

Hoogwaardige inzet biomassa MRA

Rapport fase 1: inventarisatie stromen en technologieën en
identificeren van kansen



Voor: Provincies Noord-Holland en Flevoland,
Metropoolregio Amsterdam

Contactpersonen: Dhr. M. de Vries, Mw. J. Baidenmann,
Mw. C. van Dijk, Mw. A. Hoek

© Partners for Innovation, december 2018
Contactpersonen: Peter Karsch en Emiel Hanekamp

Samenvatting

Het project 'Hoogwaardige inzet van biomassa in de MRA' bestaat uit twee fasen. Fase 1 betreft het inventariseren van biomassastromen, technologieën en kansrijke initiatieven in de Metropoolregio Amsterdam. In fase 2 worden vier kansrijke initiatieven ondersteund op basis van deze inventarisatie. Dit rapport bevat de resultaten van fase 1.

Inventarisatie biomassastromen:

- De totale hoeveelheid biomassa in de MRA is ruim 2.400 kton/jaar. De meest veelbelovende stromen voor een hoogwaardigere verwerking zijn:
 - Natte gewasresten uit de landbouw (jaarlijks circa 26 kton);
 - Berm- en natuurgras (circa 82 kton/jaar);
 - Houtige biomassa van natuurbeheerders en uit gemeentelijke groenbeheer (circa 20 kton/jaar);
 - Reststromen van de voedings- en genotmiddelenindustrie (jaarlijks in totaal 1.051 kton, deels beschikbaar voor hoogwaardiger verwerking);
 - Veilingafval (ruim 13 kton/jaar), afvalhout: circa 209 kton A- en B-hout en zuiveringsslib (totaal 138 kton/jaar).
- Daarnaast is het mogelijk een aantal stromen in grotere hoeveelheden (gescheiden) in te zamelen. De belangrijkste zijn groente, fruit- en tuinafval en stromen uit beheer van openbaar groen en natuurterreinen, zoals houtige biomassa en berm- en natuurgras. Van het GFT gaat jaarlijks nog 248 kton naar de verbranding samen met het restafval. Aanpassingen in beheer, inzameling en verwerking kunnen het beschikbare volume van deze stromen nog sterk verhogen.

Technologieën en verwerkingscapaciteit:

- De beschikbare verwerkingscapaciteit voor biomassa uit de MRA is in totaal ongeveer 1.073 kton/jaar. De voornaamste verwerkingsroutes zijn:
 - Compostering (238 kton/jr);
 - Verbranding voor energieopwekking (292 kton/jr);
 - Vergisting (443 kton/jr);
 - Verwerking tot biobrandstof (100 kton/jr).
- In vergelijking met deze verwerkingsroutes is de verwerking van biomassa in biocomposieten en andere materiaaltoepassingen in volume/jaar nog verwaarloosbaar. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat de marktvraag naar biobased producten te gering is.
- Verwerkingsinstallaties in ontwikkeling of aanbouw richten zich met name op energietoepassingen, inclusief brandstoffen. Capaciteit voor de terugwinning van grondstoffen is in ontwikkeling (o.a. winning van vetzuren door Chaincraft, installatie met een verwerkingscapaciteit van 20-25 kton/jr).
- Bio-Energy Netherlands bouwt de eerste vergassingsinstallatie in de MRA. Deze installatie is op de korte termijn bedoeld voor energieopwekking en op de lange termijn voor productie van waterstof en kooldioxide als grondstof voor de chemische industrie.

Selectie van kansrijke verwaardingsroutes:

Op basis van de inventarisatiefase zijn de volgende verwaardingsroutes geselecteerd voor nadere uitwerking in fase 2 van het project:

- Terugwinnen van fosfaten uit zuiveringsslib van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's);
- Terugwinnen van eiwitten en vetzuren uit schone, groene reststromen uit de landbouw, van veilingen en uit de voedingsmiddelenindustrie;
- Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom van horeca en voedingsmiddelenindustrie en als onderdeel van de grotere GFT-stroom);
- Opschalen van lokale houtproductie (stamhout als hoogwaardig zaaghout/ inzet tak- en tophout).

Aanbevelingen:

1. Ondersteunen van de ontwikkeling van succesvolle business cases door marktpartijen

Ontwikkeling van de biobased economie is vooral gebaat bij de realisatie van meer succesvolle business cases. De MRA kent een zeer dynamische biomassasector, waarbinnen een groot aantal initiatieven in ontwikkeling zijn. Van overheden wordt vooral een ondersteunende rol gevraagd. Deze rol richt zich op het bieden van financieringsinstrumenten aan kansrijke initiatieven, het ondersteunen bij vergunningstrajecten (en in sommige gevallen verkrijgen van bijproduct- of einde-afvalstatus) en het inzetten van de eigen koopkracht. Ook gaat het om het aanpassen van het beheer van de openbare ruimte zodat het meer gericht is op het beschikbaar maken van hoogwaardige biomassastromen.

2. Alleen korte-termijn initiatieven stimuleren als die ook voor de langere termijn perspectief bieden

Verwaardingsroutes gericht op de terugwinning van grondstoffen worden op de lange termijn dominant. Huidige initiatieven gericht op energieopwekking kunnen bijdragen aan deze transitie, mits de ingezette technologie geschikt is om (op termijn) grondstoffen terug te winnen. Innovatieve thermische verwerkingsroutes zoals vergassing, torrefactie en pyrolyse bieden hiervoor goede perspectieven.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Aanpak	5
1.3 Verwaarding van biomassa: 100% circulair in 2050	6
2. Inventarisatie biomassastromen MRA	9
2.1 Totaal volume biomassa MRA en belangrijkste stromen per verwerkingsroute	9
2.2 Stromen die potentieel hoogwaardiger of in grotere volumes kunnen worden ingezet. 10	
3. Verwerkingscapaciteit biomassa MRA	18
3.1 Compostering.....	19
3.2 Elektriciteit en warmte	19
3.3 Vergisting	19
3.4 Verwerking tot biobrandstoffen	20
3.5 Inzet voor productie materialen incl. bioplastics/biocomposieten.....	20
3.6 Hergebruik als grondstof voor groene chemie/voedingsmiddelen.....	20
4. Innovatieve verwaardingsroutes voor biomassa in de MRA: longlist.....	21
5. Kansrijke verwaardingsroutes voor biomassa in de MRA: shortlist	24
5.1 Terugwinnen van fosfaten uit afvalwater / RWZI-slib	26
5.2 Schone, groene reststromen.....	27
5.3 Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT).....	29
5.4 Opschalen lokale houtproductie.....	30
5.5 Realiseren droogcapaciteit voor biomassa in de MRA	32
5.6 Hoogwaardige inzet bermgras in materialen	33
5.7 Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten	34
5.8 Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed	35
6. Conclusies en aanbevelingen	37
6.1 Conclusies	37
6.2 Aanbevelingen	39

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

De Metropool Regio Amsterdam (MRA), waaronder de provincies Noord-Holland en Flevoland, heeft de wens om binnen de MRA-regio beschikbare biomassa hoogwaardig en regionaal te verwerken. Verschillende partijen in de regio zien de zakelijke kansen rond de hoogwaardige inzet van biomassa in de regio en overwegen te investeren in verwerkingscapaciteit. De provincies Noord-Holland en Flevoland en de MRA willen dit proces faciliteren.

In februari 2018 kwamen belanghebbenden op dit onderwerp (Ronde Tafel Vergisting en Compostering) bijeen. Evenals de deelnemers van de MRA Werkgroep Biomassa gaven zij aan meer inzicht te willen in biomassastromen in de regio en in kansrijke businesscases voor de hoogwaardige verwerking ervan.

Dit rapport beschrijft de uitkomsten van de eerste fase van een project gericht op het inzichtelijk maken en voorbereiden van zakelijke kansen voor hoogwaardige verwerking van deze reststromen biomassa. Partners for Innovation voerde het project uit. Het doel van deze eerste fase is het in kaart brengen van het potentieel aan volumes biomassa in het MRA-gebied en inzicht krijgen in de mogelijkheden om deze stromen hoogwaardig(er) te verwerken binnen de regio. Voor niet-ingezamelde of niet-gescheiden stromen worden mogelijkheden geïnventariseerd voor een economisch rendabele inzameling en inzet.

Het voorliggende rapport bevat een overzicht van kansrijke verwaardingsroutes, gebaseerd op informatie over biomassastromen, huidige toepassingen en technologieën. De projectgroep heeft deze verwaardingsroutes beoordeeld op economische- en duurzaamheidspotentie en ontwikkelmogelijkheden binnen de MRA. Deze beoordeling heeft geleid tot een eerste selectie van vier routes, die het onderwerp zijn van sessies in de tweede fase van het project. Deze tweede fase van het project (november – december 2018) is gericht op het verder uitwerken en indien mogelijk doorrekenen van deze vier verwaardingsroutes in samenwerking met relevante marktpartijen en overheden. Het uiteindelijke doel is samenwerkingsafspraken in de keten te bereiken. Daarnaast komen belemmeringen voor het realiseren van de betreffende verwaardingsroute en oplossingsrichtingen voor marktpartijen en overheden aan bod. Na afronding van het project wordt aan dit rapport een hand-out toegevoegd met een korte en bondige samenvatting van de resultaten en conclusies van fase 1 en de uitkomsten van de sessies van fase 2.

1.2 Aanpak

Inventarisatie biomassastromen

De inventarisatie van beschikbare biomassa is grotendeels gebaseerd op deskresearch. Bij de inventarisatie is zoveel mogelijk gebruikgemaakt van beschikbare cijfers uit eerdere studies en statistieken. Recentelijk zijn er een aantal studies naar biomassastromen uitgevoerd en er zijn voor een aantal biomassastromen statische gegevens beschikbaar bij het CBS. In het geval van lacunes in de data is telefonisch en/of per e-mail contact gelegd met marktpartijen en overheden om de ontbrekende cijfers aan te vullen en waar mogelijk te specificeren voor het MRA-gebied. Bij de analyse van de biomassastromen is getracht een zo volledig mogelijk beeld te geven van de hoeveelheid biomassa die vrijkomt, het deel daarvan dat gescheiden wordt ingezameld en de mate waarin biomassastromen al hoogwaardig verwerkt worden. Op basis daarvan zijn kansen geïdentificeerd om aanvullende stromen / volumes in te zamelen en om stromen hoogwaardiger te verwerken.

Inventarisatie verwerkingscapaciteit en technologieën

In deze eerste fase van het project is tevens een inventarisatie uitgevoerd naar beschikbare technologieën voor de verwerking van biomassa binnen de MRA-regio. Voor verwerkingstechnologieën die al op

industriële schaal operationeel zijn is daarbij in kaart gebracht wat de beschikbare verwerkingscapaciteit is en welk deel van deze capaciteit daadwerkelijk wordt ingezet. Daarnaast is een zo compleet mogelijk overzicht opgesteld van nieuwe initiatieven voor hoogwaardige verwerking van biomassa die in verschillende stadia van ontwikkeling zijn. Op basis hiervan zijn kansen geïdentificeerd om biomassastromen hoogwaardiger en/of in grotere volumes te verwerken binnen de MRA. Deze kansen kunnen gericht zijn op het verwerken van grotere volumes binnen bestaande capaciteit of op het verder ontwikkelen of opschalen van nieuwe initiatieven.

De biomassasector in de MRA is dynamisch door de hoeveelheid nieuwe initiatieven in verschillende stadia van ontwikkeling. De doelstelling van het project is om nog in 2018 bij te dragen aan de ontwikkeling van vier verwaardingsroutes. Daarom hebben we ervoor gekozen om aan te sluiten bij nieuwe initiatieven die al in ontwikkeling zijn binnen de MRA. Gezien de doorlooptijd van het project is het ons inziens niet realistisch volledig nieuwe kansen te definiëren, waar marktpartijen en overheden nog niet mee aan het werk zijn. Rond alle kansrijke reststromen (zie hoofdstuk 2) zijn een of meerdere initiatieven actief in de MRA.

Opstellen longlist en selectie shortlist

Op basis van de inventarisaties van biomassastromen en verwerkingstechnologieën is een 'longlist' opgesteld. Hierin staan de kansen om biomassastromen in grotere volumes en op een zo hoogwaardig mogelijke manier te verwerken in de MRA. Deze kansen komen voort uit een combinatie van een kansrijke stroom (hoofdstuk 2) en een kansrijke technologie (hoofdstuk 3) of een nieuwe technologie die het mogelijk maakt de betreffende stroom hoogwaardig te verwerken (hoofdstuk 4).

Om van een longlist te komen tot een shortlist zijn de verwaardingsroutes beoordeeld op drie hoofdcriteria. Dit betreft de eerste inschatting van het economisch potentieel, de duurzaamheid en de match met de doelstelling van het project om nog dit jaar stappen te zetten naar verdere ontwikkeling van de verwaardingsroute. Op basis van deze eerste beoordeling zijn acht verwaardingsroutes geselecteerd. Voor deze routes is in meer detail gekeken naar de potentie om bij te dragen aan hoogwaardiger inzet van biomassa in de MRA. De volledige analyse en de classificatie van verwaardingsroutes die op basis daarvan is gemaakt is opgenomen in bijlage D. Op basis van de classificatie en beoordeling van mogelijke koppelkansen tussen verwaardingsroutes is tijdens een bijeenkomst met de projectgroep op 14 september 2018 een selectie gemaakt van vier routes. Deze worden verder uitgewerkt in samenwerking met marktpartijen en overheden tijdens de sessies in de tweede fase van het project.

1.3 Verwaarding van biomassa: 100% circulair in 2050

Transitieagenda Biomassa en Voedsel

De Nederlandse overheid stelt in het 'Rijksbrede programma circulaire economie' het doel een volledig circulaire economie te realiseren vóór 2050, met als tussendoelstelling 50% circulair in 2030. De provincies en gemeenten die onderdeel zijn van de MRA geven in hun beleid¹ invulling aan deze doelstelling. In de transitieagenda Biomassa en Voedsel heeft de Rijksoverheid actielijnen en doelstellingen geformuleerd voor de transitie naar een circulaire economie in deze sectoren.

Het project 'Hoogwaardige inzet van biomassa in de MRA' draagt bij aan verschillende doelstellingen uit de transitieagenda. Dit geldt met name voor de eerste actielijn, die gericht is op optimale verwaarding van biomassa.

¹ Zie o.a.: "Actieagenda Circulaire Economie 2017-2020", Provincie Noord-Holland, "Circulaire Atlas Provincie Flevoland", 2018 en "Ontwikkelplan Circulaire Economie Metropoolregio Amsterdam", 2018.

De transitieagenda signaleert twee belangrijke knelpunten voor de ontwikkeling van (de markt voor) biobased producten:

- de beperkte of zelfs ontbrekende marktvraag naar biobased producten, als gevolg van de onbekendheid in de markt en de hogere kostprijs *“fossiele grondstoffen zijn relatief goedkoop en voor de nieuwe productieprocessen moet nog een leercurve worden doorlopen). Het achterblijven van de vraag zet een rem op de ontwikkeling van biobased producten, waardoor het aanbod ook achter blijft.”*²
- De concurrentie met energietoepassingen: *“het gegeven dat de overheid vanwege het duurzame energiebeleid, biomassa wel stimuleert voor energietoepassingen, maar niet voor toepassingen in producten.”*² Hoewel het overheidsbeleid steeds meer gericht is op het eveneens stimuleren van producttoepassingen is het instrumentarium voor klimaatbeleid nog altijd dominant.

De in het project uitgevoerde inventarisatie bevestigt het beeld dat product- en grondstoftoepassingen overwegend kleinschalig zijn en vaak nog te maken hebben met een beperkte/achterblijvende marktvraag. Compostering, vergisting en verbranding met energierugwinning zijn dominante verwerkingsroutes voor biomassa. Ten opzichte van deze routes is de capaciteit voor omzetting van biomassa in biobased producten en grondstoffen voor groene chemie en farmaceutica nog vrijwel verwaarloosbaar. Hierbij zijn echter drie belangrijke positieve kanttekeningen te maken:

- Er bestaat een grote verscheidenheid aan nieuwe initiatieven in de MRA die zich richten op de (grootschalige) verwerking van biomassa tot producten en grondstoffen. Deze variëren wat betreft ontwikkelstadium van haalbaarheids- tot demonstratiefase. Een aantal van deze initiatieven verwacht binnen enkele jaren aanzienlijke volumes biomassa te kunnen gaan verwerken tot producten en/of grondstoffen;
- Grote spelers in de MRA op het gebied van verwerking van organisch afval zoals Meerlanden, Orgaworld, HVC en AEB investeren in innovatieve technologieën gericht op het genereren van meer waarde uit biomassa. Deze technologieën richten zich bijvoorbeeld op de productie van CO₂ en warmte, nascheiding van organisch materiaal uit huishoudelijk afval en hoogwaardige verwerking van specifieke groene reststromen.
- De ontwikkeling van nieuwe capaciteit voor innovatieve technologieën die zich in eerste instantie op energietoepassingen richten biedt op termijn ook perspectieven voor de productie van chemische bouwstenen. Een voorbeeld hiervan is de vergassingsinstallatie van Bio-Energy Netherlands in de Amsterdamse Haven.
- Investeren in het verbeteren van de huidige infrastructuur voor de inzameling en verwerking van biomassa voor energietoepassingen draagt in de meeste gevallen bij aan de mogelijkheid om in de toekomst geleidelijk over te schakelen naar producttoepassingen. Innovatieve verwerkingstechnieken als vergassing, pyrolyse en torrefactie zijn inzetbaar voor zowel energietoepassingen als de productie van chemische bouwstenen.

