DOELSTELLING

Doel van dit project is om te onderzoeken hoe kleinschalige, mobiele bioraffinage ingezet kan worden voor verduurzaming van het waterbeheer door de verwaarding van groenresten.

2.2 AFBAKENING

In dit project is bij aanvang gekozen om de toepassing van kleinschalige, mobiele bioraffinage als uitgangspunt te nemen, omdat dit concept ervan uitgaat dat bewerking plaatsvindt op de plaats waar de maaisels vrijkomen. Waterplanten bestaan voor 80-90% uit water. Als door lokale bewerking transport van dat water vermeden kan worden, levert dit veel besparing op. Vanuit het perspectief van waterbeheerders is ook steeds gekeken naar de haalbaarheid in de praktijk en naar de intrinsieke eigenschappen van verschillende groenresten. Hieruit kan blijken dat kleinschalige mobiele bioraffinage niet altijd de meest geëigende methode zal zijn. Zo werd bijvoorbeeld duidelijk dat de veel voorkomende oeverplant Lisdodde goede verwaardingsmogelijkheden heeft als vezel voor plaatmateriaal. Maar deze plant bleek te houtig om met de Grassa! bioraffinagemachine te worden verwerkt. en via andere methoden kan deze plant veel beter tot product worden verwerkt.

Het bredere perspectief van verwaarding bestaat ook uit (niet limitatief):

1. Compostering:
Er is veel aandacht binnen de waterschappen voor verwaarding via verschillende manieren van compostering(sprocessen) zoals die nu op centrale locaties plaatsvinden. Ook zoeken zij naar betere werkwijzen om te zorgen dat voldoende organische stof aanwezig blijft in de bodem (Biomassa Alliantie, Circulair terreinbeheer, 2017).
2. Direct inkuilen tot diervoeder:
Waterschap Aa en Maas heeft diverse proeven gedaan om te kijken of de woekerplant Grote waternavel via inkuilen direct tot veevoeder kan worden omgezet. Hoewel dit in potentie mogelijk zal zijn, bleken er teveel onderzoeksstappen nodig te zijn om dit alternatief verder te ontwikkelen.
3. Het direct verwaarden van de waterplanten zonder bioraffinage:
daarvoor komt gebruik van de waterplanten in papier voor gebruik door de waterschappen, eventueel na inkuiling of droging en vooral het gebruik van waterplanten als bodemverbeteraar in aanmerking.
4. Andere bioraffinage processen:
hierbij kan onder meer gedacht worden aan het proces dat Newfoss toepast, op centrale locaties verwerken van groenstromen via biologisch “kraken” van celwanden tot lignocellulose vezelproducten (bijv. eier-verpakkingen). Ook worden bij Waternet proeven uitgevoerd om naast riet ook waterplanten te verwerken tot biocomposieten (NPSP).
5. Grootschalige hydrolyse van (hemi)cellulose tot suikers:
nadat de biomassa eerst is voorbehandeld met zuren of onder verhoogde temperatuur en druk,

kunnen de suikers in downstream processen verwerkt worden tot producten als PLA, ethanol, HMF, furfural, etc. (o.a. Avantium-AKZONOBEL, Biobased Delta, Bioforever, DSM-POET).

6. Vergisten:

Het produceren van energie is een relatief laagwaardige vorm van gebruik van biomassa volgens de waardepiramide. Maar nadat een deel van het groenmateriaal hoogwaardiger is afgescheiden en verwerkt tot product, kan vergisting tot biogas een realistisch alternatief vormen voor de resterende biomassa. Vergisting wordt veelvuldig in de waterzuivering toegepast, waardoor doorgaans geen extra investering nodig zal zijn.

3

BIORAFFINAGE POTENTIEEL

Het bioraffinage potentieel is de resultante van de hoeveelheid plantmateriaal en de samenstelling van de plant met het oog op verwaarding (zie ook deelrapport “Groenresten uit het waterbeheer Bioraffinage en vezelverwaarding. Literatuuronderzoek en businesscase analyses” [Van der Kooij Clean Technologies, april 2016]. Dit is samengevat in Van Doorn, Van der Kooij en Van Dam, 2017, STOWA rapport 2017-08).

3.1 AANBOD (WOEKERENDE) WATERPLANTEN EN BERMMAISELS UIT HET WATERBEHEER

3.1.1 HOEVEELHEDEN

Watergangen, zoals sloten, vaarten, singels, kleine vijvers en kleine kanalen, worden doorgaans gemaikorfd. Maaikorven is het maaien van de begroeiing in de bodem van een sloot, kanaal of watergang met behulp van een lange giek met daaraan een brede korf, de zogenaamde maaikorf. De begroeiing uit het water wordt na het maaikorven verspreid over het land. Voor grotere wateren, waar de giek niet meer bij kan, worden speciale maaiboten ingezet, die het materiaal maaien en naar de kant brengen. Daar wordt het materiaal, na eerst enige tijd uitlekken en indrogen, afgevoerd naar een composteringsbedrijf. Naar schatting van waterschap Aa en Maas wordt ca. 10% van het maaisel direct afgevoerd, blijft ca. 40% ongeveer een week liggen en wordt dan afgevoerd, en blijft de overige 50% op het land liggen. Deze verdeling is afhankelijk van het type werkgebied en verschilt per waterschap. Het materiaal is vaak te volumineus om te laten liggen en ter plekke te composteren.

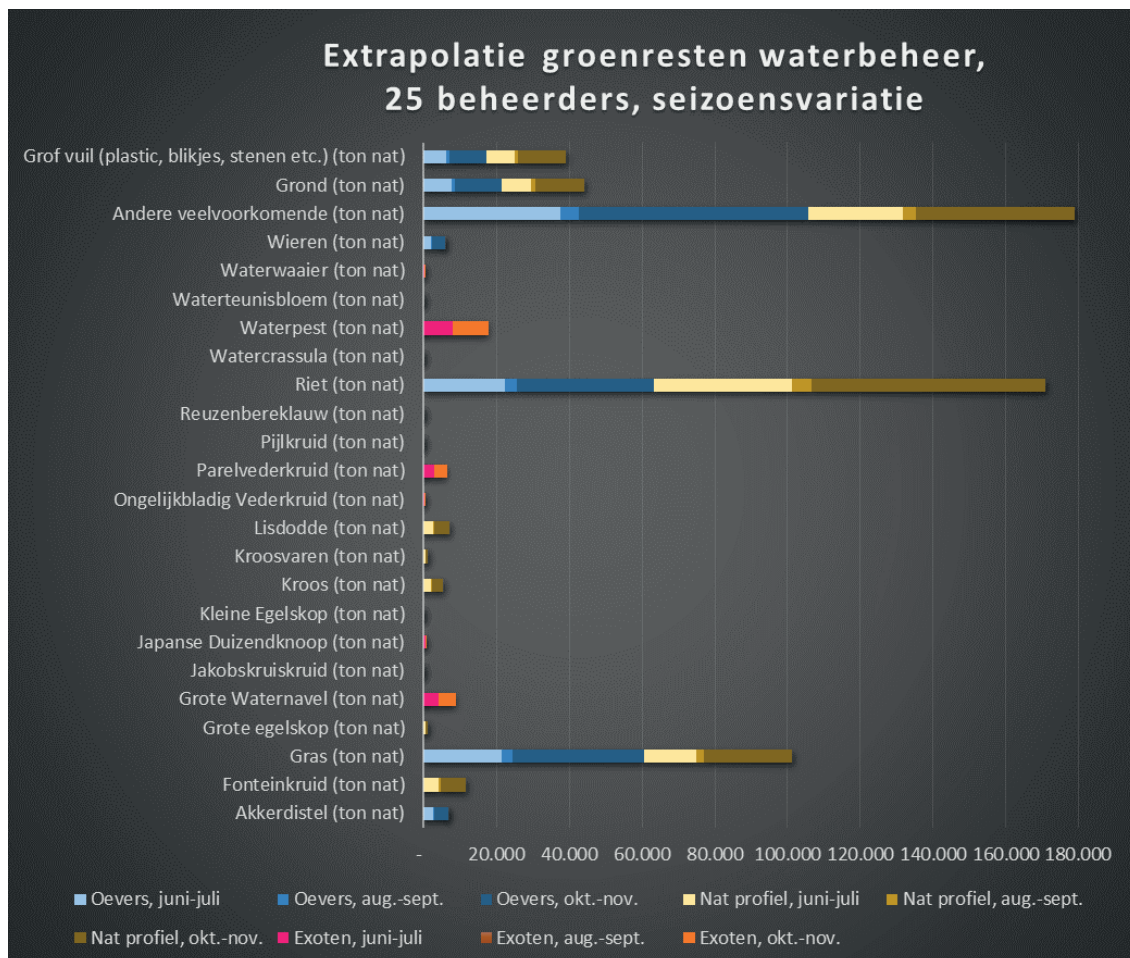
Ook vanwege ecologisch bermbeheer worden waterplanten/oeverplantenmaaisel afgevoerd. De oevers worden niet bemest. Hierdoor is het maaisel van nature eiwitarm en daardoor minder geschikt als veevoer. Bovendien is het maaisel vaak vervuild met plastic, blikjes, grond, etc. en wordt het gezien als afvalstof. De afvoer is een jaarlijks terugkerende kostenpost voor de beheerders.

De hoeveelheden gemaaide woekerende waterplanten en andere maaaisels zijn tijdens de literatuurstudie van dit project in 2016 geïnventariseerd via een enquête onder de deelnemende waterschappen. Vervolgens is deze hoeveelheid geëxtrapoleerd naar heel Nederland. Dit bleek nodig omdat de meeste waterbeheerders niet systematisch data over aanwezige groenresten (vooral woekerende waterplanten en bermmaaisels) bijhouden. Alleen Waternet heeft een systematiek opgezet hiervoor. Deze enquête leidt tot een eerste indicatieve schatting van de hoeveelheden en soorten samenstelling van voor bioraffinage mogelijk beschikbare groenresten. Figuur 3.1 geeft een overzicht van de geschatte hoeveelheden voor heel Nederland.

De totale hoeveelheid wordt indicatief geraamd op ruim 500.000 ton natte biomassa. Geschat wordt dat 25%-50% van de maaaisels wordt afgevoerd. De totale “markt” is daarmee minimaal 125.000-250.000 ton maaisel. Dit is een beperkte hoeveelheid in vergelijking met andere productstromen. Maar als door kleinschalige bioraffinage deze biomassa hoogwaardig kan

worden verwaard, is dat vanuit duurzaamheidsoogpunt een stap in de goede richting van circulaire economie.

FIGUUR 3.1 INDICATIEVE SCHATTING VAN HOEEVEELHEDEN NATTE MAAISELS WATERSCHAPPEN IN NEDERLAND [VAN DOORN ET AL, 2017].



Deze schatting van de biomassa is een onderschatting van het maaiwerk dat voor het waterbeheer gedaan wordt:

1. Eén waterschap kon geen opgave doen van wat gemaaid is. In de extrapolatie is hiervoor gecorrigeerd.
2. De opgaves betreffen het maaiwerk van de waterschappen zelf. Bij wet is geregeld dat het maaiwerk van de kleine watergangen voor rekening is van de eigenaren. Die “particuliere” massa ontbreekt. Over het algemeen blijft deze op het land achter.

Maaisels van wegbermen zijn buiten de scope van deze studie, aangezien deze niet onder waterbeheer vallen. Ter vergelijking: In Nederland komt jaarlijks ca. 600.000 ton/jaar bermmaaisel beschikbaar, en in deze studie kwantificeren we ca. 500.000 ton/jaar aan sloot/oever/watermaaisel. Bermmaaisel bestaat veelal uit grassen en kruiden en is veel schraler en vervuiler dan maaisels uit en langs watergangen.

Verder is nog niet gekeken naar de praktische beschikbaarheid: maaisels uit kleinere sloten: deze zullen doorgaans vanwege logistieke redenen niet beschikbaar kunnen worden gemaakt tegen redelijke inspanning voor bioraffinage.

Daarbij is het ook van belang om de seizoensvariatie te beschouwen. In de huidige maaipraktijk worden de meeste watergangen gemaaid in het najaar, oktober-november, als onderdeel van de schouwplicht. Dit is vrij laat in het groeiseizoen, zeker met het oog op eiwitwinning, waarvoor juist jongere planten geschikt zijn. Als ingezet wordt op productie van eiwit via bioraffinage, dan kunnen aanpassingen in het maairegime nodig zijn.

TABEL 3.1 VERDELING MAAIWERK OVER HET MAAISEIZOEN (INDICATIE) [VAN DOORN ET AL., 2017].

	Juni-juli	Aug.-sept.	Okt.-nov.
Oevers	16%	2%	28%
Nat profiel	17%	2%	29%
Exoten	3%	0%	3%
Totaal	36%	5%	59%

3.1.2 ONTWIKKELING IN DE TIJD

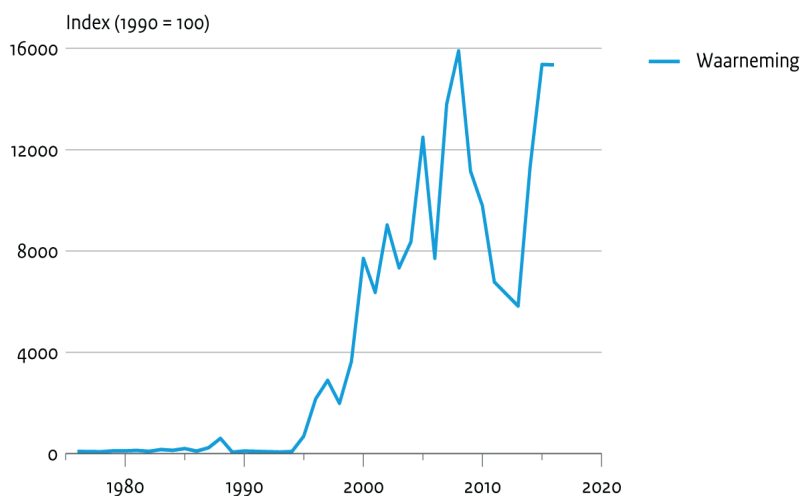
Er zijn in Nederland veel exoten in de flora, dat wil zeggen uitheemse plantensoorten die zich in het wild staand kunnen houden. Sommigen daarvan zijn invasief: ze verspreiden zich in de laatste decennia sterk over Nederland. Omdat dat problemen kan opleveren heeft de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit het Team Invasieve Exoten (TIE) opgericht. TIE heeft een lijst van 50 soorten opgesteld die invasief zijn, of dat mogelijk kunnen worden, en gevolgd moeten worden zodat er zo nodig snel kan worden ingegrepen om snelle uitbreiding tegen te gaan.

Het Compendium voor de Leefomgeving monitort de ontwikkeling van uitheemse plantensoorten in Nederland, op basis van gegevens verzameld door Floron (zie <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1398-invasieve-plantensoorten>)

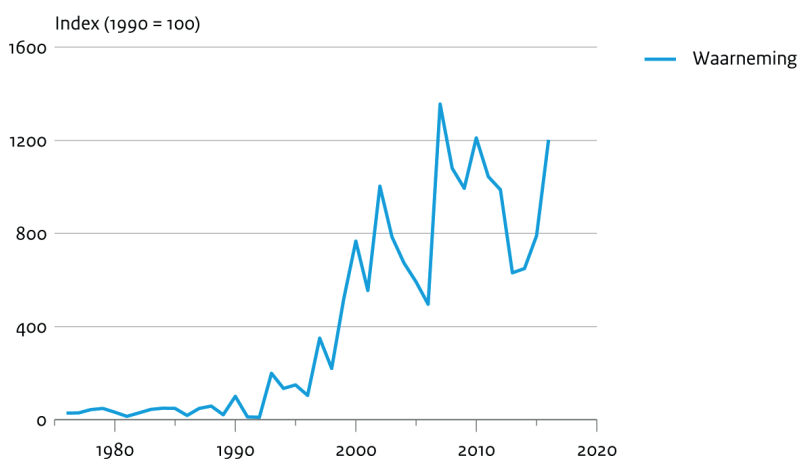
Gemiddeld komen exoten van die lijst tegenwoordig in zeker 160 kilometerhokken voor terwijl halverwege de jaren negentig en daarvoor deze in nog geen 30 kilometerhokken voorkwam.

In onderstaande figuren is voor Grote waternavel en voor Parelvederkruid aangegeven hoe de tijdtrend is, gemeten in aantallen km-vakken waar de plant voorkomt, waarbij 1990 op de index = 100 is gesteld.

FIGUUR 3.2.A EN 3.2.B LANGJARIGE TIJDTREND IN VOORKOMEN VAN GROTE WATERNAVEL EN PARELVEDERKRUID IN NEDERLAND [COMPENDIUM VOOR DE LEEFOMGEVING]

Verspreiding van grote waternavel

Bron: NEM (Floron, CBS)

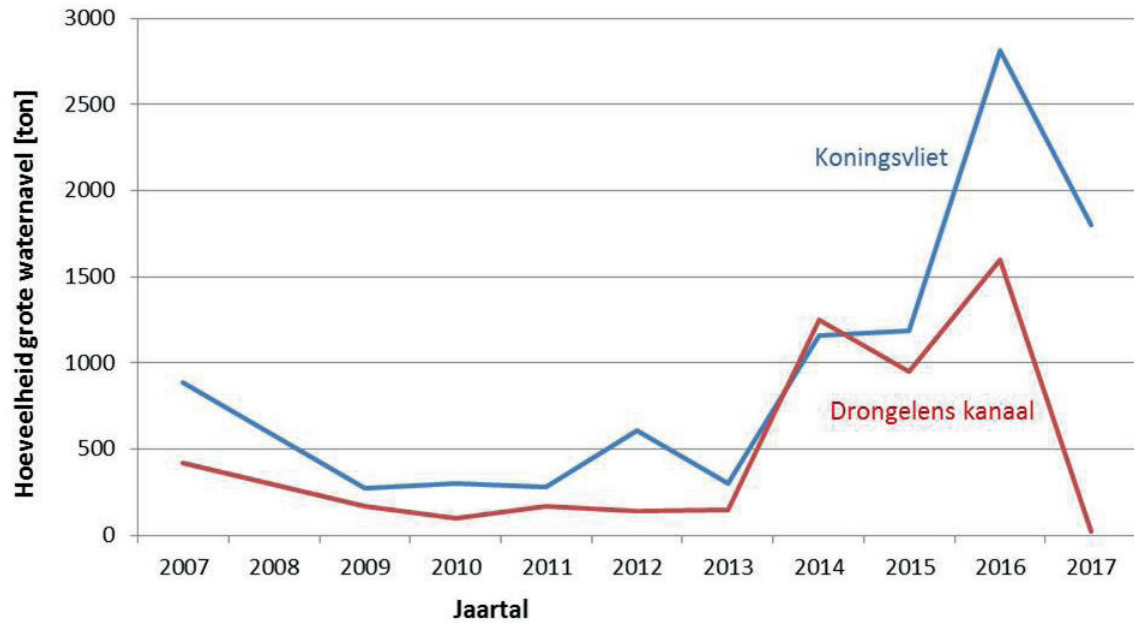
CBS/jan17
www.clo.nl/nl139803**Verspreiding van parelvederkruid**

Bron: NEM (Floron, CBS)

CBS/jan17
www.clo.nl/nl139803

Binnen de langjarige, stijgende trend is de variatie van jaar tot jaar groot. Het voorspellen van de hoeveelheid waterplanten die gaat woekeren en periode waarin dat gebeurt, is nauwelijks mogelijk. Onderstaande grafiek van waterschap Aa en Maas in het gebied Koningsvliet laat zien hoe groot de variatie in hoeveelheid Grote waternavel is van jaar tot jaar, zonder dat daar een sluitende verklaring voor bekend is bij het waterschap.

FIGUUR 3.3 ONTWIKKELING VAN GROTE WATERNAVEL (TON/JAAR) IN BEHEERSGEBIED AA EN MAAS [WATERSCHAP AA EN MAAS, 2018]



Waterschappen en STOWA proberen al lange tijd om de verspreiding en problemen door woekering van uitheemse, invasieve waterplanten tegen te gaan, maar vooralsnog is er geen finale oplossing beschikbaar. Dit komt mede omdat veel watersystemen nutriëntenrijk zijn. Wel zijn beheerschema's ontwikkeld om de grootste problemen tegen te gaan [zie STOWA-rapporten Van Dijk, 2014, Van der Kamp, 2017].

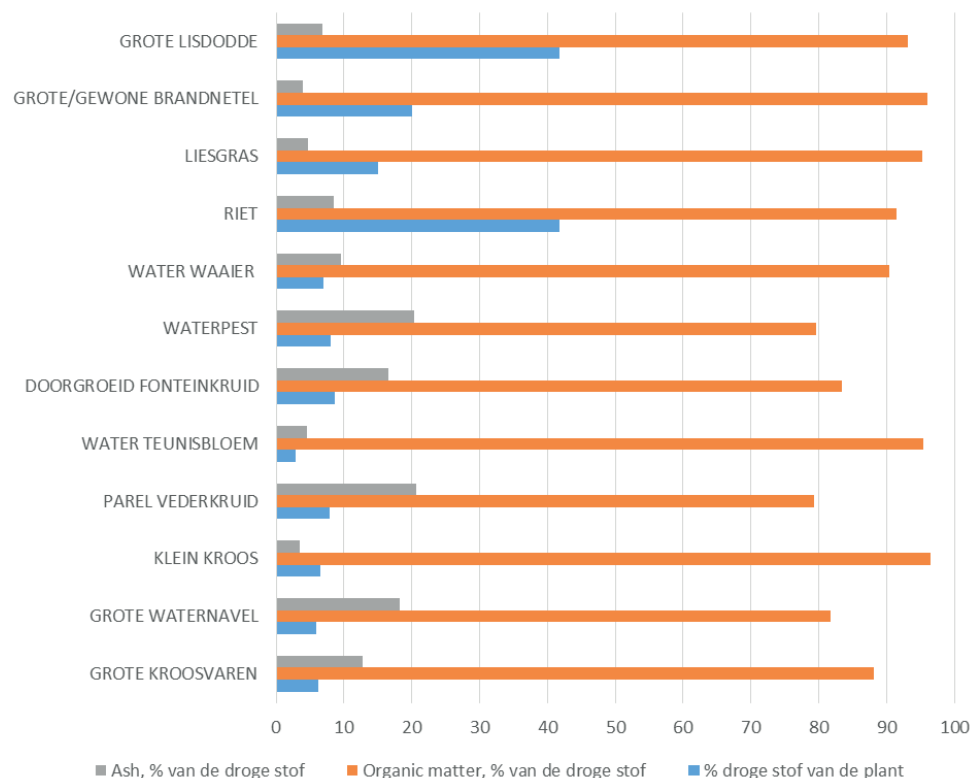
3.2 SELECTIE VAN PLANTENSOORTEN

Om te komen tot een selectie van meest belovende plantensoorten voor onderzoek naar verwaarding via bioraffinage is ook gekeken naar de samenstelling van de planten.

Vrijwel alle planten beginnen in maart-april met de groei. De eiwit- en cellulosegehaltes nemen dan toe, tot een maximum rond mei-juni. Daarna nemen vooral voor de landplanten de eiwitgehaltes af en de ligninegehaltes toe. Voor de waterplanten is dit minder goed waarneembaar.

FIGUUR 3.4

SAMENSTELLING GESELECTEERDE PLANTEN: DROGE STOF, ORGANISCHE STOF EN ASREST [VAN DER KOOIJ, 2016]



Figuur 3.4 geeft de percentages droge stof, organische stof en asrest van een aantal soorten planten weer. De waterplanten bestaan voor ca. 5-10% uit droge stof, landplanten hebben droge stof gehalten tussen ca. 15 en 40%. Dit is van grote invloed op de verdere verwerking en de logistiek. De beschouwde waterplanten hebben vrijwel dezelfde organische stof gehalten.

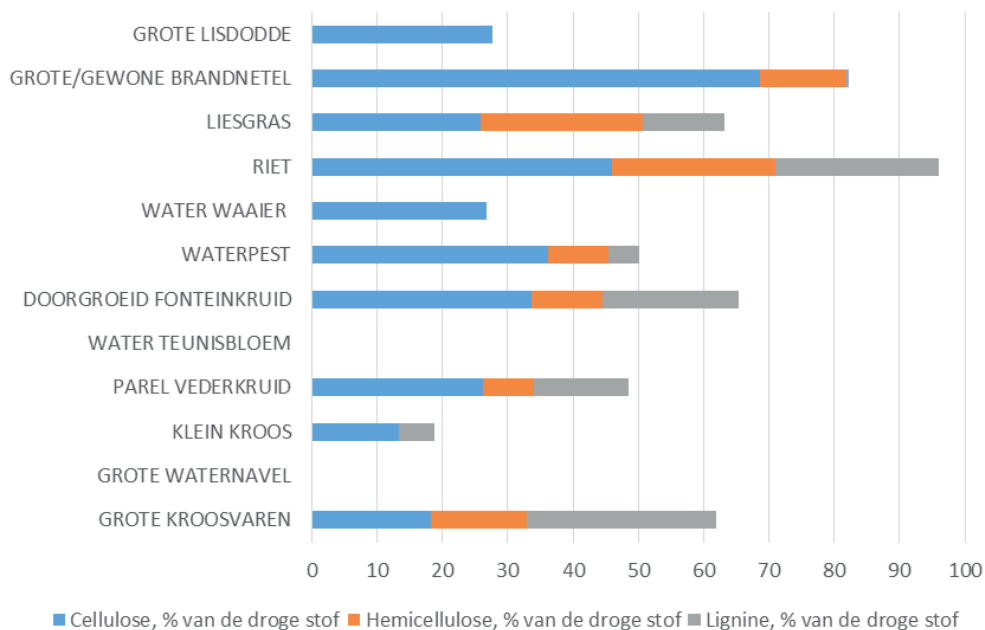
Brandnetel, Liesgras, Waterteunisbloem en Klein kroos hebben de laagste asresten van de droge stof. Dit houdt in dat deze planten weinig mineralen en silicaat hebben in verhouding tot de andere planten. Riet kent hoge silicaatgehalten, wat de plant moeilijk bewerkbaar maakt. Vroeger werd Riet als jong gewas voor veevoeder gebruikt.

Ook is naar de lignocellulose gehalten gekeken, van belang onder meer voor mogelijkheden als veevoer of voor toepassing in de papier- en karton industrie of als biocomposiet. Lignocellulose geeft plantencellen structuur en is opgebouwd uit cellulose, hemicellulose en lignine. De cellulose is de basis. De hemicellulose en lignine zorgen er voor dat het bij elkaar blijft. De cellulose en hemicellulose zijn opgebouwd uit koolhydraten, de lignine bestaat uit fenolische delen. Hemicellulose, cellulose en lignine zijn onverteerbaar voor niet-herkauwers. Hemicellulose en cellulose zijn gedeeltelijk verteerbaar voor herkauwers.

Zoals te zien is in figuur 3.5, hebben riet en de brandnetel de hoogste lignocellulose-gehalten. De brandnetel springt er uit door de hoge cellulosegehalten, van gemiddeld bijna 70% en vrijwel geen lignine. Vanwege deze samenstelling werd brandnetel vroeger ook gebruikt voor de productie van vezels. Riet, Grote waterpest en Doorgroeid fonteinkruid volgen daarop, met 35-45% cellulose.

FIGUUR 3.5

LIGNOCELLULOSE-GEHALTEN [VAN DER KOOIJ, 2016]

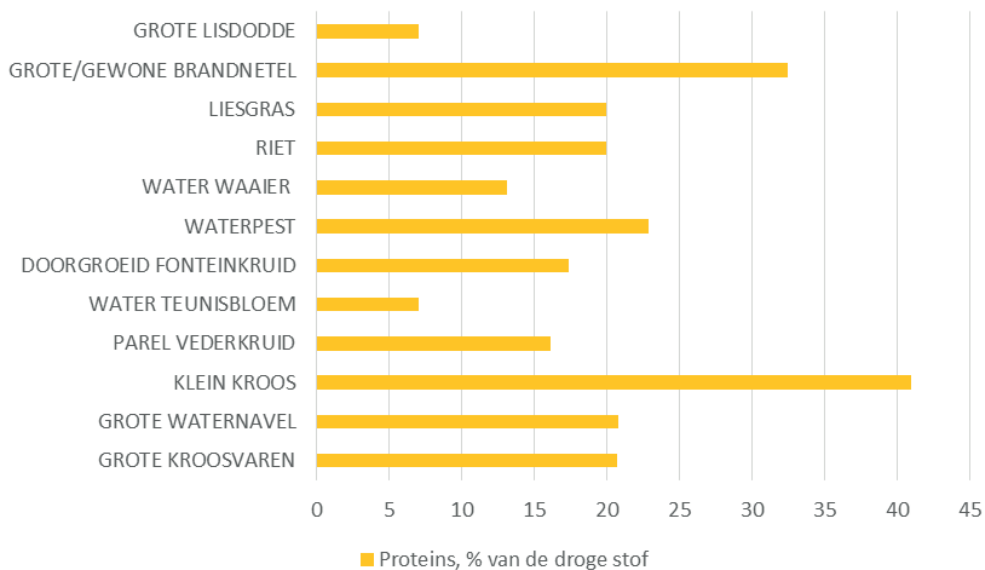


Uit figuur 3.6 blijkt dat Klein kroos (42%) en de (jonge) Brandnetel (33%) over de hoogste eiwitgehaltes beschikken. Klein kroos wordt de laatste jaren commercieel geteeld om als veevoer te dienen. Liesgras, Riet, Waterpest, Grote waternavel en Grote kroosvaren volgen daarop, met ca 20% eiwit. De diverse waterplanten blijken eiwitgehaltes hebben die vergelijkbaar zijn met die van gras (ca. 20%), uitgedrukt als % van de droge stof (waterplanten bevatten wel minder droge stof dan gras).

Wanneer gekeken wordt naar de inhoudsstoffen, dan zijn de Brandnetel, Klein Kroos, Riet en Doorgroeid Fonteinkruid zeer geschikte planten voor raffinage. Vanwege de hardheid (silicaat) is Riet alleen geschikt als het net opkomt, in april.

FIGUUR 3.6

EIWIT-GEHALTEN [VAN DER KOOIJ, 2016]



Naast de samenstelling op macro-componenten is ook gekeken naar de aanwezigheid van specifieke inhoudstoffen die extra waarde aan toekomstige producten zouden geven, zoals gelerende eigenschappen of een rol als anti-oxidantia [Van Dam, in STOWA rapport 2017-04].

4

BIORAFFINAGE IN DE PRAKTIJK

4.1 LOGISTIEK

Logistiek is een belangrijk aspect van de beoordeling of kleinschalige, mobiele bioraffinage inpasbaar is in de bedrijfsvoering van de waterbeheerder, en om te bepalen wat de bedrijfs-economische consequenties zijn.

Het concept van kleinschalige, mobiele bioraffinage gaat ervan uit dat de installatie zo dicht mogelijk bij de plaats wordt gepositioneerd waar de groenresten beschikbaar komen, om zo vanuit oogpunt van energiebesparing en kosten zo min mogelijk biomassa en “water” te verplaatsen.

PLAATSING INSTALLATIE

Op alle vijf proeflocaties bleek het praktisch mogelijk de mobiele bioraffinage-machine dichtbij de plaats waar de maaisels beschikbaar kwamen te plaatsen, op een voldoende veilige (vandalisme-proof) locatie van de waterbeheerder. Criteria voor geschikte locaties en praktische handleiding staan nader beschreven in het “draaiboek bioraffinage” opgesteld ten behoeve van praktijkproeven in dit project [Van der Kooij, 2016].

Voor de toekomst verdient het aanbeveling uit te kijken naar locaties direct naast de oever waar de waterplantenmaaisels beschikbaar komen, om transport van de waterkant naar de bioraffinage unit zo minimaal mogelijk te houden. Vanuit logistiek en kosten perspectief is plaatsing op locatie waar de maaisels vrijkomen zinvol vanaf hoeveelheden van ca. 40-50 ton groenresten (uitgaande van 2-3 dagen om het materiaal te verwerken bij een raffinage capaciteit van 2 ton/uur).

AANVOER PLANTMATERIAAL

Tijdige verwerking:

Vooraf werd verondersteld dat de groenresten binnen enkele uren zouden moeten worden verwerkt om te voorkomen dat snelle verwelking van bladmateriaal tot verlies van hoeveelheid en kwaliteit van eiwit zou leiden. Onderzoek van de WUR-FBR [Keijsers, 2018] laat zien dat de eerste 24 uur voor alle onderzochte planten nauwelijks achteruitgang van eiwit plaatsvond. Aanbevolen wordt om waterplanten na maaien zo lang mogelijk in het water te houden. Dat is veelal praktisch ook goed mogelijk.

Afstemming capaciteit maaien – bioraffinage unit:

Als onderdeel van dit project hebben CUMELA en VDKCT tijdens de praktijk-pilot proeven van Grote Waternavel (Waterschap Aa en Maas) en Brandnetel (Waterschap Zuiderzeeland) onderzocht hoe de maai-capaciteit en bioraffinage-capaciteit op elkaar zijn afgestemd (Van der Kooij et al, febr. 2018).

Voor efficiënte logistiek en verwerking staan de volgende opties open:

- a. Opschaling van de pilot installatie naar een veelvoud van de huidige capaciteit;
- b. Continue verwerking (dus 24 uur per dag) van de aangevoerde maaisels in de raffinage installatie.

Selectief maaïen en verzamelen Brandnetel

In het onderdeel logistiek is ook gekeken hoe een plant selectief zou kunnen worden gemaaid en verzameld. Zoals ook in het project van de Biomassa Alliantie is geconstateerd, dient een ommezwaai gemaakt te worden van “maaïen naar oogsten”. Dit is in dit pilot-project gedaan voor Brandnetel zoals die veelal op slootkanten in een mengsel met andere planten groeit. Daarbij is een model toegepast waarmee de huidige maaimethode vergeleken kan worden met twee alternatieve, opties voor de toekomst:

1. Huidige situatie:
Hierbij maait een klepelmaaier de waterkanten. Het maaisel wordt dan direct opgezogen in een bakwagen. Als deze vol is wordt het materiaal afgevoerd.
2. Gescheiden maaïen van brandnetels en overige gewassen met 2 trekkers:
het te maaïen gebied met GPS ingemeten en in een maaï-app geplaatst. In de maaï-app wordt onderscheid gemaakt in de posities waar (voornamelijk) brandnetels groeien en de posities met de overige gewassen. Iedere maaï-zuig-combinatie maait dan de specifieke gewassen volgens de app. Volle bakwagens met brandnetels worden naar de bioraffinage installatie gebracht, de andere naar een centraal punt voor compostering.
3. Gescheiden maaïen van brandnetels en overige gewassen met 1 trekker:
het te maaïen gebied wordt weer ingemeten middels GPS. Dan wordt gemaaid volgens een nog niet bestaand systeem: 1 trekker met klepelmaaier met 2 bakwagens erachter. De bakwagens worden beladen via 1 zuigleiding. Met een, nog te ontwikkelen, kleppensysteem regelt de maaier welk soort maaisel naar een bak gaat. Als één van de 2 bakwagens vol is, rijdt de combinatie naar het lospunt. Daar is ook de installatie voor bioraffinage opgesteld. Na lossen op 2 verschillende hopen, gaat de combinatie weer terug om verder te maaïen.

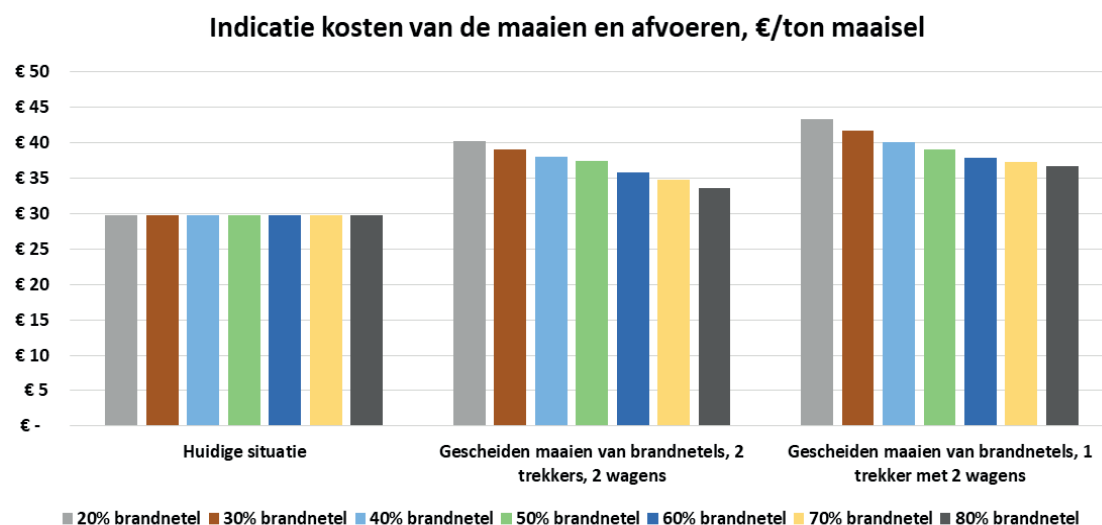
De beide alternatieven kosten meer voorbereidingstijd en meer uitvoeringstijd.

De alternatieven zijn met het model doorerekend (zie figuur 4.1). Uit deze figuur blijkt dat de kosten voor het maaïen en afvoeren in de huidige situatie het laagst zijn, indicatief € 30/ton. Onder deze kosten vallen ook de kosten voor compostering.

Deze kosten, inclusief de composteringskosten voor de overige gewassen, zijn voor de alternatieven hoger, vooral als het brandnetelpercentage laag is. Vooral bij lage percentages moet overwogen worden terug te vallen op de huidige situatie. De extra kosten voor het maaïen en afvoeren volgens alternatief 1 en 2 bedragen resp. € 10 - € 4 en € 13 - € 7 per ton maaisel. Deze kosten zijn indicatief en kunnen per situatie verschillen.

FIGUUR 4.1

RESULTATEN MODELMATIGE VERGELIJKING VAN HUIDIGE MAAIMETHODE MET TWEE MOGELIJK TOEKOMSTIGE SYSTEMEN VOOR SELECTIEF MAAIEN, VOOR VERSCHILLENDE PERCENTAGES BRANDNETEL [REF. VAN DER KOOIJ, 2017]



Naarmate de brandnetel meer eiwit kan leveren bij raffinage, zal de grens om alternatieve maa- en afvoermethoden te kiezen lager dan 40% komen te liggen. Daarbij is van belang dat het winnen van eiwit via een Grassa! machine alleen goed mogelijk is voor jongere Brandnetel (zachter materiaal met hoger eiwit-gehalte). De inschatting op basis van ervaring van de deelnemende waterschappen is dat er weinig gebieden zijn waar grote hoeveelheden brandnetels groeien. Het ontwikkelde model voor verschillende maaimethoden is een eerste handreiking voor het maaien en afvoeren van maaisels t.b.v. raffinage, dat specifiek gemaakt dient te worden voor een bepaalde situatie. Aanbevolen wordt dit in de praktijk te toetsen en te optimaliseren.