Klimaatakkoord en industrietafel

De huidige voorstellen voor het klimaatakkoord refereren ook naar de bovengenoemde transitie naar het (waar mogelijk) inzetten van biomassa als grondstof voor materialen en producten en aansluiting bij het cascadeprincipe. Bij schaarste aan duurzame biomassa ligt de prioriteit bij:

“1. De inzet van duurzame biomassa als grondstof voor materialen en producten, bijvoorbeeld ter vervanging van aardolie en aardgas in de chemische industrie. Wanneer deze materialen en producten aan

² Transitie-agenda Circulaire Economie - Biomassa en Voedsel, 2018.

het einde van hun levensduur worden gerecycled is er sprake van een nagenoeg permanente CO₂ opslag in materialen.

2. De inzet van duurzame geavanceerde biobrandstoffen voor transportmodaliteiten waarvoor nauwelijks CO₂-arme alternatieven beschikbaar zijn: met name zwaar wegtransport, lucht- en scheepvaart. Dit wordt beschouwd als een overbruggingsoptie, zolang er geen andere opties zijn die inzet van biomassa in deze sectoren overbodig maken.”

Vanuit de klimaattafel streeft men ernaar duurzame biomassa op termijn zo min mogelijk (rechtstreeks) in te zetten voor energietoepassingen. Inzet van biomassa is onderwerp van debat. Er is verschil in inzicht in criteria voor duurzame biomassa, de beschikbaarheid van voldoende duurzame biomassa en de potentiële emissiereductie. Als gevolg daarvan bevatten de voorstellen voor het klimaatakkoord nog geen duidelijke, breed gedragen suggesties. Er is een taakgroep ingesteld die nagaat of er gedeelde uitgangspunten kunnen worden benoemd die hiervoor als basis kunnen dienen.

Biomassabeleid MRA

Ook binnen de MRA worden – refererend aan het belang van biomassa als energiedrager - zorgpunten gesignaleerd rond de duurzame inzet van biomassa. De hoogwaardige en duurzame inzet van biomassa is een prominent thema binnen het portefeuillehouderoverleg MRA Duurzaamheid.

De aanbevelingen uit hoofdstuk 6 van dit rapport beogen een bijdrage te leveren aan het formuleren van beleid op het gebied van biomassa.

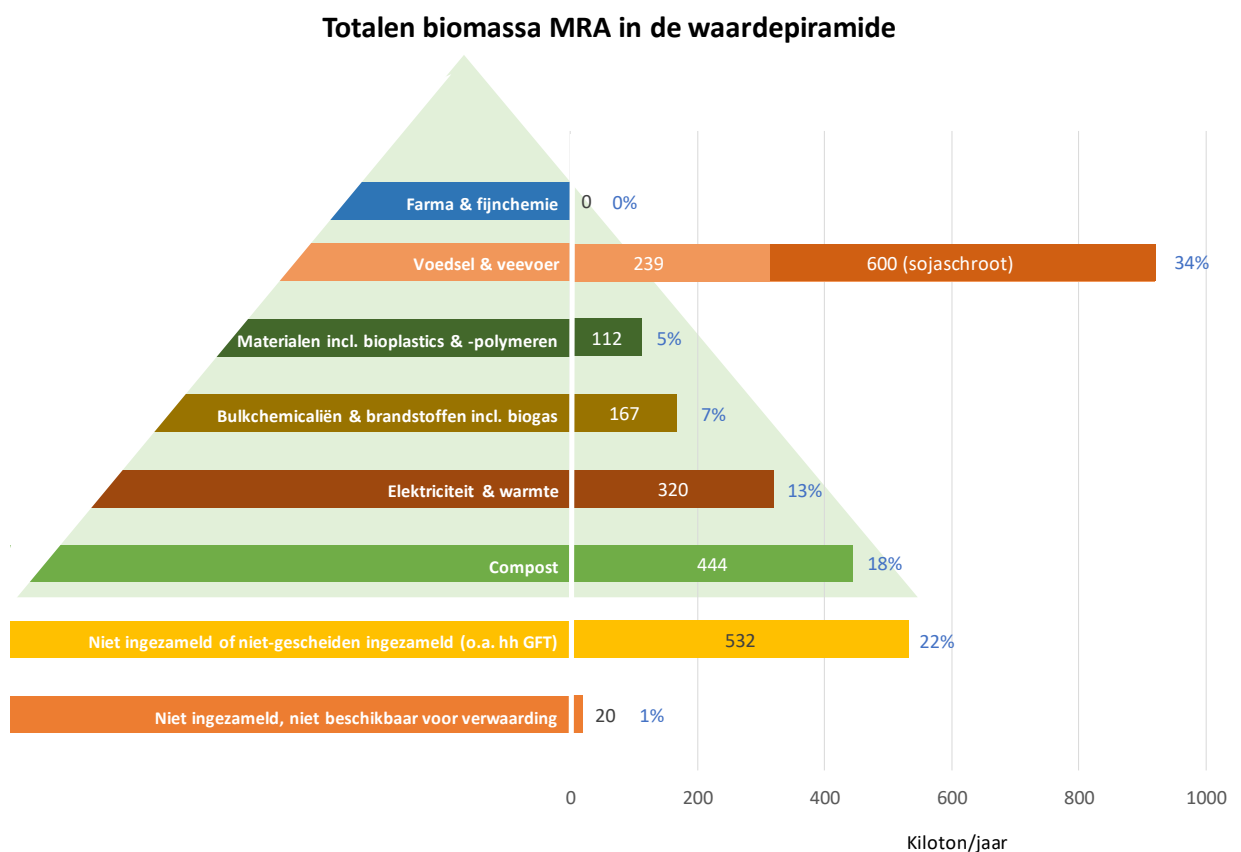
2. Inventarisatie biomassastromen MRA

2.1 Totaal volume biomassa MRA en belangrijkste stromen per verwerkingsroute

In de MRA komt jaarlijks in totaal circa 2,4 miljoen ton biomassa vrij uit primaire (landbouw, beheer natuurgebieden en openbare ruimte), secundaire (productieafval) en tertiaire (bij de eindgebruiker vrijkomende) reststromen. Het overgrote deel (77%) wordt op dit moment al gescheiden ingezameld en ingezet als grondstof voor materialen of energie. De overige 23% bestaat voornamelijk uit organisch bedrijfs- en huishoudelijk afval, dat met het restafval wordt verwerkt in afvalenergiecentrales.

Het onderstaande figuur geeft de biomassastromen in de MRA naar huidige verwerkingsroute weer. De getallen in de gekleurde balken geven voor elk niveau in de piramide het volume biomassa weer in kton/jaar. Bijvoorbeeld: een volume van 839 kton/jr, waarvan 600 kton sojaschroot, vindt een bestemming als grondstof voor de voedingsmiddelen- of veevoerindustrie. De percentages geven het relatieve aandeel in het totaal weer (bijvoorbeeld: 5% van alle biomassa wordt ingezet als grondstof voor materialen). Gedetailleerde cijfers per biomassastroom zijn opgenomen in bijlage A, tabel 1 en in de infographics op blz. 12, 15 en 17 van dit rapport.

De biomassastroom die (nog) niet gescheiden wordt ingezameld, is terug te vinden onder 'niet (gescheiden) ingezameld, beschikbaar'. Die stroom bevat voornamelijk GFT en betreft in totaal 532 kton. Een relatief beperkt deel van de jaarlijks in de MRA geproduceerde biomassa is niet beschikbaar als grondstof/energiebron ('niet ingezameld, niet beschikbaar voor verwaarding'). In sommige gevallen wordt het achtergelaten op landbouwgrond of in natuurgebieden om de bodemgesteldheid op peil te houden. In andere gevallen vereist wetgeving een specifieke verwerking.



Figuur 1 Totaal biomassastroom in de MRA naar inzet (niveau waardepiramide)

Hoewel deze figuur een hoog aandeel nuttig (her-)gebruik suggereert, laat de figuur ook zien dat een aanzienlijk deel van de biomassa naar relatief laagwaardige toepassingen als compostering, verbanding en vergisting gaat. Voor bulkstromen zoals GFT blijft compostering en vergisting ook nog zeker 5-10 jaar een belangrijke verwerkingsroute. De opbouw van capaciteit voor alternatieve (hoogwaardigere) technologieën is ingezet, maar bevindt zich nog in het beginstadium (zie ook het volgende hoofdstuk).

Er is een aanzienlijk potentieel voor hoogwaardiger inzet van biomassa. Dit betekent het (voor een groter deel) inzetten van een biomassastroom op een hoger niveau in de waardepiramide. Daarnaast zijn er mogelijkheden reststromen binnen hetzelfde niveau van de waardepiramide hoogwaardiger in te zetten, zowel qua duurzaamheid als economie.

2.2 Stromen die potentieel hoogwaardiger of in grotere volumes kunnen worden ingezet

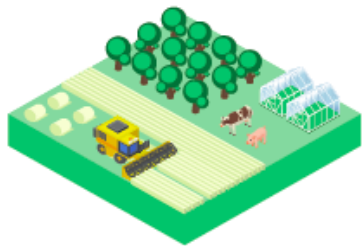
De volgende paragrafen beschrijven de biomassastromen die in potentie in een groter volume en/of hoogwaardiger inzetbaar zijn. Hierbij gaat het om gescheiden ingezamelde stromen of stromen die relatief eenvoudig / met beperkte kosten beschikbaar te maken zijn en waarvoor hoogwaardige verwerkingsmogelijkheden zijn in de MRA. De stromen zijn onderverdeeld in primaire, secundaire en tertiaire reststromen.

Elke paragraaf begint met een infographic die de stromen en huidige toepassingen in beeld brengt. In deze figuren is aan de linkerkant voor ieder biomassastroom het totale vrijkomende volume in ton/jaar weergegeven, en is aangegeven wat de huidige bestemming van deze stroom is. Aan de rechterkant van de figuren is weergegeven wat de totale volumes zijn die naar elk van de toepassingen gaan (eveneens in ton/jaar).

BIOMASSASTROMEN IN DE MRA

in ton/jaar

* In ton droge stof



I. Primaire bijproducten

1.1 Reststromen landbouw en bosbouw

- Stro/andere droge gewasbijproducten
- Graszaadhooi *
- Natte gewasresten *
- Houtige biomassa uit fruit- en boomteelt
- Mest *

21.000

4.500

38.550

2.700

109.000



1.2 Reststromen natuurbeheerders

- Gras uit natuurterreinen
- Houtige biomassa van landschapsbeheerders

27.900

14.625

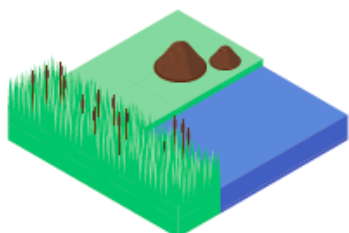


1.3 Reststromen gemeentelijk groenbeheer

- Bermgras uit gebouwde omgeving
- Houtige biomassa uit gebouwde omgeving

53.700

5.500



1.4 Reststromen watergangbeheerders

- Riet
- Overige reststromen van waterwegen

2.190

4.200

Toepassingen



Compostering

155.634



Verbranding met energierecuperatie

42.884



Vergisting

2.778



Bulkchemie en brandstoffen



Voedsel en feed

3.825



Materialen inclusief bioplastics en biopolymeren



Niet Ingezameld :
- niet beschikbaar
- wel beschikbaar voor verwerking

19.398



59.347

2.2.1 Primaire reststromen: reststromen uit landbouw, natuur-, groen- en waterbeheer

Natte gewasresten landbouw (totaal 38,5 kton, beschikbaar voor hoogwaardiger inzet 25,8 kton)

Van de natte gewasresten blijft een aanzienlijk deel achter op het land. Slechts 2,8 kton wordt afgevoerd en gecomposteerd. Van het resterende deel is naar schatting ongeveer 23 kton beschikbaar als oogstbare biomassa. De overige 12,7 kton dient achter te blijven om nutriënten en bodemkoolstof aan te vullen. Het huidig gecomposteerde deel en de nog oogstbare biomassa is beschikbaar voor hoogwaardiger inzet, bijvoorbeeld voor terugwinning van eiwitten, suikers en mineralen via bioraffinageprocessen. Een kanttekening hierbij is dat het om een diffuse stroom gaat, die verspreid en soms in kleine hoeveelheden vrijkomt. Gewasresten die in grotere (homogene) volumes vrijkomen zullen in het algemeen makkelijker / tegen lagere kosten kunnen worden verzameld. In Flevoland zijn dat bijvoorbeeld reststromen van de suikerbieten- en aardappelteelt³.

Bermgras en natuurgas uit beheer openbare ruimte/natuurgebieden (53,7 kton / 27,9 kton)

Uit onderhoud van bermen komt in de MRA jaarlijks circa 53,7 kton bermgras vrij, dat nu nog wordt gecomposteerd. Daarnaast is circa 27,9 kton beschikbaar aan gemaaide grassen uit natuurterreinen. Deze stromen zijn eventueel te vergroten door aanpassing van het beheer. Voor deze stromen is veel belangstelling, onder andere als grondstof voor de productie van papier/karton, plaat- en isolatiemateriaal, strooizout en biocomposieten. Deze initiatieven bevinden zich echter nog in vroege ontwikkelstadia en/of zijn kleinschalig. De route naar isolatiemateriaal beoogt echter op termijn een aanzienlijke stroom (50 kton) te gaan verwerken.

Houtige biomassa van landschapsbeheerders en groenbeheer gebouwde omgeving (20,1 kton)

Uit natuurbeheer en beheer van openbaar groen komt respectievelijk 14,6 en 5,5 kton houtige biomassa vrij. Deze stroom wordt momenteel deels gecomposteerd en deels verbrand met energiet terugwinning. Initiatieven waarbij deze stroom in beeld is focussen zich onder andere op de productie van pellets en andere biobrandstoffen. Hierdoor kan het een stap omhoog maken in de waardepiramide. Inzet van innovatieve thermische verwerkingsmethoden als vergassing en torrefactie biedt perspectieven om naast energie ook chemische bouwstenen uit deze stroom te produceren, met een hogere economische- en duurzaamheidswinst als gevolg. Een andere economisch interessante verwaarderingsroute is het (op grotere schaal) hoogwaardig inzetten van stamhout, onder andere door Staatsbosbeheer in samenwerking met Zagerij.Amsterdam en Kwintes en door Spaarnelanden in samenwerking met Nederlands Hout.

Biomassa uit beheer watergangen (4,2 kton)

Woekerende waterplanten leveren in toenemende mate problemen op voor recreatie en scheepvaart en worden om die reden uit watergangen verwijderd. Het ontwikkelen van toepassingen voor deze stroom levert een bijdrage aan kostenreductie voor noodzakelijk waterbeheer. Deze stroom kan dienen als input voor papierproductie, biocomposieten en bioraffinageprocessen. Onderzoek van Stowa⁴ laat zien dat zowel kostenbesparing als duurzaamheidswinst⁵ te behalen is wanneer men zowel vezels, eiwitten als suikers uit de waterplanten terugwint. Door ontbrekende verwerkingscapaciteit en wisselende kwaliteit van deze biomassaastroom is de business case in de praktijk vaak nog niet rendabel. Met de vezels kunnen onder andere papier en biocomposieten worden geproduceerd. Naast waterplanten komt riet vrij uit watergangen, dat ook kan dienen als feedstock voor biocomposieten. Inzameling is echter in de meeste gevallen niet rendabel door het verspreid vrijkomen van deze stroom.

³ Circulaire Atlas Provincie Flevoland, 2018.

⁴ Waarde halen uit groenresten waterbeheer, Stowa, 2017

⁵ In het onderzoek van Stowa is duurzaamheid beoordeeld op basis van bijdrage aan reductie van de uitstoot van broeikasgassen en sluiting van de mineralenkringloop.

Miscanthus (1,6 kton)

In de Schipholregio vindt de teelt van Miscanthus of Olifantsgras plaats, met als hoofddoel de luchtveiligheid te verbeteren door ganzen te weren. De helft van het geoogste gewas komt als bedding in stallen terecht en de andere helft in materialen (lichtgewicht beton in bioplastics). Om meer opbrengst te genereren zijn een aantal andere toepassingen in ontwikkeling. Een voorbeeld hiervan is de productie van papier en biodisposables, die vervolgens weer in te zetten zijn op Schiphol.

BIOMASSASTROMEN IN DE MRA

in ton/jaar



2. Secundaire bijproducten

2.1 Reststromen houtbedrijven

- Schoon resthout uit de houtindustrie

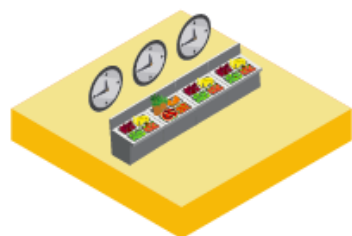
20.000



2.2 Reststromen VGI

- Reststromen uit de voedings- en genotmiddelenindustrie

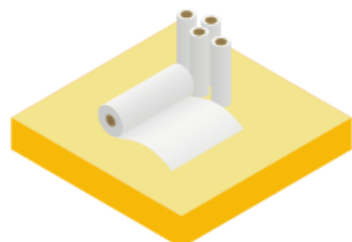
1.050.988



2.3 Reststromen veilingen

- Vellingafval

13.100



2.3 Reststromen papierindustrie

- Organisch slib

954



Toepassingen



122.127

Compostering



12.394

Verbranding met
energie terugwinning



44.135

Vergisting



53.619

Bulkchemie en
brandstoffen



835.076

Voedsel en feed



12.000

Materialen inclusief
bioplastics en
biopolymeren



Niet ingezameld :
- niet beschikbaar
- wel beschikbaar
voor verwaarding



5.691

2.2.2 Secundaire reststromen: productieafval van hout-, voedingsmiddelen en papierindustrie

Schoon resthout (totaal 20 kton, 6-8 kton naar energietoepassingen)

Bij de houtverwerkende industrie komt circa 20 kton houtafval vrij van onder andere zaagresten en zaagsel. Ongeveer 12 kton wordt verkocht als strooisel voor dierhouderijen, 6 kton wordt verwerkt in brandstofpellets en de resterende 2 kton wordt direct ingezet voor energie of verwerkt in producten als plaatmateriaal. Deze stroom is in te zetten voor de productie van chemische bouwstenen, bijvoorbeeld in combinatie met energie door middel van een thermische verwerkingsstap zoals vergassing of torrefactie.