4.2 TECHNIEK

4.2.1 INTRODUCTIE BIORAFFINAGE MACHINE

Voor dit project is een volledig mobiele bioraffinage installatie verder ontwikkeld en gebouwd door Grassa!. Deze installatie moest in staat zijn diverse groenresten die vrijkomen bij de waterschappen te raffineren. De volledige bioraffinaderij past op een enkele oplegger en is in staat te kneuzen/pulpen, persen, vezels balen, eiwit winnen en het eiwit te drogen met eigen restwarmte van de generator. Ook is de machine in staat fosfaten te concentreren. De aansturing en bediening van alle processen op de machine is in hoge mate geautomatiseerd. Afhankelijk van de soort feedstock (ingangsmateriaal) zou het mogelijk moeten zijn om circa 300 kg vers product per uur te verwerken. De geproduceerde producten zijn houdbaar. De voor dit project gebruikte machine is een resultaat van alle ervaring die is opgedaan met de vorige twee generaties Grassa!-machines. Deze machine wordt dan ook de 3GEN (3^e generatie) genoemd.

FIGUUR 4.2

FOTO VAN DE GRASSA! 3^E GENERATIE MOBIELE BIORAFFINAGE MACHINE [RAEDTS, GRASSA!, FEBR 2018]

4.2.2 BIORAFFINAGE PROCES

Het bioraffinage proces verloopt volgens de volgende stappen (zie figuur 4.3) (zie voor details Grassa!-deelrapport, Raedts, februari 2018):

- Het plantmateriaal wordt vers aangeleverd met vrachtwagen en knijper of tractor en kieper/opraapwagen afhankelijk van het materiaal.
- Dit wordt vervolgens direct op de laadklep geladen, zo niet indirect met een kraan, loader of mini-shovel. De hoeveelheid ingangsmateriaal (grondresten) wordt direct gewogen op de laadklep door aanwezigheid van weegcellen.
- Door de laadklep omhoog te brengen en onder een hoek te plaatsen komt het materiaal op de vloerketting. Dan komt het evenredig verdeeld in de waterbak waar het gewassen wordt om het te ontdoen van verontreinigingen zoals zand, stenen en metalen delen.
- Een transportband en invoervijzels brengen het materiaal naar de refiner. De refiner kneust en maalt het plantaardige materiaal zodat celwanden en celstructuren gebroken worden. Hiermee komen eiwitten, suikers en mineralen vrij die vooral in het sap terecht komen en deels in de vezels achterblijven.
- Voordat deze producten gescheiden kunnen worden, dienen vezel en sap eerst van elkaar gescheiden te worden. Het plantmateriaal wat door de refiner tot een natte pulp is vermalen wordt met een vijzel naar de vijzelpers gevoerd om daar uitgeperst te worden in een vezelproduct en een sapstroom.
- De vezels worden naar een balenpers geleid die ze tot een baaltje van ruim 100 kg kan persen. Dit baaltje wordt vervolgens geseald (baal-silage).
- Het sap gaat verder het proces in om ook de eiwitten, fosfaten en suikers van elkaar te scheiden. Het perssap wordt naar de stoombeker gepompt waar het aangezuurd en verhit wordt om de eiwitten te coaguleren. Het gecoaguleerde sap met daarin de nu geklonterde eiwitten wordt vervolgens door de kamerfilterpers gepompt waarbij het eiwit op de filterdoeken achterblijft en het overgebleven sap ("wei" genoemd) komt in een tank.
- Als er voldoende eiwit op de doeken in de kamerfilterpers zit, wordt deze afgeperst om

een groot gedeelte van de wei uit het natte eiwit te persen. Het resterende eiwit op de doeken wordt daarna gedroogd in een droger tot circa 90% droge stof voor langdurige conservering.

- Aan de wei die zich nu in een bezinkingstank bevindt wordt $\text{Ca}(\text{OH})_2$ toegevoegd om de fosfaten neer te laten slaan. In de bovenste laag vloeistof bevinden zich nog wat overige mineralen en de suikers. Het creëren van een fosfaat- en suikerconcentraat is mogelijk maar niet uitgevoerd tijdens de draaiweken voor dit STOWA-project. De r waterstroom die resteert is, afhankelijk van de samenstelling, direct loosbaar of naar een rwzi te leiden.

Alle energie voor de processen wordt geleverd door een 100 kVA dieselaggregaat. De restwarmte van het aggregaat wordt gebruikt voor de droger en de boiler.

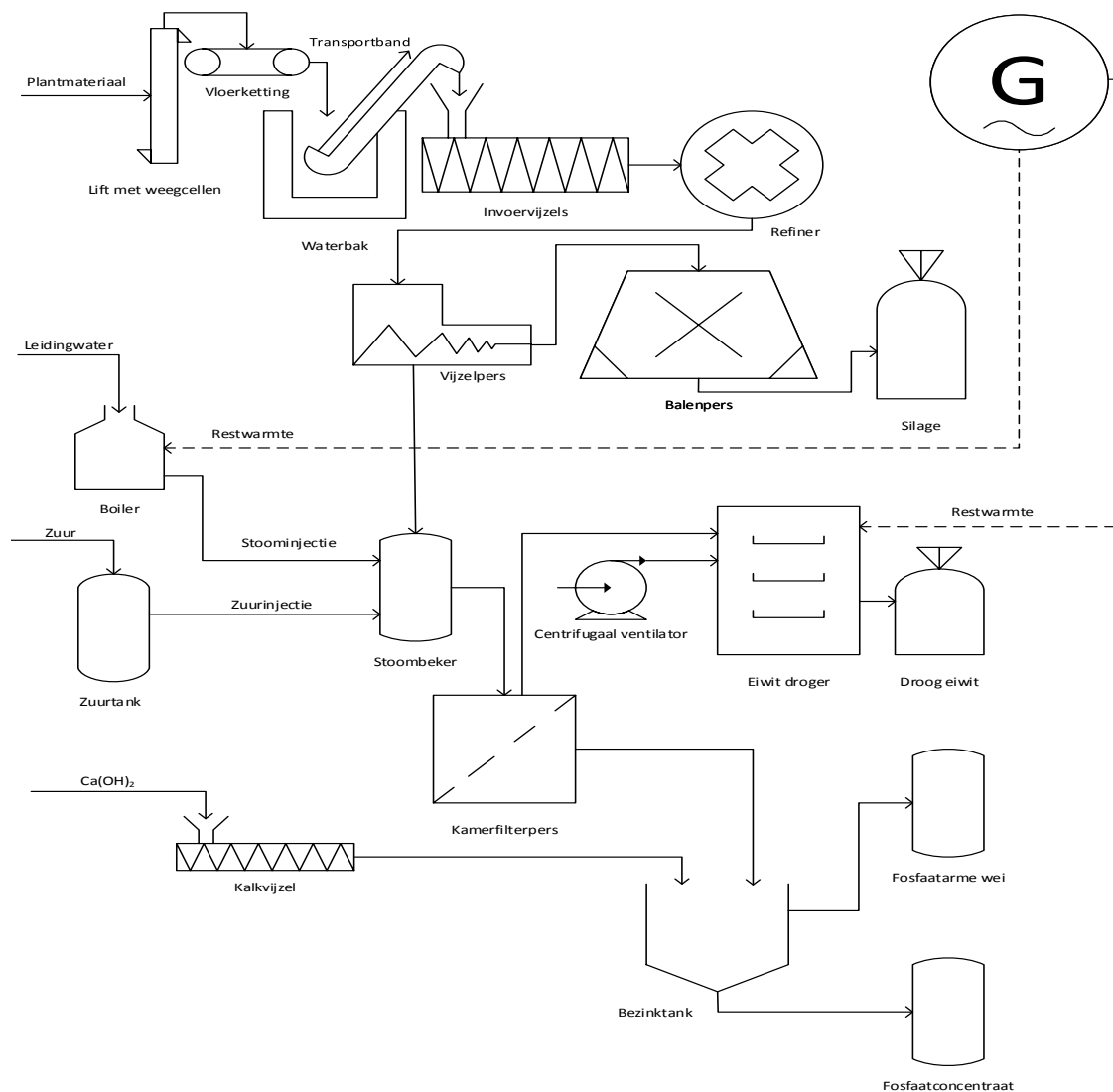
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de uitgevoerde praktijk-proeven met deze bioraffinage machine.

TABEL 4.1

OVERZICHT PRAKTIJKPROEVEN PER SOORT FEEDSTOCK

Draaiweek	Feedstock	Waterschap
44 – 2016	Grote waternavel	Aa en Maas
22 – 2017	Gemengde waterplanten (40% waterpest, 50% kleine Egelskop, 10% waterlelie)	Zuiderzeeland
23 – 2017	Flap (waterplant)	Zuiderzeeland
	Brandnetel	Zuiderzeeland
24 – 2017	Brandnetel	Zuiderzeeland
25 – 2017	Vederkruid	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
28 – 2017	Fonteinkruid	Zuiderzeeland
36/37 – 2017	Gras uit EVZ	Aa en Maas
38/39 – 2017	Grote waternavel	Wetterskip Fryslân

FIGUUR 4.3 SCHEMATISCH OVERZICHT VAN 3E GENERATIE GRASSA!-BIORAFFINAGE INSTALLATIE [RAEDTS, GRASSA!, FEBR 2018]



Tijdens de proeven zijn voortdurend aanpassingen gedaan op basis van de ervaringen aan de installatie, besturing en instellingen. De belangrijkste problemen met de installatie waren:

- De kamerfilterpers slibde dicht;
- De droger kon niet goed functioneren door onvoldoende aanvoer eiwit-materiaal en beschikbare warmte;
- Sommige planten bleken te "houtig" (zoals de wat oudere brandnetel, oudere Grote water-navel wortels in Friesland, EVZ maaisel), waardoor de temperatuur in de refiner te hoog opliep en eiwitafscheiding niet goed mogelijk was;
- De vezels waren vaak te kort (korter dan gras waarbij de pers wel goed werkt) om goed verwerkt te kunnen worden in de balenpers.

Deze problemen zullen naar verwachting in de 4^e generatie bioraffinage worden opgelost door een aangepast, energiezuiniger ontwerp (zie hoofdstuk 6).

5

PRODUCTEN, VERWAARDBAARHEID EN WAARDE

5.1 INLEIDING BIORAFFINAGEPRODUCTEN

Bioraffinage techniek, producten en toepassingsmogelijkheden zijn nog steeds volop in ontwikkeling. Sommige producten en toepassingsmogelijkheden worden inmiddels op kleine schaal in de markt toegepast, andere zijn dicht bij marktintroductie en andere verkeren nog in een ontwikkelingsstadium.

Het overzicht van producten en verwaardbaarheid is gebaseerd op de mogelijkheden die Grassa! ziet voor haar bioraffinage producten, in combinatie met die van experts van WUR-FBR, Millvision en Verbruggen Paddenstoelen B.V..

Grassa! heeft tot dusver voornamelijk op basis van weidegras bioraffinage producten gemaakt met de 1GEN en 3GEN-machine:

- een silageproduct (GRASSA!OptiBAAL),
- eiwitconcentraat (GRASSA!LEcker),
- wei (GRASSA!Brij).

Daar komen met de nieuwe 4GEN GRASSA!Bioraffinagemachine nieuwe functionaliteiten bij, waardoor naast en/of in plaats van GRASSA!Brij ook geproduceerd gaan worden:

- een suikerconcentraat (GRASSA!SuikerC),
- een mineralenconcentraat (GRASSA!MineralenC).

Bij Grassa! is reeds veel bekend over de waarde van de bioraffinage producten. Het is belangrijk dat de producten direct inzetbaar zijn en bestaande producten één op één kunnen vervangen. Daartoe zijn er in 2012, 2013, 2016 en 2017 door onafhankelijke instituten (Schothorst, LBI) voerproeven uitgevoerd: bij leghennen, biggen en koeien (zie overzicht tabel 5.1). Bij leghennen en biggen is er vastgesteld dat GRASSA!LEcker sojaschroot kan vervangen. Het eiwitconcentraat heeft zelfs meerwaarde bij leghennen omdat het een stof bevat die ervoor zorgt dat de dooiers van de eieren oranje kleurt (in plaats van het bekende lichtgeel).

In 2016 en 2017 zijn er uitgebreide voerproeven gedaan waaruit naar voren kwam dat het eiwit rendement van GRASSA!Optibaal in de koe hoger is vergeleken bij ingekuuld gras.

De aminozuursamenstelling van gras is ook vergelijkbaar met dat van sojaschroot. Het lysine gehalte is, mits op de juiste manier gewonnen, zelfs iets hoger. De prijs van dit eiwitconcentraat is vooral afhankelijk van het eiwit-, lysine- en methioninegehalte. Het eiwitgehalte van het eiwitconcentraat hangt af van de winbaarheid van het eiwit uit de plant. Dit hangt via een ingewikkelde relatie af van het eiwitgehalte en het DrogeStof-gehalte in de grondstof.

Eiwit uit groen blad is qua samenstelling verbazingwekkend gelijk tussen verschillende plantensoorten.

TABEL 5.1 OVERZICHT UITGEVOERDE VOEDER PROEVEN MET GRASSA!-BIORAFFINAGE DIERVOEDER PRODUCTEN UIT WEIDEGRAS [RAEDTS, 2018]

Locatie	Gestart:	Product	Proef	Resultaten
Schothorst Feed Research, Lelystad	Februari-12	Eiwitconcentraat (LECKER)	Vleeskuikens	Gras eiwit vergelijkbaar met DDGS-producten
Schothorst Feed Research Lelystad	februari-12	Eiwitconcentraat (LECKER)	Speenvarkens	Aardappel eiwit is te vervangen door gras eiwit. Laag lysine gehalte vanwege te hoge droogtemperatuur LECKER
Dairy Campus Leeuwarden	juni-14	Niet gebaalde perskoek	Melkkoeien	Wordt zeer slecht opgenomen vanwege schimmelvorming
Dairy Campus Lelystad	juni-14	Gebaalde vezels (OptiBAAL)	Melkkoeien	Tot 25% silage te vervangen door OptiBAAL.
Van Gorp, Dalen (WUR)	november-16	Grassap	Biggen	Gelijke groei met gras eiwit, rustigere biggen. Water in brijvoer te vervangen door grassap
Gebr. Vroege, Dalen	november-16	OptiBAAL	Melkkoeien	Vijfde snede gras werd als OptiBAAL tweede snede kwaliteit
Veenweiden Informatie Centrum, Zegveld	maart-17	OptiBAAL	Melkkoeien	Silage vervangbaar door OptiBAAL, wei bemestingswaarde gelijk aan KAS
Veenweiden Informatie Centrum, Zegveld	oktober-17	OptiBAAL	Melkkoeien	8 kilo per dag silage vervangen door OptiBAAL, stikstof rendement veenweide koe omhoog, N en P excretie omlaag, reductie NH ₃ uitstoot

Naar inschatting van WUR-FBR is het onwaarschijnlijk dat de feedproducten uit de groenresten uit waterbeheer binnen enkele jaren toegestaan zullen worden. Immers: groenresten uit het waterbeheer worden vooralsnog beschouwd als afkomstig uit ongecontroleerde teelt in tegenstelling tot producten uit weidegras (gecontroleerde teelt). Vanuit dat perspectief is het ook nuttig te kijken naar mogelijkheden om het eiwit technisch toe te passen, bijvoorbeeld in verven, lijmen, coatings e.d.. Voor een technische toepassing van eiwit is het huidige bioraffinageproces van Grassa! minder geschikt. Thermische coagulatie in het Grassa-proces resulteert in een gedenatureerd eiwitproduct. Bij vervanging van de coagulatiestap door microfiltratie of zure precipitatie vindt geen of in mindere mate denaturatie plaats, waardoor de functionele eigenschappen van het eiwit beter behouden blijven. Ook in het Grassa-proces kan gebruik gemaakt worden van zure precipitatie.

Voor technische toepassingen van het eiwit is het voorkomen van denaturatie noodzakelijk. WUR-FBR heeft in de lab experimenten zure precipitatie toegepast, zodat het eiwitproduct beoordeeld kon worden op functionele eigenschappen.

5.2 EIWIT

5.2.1 DIERVOEDER

De waarde van de eiwitproducten in diervoeder wordt onder meer bepaald door het eiwitgehalte en de aminozuresamenstelling in relatie tot de behoefte van de betreffende diersoort.

Tabel 5.2 geeft een overzicht van de aminozuren en hun belang voor de mens en verschillende diersoorten (WUR-FBR). Voor de mens zijn de essentiële aminozuren weergegeven voor de mens zijn weergegeven, en een aantal diersoorten de aminozuren die aangemerkt worden als waardevol.

TABEL 5.2

DE AMINOZUREN EN HUN WAARDE VOOR DE MENS EN ALS DIERVOEDER [KEIJZERS, 2018]

	Essentiële / waardevolle aminozuren				
	Mens	Koe	Varken	Leghennen	Vissen
Aspartic acid					
Glutamic acid					
Asparagine					
Histidine	*	*			*
Glutamine					
Serine					
Arginine		*		*	*
Glycine					
Threonine	*		*		*
Tyrosine					
Alanine					
Proline					
Valine	*	*		*	*
Methionine	*	*	*	*	*
Tryptophan	*	*	*	*	*
Isoleucine	*	*		*	*
Phenylalanine	*	*			*
Leucine	*	*			*
Cysteine			*	* (+Met)	
Lysine	*	*	*	*	*

Vissen hebben in hun voeding een hoog eiwitgehalte nodig omdat zij in vergelijking met landdieren meer energie uit eiwitten dan uit koolhydraten moeten halen.

Het eiwitgehalte in de eiwitrijke eindproducten van de diverse waterplanten is relatief laag. Alleen het product uit Grote waternavel is vergelijkbaar met soja schroot (eiwitgehalte circa 45%) Op basis van eiwitgehalte en een prijs voor sojaschroot van 400€/ton product is de waarde van het eiwitproduct uit de verschillende waterplanten door WUR-FBR als volgt ingeschat:

Grote waternavel	409 €/ton droog
Waterpest	308 €/ton droog
Fonteinkruid	228 €/ton droog
Brandnetel	280 €/ton droog

De waarde van de eiwitproducten kan hoger uitvallen als de aminozuursamenstelling waardevoller is dan die van soja.

Praktijktesten met Grote waternavel en analyse van de aminozuursamenstelling laten zien dat het aminozuurprofiel gunstig is in vergelijking met sojaschroot (tabel 5.3). Voor diervoeding zijn vooral Lysine, Cysteïne en Methionine belangrijk. Deze aminozuren kunnen niet door het dier zelf worden aangemaakt, wat betekent dat de afwezigheid hiervan limiterend is voor de waarde van het eiwit, en dus de groei van het dier. Koopmans & Raedts [2018] concluderen op basis van deze resultaten dat het eiwitconcentraat minstens gelijkwaardig is aan sojaschroot.