Reststromen VGI (1.051 kton, circa 110 kton naar compostering)

Deze categorie reststromen vormt een groot volume, waarvan een groot deel van de inzet al hoogwaardig is. 79% (835 kton) dient als (grondstof voor) voedingsmiddelen/veevoer. De grootste mono-stroom binnen deze stroom is sojaschroot (circa 600 kton), ingezet als veevoeder. Deze stroom is in de bron die wij hanteerden (Welink, 2015) opgenomen als reststroom van de productie van sojaolie (het totale volume geïmporteerd soja wordt voor 20% verwerkt tot sojaolie, hierbij komt een reststroom van 80% sojaschroot vrij). Vanwege de omvang en de hoogwaardige inzet van beide stromen kan ook gesteld worden dat bedrijven in deze sector, zoals Bunge, sojaolie en grondstof voor veevoer produceren.

De circa 10% (110 kton) van de reststromen VGI die nu nog dient als compost is mogelijk hoogwaardiger inzetbaar voor bijvoorbeeld grondstoffen voor chemie/voedingsmiddelen. Daarnaast hebben mono-stromen als cacaodoppen en schoon snijafval van groenten en fruit de aandacht van initiatieven in de MRA (QuisQuiliae, ChainCraft).

Veilingafval (13,1 kton)

Bij Royal FloraHolland komt jaarlijks een stroom van 13,1 kton bloemen- en plantenresten vrij. Deze stroom is in beeld als inputstroom voor een geplande nieuwe vergistingsinstallatie die warmte en CO₂ moet gaan leveren aan tuinbouwers. Royal FloraHolland en Milgro verkennen daarnaast mogelijkheden om eiwitten te winnen uit deze biomassastroom.

BIOMASSASTROMEN IN DE MRA

in ton/jaar

* In ton droge stof



3. Tertiaire bijproducten

3.1 Afvalhout

- Afvalhout huishoudens
- Afvalhout bedrijven

59.350
266.000



3.2 GFT

- GFT huishoudens
- GFT en swll bedrijven

369.697
326.000



3.3 Biomassa uit afvalwaterzuivering

- Zuiveringsslib RWZI *
- (eindbestemming, 50% wordt eerst vergist)

40.825

Toepassingen



Compostering

165.868



Verbranding met
energielevering

264.851



Vergisting

66.578



Bulkchemie en
brandstoffen



Voedsel en feed



Materialen inclusief
bioplastics en
biopolymers

97.605



Niet ingezameld :
- niet beschikbaar
- wel beschikbaar
voor verwerking

853



466.117

2.2.3 Tertiaire reststromen: na gebruik vrijkomende reststromen

Afvalhout van bedrijven en consumenten (325,3 kton, 209 kton naar energie)

Deze stroom bestaat uit A, B en C-hout. A-hout is schoon, onbehandeld hout en B-hout is verlijmd, geveerd of gelakt hout. C-hout is verduurzaamd hout behandeld met (chemische) stoffen / impregneermiddelen. Ongeveer 8,2% van de totale stroom is C-hout (26,7 kton), dat uitsluitend verbrand mag worden in daarvoor geschikte installaties. Het A- en B-hout (298,6 kton) komt grotendeels terecht bij de energieopwekking. Het overige deel gaat naar materiaaltoepassingen, zoals de productie van plaatmaterialen en pallets.

GFT van huishoudens en bedrijven (696 kton, potentieel nog gescheiden in te zamelen: 248 kton)

Dit is de grootste stroom biomassa die potentieel beschikbaar is voor hoogwaardigere inzet, maar nog niet gescheiden wordt ingezameld. Door middel van nascheiding haalt AEB naar verwachting vanaf dit jaar nog 105 kton organisch materiaal uit het restafval. Dit deel wordt gedroogd en omgezet in brandstof (biogranulaat). De Gemeente Amsterdam start (opnieuw) met gescheiden inzamelen, in eerste instantie in het oostelijke deel van de stad. Voor brongescheiden GFT is nog capaciteit beschikbaar in vergistingsinstallaties in de MRA. In theorie kan nog maximaal circa 248 kton extra GFT brongescheiden worden ingezameld. Dit heeft uiteraard consequenties voor de hoeveelheid ONF die door middel van nascheiding terug te winnen is.

Zuiveringsslib (138 kton totaal / 41 kton d.s.⁶)

Het afvoeren en laten verwerken van zuiveringsslib vormt een aanzienlijke kostenpost voor de waterschappen en is een potentiële bron van fosfaatwinning. Het slib bevat circa 30-40 gram fosfaat per kg en de concentratie loopt op door verbranding van het slib. Slibas bestaat gemiddeld voor 9% uit fostaat. Verschillende initiatieven richten zich op het efficiënter verwerken van het slib en het terugwinnen van waardevolle grondstoffen / nutriënten. Er zijn verschillende innovatieve technologieën in ontwikkeling om deze stroom te verwerken, onder andere torrefactie en superkritisch vergassen.

Zeefgoed/cellulose uit afvalwater (1,3 kton d.s.)

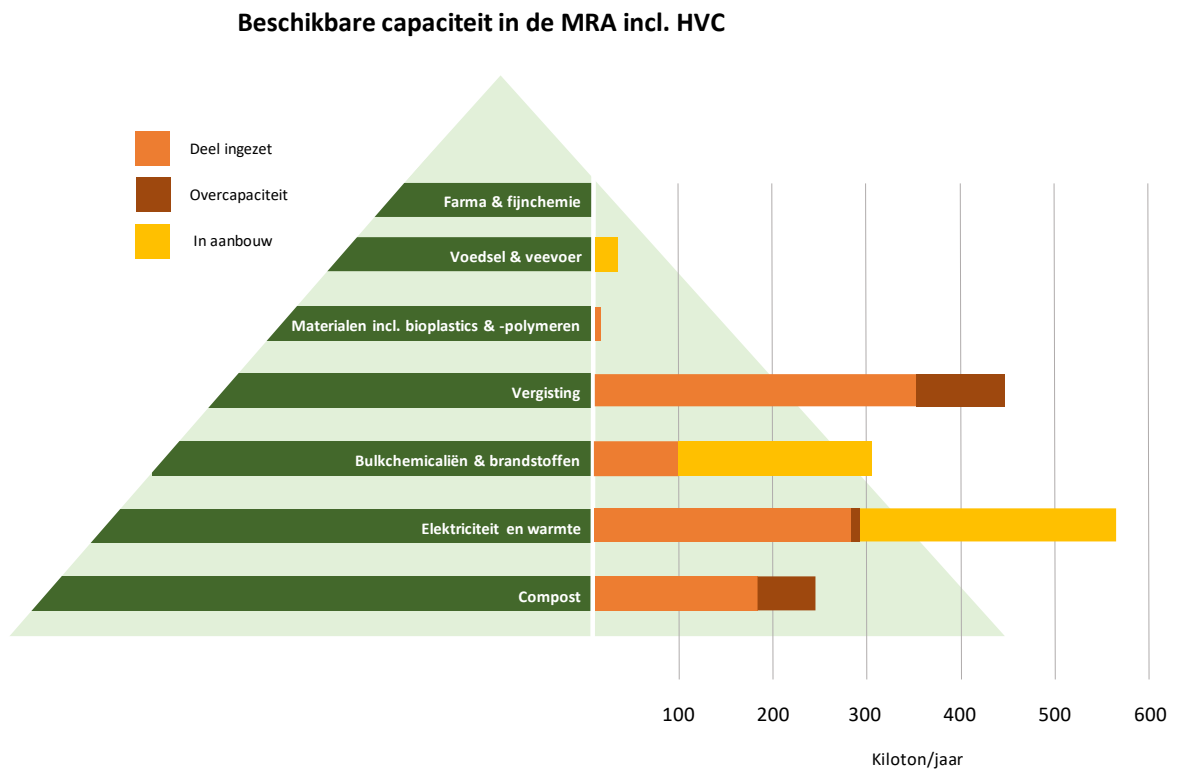
Een andere reststroom die vrijkomt bij enkele RWZI's is zeefgoed, cellulose uit WC-papier. Door het plaatsen van een zeefinstallatie kan de capaciteit van de RWZI met circa 10% omhoog. In de MRA beschikken de RWZI's Beemster en Hilversum over een zeefinstallatie. In totaal gaat het om circa 3,5 kton cellulose (circa 1,3 kton d.s., 37%) die als gescheiden, min of meer homogene stroom vrijkomt en verschillende toepassingen heeft. Deze stroom kan in principe worden gewonnen bij elke RWZI. Vanwege de aanzienlijke investering in een zeefinstallatie die daarvoor nodig is, zal dit uitsluitend worden gedaan uit oogpunt van capaciteitsuitbreiding. De winning van cellulose levert op dit moment naar verwachting nog geen grote kostenreductie op.

De biomassastromen die in dit hoofdstuk zijn beschreven bieden vanuit oogpunt van volume, kwaliteit / homogeniteit en huidige bestemming perspectieven voor hoogwaardiger inzet. Bij de selectie van kansrijke verwaarderingsroutes in hoofdstuk 6 is aangesloten op het verwerken van deze biomassastromen.

⁶ Droge stof: in dit rapport, in de figuren en bijlagen worden hoeveelheden biomassa weergegeven zoals dat in de markt / gebruikte bronnen gebruikelijk is, in totale massa (voor relatief droge stromen) of in massa droge stof (d.s.) voor relatief natte stromen.

3. Verwerkingscapaciteit biomassa MRA

In de onderstaande figuur is de capaciteit voor verwerking van biomassa in de MRA weergegeven per niveau in de waardepiramide. Hierbij is ook de verwerkingscapaciteit van HVC meegenomen die buiten de regio ligt (Bio-Energie Centrale en vergisting Middenmeer), aangezien een aanzienlijk deel van de biomassa verwerkt op deze locaties afkomstig is uit de MRA.



Figuur 2 Verwerkingscapaciteit voor biomassa in de MRA inclusief HVC

Deze figuur geeft uitsluitend de capaciteit weer die volledig gericht is op verwerking van biomassa. De Afval-Energie Centrale van AEB (AEB AEC) is om die reden niet opgenomen, hoewel men hier een aanzienlijke stroom organisch materiaal verbrandt. De organische natte fractie (ONF) uit de nascheiding van AEB is overigens wel opgenomen onder brandstoffen. Deze stroom wordt gedroogd tot biogranulaat en ingezet als brandstof. Daarnaast is de Bio-Energie Centrale die bij AEB (AEB BEC) wordt gebouwd opgenomen in de gele balk: "capaciteit in aanbouw".

De figuur laat zien dat er nog nauwelijks capaciteit beschikbaar is voor de verwerkingsroute naar materialen. Een kanttekening daarbij is dat in dit figuur niet de stromen zijn meegenomen die rechtstreeks als grondstof worden ingezet in een eindproduct of productieproces. Dit betreffen vooral producten uit resthout, zoals houtvezels en zaagsel die maneges en andere dierhouderijen gebruiken als strooisel. Ook gaat het om reststromen uit de VGI-sector, die (in sommige gevallen rechtstreeks) als veevoer dienen.

De volgende paragrafen bevatten een overzicht van de geïnstalleerde capaciteit van verschillende verwerkingstechnologieën voor biomassa in de MRA per technologie. Hierbij komt tevens – indien dit bekend is - de overcapaciteit aan bod. Ook de verwachtingen ten aanzien van de toekomstige capaciteit komen naar voren, onder andere gebaseerd op de uitbreidingsplannen en nieuwe installaties.

3.1 Compostering (238 kton/jr)

De totale capaciteit in de MRA voor composteren van groene reststromen is ongeveer 238 kton/jaar. Naar verwachting zal deze technologie nog zeker 10 jaar een belangrijk deel van de organische reststromen verwerken. Ontwikkelrichtingen die nu al ingezet worden met betrekking tot het hoogwaardiger inzetten van reststromen binnen deze verwerkingsroute zijn:

- Opwerken van compost door toevoeging van nutriënten en schimmelculturen tot hoogwaardig(er) bodemverrijker, bijvoorbeeld voor specifieke bomen- en plantensoorten.
- Het scheiden bij inzameling van deelstromen (bijvoorbeeld brood, citrusvruchten en groenten) die een groot volume vertegenwoordigen en/of die in inzetbaar zijn in een hoogwaardigere verwerkingsroute. Dit is met name een optie bij grotere stromen die bij bedrijven vrijkomen.

3.2 Elektriciteit en warmte (292 kton/jr: beschikbaar 15 kton/jr, in aanbouw 270 kton/jr)

Installaties die specifiek (houtachtige) biomassa verbranden voor energieopwekking zetten circa 122 kton biomassa per jaar in. In de MRA zijn dat de installatie van Nuon in Lelystad (22 kton resthout) en de installatie van Stadsverwarming Purmerend (100 kton houtsnippers). Daarnaast verbrandt de Bio-energie Centrale (capaciteit 170 kton) van HVC in Alkmaar resthout dat voor een deel afkomstig is uit de MRA. De verbrandingscapaciteit voor biomassa in AVI's zoals de Afval Energie Centrale van AEB in Amsterdam, is niet meegenomen, omdat deze capaciteit niet specifiek op biomassa gericht is. Voor verbranding is momenteel in de MRA circa 15 kton/jr capaciteit beschikbaar (excl. eventuele ruimte bij AVI's).

Bij AEB is een Bio-EnergieCentrale in aanbouw waar 110 kton snoei- en afvalhout zal worden verwerkt, afkomstig uit een straal van maximaal 150 km rond Amsterdam. Nuon is voornemens een biomassacentrale te bouwen in Diemen, met een capaciteit van ca. 120 kton houtpellets, voornamelijk afkomstig uit import. Tot slot bouwt Bio-Energy Netherlands een vergasser in de Amsterdamse Haven met een capaciteit van circa 40 kton/jr voor rest- en afvalhout. Deze vergasser gaat warmte en elektriciteit produceren en in een later stadium bouwstenen voor de chemie. De totale capaciteit voor energie en warmte in aanbouw is daarmee aanzienlijk, ca. 270 kton/jr.

3.3 Vergisting (443 kton/jr: beschikbaar 50 kton/jr, in haalbaarheidsfase 70 kton/jr.)

In de MRA zijn vier grote vergistingsinstallaties operationeel:

- Meerlanden (Rijsenhout, capaciteit 55 kton/jr)
- Orgaworld (Lelystad, capaciteit 30 kton/jr en Amsterdam, 120 kton/jr)
- Groen Gas Fabriek Almere (40 kton/jr).

Daarnaast is de vergister van HVC te Middenmeer (88 kton/jr) opgenomen in het overzicht, wederom omdat de verwerkte biomassa (groten)deels afkomstig is uit de MRA. Bij de waterschappen is 110 kton/jr. capaciteit beschikbaar voor de vergisting van zuiveringsslib.

In de MRA is nog circa 50 kton/jr. capaciteit beschikbaar bij de huidige installaties (Orgaworld en Meerlanden). Er is derhalve nog capaciteit beschikbaar die bijvoorbeeld inzetbaar is voor verwerking van aanvullende stromen brongescheiden GFT. Ook bij de waterschappen is sprake van overcapaciteit, welke echter niet of nauwelijks inzetbaar is voor andere stromen. Daarnaast is er mogelijk sprake van uitbreiding. Meerlanden onderzoekt momenteel in samenwerking met Wagro, Bloc en Royal FloraHolland de haalbaarheid van een vergister met een capaciteit van circa 70 kton/jr. die warmte en CO₂ kan gaan leveren aan tuinbouwers. Hierbij gaat het om stromen die nu nog worden gecomposteerd en door middel van vergisting hoogwaardiger in te zetten zijn.

3.4 Verwerking tot biobrandstoffen (100 kton/jr, in aanbouw 205 kton/jr)

Voor de productie van biobrandstoffen wordt op het moment jaarlijks circa 100 kton biomassa ingezet. Biodiesel Amsterdam zet dit om in circa 125 mln. liter biodiesel. De recente aankoop van een biodieselininstallatie door Greenenergy in de Amsterdamse Haven zal ongeveer een verdubbeling van de productie gaan betekenen (capaciteit in aanbouw voor biodiesel: 100 kton/jr input). Ook de productie van biogranulaat voor energie door AEB uit de nagescheiden ONF-fractie valt onder deze stroom (omvang 105 kton/jr).

Enkele grote spelers in de markt (HVC, Meerlanden en AEB) zijn van plan droogcapaciteit voor biomassa te realiseren. Eén van de doelen is het (efficiënter) produceren van pellets en andere brandstofproducten. (zie ook het volgende hoofdstuk). De vraag naar droogcapaciteit leeft op meer plekken, want ook kleinere initiatieven geven aan behoefte te hebben aan droogcapaciteit. Het doel is biomassa efficiënter te kunnen vervoeren en inzetten of een stap in een bewerkingsproces, bijvoorbeeld het drogen van hout voor materiaaltoepassingen. De beschikbaarheid van (rest-)warmte is van essentieel belang voor de economische haalbaarheid en duurzaamheid van te realiseren van droogcapaciteit.