TABEL 5.3 AMINOZUURSAMENSTELLING VAN ZOWEL BACTERIEEL ALS THERMISCH GECOAGULEERD EIWIT [KOOPMANS & RAEDTS, 2018]

Datum monstername		27-10-2016	28-10-2016
Analyse	Eenheid	Eiwit bacterieel gecoaguleerd	Eiwit thermisch gecoaguleerd
Alanine	g/kg DS	26,9	24,9
Arginine	g/kg DS	22,7	22,5
Asparaginezuur	g/kg DS	38	39,5
Cysteine	g/kg DS	2	3
Glutaminezuur	g/kg DS	43,5	46,8
Glycine	g/kg DS	21,8	21,3
Histidine	g/kg DS	8,8	11,5
iso-Leucine	g/kg DS	19	20
Leucine	g/kg DS	35,7	5,8
Lysine	g/kg DS	24,1	25,5
Methionine	g/kg DS	8,8	9,1
Phenylalanine	g/kg DS	22,7	21,3
Serine	g/kg DS	17,6	18,8
Threonine	g/kg DS	18,5	19,4
Valine	g/kg DS	24,1	26,1

In vet: belangrijk voor diervoeding

WUR-FBR heeft ook onderzocht hoe het aminozuurprofiel van de onderzochte planten is (zie tabel 5.4).

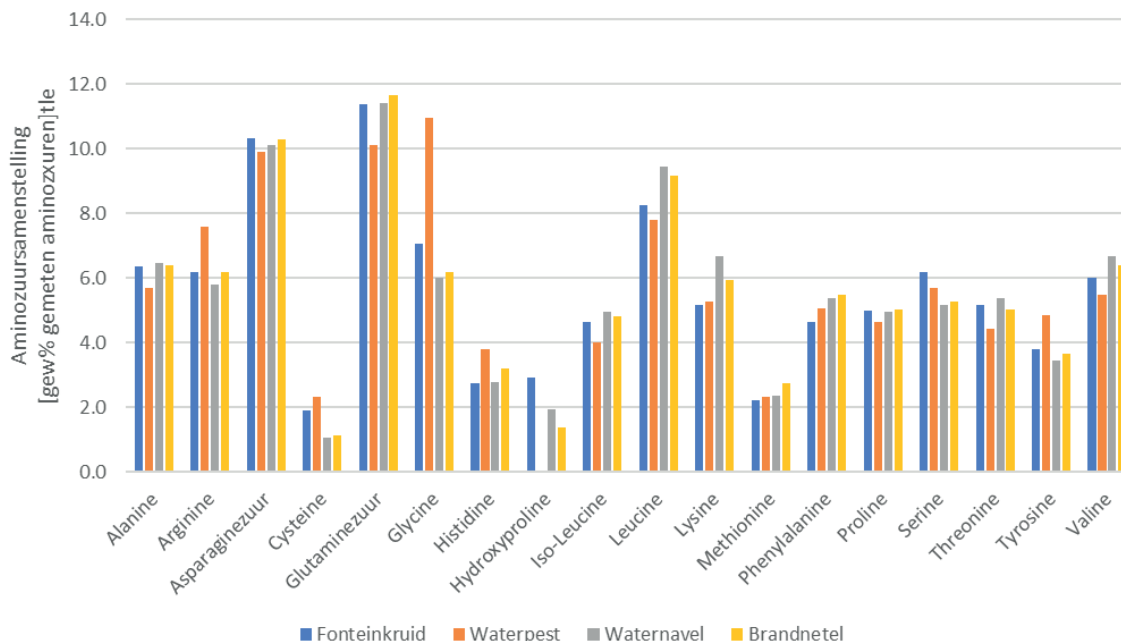
TABEL 5.4 AMINOZUURPROFIELEN VOOR ONDERZOCHE (WATER-)PLANTEN IN VERGELIJKING MET SOJASCHROOT [KEIJRSERS, 2018]

Aminozuur [mg/g Eiwit]	Fonteinkruid	Waterpest	Eiwit-bron		Sojaschroot ¹⁾
			Waternavel	Brandnetel	
Alanine	59	45	75	63	
Arginine	57	60	67	60	
Asparaginezuur	95	78	117	101	
Cysteine	17	18	12	11	13 – 35
Glutaminezuur	104	80	132	114	
Glycine	65	86	70	60	
Histidine	25	30	32	31	27 – 59
Hydroxyproline	27	>2	22	13	
Iso-Leucine	43	32	57	47	15 – 40
Leucine	76	61	109	90	44 – 73
Lysine	47	41	77	58	47 – 138
Methionine	21	18	27	27	12 – 54
Phenylalanine	43	40	62	54	25 – 50
Proline	46	36	57	49	
Serine	57	45	60	51	
Threonine	47	35	62	49	15 – 45
Tyrosine	35	38	40	36	
Valine	55	43	77	63	17 – 42

1) Data voor sojaschroot volgens Feedipedia, voor waterplanten op basis van analyses Nutricontrol

In figuur 5.1 is de aminozuursamenstelling van de verschillende onderzochte waterplanten weergegeven door voor ieder aminozuur het gewichtspercentage ten opzichte van de totale hoeveelheid gemeten aminozuren aan te geven. De aminozuursamenstelling van de vier planten blijkt in grote lijnen gelijk te zijn.

FIGUUR 5.1 AMINOZUURSAMENSTELLING VAN DE ONDERZOCHE WATERPLANTEN [KEIJSERS, 2018]



5.2.2 TECHNISCHE TOEPASSINGEN

WUR-FBR concludeert in laboratoriumproeven dat de waarde van de eiwitten in de technische toepassingen op basis van de huidige informatie lastig is vast te stellen. De eiwitmonsters hebben een lage zuiverheid, de overige componenten zouden grotendeels verwijderd moeten worden voordat ze toepasbaar zijn. Verkoop van de huidige producten voor technische toepassingen lijkt niet reëel. Na isolatie van het eiwit uit de huidige producten zou de waarde van het eiwit € 2-3/kg kunnen zijn, alleen zeer speciale eiwitten (zeer zuiver rubisco en zeïne) hebben een hogere waarde. De kosten voor het isoleren van het eiwit uit de huidige producten zullen hoog zijn. Het waternavel monster heeft van de geteste monsters de beste schuimvormende en emulgerende eigenschappen. Dit is ook het monster met het hoogste eiwitgehalte (46%). Het perssap van brandnetel bezit de meeste anti-oxidant activiteit. Ook in het sap van Grote waternavel wordt antioxidant activiteit gemeten. Voor verdere isolatie van eiwit ligt de keus voor waternavel voor de hand. Dan moet wel een ander afscheidingsproces dan door verhitting gekozen moeten worden.

5.3 VEZELS

5.3.1 DIERVOEDER

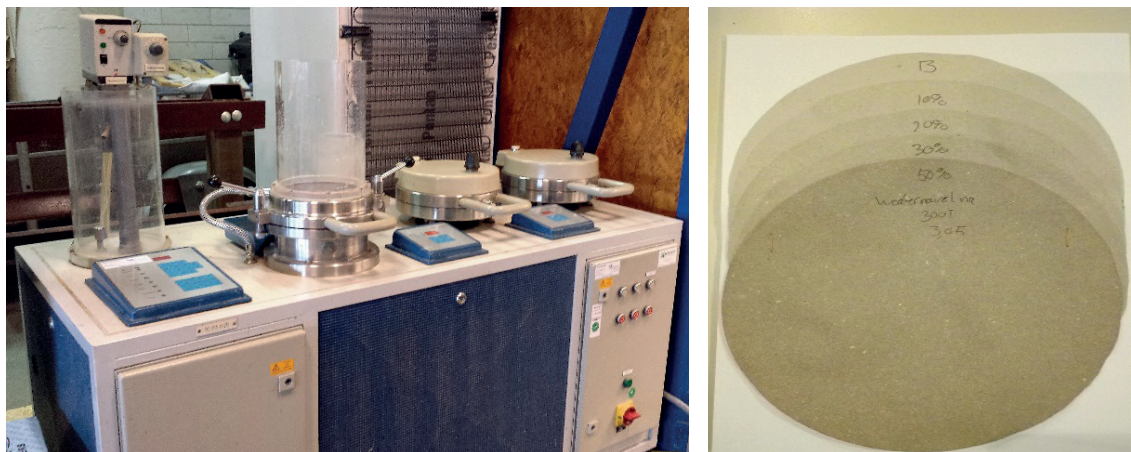
Er is inmiddels veel ervaring met het vezel-product ("OptiBAAL") vanuit gras. Diervoedertesten met dit product bij melkvee laten goede resultaten zien (zie ook tabel 5.1). Alvorens het vezel-product uit waterplanten aan koeien te kunnen voeren, zullen eerst diervoederproeven nodig zijn om te testen hoe de opname en voedingskwaliteit zijn.

5.3.2 PAPIER EN KARTON

Zowel WUR-FBR als Millvision concluderen dat Fonteinkruid-, Grote waternavel- of Brandnetelvezels kunnen worden verwerkt in papier- en kartonapplicaties. Hierbij kan tot ca. 20-30% alternatieve vezel worden toegevoegd bij gelijkblijvend sterkte van het papier. Dit geldt zowel voor het geteste gerecyclede oud papier als voor de gebruikte 'virgin' celstof (nieuw gekapt hout). De onderzoeken leveren geen relevante extra waarde door bioraffinage op voor

waterplantenvezels, maar ook geen uitgesproken negatieve effecten op de verwerkbaarheid en kwaliteit van eindproducten. Hieronder worden enkele van de bevindingen wat verder beschreven. Voor de uitgebreide resultaten wordt naar de deelrapporten verwezen [Calker et al, 2018; Keijsers, 2018].

FIGUUR 5.2 PAPIER PROEVEN DOOR MILLVISION MET RAPID KÖTHEN BLADVORMER EN ALS RESULTAAT EEN HANDSHEET SERIE VAN 0, 10, 20, 30 EN 50% ALTERNATIEVE GRONDSTOF [CALKER EN THIEWES, 2018]



De verwachting is bijvoorbeeld dat plantinhoudsstoffen (zoals eiwitten) het proces van papier maken erg zouden verstoren. Vanuit processing oogpunt, zou het raffinage proces een voordeel kunnen geven indien de vezels direct de gewenste vezelgrootte zouden hebben van ca. 2 tot 5 mm. Dit is een aandachtspunt voor toekomstige bioraffinage als die vezelverwaarding voor papier en karton tot doelstelling zou hebben.

De maalgraad voor de geraffineerde/ ontwikkelde water- en oeverplanten is vele malen hoger dan de waarden van het uitgangspulp (gerecyclede oud papier pulp of virgin celstof pulp). Een hogere maalgraad betekent een slechtere ontwatering en daardoor lagere productiesnelheid bij het maken van papier. Zeker bij hogere percentages toevoeging van water- en oeverplanten aan de papiervezels zou dit mogelijk nadelige gevolgen kunnen hebben voor de snelheid van het papierproductieproces, en ook een hogere concentratie van stoorstoffen in het watercircuit van de papierfabriek. Mogelijk kan dit effect door toevoeging van proceschemicaliën worden verminderd, maar zo'n toevoeging is minder wenselijk vanuit oogpunt van duurzaamheid en kosten.

Bij inzet van brandnetelvezels wordt een toename in opdikkendheid waargenomen wat onder meer gewenst is in vouwkartonapplicaties. Opdikkendheid zorgt deels voor de stijfheid van papierproducten. Vezels van Grote waternavel geven juist een verlaging in porositeit wanneer deze worden toegevoegd aan gerecyclede oud papier of virgin celstof. Dit is juist wenselijk voor liner- en office papierapplicaties.

5.3.3 BIOCOMPOSITIET

Er zijn testen in het laboratorium en op kleine praktijkschaal uitgevoerd om biocompositiet te maken van Fonteinkruid, Grote waternavel en Brandnetel.

Doel daarbij was om vast te stellen wat de toegevoegde waarde is van lignocellulose vezels uit drie geselecteerde soorten water- en oeverplanten vóór en na bioraffinage. Voor het onderzoek naar toepassing in (bio)compositiet-applicaties zijn de nat verkregen lignocellulose vezels eerst gedroogd en aansluitend mechanisch verkleind en gefractioneerd. Uit de testen blijkt dat het

mogelijk is om composieten te maken met water- en oeverplanten. Hierbij kan de referent houtvezel worden vervangen door Fonteinkruid-, Grote waternavel- of Brandnetelvezels als alternatieve vezel. Echter, zowel de sterkte als de stijfheid van de composiet nemen daarmee licht af. Tot ca. 10% geraffineerde water- en oeverplantenvezels zijn zeker bij te mengen in een composietenreceptuur zonder significante afname van de mechanische eigenschappen. Daarbij is het ook van belangrijk te weten dat niet alle applicaties dezelfde mechanische eigenschappen behoeven.

Er is geen verschil gevonden in mechanische eigenschappen tussen vezels vóór en na het raffinage proces. Ook zijn er geen significante verschillen tussen de verschillende water- en oeverplantenvezels onderling waargenomen. Het drogen van de verkregen water- en oeverplantenvezels vereist een aanzienlijke hoeveelheid energie, en daarmee ook kosten. Deze processingstap behoeft een verbetering indien water- en/of oeverplantvezels in composiettoepassingen zullen worden ingezet.

Voor verdere composiettoepassingen wordt geadviseerd om een opschaling met brandnetelvezel uit te voeren, omdat deze meer houtig is. Ook hier zou het advies zijn maximaal 10% van deze oeverplantenvezel te gaan inzetten om paal composietproduct te gaan maken en te onderzoeken. Mogelijke prototypen uit deze productie zouden kunnen worden verwerkt tot straatmeubilair met mogelijk informatiebord om te laten zien dat waterschappen naast de waterhuishouding ook duidelijk met circulaire grondstoffen bezig zijn. Een andere optie zou kunnen zijn als zogenaamde biomatten ter verbetering van de waterkwaliteit: biomatten worden toegepast op de bodem om te voorkomen dat benthivore vissen de bodem omwoelen met negatieve effecten op het water-ecosysteem. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden suggereert dat deze matten mogelijk ook uit biocomposiet gemaakt zouden kunnen worden.

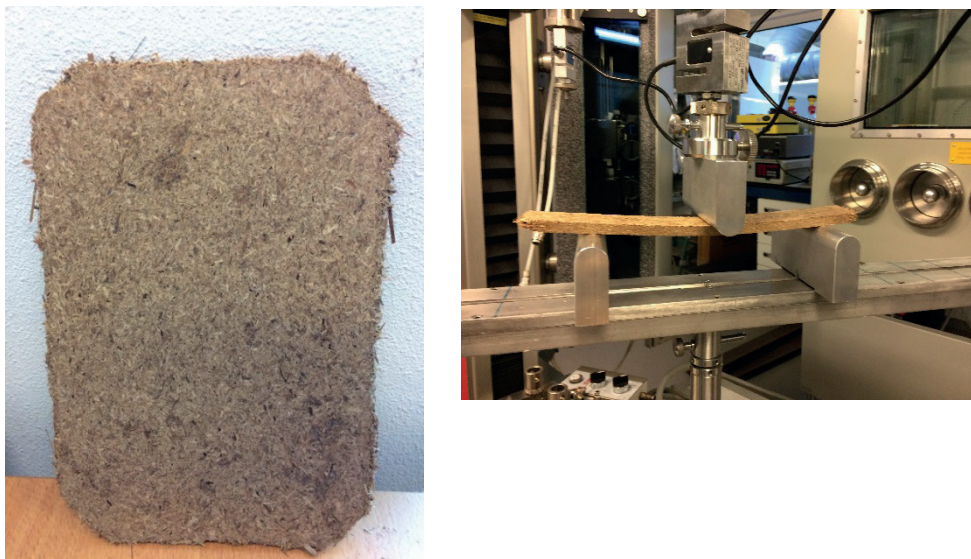
5.3.4 PLAATMATERIAAL

Er is onderzocht hoe Lisdodde toegepast zou kunnen worden voor productie van plaatmateriaal, zonder tussenkomst van het bioraffinageproces. Op voorhand was al duidelijk dat Lisdodde vanwege de vezelachtige structuur en lage eiwitgehaltes geen geschikt materiaal is voor bioraffinage [Keijzers, 2018].

Daartoe is de Lisdodde gedroogd en gemalen tot geschikte vezelstukken. Vervolgens is pMDI (Polymeric Methylenediphenylene Diisocyanate) als hars gebruikt. Dit is momenteel vanuit technisch oogpunt de meest geschikte hars voor plaatmateriaal. De bestaande alternatieven UF (UreumFormaldehyde) en MUF (Melamine UreumFormaldehyde) harsen zijn goedkoper, maar onder meer lastiger te verdelen/mengen met de vezels. Biobased harsen zijn nog in ontwikkeling en kennen onder andere een langere uithardtijd. Voor plaatmateriaal dat niet uit hout gemaakt wordt, is stro een veel gebruikt en goed alternatief. Daarom zijn de lisdoddeplaten hiermee vergeleken.

Tijdens het persen viel op dat er veel druk nodig is om de beoogde dichtheid te bereiken. Waarschijnlijk is de dichtheid van Lisdodde vezel beduidend lager dan die van Riet en tarwestro. Dit biedt de mogelijkheid om platen met een lagere dichtheid te produceren. Dat is voor vele toepassingen waardevol. De platen zijn getest op buigsterkte via driepuntsbuigingstest (zie figuur 5.3).

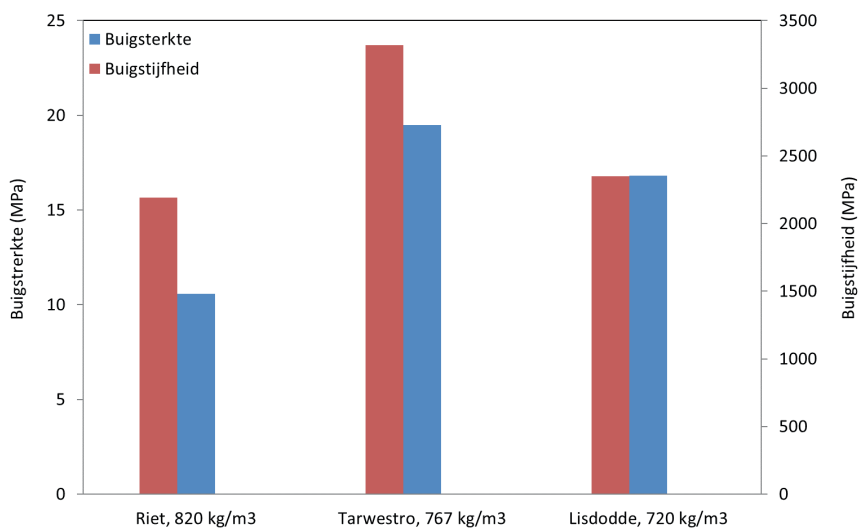
FIGUUR 5.3 A EN B LISDODDE PLAATMATERIAAL EN DRIE-PUNTS BUIGING TEST VAN LISDODDE PLAATMATERIAAL [KEIJSERS, 2018]



Figuur 5.4 vergelijkt buigsterkte en buigstijfheid van plaatmateriaal gemaakt van Riet, Tarwestro en Lisdodde. Deze vergelijking is niet helemaal zuiver, omdat de sterkte van een plaat afhankelijk is van de dichtheid. Wanneer Riet en tarwestro toegepast zouden worden in een plaat met dezelfde dichtheid als de lisdodde-plaat, zou hun sterkte aanmerkelijk lager liggen.

De conclusie luidt dat Lisdodde goede mogelijkheden biedt voor gebruik als lichtgewicht plaatmateriaal.