3.5 Inzet voor productie materialen incl. bioplastics/biocomposieten (0,3 kton, schaalbaar)

Er worden in de MRA nog geen grote volumes biomassa toegepast in materialen, zoals bioplastics en biocomposieten. Het bedrijf Biobound in Cruquius verwerkt circa 300 ton Miscanthus in lichtgewicht beton. Plantics en NPSP produceren respectievelijk thermoset bioplastics en biocomposieten, maar beide bedrijven verwerken momenteel nog kleine volumes biomassa (circa 1 ton/jr). Dit komt door de achterblijvende vraag naar biobased producten. Een belangrijke oorzaak hiervan is het prijsverschil met concurrerende producten die geproduceerd zijn met relatief goedkope fossiele grondstoffen.

3.6 Hergebruik als grondstof voor groene chemie/voedingsmiddelen (20 kton in aanbouw)

Bij ChainCraft in Amsterdam is een demoplant in ontwikkeling die jaarlijks circa 20-25 kton groene reststromen kan verwerken tot 1.000 ton/jr vetzuren. Deze vetzuren vinden vooral een toepassing in diervoeders. Na succesvolle demonstratie wil het bedrijf direct opschalen naar commerciële schaal. Het gaat dan om een vergroting van een factor 10 tot 20, bepaald op basis van de demonstratiefase. De bouw van deze plant zal naar verwachting in 2021-2022 plaatsvinden.

Samenvattend: de wat betreft capaciteit dominerende verwerkingstechnologieën zijn vergisting, compostering en verbranding. De uitbreiding van capaciteit die momenteel in ontwikkeling is richt zich, vanuit de optiek van de duurzaamheidspiramide, vooral op de niveaus elektriciteit/warmte en brandstoffen (in totaal ruim 370 kton/jaar: 100 kton biodiesel, 270 kton houtige biomassa voor energie bij AEB, Nuon en Bio-Energy Netherlands). Een aanzienlijk aantal nieuwe initiatieven (zie het volgende hoofdstuk) richt zich op terugwinnen van materialen en grondstoffen, de huidige capaciteit voor deze toepassingen is echter nog zeer beperkt.

4. Innovatieve verwaardingsroutes voor biomassa in de MRA: longlist

Onderstaande tabel bevat een overzicht van innovatieve verwaardingsroutes voor biomassa in de MRA. Deze 'longlist' van kansen komt voort uit de inventarisatie van biomassastromen, beschikbare technologieën en nieuwe initiatieven. Deze routes zijn in verschillende stadia van ontwikkeling en zijn door betrokken marktpartijen en/of overheden geïdentificeerd als kansrijke initiatieven om meer waarde uit biomassastromen te halen. De tabel beschrijft kort in welk ontwikkelstadium het initiatief nu is en wat (mogelijke of geplande) vervolgstappen zijn. In de bijlagen van dit rapport staan uitgebreidere beschrijvingen van de initiatieven (in de derde kolom wordt verwezen naar de betreffende paragraaf). Wij hebben uit deze longlist een shortlist geselecteerd door de initiatieven te beoordelen op economisch perspectief, duurzaamheid en match met de projectdoelstellingen, de systematiek en uitkomst van de beoordeling volgt in hoofdstuk 5.

Verwaardingsroute	Biomassastroom	Ontwikkelstadium / vervolgstappen	Bijlage
1. Composteren			§
Composttypen voor specifieke bomen- en plantensoorten	GFT, reststromen groenbeheer	Succesvolle proef revitalisering bomen. Mogelijke volgende stap: inventariseren marktvraag composttypen andere plant-/boomsoorten.	B.1.1
Mono-stromen uit grote GFT-stroom houden	GFT, reststromen groenbeheer	Uit oogpunt van primair proces (efficiënter composteren) of potentieel hoogwaardiger inzet meer stromen aan de bron scheiden, b.v. brood, citrusschillen en grotere stromen groenten en fruit.	B.1.3
2. Elektriciteit en warmte			
ONF fractie nascheiden/uit te verbranden stroom houden	Organische fractie restafval	Nascheiding organische fractie huishoudelijk afval, sinds eind 2017 in bedrijf genomen bij AEB, toepassing materiaal nog in ontwikkeling, zie onder 4. Biobrandstoffen.	B.2.1/ B.4.3
3. Vergisten			
Nuttig inzetten reststroom olie uit vergisting citrusschillen	GFT	Succesvol ingezet als brandstof onkruidbestrijding. Mogelijke volgende stap: onderzoek / ontwikkeling hoogwaardige inzet terpenen en andere bestanddelen van de olie (markt-/productontwikkeling).	B.3.1
Leveren van warmte en CO ₂ aan glastuinbouw	GFT, veilingafval, reststromen tuinbw.	Momenteel wordt hiervoor een haalbaarheidsstudie uitgevoerd (conceptversie beschikbaar). Vervolgstap afhankelijk van uitkomst studie.	B.3.1
4. Biobrandstoffen			
Drogen en pelletiseren van biomassa ONF (AEB)	Organische fractie restafval	Grote verwerkers van biomassa overwegen specifieke biomassastromen te drogen en om te zetten in brandstofpellets. Evt. te realiseren droogcapaciteit zou – indien overcapaciteit wordt gerealiseerd – tevens kunnen worden aangeboden aan andere partijen die biomassa verwerken en een droogstap in het proces hebben of een efficiënter logistiek systeem kunnen realiseren door drogen van biomassa. De combinatie met innovatieve thermische verwerkingsroutes als vergisting en torrefactie biedt het perspectief op termijn ook chemische bouwstenen te produceren uit deze biomassastromen.	B.4.3
Drogen en pelletiseren houtig snoeiafval (HVC)	Reststromen groenbeheer		B.4.3
Drogen snoei-, tuinbouwafval, bermgras (Meerlanden)	Reststromen groenbeheer		B.4.3
Innovatieve thermische verwerkingsroutes brandstofproductie	Diverse stromen, zuiveringsslib	Pyrolyse: nog geen capaciteit operationeel, testfaciliteit Moerdijk in ontwikkeling. Torrefactie homogene biomassastromen op demoschaal gevalideerd. Torwash® op pilotschaal getest (RWZI Almere).	B.4.4 B.4.5
Implementatie vergassingsinstallatie Bio Energie Netherlands	Rest- en afvalhout	In aanbouw, eind 2018 operationeel. Vervolgstap (gepland) ontwikkeling mogelijkheden bouwstenen chemie te produceren.	B.4.6

Superkritisch vergassen – SCW Systems / HHNK	O.a. natte biomassa-stromen (mest, slib)	Eerste industriële installatie in voorbereiding. Testen en verkennende gesprekken voor verwerking van geschikte reststromen, o.a. zuiveringsslib.	B.4.7
5. Materiaalhergebruik			
Stamhout - SBB, Zagerij.Amsterdam, Spaarnelanden, Nederlands Hout	Reststromen natuur- en groenbeheer	Verkoop (producten van) stamhout door SBB in samenwerking met Zagerij.Amsterdam en Kwintes (Almere), en een vergelijkbaar initiatief van Nederlands Hout in samenwerking met Spaarnelanden. Mogelijke vervolgstap: opschalen door betere inpassing in beheer en vergroten capaciteit.	B.5.9
Vezelversterkte composieten, toepassing vezels uit grasachtige gewassen en waterplanten - NPSP	Reststromen water- en groenbeheer	Nieuwe producten in ontwikkeling in samenwerking met verschillende inzamelaars/verwerkers biomassa. Mogelijke vervolgstap: inzetten op toepassingen waar biocomposieten (hoogste) meerwaarde hebben. Ontwikkeling 100% biobased producten.	B.5.1
Composiet/biopolymeren - Plantics	Reststromen groenbeheer	Produceert momenteel op ton-schaal thermoset bioplastics uit glycol, citroenzuur en vezelmateriaal. Dit vezelmateriaal kan afkomstig zijn uit verschillende organische reststromen.	B.5.2
Productie van papier uit waterplanten - Grondstoffen Collectief Almere	Reststromen waterbeheer	Nuttige toepassing van biomassa die verwijderd wordt om watersport te faciliteren, maar de marktvraag blijft achter bij de verwachtingen. Mogelijke vervolgstap: marktontwikkeling, ontwikkelen andere toepassingen uit waterplanten, combinatie met andere technologieën (b.v. raffinage).	B.5.4
Eierdozen - Newfoss / Huhtamaki	Natuurgras	Eierdozen commercieel in productie. Andere producten o.b.v. (berm)gras in ontwikkeling (zie onder).	B.5.5
Isolatieplaten- HbA, NH, FL, RWS, ZZ, Newfoss	Bermgras	Technische haalbaarheidsstudie (Grassbloxxx) naar verwachting afgerond okt./nov. 2018. Vervolgstap afhankelijk van uitkomst. Indien positief kan hier in de sessies in fase 2 van het project op aangesloten worden.	B.5.6
Karton / verpakkingen – NewFoss, Parenco, Millvision	Natuur- en bermgras	Er zijn belangrijke stappen gedaan naar inzet van bermgras in productie van papier voor kartonproductie. Er is echter nog aanzienlijke ontwikkeltijd nodig voor inpassing in het reguliere productieproces van Parenco. Volgende stap: ontwikkeling gericht op kwaliteitsverbetering en kostenreductie.	B.5.6
Hoogwaardig toepassen Olifantsgras Miscanthus Groep, Biobound, NPSP	Miscanthus	Belangrijkste huidige materiaaltoepassing Miscanthus is vezelversterkt beton van Biobound. Mogelijke volgende stap: verbreden markt, ontwikkelen nieuwe producten en toepassingen.	B.4.7
Inzet afvalhout in materialen en producten	Afvalhout (A- en B-hout)	Initiatieven voor de inzet van afval-/sloophout in materialen (plaat- en isolatiematerialen) en eindproducten, zoals meubels, straatmeubilair en plantenbakken. Route wordt momenteel verkend in project 'Nieuwe circulaire verdienmodellen binnen de MRA bouw & sloop en e-waste'. Mogelijke vervolgstap: ondersteunen casus door identificeren koppelkansen vanuit biomassanetwerk.	A.4
Houtvezelversterkte composieten - Den Ouden	Afvalhout (A- en B-hout)	Enkele demoproducten geproduceerd, techniek is beschikbaar - marktvraag is echter onvoldoende volgens producent. Mogelijke vervolgstap: marktvraag in kaart brengen/productontwikkeling in samenwerking met potentiële afnemers.	B.5.3
Asfalt - cellulosevezels RWZI	Cellulosevezels RWZI	Succesvolle proef met toepassing als afdruiptremmer in asfalt. Mogelijke volgende stap: onderzoek naar verbeteren business case / reguliere levering aan asfaltproducenten.	B.4.8
PLA uit cellulosevezels RWZI, Attero / HHNK, Stowa	Cellulosevezels RWZI	Verwaardingsroute is onderzocht in LIFE project. Dit project is recent afgerond, PLA route levert geen goede business case op, alternatieve routes worden verkend.	B.4.8

6. Hergebruik als grondstof voor chemie/food-feed			
Avantium - glucose uit houtsnippers	Reststromen natuurbeheer	In juni 2018 is gestart met de bouw van een demoplant in Delfzijl. Na succesvolle demonstratie is opschaling voorzien.	B.6.7
Strooizout uit gras - Grass2Grit	Bermgras	Succesvolle proef uitgevoerd. Volgende stap: route wordt ontwikkeld in LIFE-project (gestart in juni 2018).	B.6.2
Bouwstenen chemie - Waste 2 Aromatics / Biorizon	Mest, primair slib	Technologieontwikkeling voor bouwstenen chemie, vroege ontwikkelfase. Veelbelovende routes (o.a. omzetten van mest/primair slib via furanen naar aromaten) worden nader onderzocht).	B.6.8
Vetzuren voor food/feed - Chaincraft	Reststromen VGI (groente en fruit)	Demo-installatie in commissioning fase, eind 2018 operationeel. Zowel toelevering als afzet al zeker gesteld. Full-scale installatie gepland voor 2021-2022. Mogelijke vervolgstap: voorbereiden sourcing voor installatie op industriële schaal.	B.6.1
PLA uit organische reststromen - Corbion	Reststromen VGI	Grote speler op gebied van PLA. Vooralsnog wordt nog geen gebruik gemaakt van reststromen, deze route is in ontwikkeling. Mogelijke volgende stap: onderzoek naar beschikbaar maken geschikte grote, homogene reststroom.	B.6.9
Voedingsstoffen/eiwitten als grondstoffen feed/food (QuisQuiliae)	Reststromen VGI	Ontwikkelstadium: aantrekken van financiering voor pilotplant. Volgende stap: ontwikkeling van specifieke ingrediënten op basis van mono-stromen VGI. Vervolgens terugwinning van eiwitten.	B.6.4
Nuttig inzetten olie uit citrusschillen (HVC, TNO)	GFT	Bijproduct vergisting (vergelijkbare stroom als citrusbrandstof Meerlanden). Volgende stap (al gepland): verwaardingsopties onderzoeken (projectvoorstel HVC/TNO).	B.3.1, B.3.2
Etherische oliën / vezels uit citrusschillen - PeelPioneers	GFT, reststromen VGI	Productie etherische oliën uit mono-stroom citrusschillen. Volgende stap: bouw van een pilotplant, vervolgens productie (etherische oliën, vezels), later ook chemische bouwstenen.	B.6.3
PHA uit GFT	GFT	Het toepassen van GFT als inputstroom voor PHA is technisch mogelijk, maar is nog in een vroeg ontwikkelstadium, heeft nog circa 5 jaar ontwikkeltijd nodig.	B.6.6
Eiwitten uit groenresten en GFT (Royal FloraHolland, Milgro, AEB, Orgaworld)	GFT, veilingafval	Verschillende initiatieven gericht op terugwinnen van eiwitten, onder andere via insectenkweek. Toepassing stuit in sommige gevallen op regelgeving. Mogelijke volgende stap: nieuwe lokale waardeketen voor proteïneproductie.	B.6.4
Grondstoffen voor kunstmest: slibassen	Zuiveringsslib	Toepassing slibassen is technisch mogelijk. Grootschaliger inzet vergt zuiveringsstap. Mogelijke volgende stap: identificeren / ontwikkelen technologie voor verwijdering zware metalen.	B.6.5
PHA zuiveringsslib	Zuiveringsslib	PHA uit zuiveringsslib op pilotschaal aangetoond, er is financiering nodig voor opschaling en afnemers/toepassing van het GFT.	B.6.6
Eiwitten uit zuiveringsslib (Waternet)	Zuiveringsslib	Aangetoond op labschaal, nog in vroeg ontwikkelstadium. Pilot moet uitwijzen of opschaling mogelijk is.	B.6.4
Grondstoffen voor kunstmest: struviet	Restromen waterzuivering	Struviet toepassing operationeel, echter nog niet storingsvrij. Mogelijke volgende stap: oplossen technische issues, vervolgens evt. opschalen (uitbreiden met andere stromen).	B.6.5

Tabel 1 Nieuwe verwaarderingsroutes biomassa in de MRA (longlist)

5. Kansrijke verwaardingsroutes voor biomassa in de MRA: shortlist

Om van de longlist uit het vorige hoofdstuk naar een shortlist te komen is allereerst bekeken hoe de verwaardingsroutes aansluiten op de beschikbare biomassastromen en zijn koppelkansen tussen verschillende stromen en initiatieven geïdentificeerd. We hebben de combinaties van biomassastromen, technologieën en initiatieven vervolgens beoordeeld op drie hoofdcriteria: economisch perspectief, duurzaamheid en match met de projectdoelstellingen. De beoordeling is gemaakt op basis van de informatie uit het onderzoek (desk research en gesprekken met marktpartijen). Resultaat van de beoordeling is een shortlist die bestaat uit acht verwaardingsroutes. In dit hoofdstuk worden de beoordelingsmethodiek en de shortlist van acht geselecteerde routes kort toegelicht.

Criteria

De beoordeling is gebaseerd op de volgende criteria:

Overwegingen shortlist	Criteria en korte toelichting
Economisch potentieel	Marktvraag: eerste inschatting van de mate waarin er een concrete (en voldoende grote) marktvraag bestaat naar product(en) van de verwaardingsroute. Waarde: inschatting of in de nieuwe verwaardingsroute een hogere marktprijs kan worden gerealiseerd ten opzichte van de bestaande verwerking van de biomassastroom, ofwel een kostenreductie haalbaar is.
Duurzaamheid	- Kan een stap (of zelfs meerdere stappen) omhoog gemaakt worden in de waardepiramide? (zie bijlage D.2 voor een nadere uitleg met betrekking tot de waardepiramide). Zijn er andere substantiële duurzaamheidsimpacts? - Zijn er mogelijkheden tot cascadering / nuttige toepassing van het eindproduct na de gebruiksfase?
Kunnen er stappen worden gezet door middel van de sessies in fase 2?	Time to market - fase waarin het initiatief zich nu bevindt en de geplande of mogelijke volgende actie om de verwaardingsroute marktrijp te maken. Commitment van marktpartijen in de MRA.

Tabel 2 Overwegingen bij selectie verwaardingsroutes voor de shortlist

De 37 verwaardingsroutes uit Tabel 1 (de longlist) zijn allen beoordeeld op de bovenstaande zes hoofdcriteria. Hierbij is tevens gekeken naar mogelijkheden om verwaardingsroutes te combineren. Het resultaat hiervan is de selectie van acht verwaardingsroutes die het best scoren op de bovenstaande criteria:

- Terugwinnen van fosfaten uit afvalwater / RWZI-slib;
- Terugwinnen van eiwitten en vetzuren uit schone, groene reststromen;
- Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT), waarbij het mogelijk is aan te sluiten bij eerdere ontwikkelingen, waaronder de inzet van 'citrusbrandstof' voor onkruidbestrijding door Meerlanden);
- Opschalen lokale houtproductie: winning en toepassing van stamhout in combinatie met hoogwaardige verwerkingsroutes voor tak- en tophout, met koppelkansen naar route 5;
- Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA;
- Hoogwaardige inzet bermgras voor onder andere de productie van isolatieplaten (Grassbloxxx);
- Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten;
- Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed (in combinatie met innovatieve verwerkingsroutes voor zeefgoed in ontwikkeling bij TNO / Biorizon).

Tabel 11 van de bijlagen bevat het totale overzicht, gevolgd door een korte toelichting op de acht geselecteerde routes. De acht verwaardingsroutes zijn vervolgens gerangschikt op basis van een nadere analyse van economisch potentieel en duurzaamheidsimpacts, opgenomen in bijlage E.

In de volgende paragrafen zijn de verwaardingsroutes kort beschreven.

Hierbij is voor twee routes een splitsing gemaakt:

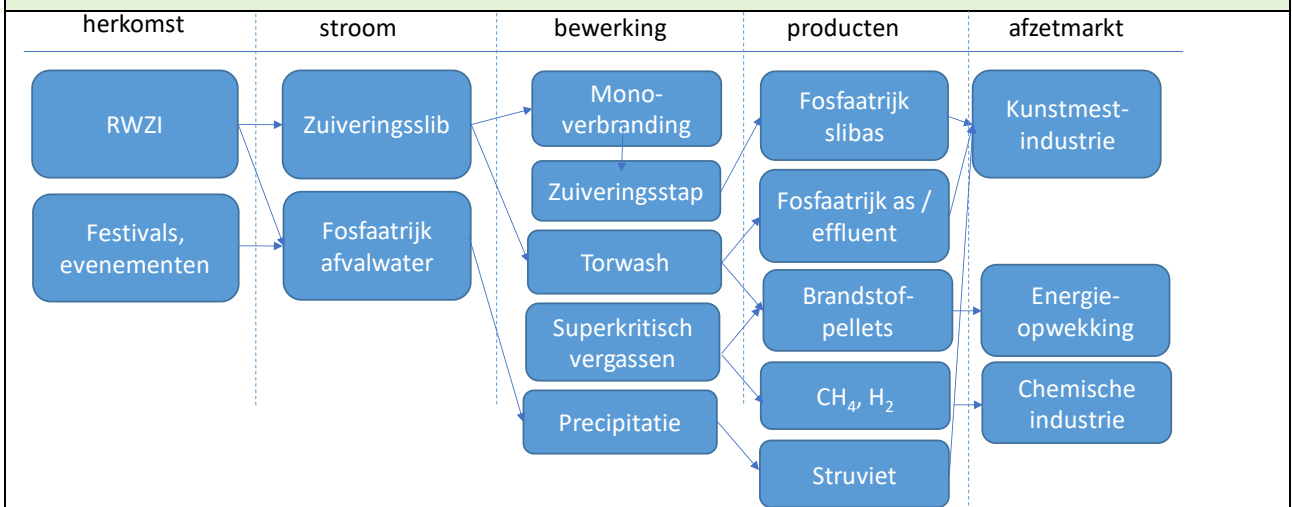
- De tweede route, de productie van grondstoffen voor food/feed uit groene reststromen, is opgesplitst in de terugwinning van eiwitten en de productie van vetzuren.
- Bij de vierde route 'opschalen lokale houtproductie' is onderscheid gemaakt tussen de route van het stamhout en de route van het tak- en top hout.

De beschrijvingen voor deze stromen geven ook een schets van het ontwikkelingsperspectief van de verwaardingsroute weer indien dit relevant is. Dit ontwikkelingsperspectief is met name relevant wanneer op korte termijn een energietoepassing wordt voorzien, met als langetermijnperspectief de terugwinning van grondstoffen, bijvoorbeeld voor de chemische- of voedingsmiddelenindustrie.

Een veelbelovende technologie in dat opzicht is vergassing. Deze technologie komt terug in route 1 en route 4. Route 1 gaat om het superkritisch vergassen van zuiveringsslib. Route vier betreft het vergassen van houtige biomassastromen, met energieopwekking op korte termijn en de productie van chemische bouwstenen op de lange termijn.

De samenvattingen laten voorbeelden van organisaties zien die een rol kunnen spelen in de verwaardingsroutes of al betrokken zijn bij de realisatie. Deze voorbeelden zijn illustratief en niet limitatief, in veel gevallen zijn andere partijen in of buiten het MRA-gebied ook actief zijn in het ontwikkelen van deze verwaardingsroutes.

5.1 Terugwinnen van fosfaten uit afvalwater / RWZI-slib



Waternet, HHNK, Zuiderzeeland en AGV

SNB, ECN, UvA, SCW, Rock Solid

ICL, energiesector, chemie

Korte beschrijving

Zuiveringsslib heeft een hoog fosfaatgehalte en is daarom in beeld bij de kunstmestindustrie als grondstof als alternatief voor fosfaaterts. Fosfaaterts is namelijk eindig en brengt aanzienlijke milieu-impacts met zich mee. Er is een zuiveringsstap nodig voor het verwijderen van verontreinigingen, met name van zware metalen. Het door ECN ontwikkelde Torwash proces biedt mogelijkheden om fosfaat uit zuiveringsslib terug te winnen. Een andere – in deze route mee te nemen – innovatieve technologie voor verwerking van zuiveringsslib is superkritisch vergassen, toegepast door SCW Systems.

Economisch perspectief

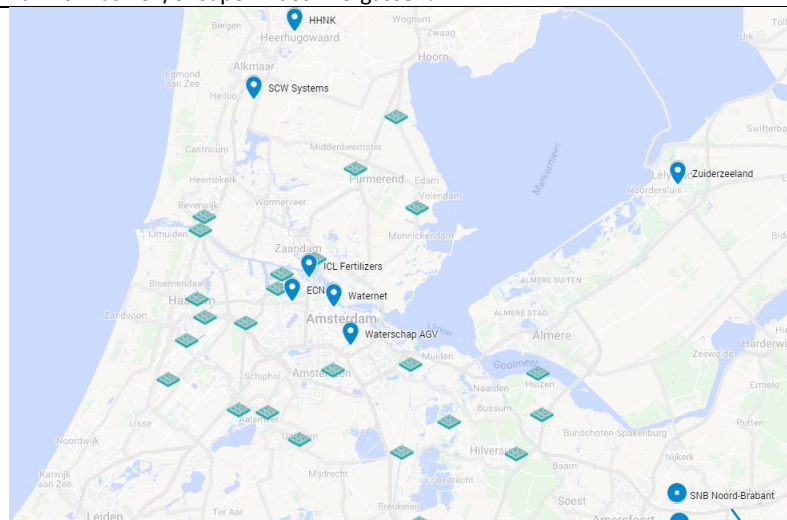
Voor de Waterschappen is de verwerking van zuiveringsslib een aanzienlijke kostenpost. De terugwinning en afzet van fosfaat reduceert deze kosten. Voor de kunstmestindustrie levert deze route naar verwachting op termijn eveneens een kostenreductie en betere beschikbaarheid van grondstoffen op.

Duurzaamheid

Winning en toepassing van fosfaaterts brengt negatieve milieu-impacts met zich mee. De toepassing van slibas als grondstof heeft naar verwachting een positieve milieu-impact. Kunstmest wordt momenteel geproduceerd uit fosfaaterts, wat een eindige en schaarse grondstof is en op de lijst 'Critical Raw Materials' van de Europese Unie staat.

Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

De volgende stap is het in kaart brengen van de mogelijke toepassingen en business cases voor zuiveringstechnologieën van slibas en/of het Torwash proces. Welke praktische belemmeringen spelen er op dit moment bij de terugwinning en toepassing van fosfaat en wat zijn mogelijke oplossingsrichtingen? Daarnaast moet het lange-termijn perspectief geschetst worden. Welke innovatieve technologieën komen in de toekomst beschikbaar voor P-terugwinning en wat zijn de randvoorwaarden voor de inzet van Torwash en/of superkritisch vergassen?

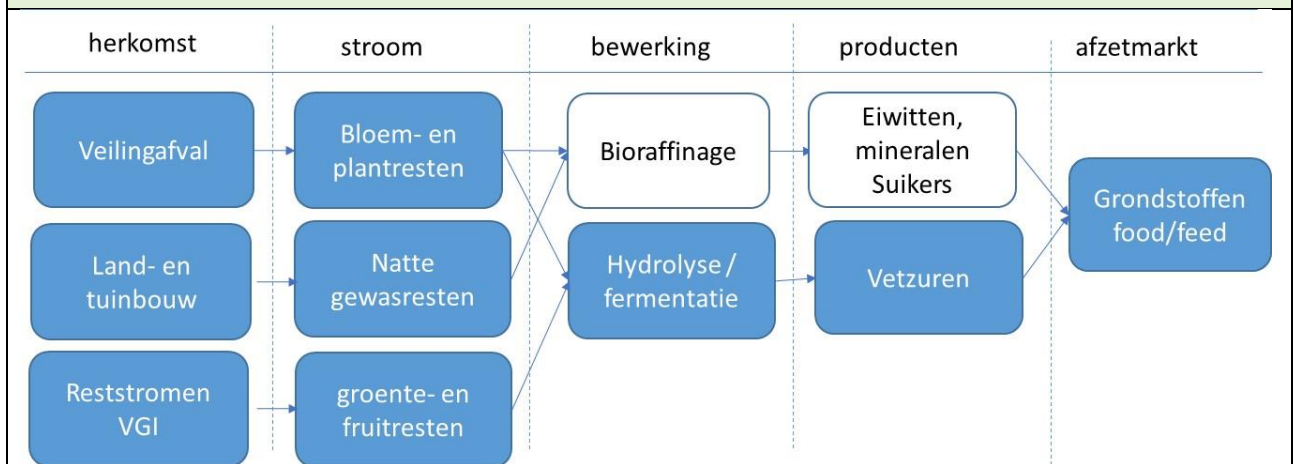


5.2 Schone, groene reststromen

5.2.1 Terugwinnen van eiwitten



5.2.2 Schone, groene reststromen II: terugwinning van vetzuren



Royal FloraHolland, agrarische sector, VGI (b.v. Hessing), inzamelaars, b.v. Orgaworld

ChainCraft

Voedingsmiddelen, diervoeders

Korte beschrijving

Dit is een hoogwaardige verwerkingsroute voor homogene, relatief schone, groene reststromen tot grondstoffen voor de voedingsmiddelenindustrie, diervoederindustrie en eventueel de chemiesector door de productie van vetzuren. De demonstratieinstallatie van ChainCraft is momenteel in de opstartfase en de sourcing en afzet zijn hiervoor al zeker gesteld. Volgens de planning wordt al binnen 2-3 jaar opschaling voorzien (10-20 voudige capaciteit). Gezien de mogelijke concurrentie op de feedstock wordt verkend of afstemming nodig/mogelijk is met andere toepassingen.

Economisch perspectief

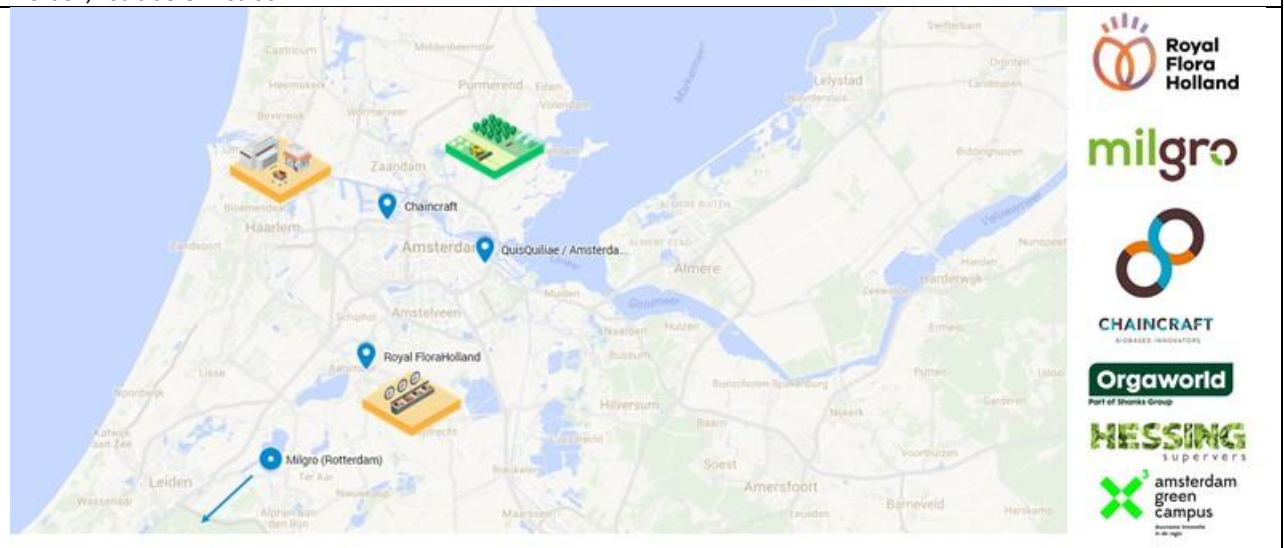
Dit is een potentieel economisch zeer interessante verwaardingsroute(s) gezien de relatief hoge marktwaarde van de geproduceerde vetzuren.

Duurzaamheid

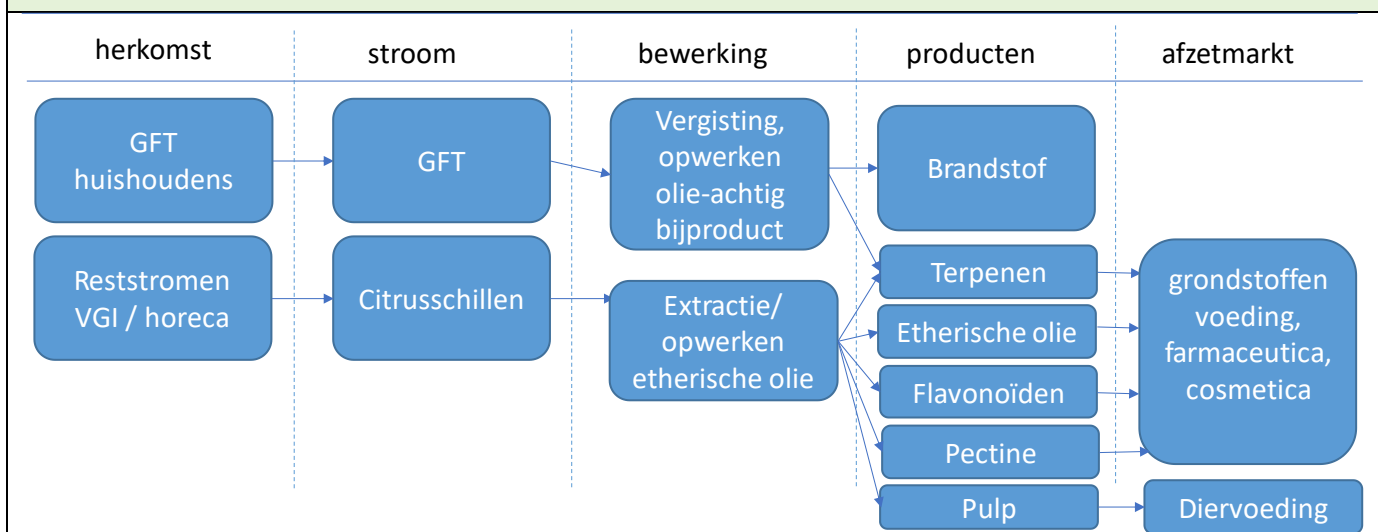
Ook vanuit het perspectief van de duurzaamheidspiramide is deze route hoogwaardig. De route sluit aan bij het principe van cascadering.

Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

De volgende stap is overleg over sourcing en koppelmogelijkheden met andere initiatieven die zich richten op schone reststromen uit onder andere de VGI-sector. Ook kunnen de mogelijkheden / randvoorwaarden voor inzet van andere stromen verkend worden, zoals de GFT-stroom.



5.3 Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT)



GFT inzamelaars, o.a.: Orgaworld/Renewi, HVC, Meerlanden

PeelPioneers, TNO

o.a. Tristar, Soop, Ruik

Korte beschrijving

PeelPioneers is een startup die citrusschillen verwerkt tot etherische oliën en citruspulp. De oliën zijn toepasbaar in voedingsmiddelen, schoonmaakproducten en cosmeticaproducten. Daarnaast ontstaat er bij dit proces citruspulp dat toepasbaar is in diervoeding. GFT-inzamelaars hebben een olieachtige reststroom uit de vergisting waaruit vergelijkbare stoffen kunnen worden gewonnen.