FIGUUR 5.4 STERKTE-EIGENSCHAPPEN PLAATMATERIAAL VAN LISDODDE IN VERGELIJKING MET RIET EN TARWESTRO [KEIJSERS, 2018]



5.3.5 SUBSTRAAT VOOR PADDENSTOELENTEELT

WUR-Plant Breeding en Verbruggen Paddenstoelen B.V. hebben proeven gedaan op kleine schaal en later op grotere schaal naar de bruikbaarheid van geraffineerde vezels uit maaaisels uit een Ecologische Verbindings Zone (EVZ) als substraat voor paddenstoelenteelt [Baars, 2018]. Verbruggen Paddenstoelen B.V. is een door SKAL- en EurepGAP-gecertificeerd biologisch teeltbedrijf. Om die reden moet een eventuele (gedeeltelijke) vervanger van het biologisch geteelde tarwestro dat momenteel als basis grondstof wordt gebruikt ook onder een biologische certificering vallen. EVZ-maaisel zou aan die eis kunnen voldoen.

De maaisels kwamen uit de EVZ-gebieden Leijgraaf en Loosbroek (Waterschap Aa en Maas) en bestonden uit Liesgras, Riet, Pitrus, Jacobskruiskruid, Guldenroede en Zuring.

Allereerst werd op laboratoriumschaal getest of de meest voorkomende planten/kruidentsoorten in het maaisel geschikt waren voor groei van oesterzwammycelium (*Pleurotus ostreatus* ras SPOPP). Alle onderzochte plantmaterialen bleken als substraat voor myceliumgroei geschikt te zijn. Onder de onderzochte plantensoorten zijn er geen aangetroffen die de groei onderdrukken.

Vervolgens zijn in grotere hoeveelheden substraatmengsels gemaakt met variërende percentages EVZ-vezels gemengd met het standaard tarwestro. Aangezien slechts op een paar momenten in het jaar gemaaid kan worden in de ecologische verbindingzones, zal het maaisel bewaard moeten worden totdat het gebruikt wordt als substraat. Daarom is onderzocht of er een verschil is tussen vezels die waren ingekuild en/of gedroogd. Er werd daarbij gekeken of er verschil is tussen geraffineerde en ongeraffineerde vezels. Zo ontstonden er 4 verschillende testgroepen.

Bij de kolonisatie van de verschillende substraten door het oesterzwammycelium werden geen belangrijke verschillen gezien. Nadat de pakketten voldoende waren gekoloniseerd, werden ze getransporteerd naar de Paddenstoelenkwekerij van WUR-Unifarm. In deze kwekerij werd de teelt verder uitgevoerd. Hierbij bleek dat de opbrengst van substraatmengsels waarvan 30 tot 50% bestond uit maaisel (gedroogd of ingekuild) of vezelfractie uit de bioraffinagemachine (gedroogd of ingekuild) een vergelijkbare opbrengst aan oesterzwammen leverde als het reguliere substraat op basis van tarwestro. De geproduceerde oesterzwammen hadden daarnaast een vergelijkbare kwaliteit als op regulier tarwestro substraat en een vergelijkbare houdbaarheid. In sommige gevallen bleek het gebruikte oesterzwamras op mengsels van maaisel of vezelfractie met tarwestro sneller in productie te komen dan op een substraat van uitsluitend tarwestro.

FIGUUR 5.5

GROEI VAN OESTERZWAMMEN OP EEN SUBSTRAATBAAL [BAARS, 2018]



De conclusie van de hier beschreven experimenten is dan ook dat het mogelijk is om tot 50% van het natgewicht van het tarwestro substraat te vervangen door maaisel uit de ecologische verbindingzone of door een daaruit gewonnen vezelfractie.

Herhaling van deze proeven is nodig om voldoende zekerheid te verkrijgen over de geschiktheid van deze EVZ-maaisels, omdat de maaisels afhankelijk van locatie en moment van maaien van samenstelling zullen verschillen.

5.4 MINERALENCONCENTRAAT

Tijdens de praktijkproeven in dit project is geen mineralenconcentraat geproduceerd. In een volgende generatie bioraffinage wordt via nanofiltratie en omgekeerde osmose (NF/OO) een mineralenconcentraat geproduceerd. Daarbij resteert schoon water, dat volgens uitgevoerde testen [Mondelinge informatie Grassal, feb 2018] zodanig ver is ontdaan van nutriënten en zware metalen dat het water direct kan terugvloeien naar het aquatisch systeem. Toekomstige praktijktesten dienen te laten zien of ook op langere termijn deze technieken goed blijven functioneren, zonder dat de werking van de membranen door vervuiling afneemt.

5.5 BIOGAS

Tijdens de eerste bioraffinage praktijkproeven met Grote Waternavel in oktober 2016, is ook de samenstelling van de weivloeistof (overgebleven vloeistof na afscheiding vezels en eiwit) geanalyseerd op biogas productie [Van der Kooij, 2016]. Bij vergisting worden organische verbindingen via omzetting naar vetzuren en aceton omgezet naar biogas. Deze organische verbindingen worden uitgedrukt in de CZV. Een vuistregel is dat de helft van de CZV kan worden omgezet in biogas. De resultaten van uitgevoerde testen bij 3 monsters staan in onderstaande tabel 5.5. Vergeleken met de CZV is de sulfaatconcentratie relatief hoog, met hoge H_2S concentraties in het biogas tot gevolg. Vanwege de eiwitverwijdering en filtratie zijn er weinig onopgeloste bestanddelen aanwezig.

TABEL 5.5 BIOGASPRODUCTIE VAN WEI-MONSTERS NA BIORAFFINAGE GROTE WATERNAVEL [VAN DER KOOIJ, 2016]

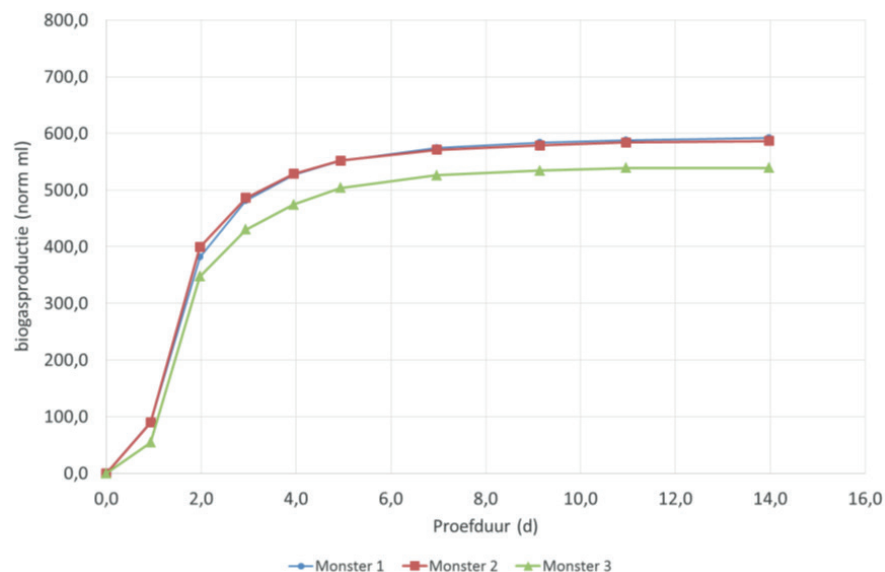
	Monster 1	Monster 2	Monster 3	Gemiddeld	
	25-10-2016	26-10-2016	28-10-2016		
Biogasproductie	6,7	6,1	4,3	5,7	Nm ³ /ton nat materiaal
Methaangehalte	49,4	49,6	51,9	50,3	% volume
Methaanpproductie	3,3	3,0	2,2	2,8	Nm ³ /ton nat materiaal
Afbraak CZV	76,9	77,5	76	76,8	%
H ₂ S conc. biogas	652	560	710	641	ppm

Gemiddeld is het biogas productie potentieel 5,7 Nm³ biogas/ton nat materiaal. Dit is laag, vooral vanwege de lage productie in monster 3. De CZV wordt voor ruim 75% omgezet naar biogas. De methaangehalten van het biogas zijn aan de lage kant. Doorgaans zijn die 55%. Een van de redenen is de relatief hoge H_2S concentratie in het biogas.

Figuur 5.3 geeft het verloop van de biogas productie weer. Na circa acht dagen zijn de vergistbare organische bestanddelen omgezet in biogas. Dit is vrij kort vergeleken met andere biomassa, zoals mest, gras en andere plantaardige resten. Daar is doorgaans ca 20 dagen nodig om een stabiele eindsituatie te bereiken. De reden van deze snelle vergisting is dat de vergistbare stoffen voornamelijk opgelost zijn.

FIGUUR 5.3

BIOGASPRODUCTIE POTENTIEEL VAN WEI UIT GROTE WATERNAVEL [VAN DER KOOIJ, 2016]



Verwacht wordt dat voor alle waterplanten zal gelden dat de weivloeistof die overblijft na raffinage (eiwitten en vezels verwijderd) te weinig organische componenten (zoals suikers) bevat om vergisting bedrijfseconomisch zinvol maken. Na concentratie van de wei in een toekomstige bioraffinage machine (4GEN) wordt ook vergisting mogelijk wel bedrijfseconomisch interessant. Het is ook wel denkbaar dat de wei van raffinage van oeverplanten wel al voldoende vergistbare componenten (koolhydraten) bevat: zo kunnen grassen meer dan 100 g/kg ds suikers hebben.

5.6 VERWAARDBAARHEID EN WAARDE

De verwaardbaarheid hangt af van diverse factoren, zoals de productkwaliteit, hoeveelheden, prijs, markt-situatie en wet- en regelgeving. In tabel 5.6 is aangegeven welke mogelijkheden het bedrijf ziet om de geproduceerde producten in de markt af te zetten [Koopmans & Raedts, 2018].

TABEL 5.6 PRODUCTEN GEPRODUCEERD UIT GROENRESTEN MET TOEPASSING, AFNEMER EN STRATEGIE GRASSA! [KOOPMANS EN RAEDTS, 2018).

Product (uit waterplanten en maaisels)	Toepassing	Afnemers	Strategie
Eiwit concentraat	Leghennen en varkens	Veehouderij en mengvoederbedrijven	Contract met individuele pluimveehouder
Gebaalde vezel	Varkens en koeien of als grondstof voor compost	Veehouderij, compostingsbedrijven en fouragehandel	Verhandelen via internet/netwerk
Suiker concentraat	Varkens, kippen, kuilverbeteraar	Veehouderij en mengvoederbedrijven	Via diervoeder handelaren
Zware metalen concentraat	Verder opwerken voor industrie	Industrie	Verder uitdiepen
Mineralen concentraat	Meststof voor akkerbouw en fruitteelt, natuurlijke commerciële meststof	(Kunst)mest handelaars, particulieren	Groothandel
Loosbaar water	Proceswater, of lozen waar de raffinage plaatsvindt	-	-

EIWITCONCENTRAAT

Ten aanzien van de afzet in de markt van het eiwit-product merkt Grassa! op dat Raapschroot met minder dan 38% eiwit een waarde heeft van ongeveer € 225 per ton, sojaschroot zit op dit moment rond de €330 per ton. Vaak zijn boeren en afnemers van hun producten bereid meer te betalen voor duurzame producten, zoals biologische producten.

Wanneer er verse (jonge) brandnetel verwerkt wordt met de extruder, zal het eiwitgehalte van het concentraat hiervan stijgen van nu 38% naar minstens 45%. Hiermee wordt de sojakwaliteit gehaald. Het eiwitproduct van brandnetel zal waarschijnlijk een hogere waarde hebben omdat de verwachting is dat hier meer heilzame stoffen in zitten dan in soja. Dit zal bewezen moeten worden in voerproeven.

De eiwitproducten van Ongelijkbladig vederkruid en Grote waternavel hebben een erg laag eiwitgehalte. Er moet gekeken worden of dit omhoog gebracht kan worden. Een optie is om deze planten te mengen met andere waterplanten of gras. Het vermoeden is dat de plant in kleine stukjes breekt en dat het eiwitproduct in feite kleine bladdeeltjes zijn. Met grasvezel erbij wordt dit tijdens het proces eruit gefilterd waardoor er een hoogwaardiger product ontstaat. Dit vermoeden wordt bevestigd bij het verwerken van het waterplantenmengsel.

Het eiwitconcentraat kan worden gedroogd op de machine. Het is echter wel zo dat natte planten weinig raffinage-energie vragen waardoor het drogen ervan niet altijd lukt met de restwarmte. Droog eiwitconcentraat is geconserveerd voor minstens een jaar. In de pluimvee-sector is droog eiwit een vereiste.

Bij de varkenshouderij kan het natte eiwitconcentraat goed verwerkt worden in de brij formules. Drogen is hier niet nodig en zelfs ongewenst omdat het rehydratatie bemoeilijkt.

Verdere diervoederproeven zijn aan te raden alvorens op grote schaal eiwit uit waterplanten in te zetten. Er zal gekeken moeten worden naar de verteerbaarheid van het eiwit, de opname ervan door het dier (lust hij/zij het wel?) en de eiwit omzettingcoëfficiënt. Borging van de kwaliteit is belangrijk conform de daarvoor geldende regelgeving, eventueel tijdelijk gebruik makend van proefmogelijkheden in het kader van de Green Deal. Hiernaar zal gevraagd worden bij de verkoop van het product.

GEBAALDE VEZEL

De gebaalde vezels kunnen worden verwerkt tot papier en karton. De prijs van een vezel moet door deze industrie worden bepaald (zie ook paragraaf vezels volgens inschattingen Millvision).

Het is ook mogelijk om de vezels te voeren aan vee. Ook hier moeten voerproeven worden uitgevoerd om de bovengenoemde redenen, en dient de wetgeving dit toe te staan. Komt uit deze proeven dat de vezel opgenomen wordt zonder problemen, dan zal deze een prijs hebben van ongeveer € 75 per ton DS.

WEI EN WEI-CONCENTRAAT PRODUCTEN

De wei heeft verschillende verwaardingswegen. Ten eerste moet er bepaald worden of er zware metalen in zitten. Als dat zo is, dan kan er een mineralenconcentraat worden gemaakt van de wei. Daarbij dient gecheckt te worden of het zware metalen gehalte niet te hoog is voor bemestings toepassingen. De hoeveelheid per waterplant hangt sterk af van het DS-gehalte van de plant. Per ton verse waterplant wordt de bemestingswaarde geschat op 3,50 (mineralen en aminozuren).

Als er geen zware metalen in de wei zitten, dan kan via de NF een suikerconcentraat worden gemaakt. Dit suikerconcentraat (20% DS) kan ingezet worden als energiebron bij varkens. Het

heeft de suikerwaarde van ongeveer €0,10 per liter. Daarnaast wordt het mineralenconcentraat ook nog geproduceerd.

Het vermoeden bestaat dat er in ieder geval bij watervanel, er nog interessantere stoffen in zitten. In Azië worden er medicinale preparaten verkocht gemaakt van watervanel. Deze stoffen zullen vooral in het NF retentaat zitten. Dit heeft verder onderzoek nodig om iets te kunnen zeggen over de potentiële prijs en vermarktbaarheid van dit concentraat.

5.7 VERWAARDINGSPOTENTIEEL PER PLANTENSOORT

In deze paragraaf wordt nog eens, onderverdeeld naar plantensoort, aangegeven welk verwaardingspotentieel aanwezig is, grotendeels gebaseerd op het deelrapport van WUR-FBR [Keijzers, 2018]:

BRANDNETEL

Brandnetelvezels zijn in het verleden veelvuldig toegepast in o.a. textiel (neteldoek). De lange vezels zouden zeer geschikt moeten zijn voor toevoeging in papier en composieten. Het persproces en de opwerking in een zogenaamde “Hollander-molen” hebben niet tot een vezelstroom geleid die waarde heeft voor de papierindustrie. Wanneer de brandnetelvezel op een andere manier ontsloten wordt kan de waarde waarschijnlijk hoger liggen in composieten en papier (circa 400 €/ton droge stof). De toepassing van brandnetelvezels in board materiaal ligt door de lage stijfheid van deze vezels en het lage ligninegehalte niet voor de hand.

FORTEINKRUIDEN

Voor fonteinkruiden, ontsloten via de pers, geldt dat op basis van de mechanische eigenschappen en de zuiverheid een toepassing in papier, of vezelcomposietmateriaal het meest geschikt is. Echter bij toepassing in papier waren de resultaten iets beter dan voor Grote watervanel en Waterpest. De vezelkoek na opwerking leek geschikter. De waarde voor de papierindustrie zal daardoor iets hoger liggen (circa 100 €/ton droge stof)

GROTE WATERNAVEL EN WATERPEST

Voor de waterplanten, ontsloten via de pers, geldt dat op basis van de mechanische eigenschappen en de zuiverheid een toepassing in papier, of vezelcomposietmateriaal het meest geschikt is. Echter, de waarde van deze vezelproducten in deze toepassing is niet gebaseerd op de technische eigenschappen. Daaraan is de bijdrage negatief of gering. De waarde van de vezels in deze toepassing zit in het imago van het eindproduct. Een link tussen de herkomst van de vezel en het gebruik van het eindproduct lijkt daarvoor nodig: Papier met waterplanten dat door het waterschap gebruikt wordt, composietmaterialen met waterplanten die toegepast worden in het waterbeheer etc. De economische waarde van de waterplant wordt dan bepaald door het waterschap zelf, hoeveel wil men betalen voor het papier. Een papierproducent zal de waterplantenvezels vergelijken met andere reststromen die aangeboden worden, bijvoorbeeld natuurgas. Het is onwaarschijnlijk dat er meer dan 200 €/ton droge stof voor betaald zal worden, een bedrag van 60-100 €/ton droge stof ligt meer voor de hand.

De toepassing van de persvezels in petfood, visvoer of feed voor kippen/varkens/koeien brengt (mits toegestaan) waarschijnlijk meer op dan de toepassing als cellulose vezel in papier/composieten.

De toepassing van deze vezels in boardmateriaal ligt door de lage stijfheid van deze vezels en het lage ligninegehalte niet voor de hand.

LISDODDE

Lisdodde heeft een totaal andere structuur en samenstelling dan de andere geteste waterplanten. De eigenschappen van het geproduceerde plaatmateriaal zijn veelbelovend. Op dit moment zijn er een aantal initiatieven om plaatmaterialen uit alternatieve grondstoffen te produceren. Daarbij kijkt men naar riet, stro en auberginestengels. Lisdodde lijkt een interessant alternatief. De mogelijkheid om platen met een lage dichtheid en goede sterkte te produceren biedt perspectief. De waarde van de Lisdodde (na droging en verwijderen van de sigaren) ligt rond 200 €/ton gedroogd product.