Economisch perspectief

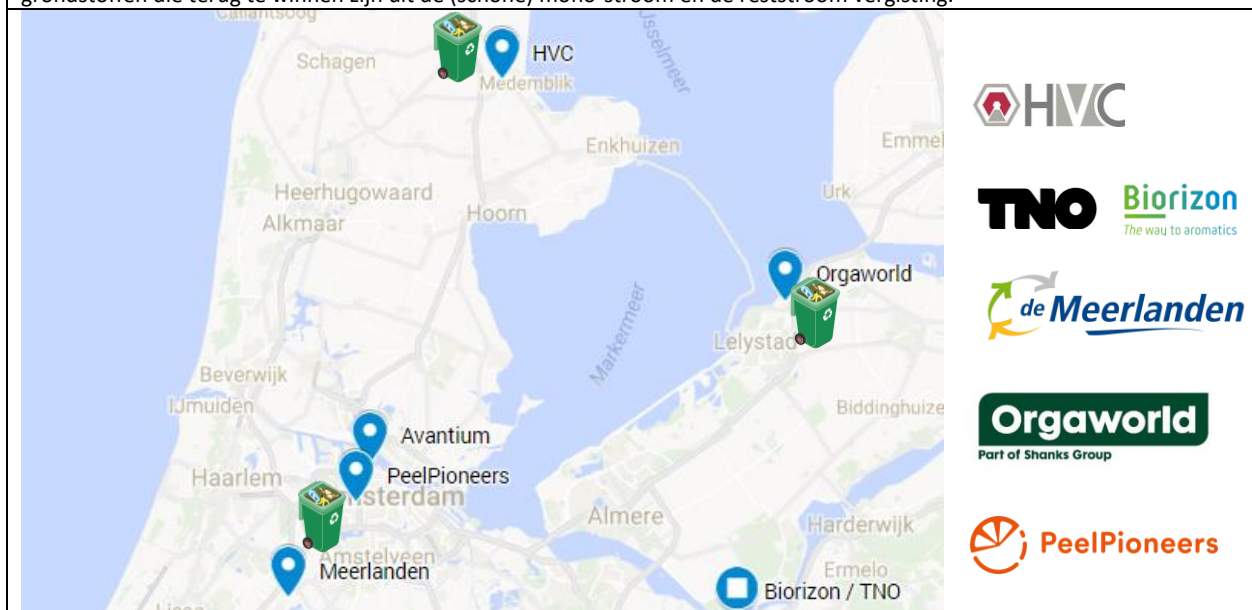
De stroom is nu onderdeel van de GFT-inzameling en is een kostenpost voor ontdoeners. Teruggewonnen grondstoffen zijn potentieel zeer waardevol. De route sluit tevens aan bij het streven van inzamelaars om waardevolle mono-stromen buiten de GFT-stroom te houden / separaat te verwerken.

Duurzaamheid

De terugwinning van grondstoffen voor voedselproductie en farmaceutica uit GFT betekent een stap van het onderste naar het hoogste niveau van de waardepiramide. Cascadering: teruggewonnen grondstoffen komen terug in de organische reststroom na gebruik.

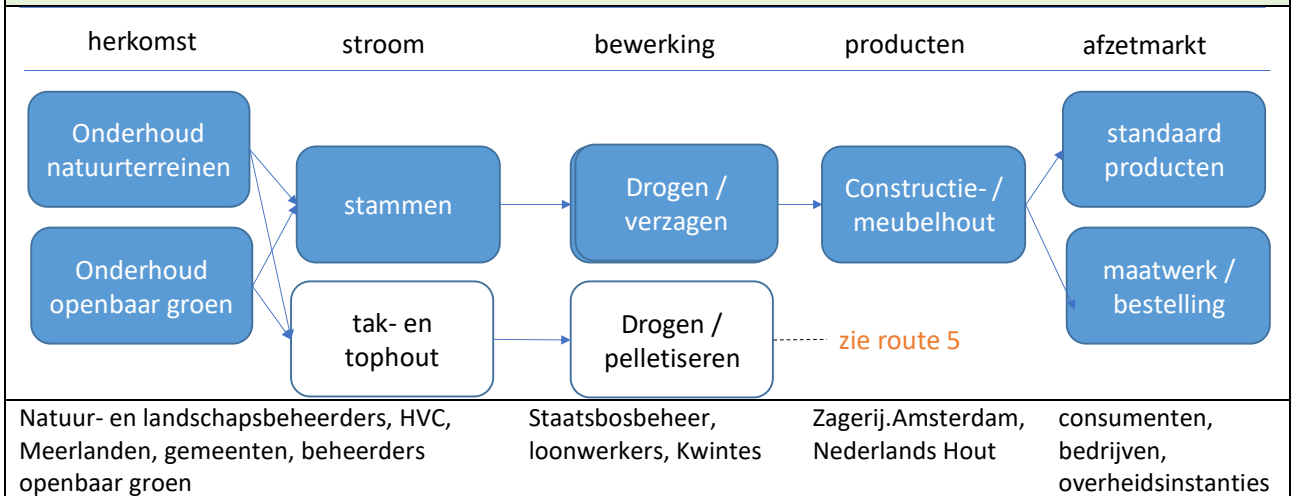
Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

De terugwinning van waardevolle stoffen uit de reststroom vergisting vergt nog een ontwikkelstap (project HVC/TNO). Parallel hieraan zijn verkenningen mogelijk naar de separate inzameling van schillen in grote volumes bij ontdoeners. Dit zijn bedrijven die sinaasappels verwerken en bijvoorbeeld grote horecaondernemingen. Daarnaast is afstemming nodig over de toepassingsmogelijkheden voor grondstoffen die terug te winnen zijn uit de (schone) mono-stroom en de reststroom vergisting.



5.4 Opschalen lokale houtproductie

5.4.1 Stamhout als hoogwaardig zaaghout



Korte beschrijving

Het beheer van openbaar groen is ingericht op het afvoeren van reststromen en niet op het beschikbaar maken van grondstoffen in een zo hoog mogelijke kwaliteit. Bomen die gerooid worden als onderdeel van regulier onderhoud vervallen doorgaans aan de aannemer en worden niet structureel als zaaghout ingezet. Bij natuurbeheerders (met name SBB) is deze afzetmogelijkheid al wel nadrukkelijk in beeld. Staatsbosbeheer en Zagerij.Amsterdam werken sinds enige tijd samen aan de verwaarding van stamhout (Lokaal inzetten van stamhout als hoogwaardig zaaghout en in producten, b.v. meubels, schuttingdelen, buitenmeubilair). Er is geïnvesteerd in een mobiele zaaginstallatie en de samenwerking met Kwintes is gezocht. Deze partij begeleidt mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt en levert een deel van de werknemers.

Economisch perspectief

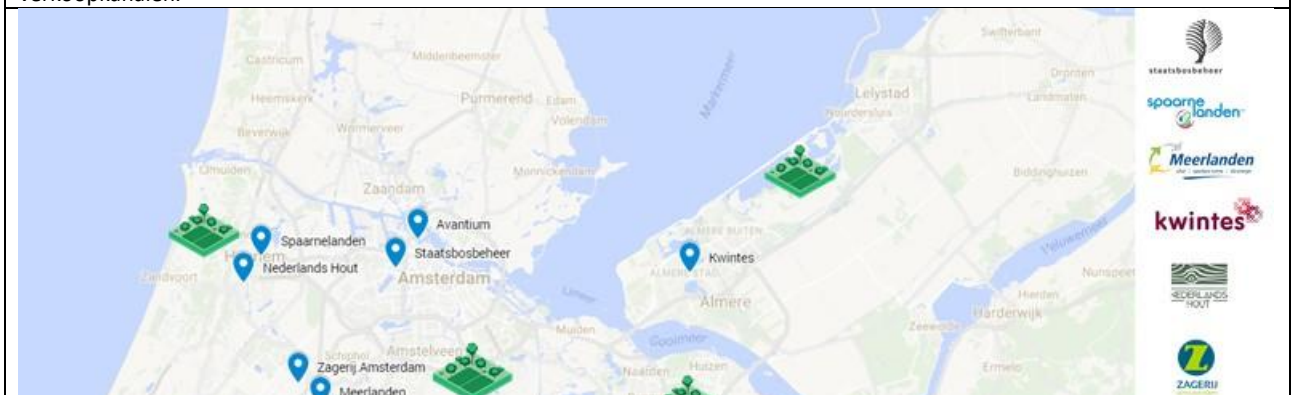
In economisch opzicht is deze route veruit de meest hoogwaardige toepassing van de reststromen van Staatsbosbeheer. Kwalitatief hoogwaardig stamhout heeft een hoge marktwaaarde. Door toepassing van dunningshout uit groenbeheer is een concurrerende prijs mogelijk t.o.v. vergelijkbare kwaliteiten hout. Het toepassen van lokaal hout waarvan de herkomst bekend is, zoals in de initiatieven van Zagerij.Amsterdam en Nederlands Hout, kan een meerwaarde opleveren.

Duurzaamheid

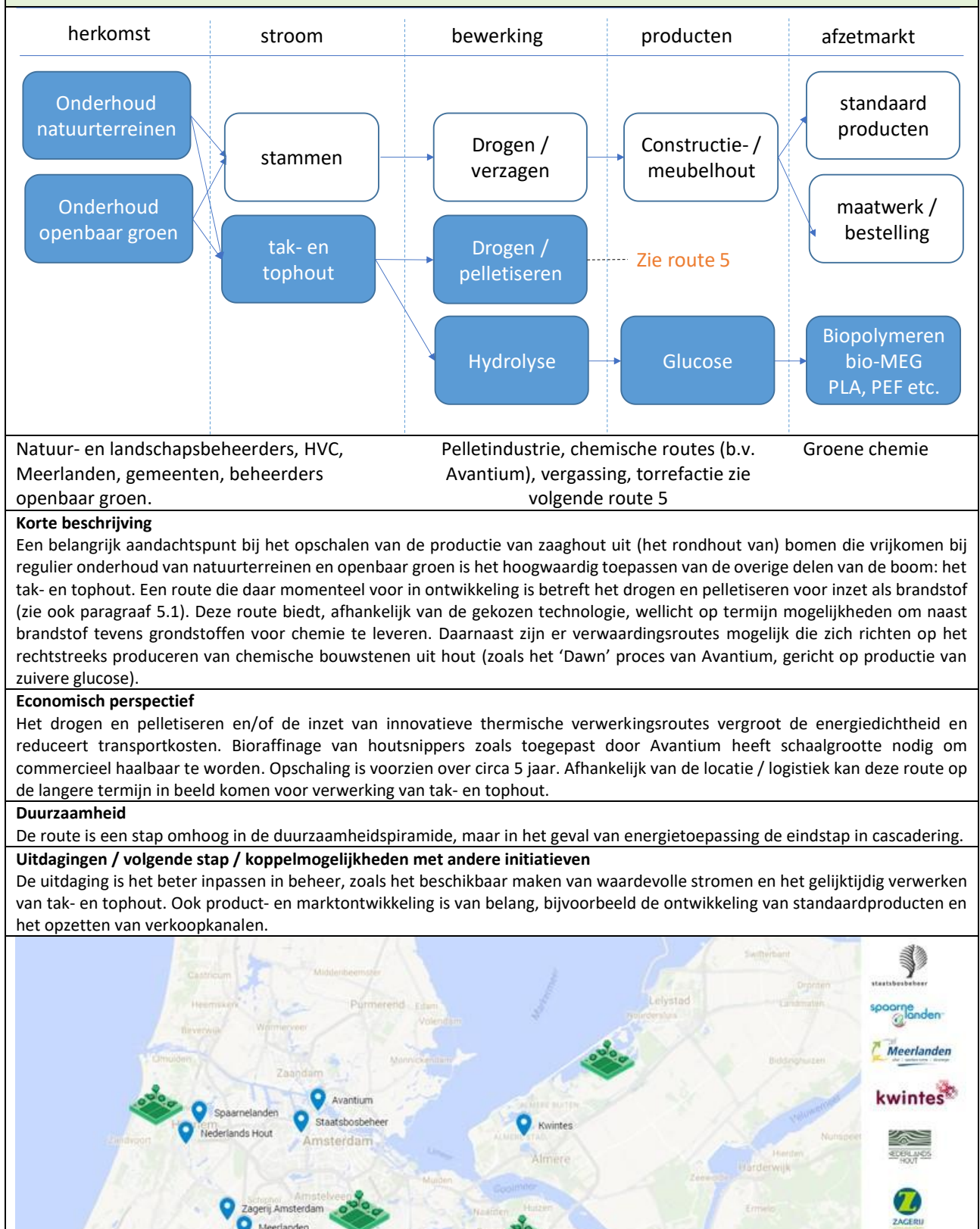
Dit is een hoogwaardige inzet als materiaal / producttoepassing en past in cascaderingsprincipe. Afhankelijk van de toepassing en het vervangen hout kan het inzetten van lokaal (hard-)hout een aanzienlijke milieuwinst opleveren.

Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

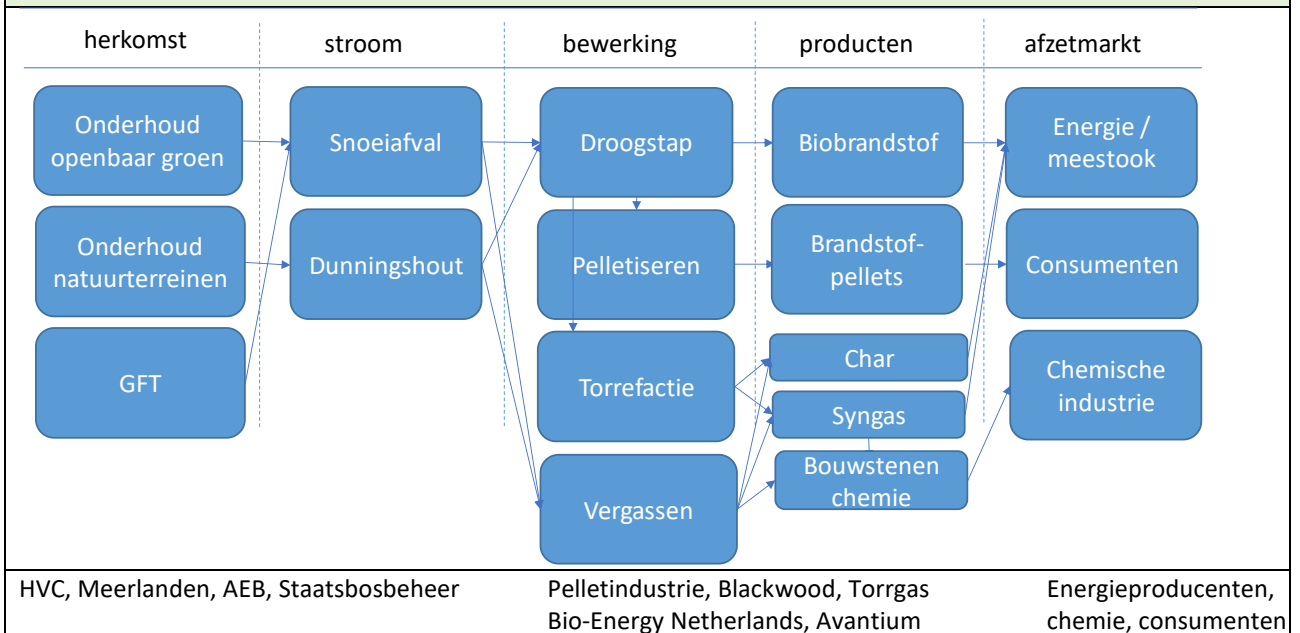
Een uitdaging is het verbeteren van de inpassing in beheer, zoals het beschikbaar maken van waardevolle stromen en het gelijktijdig verwerken van tak- en top hout (waarbij een deel achterblijft om de bodemgesteldheid op peil te houden). Ook product- en marktontwikkeling is van belang, bijvoorbeeld door het ontwikkelen van standaardproducten en het opzetten van verkoopkanalen.



5.4.2 Opschalen lokale houtproductie II: tak- en tophout



5.5 Realiseren droogcapaciteit voor biomassa in de MRA



Korte beschrijving

In de MRA is behoefte aan droogcapaciteit voor biomassa voor productie van brandstoffen / pellets. Ook bij kleinere initiatieven die materiaaltoepassingen nastreven leeft deze vraag. Bij grote marktspeelers is warmtecapaciteit beschikbaar die daarvoor inzetbaar is. Voor de brandstofroute zijn tevens innovatieve thermische verwerkingstechnologieën als vergassing en torrefactie toepasbaar, waarmee de energiedichtheid verder kan worden verhoogd en productie van chemische bouwstenen mogelijk is.

Economisch perspectief

Door drogen en pelletiseren ontstaat een brandstof met een hoge energiedichtheid, die economisch rendabel over grotere afstanden te vervoeren is. De productie van (schone) brandstofpellets is een groeiende markt, zowel voor industriële energieopwekking als voor toepassing in pelletkachels bij consumenten. Op de langere termijn is meer opbrengst mogelijk en wenselijk, door de aanvullende productie van chemische bouwstenen. De energieroute levert op korte termijn duurzaamheidswinst en economische winst op. Op termijn is ombuiging van deze stroom naar grondstof-/materiaaltoepassingen wenselijk (zie ook h6, aanbevelingen).

Duurzaamheid

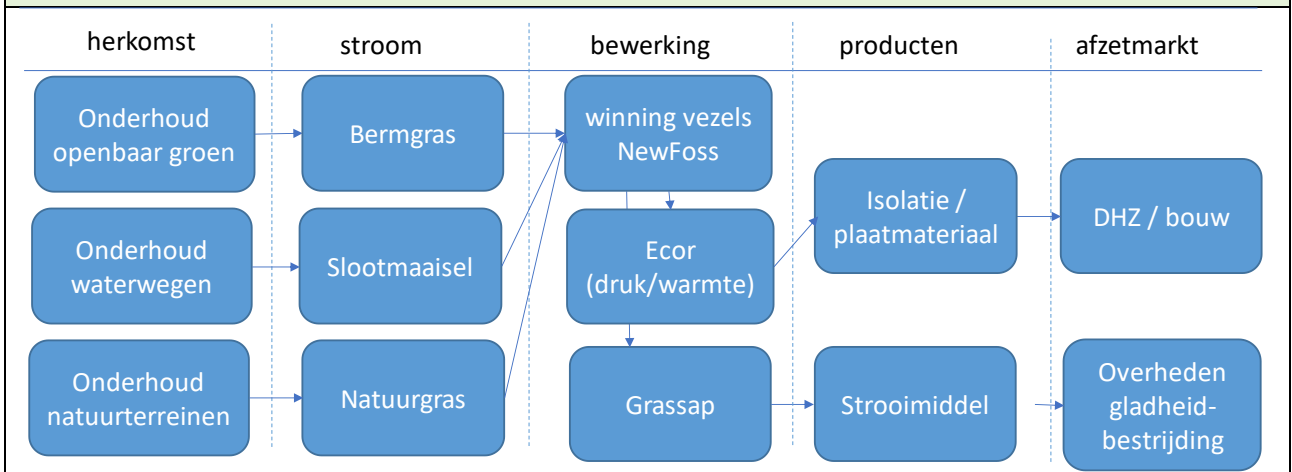
Deze route is een stap in de waardepiramide van elektriciteit / warmte naar brandstof en nog hoger in het geval van de chemische bouwstenen. Er is geen sprake van cascadering. De toename van het aandeel biomassa in energieopwekking draagt bij aan de energietransitie en kan bijdragen aan aardgasloos bouwen en wonen. Op langere termijn is cascadering of ombuiging van deze biomassastromen naar grondstoffen / materialen wenselijk, waarbij parallel de ontwikkeling van alternatieve duurzame energiebronnen plaatsvindt die (met gebruik van dezelfde infrastructuur) in de warmtevraag kunnen voorzien.

Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

De uitdagingen betreffen het coördineren van de droogcapaciteit en het optimaliseren van de locatie. Ook verkenning van de mogelijkheden van vergassing / torrefactie is van belang.



5.6 Hoogwaardige inzet bermgras in materialen



Rijkswaterstaat, Provincie Noord-Holland,
Waterschap Zuiderzeeland

NewFoss, Ecor

DHZ, bouwsector,
Provincie NH

Korte beschrijving

Deze route betreft het inzetten van vezels uit bermgras voor de productie van isolatieplaten en grassap, bijvoorbeeld inzetbaar als strooimiddel.

Economisch perspectief

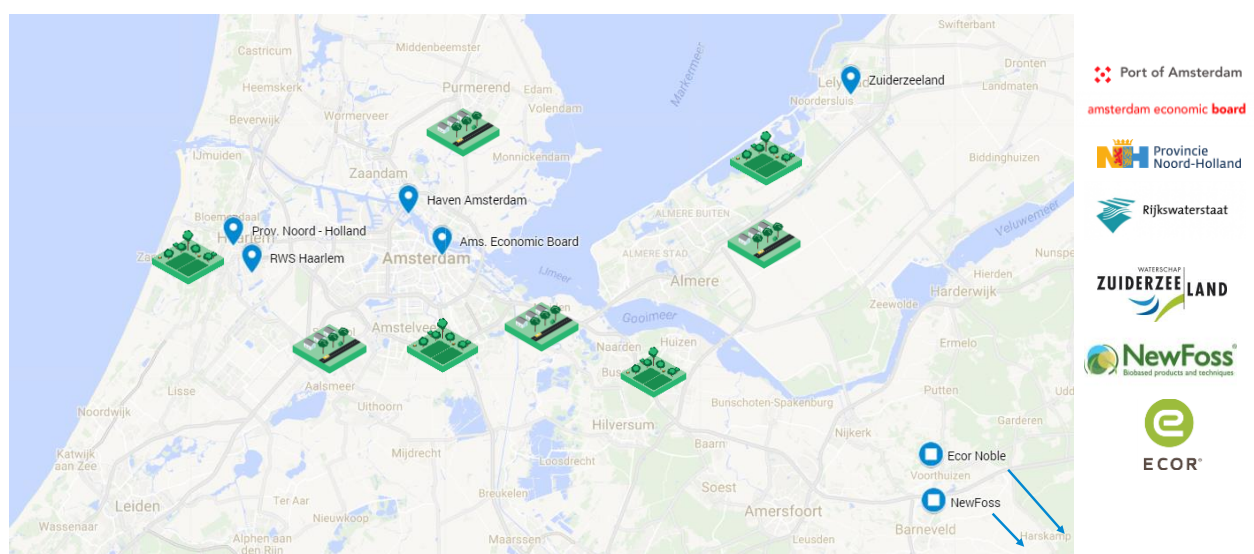
Onderzoek naar technische haalbaarheid wordt circa oktober 2018 afgerond. Bij een positieve uitkomst wordt vervolgens gewerkt aan het ontwikkelen van de business case.

Duurzaamheid

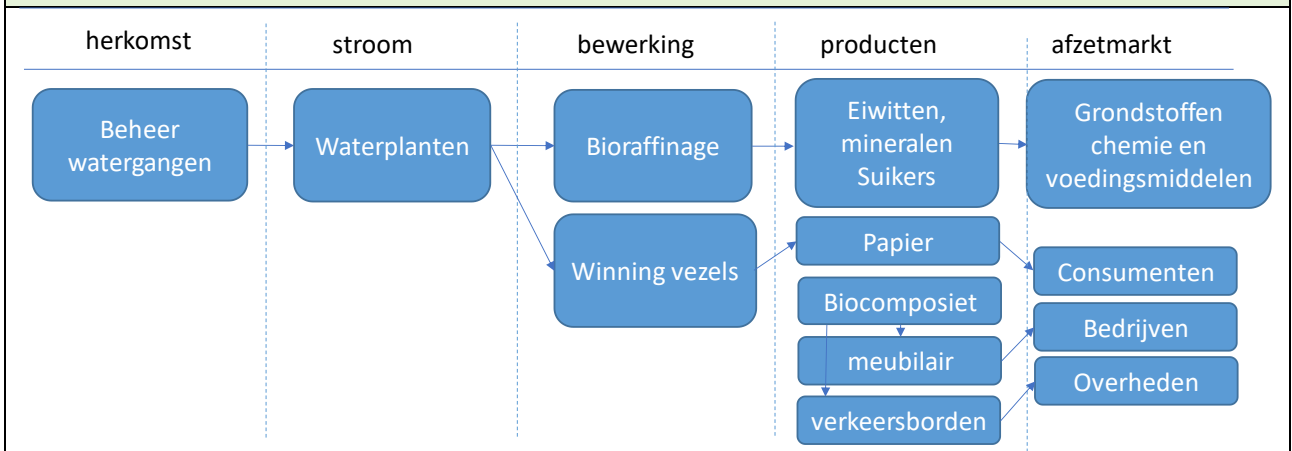
Het is een hoogwaardige inzet in materiaal vanuit het oogpunt van de duurzaamheidspiramide. Het zorgt voor een positieve ecologische impact door het vervangen van zout dat schadelijk is voor planten door grassap. Als gevolg van de toepassing van isolatieplaten wordt indirecte duurzaamheidswinst behaald.

Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

De volgende stap is overleg over de samenwerkingsmogelijkheden met Grassbloxxx, bij een positieve uitkomst van de technische haalbaarheidsstudie. Er bestaat een koppelmogelijkheid met het Grass2Grit project. De Provincie Noord-Holland participeert in beide trajecten.



5.7 Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten



Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Waternet, Waterschappen Zuiderzeeland en Amstel, Gooi en Vecht

Grassa!, Millvision, NPSP

Chemie, veevoer, overheid, B2B, B2C

Korte beschrijving

Woekerende waterplanten zijn op een aantal plaatsen in de MRA problematisch, onder andere in de randmeren en het Markermeer. Ze worden daar geoogst om recreatie en scheepvaart te faciliteren.

Economisch perspectief

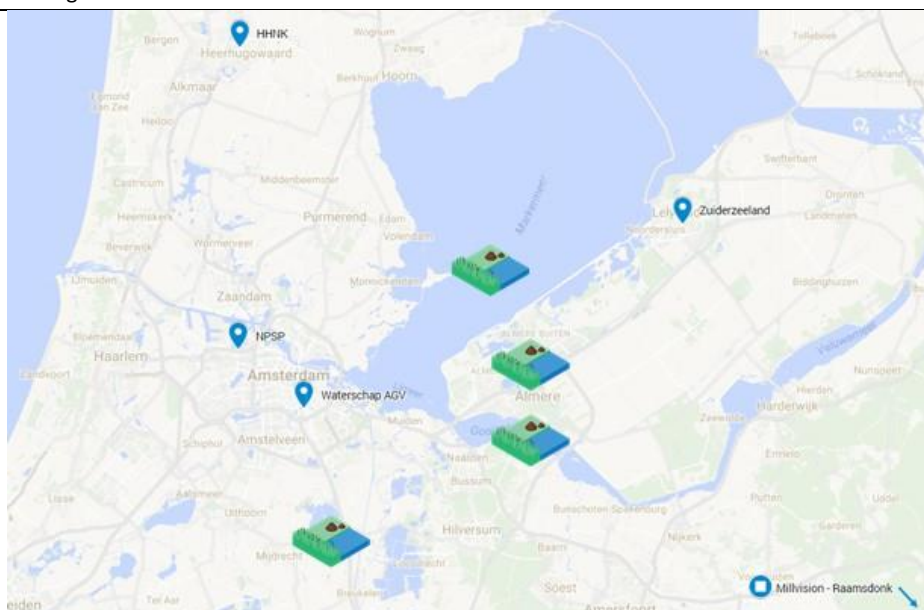
Uit onderzoek van Stowa blijkt dat bij meervoudige verwerking (winning eiwit/vezels/mineraalconcentraat/ suikerconcentraat) een business case mogelijk is die gunstiger is dan compostering. Ook vanuit duurzaamheidsoogpunt is deze business case aantrekkelijker.

Duurzaamheid

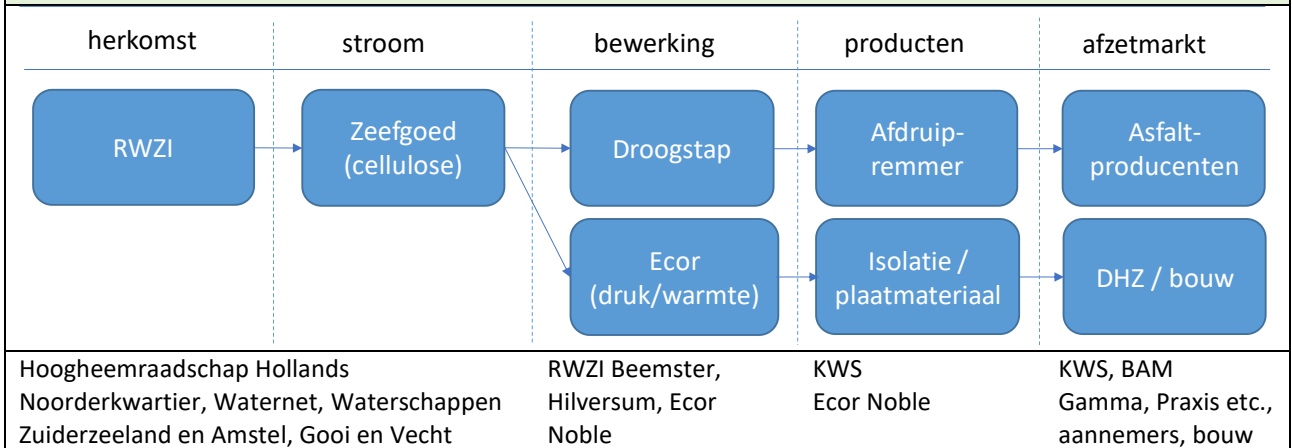
De bovengenoemde business case is vanuit duurzaamheidsoogpunt aantrekkelijker. Het gaat om toepassingen in hogere lagen van de waardepiramide. Cascadering is in de meeste toepassingen mogelijk met als mogelijke uitzondering de inzet van vezels in biocomposieten. De duurzaamheidsimpact van biocomposieten is afhankelijk van het materiaal dat vervangen wordt. Glasvezel is bijvoorbeeld problematisch in de verbranding en aluminium is energie-intensief.

Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

De stroom komt periodiek in grote volumes beschikbaar en kostenefficiënte en duurzame verwerking is dan urgent. De verwaarding is echter uitdagend. Aandacht voor markt- en productontwikkeling voor papierproducten en biocomposieten is ook van belang.



5.8 Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed



Korte beschrijving

Deze stroom komt beschikbaar bij RWZI's die uitgerust zijn met een zeefinstallatie. In de MRA zijn dat de RWZI's Hilversum en Beemster. Het zeefgoed bestaat voornamelijk uit cellulose afkomstig van WC-papier, wat recent succesvol toegepast is als afdruipremmer in asfalt. De toepassing als grondstof voor PLA is eveneens getest, maar bleek economisch niet haalbaar. Een mogelijke toepassing die kansrijk lijkt is de productie van isolatieplaten. Dit gaat volgens een vergelijkbaar productieproces als voor de toepassing van bermgras in de vorige paragraaf.

Economisch perspectief

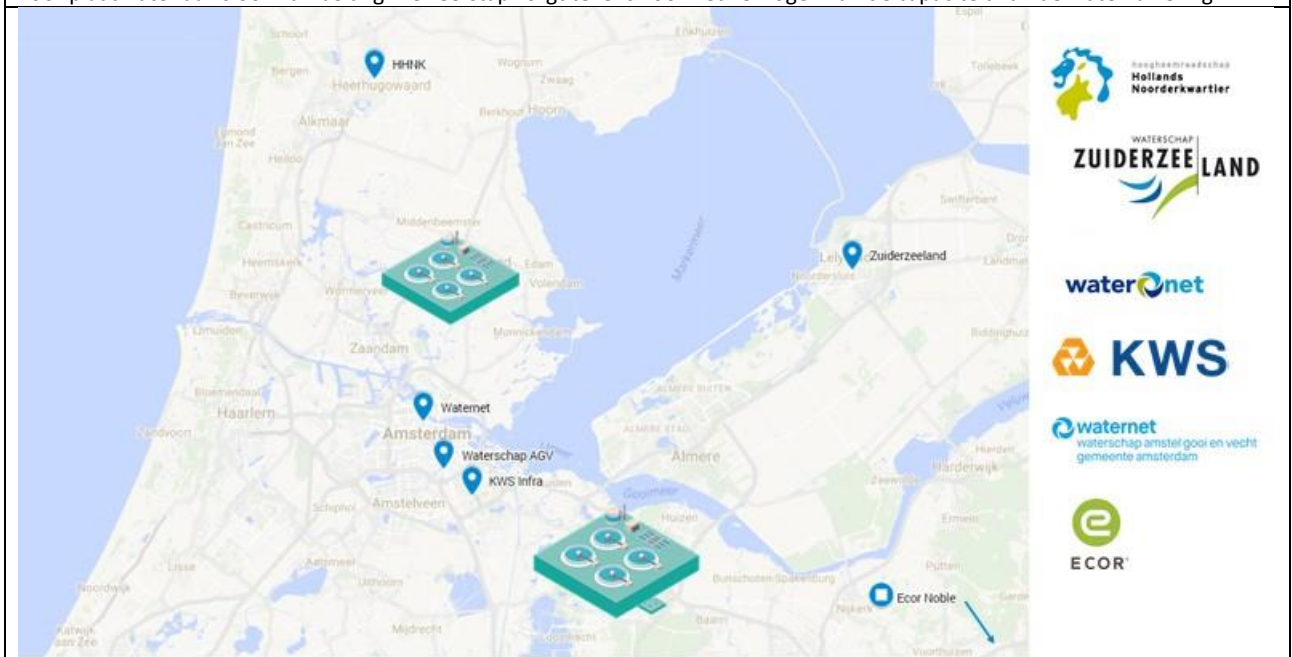
Het betreft een relatief eenvoudig beschikbaar te maken stroom, die wel een aanzienlijke investering in de zeefinstallatie vraagt. De toepassing in asfalt leidt nu nog tot hogere kosten door extra handling, maar dit is waarschijnlijk op te lossen door optimalisering van het proces.

Duurzaamheid

Deze route is een materiaaltoepassing en staat daarom hoog in de waardepiramide. Cascadering van cellulose is deze toepassing niet mogelijk (asfalt is deels recyclebaar, echter de cellulose komt niet separaat beschikbaar (wellicht wel bij toepassing in isolatieplaten).

Uitdagingen / volgende stap / koppelmogelijkheden met andere initiatieven

De uitdaging is het aanpassen van de logistieke processen gericht op vermindering van handling. Product- en marktontwikkeling voor plaatmateriaal is ook van belang. De zeefstap zorgt tevens voor het verhogen van de capaciteit van de waterzuivering.



De eerste vier verwaardingsroutes zijn op basis van de analyse geselecteerd voor verdere ontwikkeling in fase 2 van het project. Rond deze vier verwaardingsroutes zal in fase 2 van het project een sessie worden georganiseerd om mogelijkheden tot samenwerking en verdere ontwikkeling van de verwaardingsroute te verkennen.