6

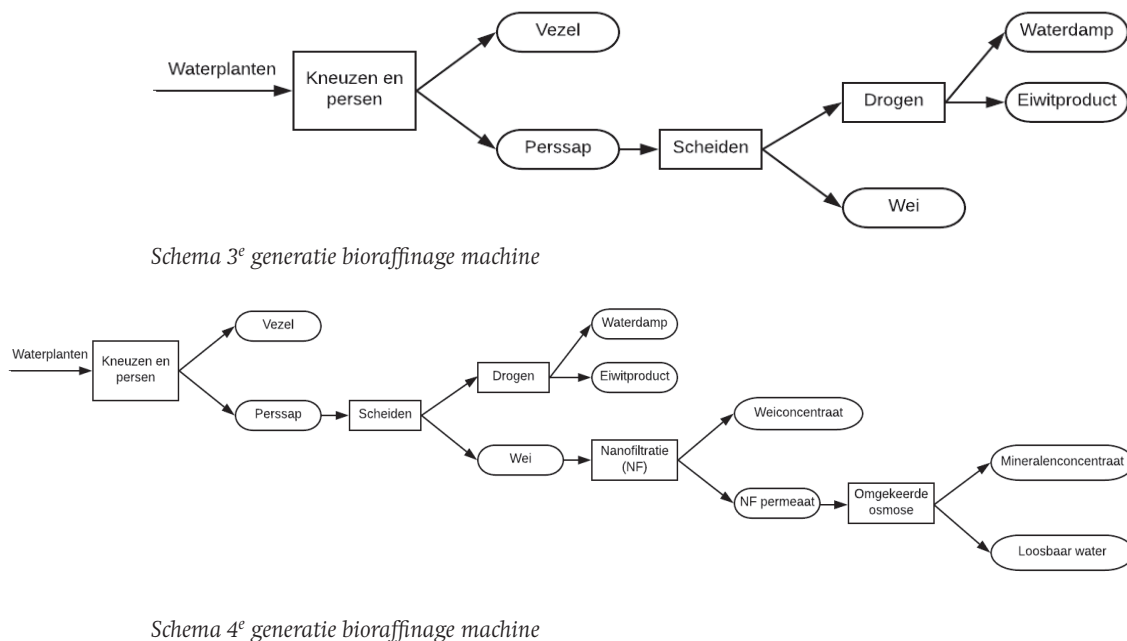
BUSINESS CASE(S)

6.1 UITGANGSPUNTEN BIJ BUSINESS CASES

Dit hoofdstuk behandelt een nadere verkenning van de business cases. Deze verkenning bouwt voort op alle inzichten van dit pilot project voor opschaling van de machine om een rendabele business case mogelijk te maken (zie ook par. 6.2). Daartoe bevat deze paragraaf een vergelijkende beschrijving van de in dit project geteste 3^e generatie bioraffinage machine met de volgende generatie machine (zogenaamde 4^e generatie). Vervolgens wordt in paragraaf 6.2 de business case doorgerekend op basis van de 3^e en toekomstige 4^e generatie machine. In paragraaf 6.3 wordt vervolgens voor een aantal scenario's de business case inzichtelijk gemaakt voor de nabije toekomst.

De nieuwe, nog steeds mobiele, machine zal een capaciteit van circa 2 ton/uur gaan hebben. Deze capaciteit is gebaseerd op gras, dat een hoger droge stofgehalte heeft dan waterplanten. Daardoor wordt verwacht dat de verwerkingscapaciteit voor de waterplanten hoger zal zijn. De belangrijkste verschillen tussen de 3^e generatie machine gebruikt in dit pilot-onderzoek en de 4^e generatiemachine staan samengevat in onderstaande figuur 6.1.

FIGUUR 6.1

SCHEMATISCHE VERGELIJKING 3^E EN 4^E GENERATIE GRASSA!-BIORAFFINAGE MACHINE EN PRODUCTEN

De belangrijkste veranderingen die de business case ten goede gaan komen zijn:

- Opschaling, waardoor de operationele kosten lager worden. De machine wordt zo groot mogelijk mobiel uitgevoerd;
- Toepassing van een extruder: een extruder heeft een aantal voordelen boven de tot dusver toegepaste refiner, zoals:

lager energieverbruik, geen invoersysteem en vijzelpers nodig, stabiel (geen computer sturing nodig), goedkoper, compacter, meer sap, lagere temperatuur en daardoor hogere eiwit opbrengst en beter behoud van onder meer lysine en fosfaat;

- Toepassing decanter in plaats van kamerfilterpers:
voordelen zijn: continu bedrijf mogelijk, automatische eiwitafscheiding, niet gevoelig voor deeltjesgrootte eiwit (minder storing, dichtslibben), en alle vervolgscheidingstappen mogelijk (thermisch, bacterieel, zuur), lager energieverbruik;
- Uitbreiding functionaliteiten (Nanofiltratie en omgekeerde osmose, op aanhanger achter oplegger) met twee extra producten met toegevoegde waarde:
 - Grassa!MineralenC,
 - een suikerconcentraat
 en verder ontstaat een reststroom van schoon water, dat vooral zijn waarde heeft in het kunnen retourneren ervan naar de bron. Omdat de stroom ontdaan is van nutriënten is lozing mogelijk. Deze technieken zijn de laatste twintig jaar enorm verbeterd, veel energiezuiniger en effectiever geworden, waardoor dit een optie is geworden;
- Verlagend energiegebruik met bijna 50%, dankzij toepassing van een extruder en de warmteterugwinning;
- Verdere automatisering (in combinatie met andere elementen extruder en decanter) waardoor minder arbeid nodig is (lagere operationele kosten);
- Ombouw rekening houdend met GMP+ certificering, nodig voor productie van diervoeders. Hierbij moeten de risico's worden ingeschat die de productkwaliteit negatief beïnvloeden. Hierbij horen beheersmaatregelen. Deze worden ingedeeld in de productie van de grondstof, de verwerking van de biomassa en het conserveren van de producten. De machine zal, als het gaat om de delen die in contact komen met de feedstock, in RVS uitgevoerd moeten worden, makkelijk te reinigen zijn en er zullen protocollen moeten worden opgesteld voor de productie.

6.2 VERGELIJKING BUSINESS CASES 3^E EN 4^E GENERATIE BIORAFFINAGE MACHINE

Op basis van het praktijkonderzoek (3^e generatie bioraffinagemachine) en voor de 4^e generatie machine is een vergelijking van de business case opgesteld. Dit gedaan voor Grote water- navel, een woekerende waterplant die in relatief grote hoeveelheden voorkomt [Koopmans & Raedts, 2018].

Deze is gebaseerd op feitelijke kostengegevens voor de 3^e generatie machine en inschattingen voor de 4^e generatie (zie tabel 6.1a).

TABEL 6.1.A

BASIS UITGANGSPUNTEN VOOR EEN BIORAFFINAGEMACHINE MET EEN CAPACITEIT VAN 0.3 RESPECTIEVELIJK 2 TON PER UUR

Machinevariant	3GEN	4GEN
Machinecapaciteit ton vers/uur	0.3	2 ¹⁾
Machinedraaiuren/jaar	2.000	2.000
Operatorkosten €/uur	€ 35,00	€ 35,00
Operatortijd per machinedraaiuur	0,25	0,25
Manuren per machine per jaar	500	500
Verwerkte feedstock (ton)	600	4,000
Aanschafprijs machine (netto)	€ 392.000	€ 500.000
Afschrijvingstermijn (jaar)	10	10
Energiegebruik kWh/ton vers	111.2	50
Energie kWh/liter diesel	3	3
Kosten diesel per liter	€ 0,90	€ 0,90

1) Verwacht wordt dat de capaciteit voor waterplanten vanwege het lagere droge stofgehalte hoger zal zijn dan voor gras.

In de volgende tabellen zijn respectievelijk de verschillende deelaspecten van de business case formulering berekend: exploitatiekosten (Tab. 6.1.b), massabalans (Tab. 6.1.c), product-opbrengsten (Tab. 6.1.d), product marktwaaarde (Tab. 6.1.e) en opbrengsten (euro) per ton verwerkt vers product (Tab. 6.1.f). Deze worden uiteindelijk vergeleken in tabel 6.1.g met de huidige prijs van verwerking van waterplanten via compostering (€ 20/ton).

Kosten voor lokaal transport naar composteringsbedrijf (gemiddeld ca. € 10/ton) zijn buiten beschouwing gelaten, omdat niet altijd de machine direct op de plaats zal worden kunnen geplaatst waar de maaisels vrijkomen. Als dat wel het geval is worden ook deze kosten uitgespaard.

De productopbrengsten zijn gebaseerd op:

- **Vezels:** In de businesscase wordt gerekend met € 26/ton product. Het droge stof percentage van de gebaalde vezels is ongeveer 34%. Omgerekend naar 100% droge stof is dit een uitgangswaarde van circa € 75/ton (d.s.). Dit is in lijn met de waarde die de WUR op basis van haar laboratorium onderzoek en ervaring op dit gebied inschat voor vezels uitwaterplanten: een range van € 60-100/ton (d.s.).
- **Eiwit:** Voor eiwit is gerekend met 150% v.d. marktprijs voor sojaschroot (€ 375 /ton) (WUR geeft indicatie van € 400/ton). Dit is een actuele marktprijs die betaald wordt voor biologische, non-gmo producten. Naast de waarde op basis van eiwitgehalte en aminozuursamenstelling is ook de energiewaarde en aanwezigheid van andere stoffen die waarde toevoegen van belang, zoals in dit geval de aanwezigheid van carotenen, die gunstig zijn voor leghennen. Dit resulteert in € 562,50/ton wanneer het eiwitgehalte in het eiwitconcentraat vergelijkbaar is met sojaschroot. De prijs van het eiwitconcentraat is dus ook evenredig lager naarmate het eiwitgehalte lager is.

TABEL 6.1.B BEREKENING EXPLOITATIEKOSTEN VOOR EEN BIORAFFINAGEMACHINE MET EEN CAPACITEIT VAN 0.3 RESPECTIEVEELIJK 2 TON PER UUR

Machinevariant	3GEN	4GEN
Machinecapaciteit ton vers/uur	0.3	2
Grondstof/feedstock	€ -20,00	€ -20,00
Operator	€ 29,17	€ 4,38
Energie	€ 33,36	€ 15,00
Onderhoud (uren + materialen)	€ 6,25	€ 6,25
Hulpstoffen	€ 1,50	€ 1,50
Exploitatiekosten	€ 50,28	€ 7,13
Afschrijving	€ 65,33	€ 12,50
Exploitatiekosten incl. afschrijving	€ 115,61	€ 19,63

TABEL 6.1.C MASSABALANSEN VOOR DE 2 MACHINES

Machinevariant	3GEN	4GEN
Machinecapaciteit ton vers/uur	0,3	2
Eiwitproduct droog (EP)	0,8%	0,8%
Gebaalde vezels	9,8%	9,8%
Wei	88,4%	
Weiconcentraat		4,50%
Mineralenconcentraat		7,40%
Loosbaar water		76,5%
Dampverlies	1,0%	1,0%

TABEL 6.1.D PRODUCTIE PER MACHINE PER JAAR (TON)

Machinevariant	3GEN	4GEN
Machinecapaciteit ton vers/uur	0,3	2
Eiwitproduct droog (EP)	5	33
Gebaalde vezels	59	392
Wei	530	
Weiconcentraat		180
Mineralenconcentraat		296
Loosbaar water		3060
Totaalcheck	594	3961

TABEL 6.1.E MARKTWAARDE PER TON VOOR VERSCHILLENDE WATERPLANTEN EN MACHINECAPACITEITEN

Machinevariant	3GEN	4GEN
Machinecapaciteit ton vers/uur	0,3	2
Eiwitproduct droog (EP)	€ 562,50	€ 562,50
Gebaalde vezels	€ 26,00	€ 26,00
Wei	€ 7,34	€ 7,34
Weiconcentraat	€ 65,00	€ 65,00
Mineralenconcentraat	€ 146,80	€ 146,80
Loosbaar water	€ -	€ -

TABEL 6.1.F

OPBRENGSTEN (EURO) PER TON VERS PRODUCT VOOR DE 3GEN EN 4GEN BIORAFFINAGEMACHINE

Machinevariant	3GEN	4GEN
Machinecapaciteit ton vers/uur	0,3	2
Eiwitproduct droog (EP)	€ 4,61	€ 4,61
Gebaalde vezels	€ 2,55	€ 2,55
Wei	€ 6,49	€ -
Weiconcentraat	€ -	€ 2,93
Mineralenconcentraat	€ -	€ 10,86
Loosbaar water	€ -	€ -
Totaal	€ 13,65	€ 20,95

De combinatie van bovenstaande gegevens leidt tot het volgende de specifieke contributiemarge per jaar per machine:

TABEL 6.1.G

SPECIFIEKE CONTRIBUTIEMARGE VOOR VERSCHILLENDE BEIDE MACHINES

Machinevariant	3GEN	4GEN
Machinecapaciteit ton vers/uur	0,3	2
Specifieke contributiemarge	€ -101,96	€ 1,32

Duidelijk wordt dat met de 3GEN machine de kosten veel hoger zijn dan de opbrengsten (ca. € 102/ton) en een rendabele business case niet mogelijk is. De business case voor de 4GEN machine laat wel een (net) concurrerende business case zien (€ 1,3 /ton).

Daarnaast heeft bioraffinage een aantal voordelen ten aanzien van vermindering van de druk op het milieu: deze zijn nog niet in geld uitgedrukt in de business case (zie ook par. 6.4), maar zouden in een vervolgtijdstudie wel gekwantificeerd dienen te worden om een reële vergelijking en ook nu nog “onzichtbare” verminderde kosten voor het waterschap inzichtelijk te maken.

6.3 TOEKOMSTIGE BUSINESS CASE SCENARIO'S NA OPSCHALING

Analoog aan bovenstaande methodiek is de toekomstige bioraffinage business ook voor enkele andere planten doorgerekend, rekening houdend met droge stofgehaltes en eiwitgehaltes: Fonteinkruid, (jonge) Brandnetel, Waternavel en een mengsel van waterplanten. Tabel 6.2 geeft een schatting van de kosten van bioraffinage uitgaande van een toekomstige 2 ton/uur en een 4 ton/uur machine. Tevens is een raming van opbrengsten gemaakt, weergegeven in tabel 6.3 [Koopmans & Raedts, 2018].

TABEL 6.2 KOSTEN (TON VERS) VOOR DE VERSCHILLENDE WATERPLANTEN EN MACHINECAPACITEITEN [KOOPMANS & RAEDTS, 2018]

Feedstock	FK	BN	WN	mix	FK	BN	WN	mix
Machinecapaciteit ton vers/uur	2	2	2	2	4	4	4	4
Grondstof/feedstock	€ -20,00	€ -20,00	€ -20,00	€ -20,00	€ -20,00	€ -20,00	€ -20,00	€ -20,00
Operator	€ 4,38	€ 4,38	€ 4,38	€ 4,38	€ 2,19	€ 2,19	€ 2,19	€ 2,19
Energie	€ 15,00	€ 27,00	€ 15,00	€ 15,00	€ 15,00	€ 27,00	€ 15,00	€ 15,00
Onderhoud (uren + materialen)	€ 6,25	€ 6,25	€ 6,25	€ 6,25	€ 4,38	€ 4,38	€ 4,38	€ 4,38
Hulpstoffen	€ 1,50	€ 1,50	€ 1,50	€ 1,50	€ 1,27	€ 1,27	€ 1,27	€ 1,27
Exploitatiekosten excl. afschrijving	€ 7,13	€ 19,13	€ 7,13	€ 7,13	€ 2,83	€ 14,83	€ 2,83	€ 2,83
Afschrijving	€ 12,50	€ 12,50	€ 12,50	€ 12,50	€ 8,75	€ 8,75	€ 8,75	€ 8,75
Exploitatiekosten incl. afschrijving	€ 19,63	€ 31,63	€ 19,63	€ 19,63	€ 11,58	€ 23,58	€ 11,58	€ 11,58

NB: FK = fonteinkruiden, BN= Brandnetel; WN=Grote waternavel;

TABEL 6.3 OPBRENGSTEN PER TON VERS PRODUCT VOOR VERSCHILLENDE WATERPLANTEN EN MACHINECAPACITEITEN WANNEER SCHONE BIOMASSA VERWERKT WORDT [RAEDTS, 2018]

Feedstock	FK	BN	WN	FK	BN	WN	mix
Machinecapaciteit ton vers/uur	2	2	2	4	4	4	4
Eiwitproduct droog	€ 11,04	€ 15,37	€ 4,61	€ 11,04	€ 15,37	€ 4,61	€ 10,80
Gebaalde vezels	€ 7,89	€ 12,22	€ 2,55	€ 7,89	€ 12,22	€ 2,55	€ 3,90
Weiconcentraat	€ 3,19	€ 7,35	€ 2,93	€ 3,19	€ 7,35	€ 2,93	€ 1,30
Mineralenconcentraat	€ 10,42	€ 18,06	€ 10,86	€ 10,42	€ 18,06	€ 10,86	€ 3,23
Loosbaar water	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Totaal	€ 32,54	€ 52,99	€ 20,95	€ 32,54	€ 52,99	€ 20,95	€ 19,23

NB: FK = fonteinkruiden, BN= Brandnetel; WN=Grote waternavel;

Wanneer de geraamde kosten worden afgetrokken van de geschatte opbrengsten is het netto resultaat volgens tabel 6.4.

TABEL 6.4 NETTO RESULTAAT PER TON VERS PRODUCT VOOR VERWERKING VAN VERSCHILLENDE WATERPLANTEN EN (JONGE) BRANDNETEL [RAEDTS, 2018]

Feedstock	FK	BN	WN	mix	FK	BN	WN	mix
Machinecapaciteit ton vers/uur	2	2	2	2	4	4	4	4
Netto resultaat	€ 12,91	€ 21,36	€ 1,32	€ -0,40	€ 20,96	€ 29,40	€ 9,37	€ 7,65

NB: FK = fonteinkruiden, BN= Brandnetel; WN=Grote waternavel;

De gehanteerde kentallen voor bioraffinage zijn gebaseerd op de inschattingen van Grassa!. De meeste uitgangspunten van opbrengsten zijn besproken met technologen van Waterschap Aa en Maas, de begeleidingscommissie, en experts van WUR-FBR. Ze kunnen dan ook worden gezien als best beschikbare inschattingen. Daar waar aanzienlijke twijfels bestaan, zijn die weergegeven in onderstaande beschrijving.

- Grassa! is in de opbrengsten van eiwit product uitgegaan van een marktprijs van 150% ten opzichte van de wereldmarktprijs, omdat dit niet ongebruikelijk is in de zich ontwikkelende markt voor biologische eiwit product.
- Er is geen rekening gehouden met de feitelijke situatie waarin maar gedurende een beperkt deel van het groeiseizoen water- en oeverplanten gemaaid worden. In andere periodes van het jaar is het mogelijk ook andere planten te raffineren, zoals weidegras of andere groene reststromen.
- Uitgangspunt is schone, groene biomassa. Tijdens de praktijkproeven was niet altijd

sprake van voldoende schone en frisse (jonge) biomassa, doordat (te) laat in het seizoen proeven werden uitgevoerd.

- De business cases zijn erg gevoelig voor de opbrengsten van toekomstige producten. Deze kunnen zowel hoger uitvallen (bijv. meerwaarde als biologisch diervoeder, bediening nichemarkten), als lager uitvallen (kwaliteit minder of minder constant).
- Op dit moment is nog helemaal duidelijk of, en eventueel in welke mate bioraffinage-producten geproduceerd uit (water-)planten van niet gecontroleerde teelt als diervoeder op korte termijn zouden kunnen worden afgezet vanwege vigerende wet- en regelgeving (zie ook hoofdstuk 7).

- **Diervoeder:**

- Voor de business case toepassing eiwit in diervoeder, zijn de volgende aspecten van belang:
- Prijs/kwaliteit verhouding en prijsstabiliteit:
de markt voor diervoeder-eiwit is een zeer dynamische markt met wisselende grondstofprijzen. De kostprijs voor reguliere producten staat daarbij altijd onder druk. Maar voor biologische grondstoffen is momenteel meer vraag dan aanbod en behoefte aan continuïteit in aanbod. De uitkomsten van dit project geven inzicht in de kwaliteit van verkregen eiwit uit waterplanten (zie par. 5.2.1) en die laat zien dat deze vergelijkbaar, op sommige onderdelen beter, andere onderdelen iets mindere kwaliteit heeft met gangbaar sojaschroot-eiwit. Vervolgonderzoeken zijn nodig om een voldoende grote dataset te krijgen om inzicht te krijgen in de range en stabiliteit van eiwit-kwaliteiten.
- Essentiële kwaliteit kenmerken eiwit:
 - hoge eiwitverteerbaarheid (nutritive value)
 - afwezigheid van anti-nutritionele factoren en zware metalen
 - GMP+/SecureFeed certificatie
 - droog stapelbaar product (min. 95% droge stof), dan wel directe lokale afzet als vochtig product (beperkte houdbaarheid).
- Gegarandeerde constante stroom:
er dient een minimale hoeveelheid eiwit gegarandeerd te kunnen worden die via een constante stroom met voldoende constante samenstelling geleverd kan worden. Dit kan gerealiseerd worden door bijmenging van eiwitconcentraat uit waterplanten met eiwitconcentraat uit ander groenmateriaal dat gedurende langere perioden van het jaar en in grotere hoeveelheden aanwezig is (bijv. gras).
- Eiwitrijke vezels:
De vezels dienen prijs-concurrentie met andere vezelbronnen aan te kunnen.

Eiwit voor technische toepassingen:

Eiwitten kunnen ook geschikt zijn voor technische toepassingen zoals emulgator, schuimvormer, bindmiddel in coatingsystemen, als lijm of oppervlakte actieve stof (Mulder et al, 2013).

Daarbij is het van belang om een scheidingstechniek toe te passen waarbij de functionele eigenschappen van de eiwitmoleculen zoveel mogelijk behouden blijven, zoals microfiltratie of aanzuring. Door verhitting gaan de functionele eigenschappen van eiwit verloren. WUR-FBR concludeert daarbij dat verder onderzoek naar zuivering nodig is voordat deze technische toepassingen mogelijk worden.

6.4 WAARDE VANWEGE VERDUURZAMING WATERBEHEER

Verwerking van woekerende waterplanten en oevermaaisels via kleinschalige, mobiele bioraffinage, biedt een aantal voordelen vanuit duurzaamheid ten opzichte van de huidige werkwijze met compostering.

Het kwantificeren van deze voordelen maakte geen expliciet onderdeel uit van dit project, maar op basis van de verkregen informatie kan wel een eerste indicatie gegeven worden van deze voordelen, met een aanzet tot kwantificering:

- Nitraten en fosfaten uit het (aquatisch) milieu verwijderd:
op basis van de verontreinigingsheffing op lozing van afvalwater door de industrie, kan door omrekening via kve's, een indicatie verkregen worden van de `virtuele waarde` van een kg N en kg P die niet in het milieu komen. Voor N wordt zo een indicatieve waarde van gemiddeld ca. 5,50 €/kg berekend, voor P gemiddeld ca. 30 €/kg (informatie expert Waterschap Aa en Maas, febr. 2018).
- Zware metalen uit het milieu verwijderd:
Met verwijdering van de waterplanten zullen tevens de daarin opgenomen zware metalen uit het milieu worden verwijderd. Wanneer er zware metalen aanwezig zijn, kan het NF retentaat niet verhandeld worden als suikerconcentraat. Het zal dan een negatieve waarde hebben omdat het moet worden gesaneerd. Echter, ook compost dat zware metalen bevat zou gesaneerd moeten worden tegen een veel hogere prijs vanwege het veel grotere volume. Grassa! schat in dat de "saneringskosten" via bioraffinage veel lager zijn dan als dit via een composteringsroute zou verlopen [Raedts, 2018].
- CO₂, N₂O, CH₄, NH₃ -emissies ten gevolge van compostering:
Bij compostering komen aanzienlijke hoeveelheden CO₂-emissies vrij. Deze worden als kort-cyclisch beschouwd en tellen daardoor niet mee als broeikasgasemissie. Naast CO₂ komen andere gassen vrij die wel al broeikasgasemissie kunnen worden beschouwd, zoals N₂O en CH₄. En NH₃ dat bijdraagt aan eutrofiering, vermistening en fijnstofvorming. Echter, door het diesilverbruik zal de bioraffinage machine ook emissies van fijn stof en CO₂ veroorzaken. Binnen het kader van dit project was kwantificering van het verschil in emissies niet mogelijk. De prijs van CO₂ bedraagt momenteel in de Emissiehandel rond de € 10/ton. Duurzaamheidsdeskundigen menen dat de echte prijs van € 50-100 /ton zou dienen te liggen, en dat dit bedrag in de toekomst ook feit gaat worden.
- CO₂ en luchtverontreiniging ten gevolge van transport van soja over de weg (o.a. Paddenstoelen groei-substraat uit Frankrijk) of over de oceaan (soja uit Zuid-Amerika): hiervoor is nog geen schatting beschikbaar.
- Tegengaan (tropische) ontbossing voor grootschalige sojateelt. Hiervoor is nog geen schatting beschikbaar. Uitgaande van de hoeveelheden waterplanten zal het vervangend effect van waterplanten-eiwit voor soja eiwit en daarmee tegengaan van ontbossing beperkt zijn, maar wel een impuls aan de oplossingsrichting geven om ontbossing voor sojaplantages tegen te gaan.
- Ondersteuning agrarische bedrijven die overschakelen op biologisch diervoeder uit eigen land: hiervoor is nog geen schatting beschikbaar.
- Maatschappelijke bijdrage aan ontwikkeling duurzame, circulaire economie, lokaal, nationaal en internationaal (bijv. waterhyacinth problemen (sub-)tropische landen): hiervoor is nog geen schatting beschikbaar.

Momenteel is de bioraffinage installatie nog niet optimaal duurzaam: er wordt diesel gebruikt voor aandrijving van de machine. Diesel kan mogelijk op termijn vervangen gaan worden door schone stroom (zonnepanelen).

Het verdient aanbeveling om via een Levens-Cyclus-Analyse methode de effecten van bioraffinage ten behoeve van verduurzaming verder te kwantificeren, en vervolgens de maatschappelijke baten te kwantificeren.

7

WET EN REGELGEVING

7.1 ALGEMEEN

Er zijn verschillende wet- en regelgevingen van belang voor het verwaarden van groenresten uit het waterbeheer tot producten, die in 4 groepen kunnen worden onderverdeeld:

1. Algemene kwaliteit Water(-beheer)
2. Maaien en ecologie
3. Afvalstoffen
4. (Diervoeder-)producten.

In opdracht van de waterschappen is door Berenschot een overzicht gemaakt van vigerende wet- en regelgeving ten behoeve van de Energie en Grondstoffen fabriek (Sloover, 2017)

7.2 ALGEMENE KWALITEIT WATER(-BEHEER)

EU - KADERRICHTLIJN WATER (KRW)

In Nederland zijn alle rijkswateren en vele regionale wateren (totaal 724) aangewezen als KRW-oppervlaktewaterlichaam, waarvoor ecologische doelstellingen zijn geformuleerd. Deze doelen betreffen een goede toestand voor fytoplankton, waterplanten, macrofauna en vissen. De toepassing van kleinschalige bioraffinage kan in een aantal waterlichamen bijdragen aan de realisatie van KRW-doelstellingen, omdat de ecologische kwaliteit wordt bevorderd door woekerende planten uit het water te halen. Ook de blijvende verwijdering van nutriënten en zware metalen uit het aquatisch milieu dragen bij aan het bereiken van de stofgerichte kwaliteitsdoelstellingen.

NL - WATERWET

Deze geeft in Nederland uitvoering onder meer aan de EU-Kaderrichtlijn Water.

7.3 MAAIEN EN ECOLOGIE

- EU verordening Invasieve uitheemse soorten
- Nederlandse verordening Invasieve uitheemse soorten.
- NL – Natuurbeschermingswet:
indien een gebied is aangewezen als Natura2000-gebied, gelden gebiedspecifieke instandhoudingsdoelstellingen voor habitats en soorten. Voor het maaien In deze gebieden is een natuurbeschermingswetvergunning benodigd.
- Flora en Fauna wet:
consequenties van de Flora en Faunawet voor het waterbeheer door waterschappen zijn door de Unie van Waterschappen gedefinieerd in een “Gedragscode Flora- en Faunawet voor waterschappen” (geldig 5 jaar, laatst goedgekeurd door ministerie ELI in 2012). De gedragscode biedt ruimte voor lokaal maatwerk, toegesneden op de lokale situatie en de soort waar het om gaat. Voorwaarde is dat onderbouwd kan worden dat geen afbreuk

wordt gedaan aan het duurzaam voortbestaan van populaties beschermde soorten. Eventueel kan een ontheffing worden aangevraagd voor bepaalde activiteiten. Deze stelt in paragraaf 4.2.3 “schonen van waterlopen en oevers” onder meer:

“het verdient aanbeveling het schoonsel minimaal 48 uur naast de watergang te laten liggen, opdat amfibieën terug naar de watergang kunnen vluchten. Langs watergangen met een botanische doelstelling kan een keuze worden gemaakt voor versneld afvoeren van het maaisel; bij het afzetten van maaisel op land worden beschermde terrestrische soorten zoveel mogelijk ontzien. Van de daarvoor genomen voorzorgsmaatregelen wordt algemeen of specifiek per geval nota gemaakt (bijvoorbeeld in beheer- en onderhoudsplannen).”

Dit betekent dat voor elke situatie specifiek aandacht nodig is voor de aanwezigheid van (zeldzame) soorten, en op basis daarvan dient gekeken te worden in hoeverre maaaisels een bepaalde “ligtijd” nodig hebben.

Uit dit project is gebleken dat maaaisels ongeveer een dag kunnen liggen zonder grote achteruitgang in (eiwit-)kwaliteit, dus dit zou geen grote belemmering hoeven te zijn in veel situaties.

- Richtlijnen maaïen Rijkswaterstaat

Naar aanleiding van overlast van waterplanten in de randmeren heeft Rijkswaterstaat een richtlijn opgesteld voor maaïen van waterplanten, rekening houdend met ecologie. Deze “Handreiking waterplanten maaibeheer” (Rijkswaterstaat 2012, en bijbehorend onderhoudend rapport door De Haan et al, 2012) hebben als doel in geval hinder voor de waterrecreatie ontstaat zodanig te maaïen dat geen negatieve effecten op het water-ecosysteem ontstaat. Kort samengevat worden de volgende maaï-richtlijnen gegeven:

1. Maai maximaal 10% van het waterplantenareaal in het eigen gebruiksgebied. Uitzondering: voor woekerende exoten geldt maximaal 50%;
2. Maximaal 1 keer per jaar en na 1 juli maaïen;
3. Vaker maaïen als uitzondering:
 - 3a bij woekerende exoten
 - 3b na warm en zonnig voorjaar, onder voorwaarde dat broedende vogels niet worden verstoord
4. Maai op een diepte van minimaal 60 cm boven de waterbodem. Uitzondering: woekerende exoten: tot op de bodem
5. Maai geen beschermde planten
6. Meld vooraf het maaïen bij Rijkswaterstaat en achteraf (in geval van rijkswater, RWS maakt elke 3 jaar een kaart van monitoringsgegevens).

De periode april/mei is de meest kritische fase in balans tussen algen en waterplanten (troebel of helder water), en er dient voorkomen te worden dat waterplanten in deze periode gemaaid worden waardoor algen de overhand gaan krijgen in de maanden erna met kans op troebel water en verminderde water- en ecologische kwaliteit.

De in Natura2000 beschermde broedvogels broeden doorgaans in de periode maart t/m juni. Vandaar dat in de praktijk vanaf juli gemaaid wordt.

Enkele exotische waterplanten hebben een groeistrategie die hun kansen in het voorjaar aanzienlijk groter maken. Dit betreft wintergroene soorten, zoals Smalle waterpest en, Ongelijkbladig vederkruid, maar ook het inheemse Grof hoornblad. Deze planten zijn gevoelig voor winterbegrazing door vogels, maar als dat niet teveel gebeurt, zullen ze in het voorjaar met opwarming van het water zo snel gaan ontwikkelen, dat ze de waterkolom gaan vullen. Deze soorten kunnen dan ook al eerder gemaaid worden, en mogelijk later in de zomer nogmaals, omdat ze zich snel herstellen na maaïen.

7.4 AFVALSTOFFEN

Wat betreft afvalstoffen gerelateerde wet- en regelgeving, zijn de volgende regelingen van belang [Slooven, 2017]:

Europees niveau:

- Europese kaderrichtlijn afvalstoffen (2008/98/EG) (kaderrichtlijn afvalstoffen)
- REACH-verordening (1907/2006) (REACH)
- Meststoffenverordening (2003/2003/EG)

Nationaal niveau:

- Hoofdstuk 10 Wet Milieubeheer (Wm) en uitvoeringsregelgeving
- Activiteitenbesluit
- Meststoffenwet en daarop gebaseerde regelgeving.

Volgens de afvalstoffenregelgeving is een substantie pas een afvalstof indien de houder zich ervan ontdoet ('afdanken'). Geen ontdoener, dan in beginsel géén afvalstof. Uitzondering vormen substanties die in de EU als 'gevaarlijke afvalstof' zijn geclassificeerd ('gevaarlijke eigenschappen van afvalstoffen', Kaderrichtlijn afvalstoffen, Bijlage III).

Indien een terreinbeheerder of waterschap zich niet van een substantie (of dit nu invasieve waterplanten zijn of andere biogene substanties) ontdoet, maar deze - al dan niet na een bewerking - als grondstof of gereed product aan derden levert, is in beginsel niet de afvalstoffenregelgeving maar (grond)stoffen- of productregelgeving van toepassing (zoals meststoffenwetgeving, diervoederwetgeving etc.).

- Indien en voor zover (componenten/inhoudsstoffen uit) invasieve waterplanten voldoen aan de normen van specifieke, sectorale productregelgeving m.b.t. bij voorbeeld diervoeders, ondervinden zij uit dien hoofde geen belemmeringen voor toepassing.

Er is een webtoets "Afval of grondstof" ontwikkeld, in beheer bij Rijkswaterstaat, waarmee getoetst kan worden of een grondstof als afval dient te worden beschouwd.

De toets stelt de volgende vragen om te bepalen of een teruggewonnen stof door het waterschap niet langer als afvalstof wordt beschouwd:

- Heeft de teruggewonnen stof een nuttige toepassing ondergaan en is deze nuttige toepassing voltooid?
- Is er sprake van een gebruikelijke toepassing voor specifieke doelen?
- Is er een markt voor het materiaal en is er vraag naar?
- Voldoet het materiaal aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor de producten geldende wetgeving en normen?
- Zijn ongunstige effecten van het gebruik van het materiaal op het milieu of de menselijke gezondheid bekend en worden deze bij het gebruik vermeden?

Onduidelijk is bij het schrijven van dit rapport of deze toets ook geschikt is voor de beoordeling van maaisels van (uitheemse/invasieve) planten, of alleen betrekking heeft op toetsing van stoffen die vrijkomen bij grondstoffenproductie uit stedelijk afvalwater.

Er lopen diverse pilot-projecten in het land om maaisels te gebruiken als grondstof. Verwacht wordt dat in de loop van 2018 juridische goedkeuring komt voor een of enkele van deze pilots, zoals project "van berm tot bladzijde" binnen het programma "Circulair terrein beheer" (Biomassa Alliantie). Deze eerste erkenningen zullen helpen om ook andere groenresten uit terreinbeheer geaccepteerd te krijgen als grondstof.

7.5 DIERVOEDER PRODUCTEN

Voor de toepassing van bioraffinage producten als diervoeder dient deze te voldoen aan de Regeling diervoeders 2012 (NVWA).

In de Richtlijn 2002/32/EG van het Europees parlement en de Raad (7 mei 2002), inzake ongewenste stoffen in diervoeding, staan normen voor ongewenste stoffen, waaronder zware metalen als arseen, lood, cadmium en kwik, dioxine, aflatoxine, pesticiden en zaden of vruchten van een aantal planten of daaruit verkregen bijproducten. Deze regeling dient om duurzame landbouwkundige productie te waarborgen, de volksgezondheid en diergezondheid te verzekeren en het milieu te beschermen. De richtlijnen zijn te vinden op <http://www.pdv.nl/nederland/diervoederwetgeving/>

Zware metalen anders als arseen, lood, cadmium en kwik worden niet als ongewenste stoffen beschouwd, maar als sporenelementen. Hiervoor kunnen maximum doseringen aangehouden worden op rantsoenniveau volgens COMVE, 2005.

De wet staat alleen toe dat voedingsmiddelen onder strikt gecontroleerde productieomstandigheden op de markt komen. Dit geldt ook voor veevoer. Als water- en oeverplanten, of delen daarvan, in de markt worden gebracht, mag dat alleen als deze gecontroleerd voldoen aan de daarvoor geldende richtlijnen. Dit betreft onder meer GMP+SecureFeed certificering. Deze stelt eisen aan productiemethode en controleregime voor de kwaliteit van grondstoffen en producten. Grassa! heeft momenteel een GMP+-certificeringstraject lopen voor de 4GEN-machine en voor eiwitconcentraten uit gras.

Daarbij bestaat onderscheid tussen diervoeder voor dieren, die voor menselijke consumptie (producten in de voedselketen) gehouden worden en voor dieren die niet voor menselijke voedingsproducten gehouden worden (bijv. hobby dieren (paarden, honden, katten, konijnen, siervissen).

7.6 GREEN DEAL

De afzet van biomassa wordt omgeven door verschillende wetten (zoals Wm, Afvalstoffenwet, Meststoffenwet) die het lastig kunnen maken voor organisaties om maaaisel op een meer innovatieve manier af te zetten dan bijvoorbeeld afvoeren naar een regulier composteerbedrijf [Copini, 2017]. Momenteel wordt hard gewerkt om de belemmerende wetgeving rondom biomassa weg te nemen zonder nieuwe risico's voor mens, dier of milieu te creëren. Dit gebeurt momenteel via de Green Deal circulair terreinbeheer. Vanuit de juridische werkgroep van de Energie- & Grondstoffenfabriek wordt actief ondersteuning geleverd aan de totstandkoming van deze Green Deal. Het is bedoeling dat in de eerste fase van de Green Deal een vijftal pilots worden opgezet. Deze pilots zijn voorbeeldprojecten van een kansrijke waardeketen. De overheid hoopt op deze manier inzicht te krijgen in de belemmeringen en hoe deze aangepakt kunnen worden. (www.efgf.nl, website januari 2018).

Met de start van het nieuwe kabinet in 2017 is Nederland circulair in 2050'. Die ambitie heeft het kabinet neergezet in het Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050. De ambitie is door maatschappelijke partners en meer dan 350 ondertekenaars onderschreven in het Grondstoffenakkoord. Met het Grondstoffenakkoord is de basis gelegd voor de ontwikkeling van 5 transitieagenda's: Biomassa & Voedsel, Kunststoffen, Maakindustrie, Bouw, en Consumptiegoederen. Deze transitieagenda's brengen in beeld welke knelpunten in regelgeving, toezicht en handhaving circulaire innovaties in de weg staan en hoe deze kunnen worden weggenomen.

Uit een aantal transitieagenda's blijkt dat de huidige regelgeving (juridisch en fiscaal) niet goed is ingericht op de circulaire economie, waardoor te veel herbruikbare grondstoffen en materialen onbenut blijven. Het is noodzakelijk dat niet de afkomst, maar de toepassing van teruggewonnen grondstoffen leidend is, en dat de regelgeving hierop wordt aangepast.

Om die reden is in verschillende transitieagenda's voorgesteld om een taskforce Herijking Afvalstoffen op te zetten. De waterschappen nemen het voortouw door voor deze taskforce een werkplan op te stellen. Hierin zou het verwaarden van groenresten via bioraffinage een plaats dienen te krijgen.

8

CONCLUSIES

HOOFDCONCLUSIES BIORAFFINAGE ONDERZOEK

1. De praktijkproef heeft veel waardevolle informatie opgeleverd over de technische, praktische en bedrijfseconomische aspecten van kleinschalige mobiele bioraffinage. Een verwaarding van waterplanten en bermmaaisels, al dan niet in combinatie met andere groenstromen uit het (waterschaps)gebied tegen kosten vergelijkbaar of lager dan de huidige composteringspraktijk bleek nog niet mogelijk met de bioraffinage machine die is getest in dit project. Doordat technisch gezien nog niet alle onderdelen (voldoende) operationeel konden functioneren, en door de te beperkte productiecapaciteit is een business case niet rendabel.
2. Verwacht wordt dat met de volgende generatie mobiele bioraffinage, die een grote capaciteit en hogere (energie)efficiëntie combineert met meerdere producten wel een rendabele business case gaat ontstaan. Door een praktijk-pilot op grotere schaal te gaan doen wordt het mogelijk te toetsen of inderdaad op de energie-zuinigere wijze de geraamde producthoeveelheden en kwaliteiten en afzet gerealiseerd kunnen worden. Daartoe zou een aantal weken met de 4^e generatie Grassa bioraffinage unit van 2 ton/uur capaciteit geproduceerd kunnen gaan worden in 2018. Indien deze pilot goede resultaten geeft, zou vervolgens vanaf 2019 op grotere schaal bioraffinage ingezet kunnen gaan worden op groenresten in het waterbeheer.

De diverse deelstudies in dit project leiden tot een groot aantal conclusies, die hieronder zijn samengevat. Voor meer gedetailleerde informatie verwezen wordt naar de deelrapporten van dit project:

BESCHIKBAARHEID GROENRESTEN

- Een eerste grove schatting leert dat de waterschappen in Nederland circa 500.000 ton groenresten in het waterbeheer hebben.
- Deze maaisels komen vooral beschikbaar in de periode medio juni (na het broedseizoen, afhankelijk van locatie en weersomstandigheden) tot medio oktober (nog later treedt te veel degeneratie van het groenmateriaal op met lage eiwitgehaltes en te houtig materiaal tot gevolg).
- In geval van oever-/bermmaaisels gebruikt worden voor diervoeder en/of paddenstoelenteelt, dient gelet te worden op aanwezigheid van mogelijk giftige planten, zoals Jakobs kruiskruid.
- In geval de waterschappen van “maaïen naar oogsten” willen gaan, zijn betere inventarisaties van beschikbare maaisels nodig, en dient ook nadere aandacht aan monitoring gegeven te worden om kwaliteit van grondstoffen te kunnen garanderen. Dit rapport en onderliggende deelrapporten bieden concrete handvatten hoe dit gedaan zou kunnen worden.

LOGISTIEK

- De versheid van waterplanten na maaïen kan worden gerealiseerd door de planten zolang mogelijk in het water laten liggen tot moment van raffinage. Daarna even uit laten lek-

ken om aanhangend water weg te laten lopen voor dat raffinage proces begonnen wordt.

- Lokale bioraffinage bleek logistiek goed in te passen zijn bij het maaiproces. Het beste is om de bioraffinage machine op de locatie te plaatsen waar de maaaisels vrijkomen, om een transportstap te vermijden en kosten te besparen.
- De bioraffinage capaciteit is nu nog klein ten opzichte van de maaicapaciteit. De raffinage capaciteit in combinatie met aantal draai-uren/dag dienen vergroot te worden, zodat ze in verhouding komen te staan tot de maaicapaciteit.
- Het gescheiden maaien van brandnetel in een mengsel van planten is maailogistiek-technisch mogelijk, maar wordt vanwege de extra kosten tijdens het maaien pas bedrijfseconomisch interessant vanaf ca. 40% of meer Brandnetel.

TECHNIEK

- Hoewel de praktijkproeven lieten zien dat niet alle onderdelen van de 3^e generatie Grassa! mobiele bioraffinage machine volwaardig functioneerden, bleek de machine toch redelijk in staat om de onderzochte water- en oeverplanten te verwerken. Op basis van de opgedane ervaringen zal een aantal ontwerp-aanpassingen doorgevoerd worden om in de toekomst tot een volwaardige verwerkingstechniek uit te kunnen groeien.
- Grassa! heeft daartoe een 4^e generatie bioraffinage machine ontworpen die in 2018 in bedrijf gaat komen. Deze bioraffinage machine zal een tienvoudige capaciteit hebben, bijna de helft minder energie verbruiken, robuuster zijn en hogere eiwit-product efficiency hebben.

PRODUCTEN

Op basis van hun geschatte voorkomen en eigenschappen zijn de volgende planten in de praktijk onderzocht met de volgende conclusies voor de toekomstige verwaardbaarheid:

- Waterplanten algemeen:
de planten hebben lage droge stof gehaltes, en daardoor ook lage eiwit- en vezelgehaltes. Desondanks is voldoende potentieel aanwezig, om bij meervoudige verwaarding een business case te krijgen die economisch vergelijkbaar met compostering en gunstiger wat betreft duurzaamheid is. Meervoudige verwaarding betreft een eiwit-product (diervoeder of in de toekomst technisch eiwit, een vezel product (papier/karton of biocomposiet), een mineralenconcentraat (meststof) en suikerconcentraat (diervoeder of biogas), met schoon water als resterende stroom.
- Grote Waternavel
de aminozuursamenstelling is vergelijkbaar of beter dan die van sojaschroot, gunstig voor diervoedertoepassing. Bovendien heet Grote Waternavel anti-oxidantie eigenschappen (gunstig voor diervoeder) maar ook gelerende en anti-schuim eigenschappen (potentieel voor technisch eiwit).
- Brandnetel:
jonge Brandnetel heeft potentieel via bioraffinage verwerkt te worden. Voor wat oudere, meer vezelige brandnetel zijn andere verwerkingsprocessen gunstiger. Toepassingen zijn mogelijk van het eiwit-product als diervoeder, en vezels voor papier/karton en biocomposiet.
- Vederkruid en Fonteinkruid:
Beide planten zijn te verwerken tot eiwit- en vezelproducten, zonder bijzondere eigenschappen te hebben die de producten extra waarde geven.
- EVZ-berm-mengsel:
de vezels geraffineerd uit maaaisels van planten uit de Ecologische VerbindingsZone bleken geschikt om tot ca. 50% bijgemengd te worden als groeisubstraat voor oester-

zwammen. Raffinage bleek geen toegevoegde waarde te geven ten opzichte van ingekuilde of gedroogde vezels die niet waren geraffineerd.

- **Lisdodde:**

Lisdodde is te vezelig voor de Grassal-bioraffinage-machine. Maar dit project laat zien dat uit Lisdodde na droging aan de lucht een lichtgewicht sterk plaatmateriaal kan worden gemaakt, dat goede verwaardingsperspectieven biedt.

Business case

- Op basis van de laboratorium- en praktijkonderzoeken wordt duidelijk dat een twee-traps bioraffinage proces resulterend in een vezelrijk en een eiwitproduct voor alleen bedrijfseconomisch haalbaar is als ook andere hoogwaardige producten zoals fosfaat, suikers en vrije aminozuren geproduceerd en verkocht kunnen worden: meervoudige verwaarding.
- Opschaling naar een bioraffinage machine met minimaal een capaciteit van 2 ton/uur is noodzakelijk om een rendabel proces te verkrijgen.
- Daarbij dienen transportkosten zo laag mogelijk gemaakt te worden, door bij voorkeur op locatie waar de maaisels vrijkomen de bioraffinage machine te plaatsen, en afzet van producten in de nabije regio. Er dient minimaal circa 50 ton plantmateriaal op een locatie aanwezig te zijn om verwerking ter plekke lonend te laten zijn.
- Afzet in de markt voor biologische grondstoffen en producten biedt het beste perspectief, vanwege de aanwezige groeiende vraag en hogere marges.

VERWAARDBAARHEID

De huidige marktperspectieven voor biologische grondstoffen en alternatieven voor sojaschroot in diervoeder zijn gunstig, vanwege de zich sterk ontwikkelende vraag.

Voor de markt voor voeder voor dieren die geen onderdeel uitmaken van de humane voedselketen is interessant. Om de eiwit- en vezel- en/of suikerconcentraat-producten als diervoeder te kunnen toepassen, zal aan de geldende eisen voor diervoeder voldaan moeten gaan worden. Dit vraagt uitwerking van het kunnen waarborgen van geschikte kwaliteit, onder meer volgens GMP-plus. Mogelijk kan hierbij gebruik gemaakt gaan worden van de beschikbare monitoringsgegevens van water en milieu bij de waterschappen en provincies.

WET EN REGELGEVING

De toepassing van uit maaisels afkomstige grondstoffen als diervoeder dient aan de geldende eisen voor diervoeder te voldoen (GMP+). De wijze waarop aan die eisen tegemoet gekomen gaan worden dienen verder geconcretiseerd te worden. De waterschappen kunnen ondersteunen bij het wegnemen van onnodige wettelijke beperkingen voor de inzet van hernieuwbare grondstoffen (bijv. via Green Deal).

BIJDRAGE AAN VERDUURZAMING WATERBEHEER

Kleinschalige, mobiele bioraffinage van groenresten uit het waterbeheer biedt de volgende bijdragen aan verduurzaming van het waterbeheer:

- Verwijderen stikstof en fosfaat uit het (aquatisch) milieu;
- Verwijdering zware metalen uit het milieu;
- Vermijden broeikasgasemissies ten gevolge van compostering;
- Minder emissies CO₂ en andere luchtverontreiniging ten gevolge van transport soja over de oceaan (soja uit Zuid-Amerika);
- Tegengaan (tropische) ontbossing voor grootschalige sojateelt;

- Ondersteuning agrarische bedrijven die overschakelen op biologisch diervoeder uit eigen land;
- Maatschappelijke bijdrage aan ontwikkeling duurzame, circulaire economie, lokaal, nationaal en internationaal (bijv. waterhyacint problemen in (sub-)tropische landen).

9

MOGELIJKE VERVOLGSTAPPEN

De benodigde transitie voor het benutten van de inhoudstoffen aanwezig in groenrestromen van het waterbeheer wordt treffend verwoord door de Biomassa-Alliantie:

“van maaïen naar oogsten”!

Dit levert voor de waterschappen twee taken op:

- Maaïen ten gunste van het hoofddoel: aan- en afvoer water, natuurwaarden, veiligheid, waterkwaliteit etc. Dit verschilt per gebied en beleidsveld. Ook dient goed bekeken te worden wat het juiste moment voor het maaïen/oogsten van waterplanten zou zijn, rekening houdend met ecologie en met kwaliteit van product.
- Biomassa met een bepaalde eindkwaliteit produceren. Verontreinigingen in het maaisel kunnen een nadelig effect hebben op het proces en op de eindkwaliteit van het product. De relatie tussen (water-)milieukwaliteit en productkwaliteit gaat van belang worden.

Op basis van de uitkomsten van dit project, zou de route naar verwaarding van groenresten uit waterbeheer via kleinschalige mobiele bioraffinage als volgt kunnen verlopen:

1. Grassa! verwacht in 2018, via verhuur, met de nieuwe, 4^e generatie machine (capaciteit ruim 2 ton/uur, afhankelijk van droge stofgehalte ingangsmateriaal) een aantal weken waterplanten en andere maaisels uit het waterbeheer te kunnen gaan verwerken tot de geschetste grondstoffen, en daarbij ook voor de afzet te zorgen. De afzet dient bij voorkeur ook lokaal te gebeuren.
2. Waterschappen brengen de locaties in beeld waar grotere hoeveelheden woekerende waterplanten, al of niet gecombineerd met oever/berm maaisels in beeld (uitgangspunt: minimaal ca. 100 ton nat materiaal om de installatie een week lang ter plekke te kunnen laten draaien (2 – 2,5 ton/uur, ca. 40 - 50 productie-uren/week).
3. Daarbij dient gekeken te worden welke geschikte locatie beschikbaar is voor plaatsing van de installatie, bij voorkeur direct op locatie waarde maaisels beschikbaar komen (voorkomen van transportkosten).
4. Belangrijk is om verder te concretiseren hoe aan alle kwaliteitseisen die gelden voor diervoeder voldaan kan gaan worden. Daarbij kan bekeken worden in hoeverre van routinematige waterkwaliteit monitoring gegevens van de waterschappen gebruik gemaakt kan gaan worden ten behoeve van aantonen van “teelt-omstandigheden”.
5. Met de verkregen inzichten kan de business case weer verder aangescherpt worden, en komen mogelijk nieuwe verwaardingsmogelijkheden naar voren.
6. Vanaf 2019 komt naar verwachting, op basis van de ervaringen met de 2 ton/uur machine, een nieuwe mobiele bioraffinage unit beschikbaar met een verwerkingscapaciteit van 4 ton/uur. Hiermee kan aanzienlijk meer groenresten verwerkt worden, en meer product, zodat een volwassen business case ontstaat.

Voor de waterschappen zijn ook onderstaande aspecten van belang om de komende jaren het verwaarden van groene reststromen tot volle ontwikkeling te laten komen:

- Beter inzicht krijgen in hoeveelheden en samenstelling en seizoen variatie plantaardig materiaal in combi met beschikbaarheid (logistiek, ecologisch, andere toepassingen, zoals structuur verbeteren bodem). Concrete mogelijkheden daartoe zijn bekend [zie Van Doorn et al, 2017, Copini, 2017].
- Verbeterde afstemming tussen diverse onderdelen van het waterschap, en integraal beleid formuleren;
- Regionaal samenwerken met andere gebiedsbeheerders om voldoende biomassa te verkrijgen, om voldoende constante stroom te hebben en te kunnen mengen. Eventueel ook gebieden inzaaien met speciaal gewas;
- Regionale samenwerking met waterschap als initiator en spil: natuurmonumenten, staatsbosbeheer, rijkswaterstaat: “bioraffinage clusters” creëren
- Nieuwe contractvormen overwegen: Copini [2017] constateerde tijdens een evaluatie van verwaarding groenresten van waterschappen dat contracten spelen een belangrijke rol binnen biomassaprojecten. Het kan lonen contracten niet te specifiek te maken, zodat een zekere flexibiliteit voor de toekomst gewaarborgd is. Een afnemer van een bepaald soort biomassa zal wensen hebben ten aanzien de eindkwaliteit. Dit kan effect hebben op de manier en het moment van maaien (bijv. weersomstandigheden). Een manier om dit te doen is om te sturen op het productkwaliteit.

De productie van grondstoffen uit het waterbeheer en de circulaire economie bevinden zich veelal nog in een beginnend stadium, maar de ontwikkelingen gaan snel. Anticiperen op toekomstige ontwikkelingen waar bioraffinage in het waterbeheer een rol zou kunnen gaan spelen is dan ook wenselijk. Zo kunnen er kansen ontstaan rondom de ontwikkeling van natte teelten (o.a. raffinage van zeer eiwitrijk gras en andere planten uit Veenweidegebieden) of als uitvloeisel van projecten als Aquafarm, waarbij planten en andere organismen worden gebruikt voor polishing van afvalwater (nutriënten verwijderen), waarna die planten mogelijk via bioraffinage tot grondstoffen kunnen worden verwerkt.

Om kennis en onderzoek vanuit waterschappen op dit onderwerp te bundelen, zou ook aan een “pilot bioraffinage centrum” gedacht kunnen worden, niet alleen voor praktijkonderzoek maar ook om als “biomassa hub” te kunnen fungeren, een verzamel en distributieplaats voor biomassastromen.

WUR-FBR noemt ook de volgende onderwerpen die de eerst komende jaren verder ontwikkeld kunnen worden:

- Het produceren van gezuiverde eiwitproducten uit Grote Waternavel. De huidige producten zijn nog niet zuiver genoeg, maar er is potentie voor het produceren van een eiwitproduct met schuimvormende, anti-oxidantie en emulgerende eigenschappen.
- Een brandnetelvezel geproduceerd met een alternatief proces dan de huidig beproefde methode, dat focust op de vezels.
- Het produceren van papiervezels voor speciale papierbatches die door hun “Imago” meerwaarde hebben voor de beoogde afnemer. Denk daarbij aan papier met waterplanten voor de waterschappen. Fonteinkruid lijkt daarvoor met name geschikt.
- Het produceren van natte veevoeders voor de biologische veehouderij, gebaseerd op bietenloof, gras, waterplanten, reststromen uit de voedselindustrie etc.

Een waterschap-breed, langlopend onderzoeksprogramma naar natte biomassa zou ook stimulerend kunnen werken om de diverse mogelijkheden voor productie en verwaarding op

iets langere termijn van 5-10 jaar tot ontwikkeling te laten komen, lokaal en in aansluiting met andere initiatieven in het land (optimale schaal):

- Suikers als grondstoffen voor melkzuur en biobrandstoffen
- Hoogwaardige eiwitten uit groene grondstoffen
- Organische zuren en aminozuren/peptiden uit waterige stromen
- Winning van fosfaten en mineralen uit biomassa stromen.

LITERATUUR EN REFERENTIES

- Annevelinck, B. en P. Harmsen, Bioraffinage: naar een optimale verwaarding van biomassa, 2010
- Baars, J. en G. Chatzipavlidis, Testen van natuurgras en daaruit gewonnen vezelfractie voor de teelt van oesterzwammen, WUR, rapport WPR-2018-1, maart 2018, (Project spoor 3C).Biomassa Alliantie, Circulair terreinbeheer, 2017, www.circulairterreinbeheer.nl
- Bos-Brouwers, H. (WUR-FBR) et al. Integrated valorisation of biomass resources, December 2012
- Calker, S. van en H.J. Thiewes, Millvision, Spoor 3B: Waarde halen uit groenresten waterbeheer: Valorisatie in Papierproductie en (Bio)composieten, 2016-2017, Deelrapportage laboratorium- en pilotfase
- Compendium voor de Leefomgeving, <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1398-invasieve-plantensoorten>.
- Copini, T, Portfolio biomassa, Status quo van de valorisatie van biomassa reststromen bij natuur beherende organisaties in Nederland, Energie en Grondstoffen Fabriek, september 2016.
- Doorn, W.J., van, et al, Meer waarde halen uit gras en gewas, eindrapport demonstratieproject kleinschalige bioraffinage De Peel, dec. 2014
- Doorn, W.J. van, A. van der Kooij, J. van Dam, literatuurstudie waarde halen uit groenresten in het waterbeheer, STOWA rapport 2017-04, 2017.
- Dijk, C. van en M. Riemens, Concept-afwegingskader beheersing invasieve oever en waterplanten, Stowa rapport 2014-14, 2014.
- Energie en Grondstoffen Fabriek, www.efgf.nl
- Hoving, I.E. en Van Schooten, Pilot inkuilen Grote Waternavel ten behoeve van diervoeding, WUR Livestock research, rapport 853, maart 2015.
- Kamp, M. van der en K. Princen, Stappenplan aanpak waterplantenoverlast, STOWA-rapport 2017-08, juli 2017.
- Keijsers, E., Labexperimenten groenresten uit waterbeheer, WUR-FBR, rapport 1811, februari 2018.
- Kooij, A. van der, Groenresten uit het waterbeheer, bioraffinage en vezelverwaarding. Literatuuronderzoek en businesscase analyses, STOWA Hydrotheek, 15 april 2016.
- Kooij, A. van der, en Cumela, Groenresten uit het waterbeheer: logistieke analyse praktijkproeven – Rapport Spoor 3D, februari 2018.
- Kooij, A. van der, en Cumela, Groenresten uit het waterbeheer: dummy draaiboek maaien, transport, bioraffinage en vezelverwaarding, april 2017.
- Koopmans B. en R. Raedts, Waarde halen uit groenresten in het waterbeheer, praktijktesten bioraffinage, Grassa-rapport, definitief versie 20180217, februari 2018.
- Sloover, I.S, Juridische handreiking energie en grondstoffen, Berenschot, augustus 2017.