Fase 2 bestaat uit de volgende stappen:

- Validatie van deze verwaardingsroutes met / door marktpartijen (door middel van een presentatie op 8 oktober 2018 en telefonisch contact met de ketenpartijen die betrokken zijn bij de routes);
- Tijdens de sessies in november/december 2018 gezamenlijke en individuele belangen en vervolgstappen identificeren (waaronder zaken die op korte termijn moeten/kunnen worden uitgezocht);
- Vastleggen van vervolgstappen, waar mogelijk formeel in een intentieverklaring, samenwerkingsovereenkomst of gezamenlijk projectvoorstel. Een uitkomst kan ook zijn dat (eerst) een vervolgspraak wordt gepland, eventueel met aanvullende potentiële partners die een bijdrage kunnen leveren aan de verdere ontwikkeling van de verwaardingsroute.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit de inventarisatie van biomassastromen, -technologieën en verwerkingscapaciteit zijn als volgt:

Inventarisatie biomassastromen:

- De totale hoeveelheid biomassa in de MRA is ruim 2.400 kton/jaar, waarbij primaire reststromen (285 kton) een relatief klein aandeel hebben. Secundaire reststromen van productie-afval en tertiaire stromen van organisch afval dat vrijkomt bij de eindgebruiker hebben een vergelijkbare ordegrootte, resp. 1.085 kton en 1.063 kton/jaar.
- Uniek voor de MRA is het relatief grote volume secundaire reststromen uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie (circa 1.051 kton/jaar). Een kanttekening hierbij is dat de grote mono-stroom sojaschroot (circa 600 kton/jr) die hier onderdeel van is rechtstreeks naar de productie van veevoer gaat.
- De volgende stromen bieden de beste perspectieven voor een meer hoogwaardige verwerking dan nu het geval is:
 - **Natte gewasresten uit de landbouw** (circa 26 kton): specifieke stromen die in grotere hoeveelheden geconcentreerd vrijkomen, zoals gewasresten van aardappel- en suikerbietenooft, kunnen tegen relatief lage kosten worden ingezameld. Ze zijn inzetbaar voor bioraffinageprocessen gericht op bijvoorbeeld de terugwinning van suikers;
 - **Berm- en natuurgras** (circa 82 kton): deze stroom komt grotendeels al beschikbaar uit regulier onderhoud. Onderzoek naar en ontwikkeling van de verwaarding is in gang gezet in een lopend initiatief van o.a. Havenbedrijf Amsterdam, Rijkswaterstaat, Prov. Noord-Holland en Waterschap Zuiderzeeland;
 - **Houtige biomassa uit land- en bosbouw**, van natuurbeheerders en uit gemeentelijke groenbeheer (circa 20 kton): de economische opbrengst van deze stroom is te vergroten door de grootschalige productie van kwalitatief zaaghout. Tegelijkertijd kan het vrijkomende tak- en top hout zo hoogwaardig mogelijk worden toegepast. Een brandstofroute in de vorm van de productie van pellets en torrefactie is een optie, die op lange termijn perspectief biedt voor de productie van chemische bouwstenen. Ook is terugwinning van glucose uit deze stroom een mogelijkheid, door middel van het 'Dawn' proces van Avantium (Delfzijl). Hiervoor is echter geen lokale verwerkingsinstallatie beschikbaar;
 - **Reststromen van de voedings- en genotsmiddelenindustrie**; totaal gaat het om een zeer grote stroom (1.051 kton), die grotendeels al hoogwaardig wordt ingezet door verwerking tot voeding-/veevoer. Grote monostromen en de circa 110 kton die nog worden gecomposteerd zijn mogelijk hoogwaardiger in te zetten, bijvoorbeeld door terugwinning van eiwitten en andere grondstoffen voor de voedingsmiddelenindustrie;
 - **Veilingafval** (ruim 13 kton): deze stroom wordt nu nog gecomposteerd. De terugwinning van eiwitten en vergisting (CO₂/warmtelevering) biedt perspectief voor hoogwaardigere verwerking.
 - **Afvalhout**: circa 209 kton A- en B-hout gaat nu naar energieopwekking. Een parallel initiatief van de MRA gericht op circulaire toepassing van bouw- en sloopafval verkent nu de inzet voor materiaaltoepassingen (van hout naar hout).
 - **Zuiveringsslib** (totaal 138 kton, circa 41 kton d.s.): toepassing van innovatieve technologieën, zoals het superkritisch vergassen en ECN's Torwashproces, biedt perspectieven voor de

grootschaligere terugwinning van fosfaat. Ook bieden deze technologieën perspectief voor aanzienlijke energiewinst ten opzichte van huidige verwerking.

- Daarnaast kunnen een aantal stromen in grotere hoeveelheden (gescheiden) worden ingezameld. De belangrijkste zijn:
 - **GFT (van huishoudens en bedrijven)**, circa 248 kton belandt jaarlijks in de verbranding met het restafval. Het initiatief van de gemeente Amsterdam om weer GFT te gaan inzamelen kan een belangrijke bijdrage leveren aan het grootschaliger separaat verwerken van deze stroom.
 - **Houtige biomassa en berm- en natuurgras**: aanpassing van het beheer kan de opbrengst van deze stromen uit het beheer van openbaar groen en natuurterreinen aanzienlijk verhogen. Grote beheerders zijn bereid het beheer aan te passen wanneer er een duidelijke marktvraag is naar een bepaalde stroom.
 - Tot slot kan **teelt** leiden tot grotere beschikbaarheid van biomassa in de MRA. Het gaat dan bijvoorbeeld om Miscanthus, maar ook om teelt van aquatische biomassa, zoals wieren en algen. Vooralsnog gaat dit echter om kleine volumes. Miscanthus wordt reeds op enige schaal geteeld in de Schipholregio (1,6 kton) en hoogwaardige toepassingen zijn in ontwikkeling.

Technologieën en verwerkingscapaciteit:

- De beschikbare verwerkingscapaciteit voor biomassa uit de MRA is in totaal ongeveer 1.073 kton/jaar. De voornaamste verwerkingsroutes zijn compostering (238 kton/jr), verbranding voor energieopwekking (292 kton/jr), vergisting (443 kton/jr) en verwerking tot biobrandstof (100 kton/jr).
- De verwerking van biomassa in biocomposieten en andere materiaaltoepassingen is in vergelijking hiermee in volume/jaar nog verwaarloosbaar. De belangrijkste oorzaak hiervan is dat de marktvraag naar biobased producten te gering is om op te kunnen schalen. Er is vaak nog sprake van een hogere prijs van biobased ten opzichte van vergelijkbare reguliere producten. De business case voor deze producten is vaak afhankelijk van de bereidheid van afnemers om deze meerprijs te betalen.
- Verwerkingsinstallaties die momenteel in ontwikkeling of in aanbouw zijn richten zich met name op energietoepassingen, inclusief brandstoffen. Voorbeelden hiervan zijn de nieuwe productielocatie biodiesel Haven Amsterdam en het toepassen organische natte fractie uit de nascheiding bij AEB.
- Daarnaast zijn er enkele initiatieven die op korte termijn zullen leiden tot capaciteit voor terugwinning van grondstoffen voor chemie en/of voedingsmiddelen in de MRA. De belangrijkste zijn:
 - Winning van vetzuren (Chaincraft, input 20-25 kton/jr schone, groene reststromen)
 - Vergassing (Bio-Energy Netherlands, input circa 40 kton/jr rest- en afvalhout), in eerste instantie voor energieopwekking met als langere-termijnperspectief productie van waterstof en kooldioxide als grondstof voor de chemische industrie.

Selectie van verwaardingsroutes voor de sessies in fase 2 van het project

De volgende vier verwaardingsroutes komen uit de analyse als meest kansrijk naar voren en zijn geselecteerd voor verdere uitwerking in fase 2 van het project:

1. Terugwinnen van fosfaten uit zuiveringsslib van RWZI's;
2. Terugwinnen van eiwitten en vetzuren uit schone, groene reststromen uit de landbouw, van veilingen en uit de VGI;
3. Etherische olie en terpenen uit citrusschillen, als mono-stroom van horeca en voedingsmiddelenindustrie en als onderdeel van de grotere GFT-stroom;

4. Opschalen van lokale houtproductie: stamhout als hoogwaardig zaaghout en de inzet van tak- en top hout.

In de eerste fase van het project zijn biomassastromen geïdentificeerd die mogelijkheden bieden tot hoogwaardigere verwerking. Daarnaast zijn initiatieven en technologieën geïdentificeerd die beschikbaar zijn om deze prioritaire stromen te verwerken. Deze zijn beoordeeld op:

- economisch potentieel (voldoende marktvraag, mogelijkheden tot realiseren hogere opbrengst of lagere kosten),
- duurzaamheid (mogelijkheid stappen omhoog te zetten in de waardepiramide en aansluiting bij het principe van cascadering, optreden van eventuele andere milieu-impacts)
- aansluiting bij de doelstelling van het project om in fase 2 stappen te zetten naar realisatie / opschaling.

6.2 Aanbevelingen

1. Biobased Economie vooral gebaat bij de realisatie van meer succesvolle business cases; van overheden wordt vooral een ondersteunende rol gevraagd

Zoals blijkt uit de inventarisatie van technologieën in dit project, heeft de MRA een zeer actieve en dynamische biomassasector. Er zijn veel nieuwe initiatieven op het gebied van hoogwaardigere verwaarding van biomassa bij de grote marktspeleers, maar ook bij nieuwkomers. Deze nieuwe initiatieven richten zich veelal op een specifieke biomassastroom en/of de ontwikkeling van een specifieke verwerkingstechnologie. Uit de inventarisatie en gesprekken met marktpartijen is gebleken dat praktisch alle initiatieven die zich richten op materiaal- en grondstoftoepassingen moeite hebben om de bedrijfseconomische kant in lijn te brengen met wat normaal is in de sector. Het gaat vaak om langdurige ontwikkeltrajecten waarin aanzienlijke investeringen nodig zijn, en er onzekerheden zijn met betrekking tot de markt / afzet van de producten. Dit geldt voor de korte termijn maar ook voor de verwachtingen voor de lange termijn. Het nog niet kunnen voldoen aan normale bedrijfseconomische uitgangspunten is een serieuze belemmering voor de biobased economie. Voor het op lange termijn succesvol kunnen ontwikkelen van een biobased economie binnen de MRA (en daarbuiten) is het ondersteunen van initiatieven die barrières ondervinden daarom van groot belang. Het betreft ondersteuning bij het ontwikkelen, opstarten of opschalen van de initiatieven, essentieel is daarbij wel dat er voldoende perspectief is om de business case rond te krijgen, zodat de initiatieven zonder verdere ondersteuning kunnen worden voortgezet.

Met die achtergrond, en met het doel om nog dit jaar stappen te zetten in de verdere ontwikkeling van verwaardingsroutes is ervoor gekozen om aan te sluiten bij bestaande marktinitiatieven en om die zoveel mogelijk te ondersteunen. De focus daarbij ligt op het identificeren van:

- Initiatieven waarin belangrijke stappen kunnen worden gezet binnen de doorlooptijd van het project. Dit kan bijvoorbeeld door het verder onderbouwen van de economische potentie of het identificeren en betrekken van een ontbrekende ketenpartner;
- Koppelkansen: verschillende partijen werken (parallel) aan initiatieven. Waar mogelijk kan samenwerking zorgen voor snellere of efficiëntere realisatie.

De betrokken overheidsorganisaties kunnen bijdragen aan de ontwikkeling van initiatieven die marktpartijen als kansrijk zien door:

- het inzetten van stimuleringsinstrumenten, bijvoorbeeld subsidies en fondsen⁷;
- faciliteren: vergunningverlening blijkt voor nieuwe toepassingen van biomassa vaak een uitdaging. De afvalstatus van reststromen speelt hierbij een rol. De overheid speelt hierop in middels de in juli 2018 verschenen ‘Leidraad afvalstof of product’⁸. Op basis hiervan kunnen initiatiefnemers er in overleg met de betrokken overheidsinstantie naar toewerken dat de stroom die zij verwerken geen afvalstatus heeft, hetgeen ruimere verwerkingsmogelijkheden biedt;
- aanbesteding van onderhoudsactiviteiten van openbare groenvoorzieningen – naast de primaire beheerstaak - richten op het beschikbaar maken van biomassastromen. Hiervoor zijn aanpassingen nodig in de afspraken met aannemers over de wijze van onderhoud en het eigendom van de vrijkomende biomassa;
- inzetten van de eigen inkoopkracht, bijvoorbeeld door het opnemen van criteria die aansluiten bij de wens biobased en circulair in te kopen.

2. Alleen korte-termijn initiatieven stimuleren als die ook voor de langere termijn perspectief bieden

Zoals weergegeven in de conclusies zijn in de huidige markt compostering, vergisting en verbranding voor energieopwekking de dominante verwerkingsroutes. Grote inzamelaars van GFT en andere biomassastromen verwachten dat composteren, eventueel met een voorafgaande vergistingsstap, zeker in het komende decennium een belangrijke verwerkingsroute zal blijven.

Meer hoogwaardige toepassingen die zich richten op bijvoorbeeld materiaaltoepassingen of het produceren van grondstoffen voor chemie, farmaceutica en de voedingsmiddelenindustrie vinden nog op kleine schaal plaats. Ze zullen zich in de komende jaren blijven ontwikkelen waarbij de verwerkte volumes biomassa langzaam zullen toenemen.

De huidige infrastructuur voor inzameling en verwerking van biomassa voor energietoepassingen legt een waardevolle basis voor het in de toekomst hoogwaardiger kunnen verwerken van deze stromen. Ingezamelde stromen zullen in toenemende mate omgebogen worden naar toepassingen met meer waardecreatie dan in de huidige energietoepassing. Door de beschikbaarheid van de logistieke en technologische infrastructuur die is ontwikkeld voor energietoepassingen, is de business case voor hoogwaardiger toepassen makkelijker rond te krijgen. Infrastructuur gecreëerd voor

⁷ Voorbeelden van stimuleringsinstrumenten van de Provincies Noord-Holland en Flevoland zijn:

- De GO!-NH Accelerators: trainingen, tools en professionele ondersteuning van experts voor MKB-bedrijven en start-ups (zie [GO!-NH](#))
- Programma Investeringsgereed Innovatief MKB (PIM), dat innovatieve en duurzame MKB’ers helpt met maatwerk bij financieringsvragen (zie [PIM](#)),
- [Innovatiefonds Noord-Holland: een fonds voor start-ups en MKB \(zie iNH\)](#), en Participatiefonds Duurzame Economie Noord-Holland ([PDENH](#)).
- Het [Proof of Conceptfonds Flevoland](#): ondersteuning bij het verder ontwikkelen en valideren van innovaties.
- De [Voucherregeling Ondernemerschap Flevoland](#): ondersteuning voor het inschakelen van kennis en expertise.

Daarnaast stimuleert de Provincie ketensamenwerking door middel van Icoonketens en [CIRCO tracks](#). Een uitgebreider overzicht van subsidiemogelijkheden van beide provincies wordt opgenomen in de hand-out die na fase 2 van dit project wordt opgeleverd.

⁸ Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018), “Leidraad Afvalstof of Product - Richtsnoeren voor de uitleg en toepassing van de begrippen ‘afvalstof’, ‘bijproduct’ en ‘einde-afvalstatus’”

energietoepassingen zoals warmtenetten kan in dezelfde periode overschakelen op andere energiebronnen.

Het is van belang dat de biomassaverwerkingsroutes die de overheid stimuleert de lange-termijndoelstelling om zoveel mogelijk toe te werken naar terugwinning van grondstoffen en cascadering ondersteunen. Dit is ook het geval als deze initiatieven op de kortere termijn met name gericht zijn op het ondersteunen van energie-/klimaatdoelstellingen. Een voorbeeld hiervan is de vergassingsinstallatie die momenteel in ontwikkeling is in het Amsterdamse havengebied. Deze is op de korte termijn gericht op het leveren van warmte en elektriciteit, maar biedt op de langere termijn mogelijkheden voor productie van chemische bouwstenen. Hetzelfde geldt voor andere innovatieve (thermische) verwerkingsroutes zoals torrefactie en pyrolyse. Door huidige initiatieven voor energietoepassingen wordt waardevol ontwikkelingswerk verricht voor hoogwaardigere toepassingen in de toekomst.

BIJLAGEN

Bijlagen en berekeningen bij rapport fase 1 'Hoogwaardige
inzet biomassa MRA'

Inhoudsopgave bijlagen

A.	Inventarisatie biomassastromen MRA	4
A.1	Primaire bijproducten	8
A.2	Secundaire bijproducten.....	11
A.3	Tertiaire bijproducten	14
A.4	Opties verhogen volumes en kwaliteit gescheiden ingezamelde organische stromen....	16
B.	Overzicht technologieën en initiatieven biomassaverwerking MRA	19
B.1	Compostering.....	22
B.2	Elektriciteit en warmte	23
B.3	Vergisting	24
B.4	Verwerking tot biobrandstof / bulkchemicaliën	26
B.5	Materiaalhergebruik	29
B.6	Hergebruik als grondstof voor groene chemie en voedingsmiddelen.....	31
B.7	Overzicht van initiatieven (de longlist)	35
C.	Selectie van initiatieven (shortlist)	36
C.1	Eerste inschatting economisch potentieel en duurzaamheid: van longlist naar shortlist	36
C.2	Selectie shortlist: economisch en duurzaamheidspotentieel, match fase 2	38
C.3	Korte beschrijving van de kansrijke verwerkingsroutes van de shortlist.....	41
D.	Methodiek inschatting hoogwaardigheid verwaardingsroutes.....	50
D.1	Economische criteria: ruwe business case.....	51
D.2	Duurzaamheidscriteria.....	51
E.	Inschatting potentieel en ranking verwaardingsroutes	54
E.1	Inschatting economisch en duurzaamheidspotentieel verwaardingsroutes.....	54
E.2	Ranking verwaardingsroutes en voorstel selectie business cases.....	57

Berekeningen

I.1	Berekeningen reststromen van landbouw en bosbouw	64
I.2	Berekening reststromen gemeentelijk groenbeheer	67
I.3	Berekening reststromen van watergangbeheerders	67
I.4	Berekening afvalhout	68
I.5	Berekeningen reststromen VGI.....	69
I.6	Berekeningen zuiveringsslib RWZI	70

Leeswijzer bijlagen

De bijlagen zijn als volgt opgesteld: in Annex A worden de beschikbare biomassastromen in de regio geïdentificeerd en gekwantificeerd. Ook is onderzocht hoe deze biomassastromen momenteel verwerkt worden. Vervolgens wordt in Annex B een overzicht gemaakt van de huidige (en in ontwikkeling zijnde) verwerkingsopties van biomassa in de regio, waar mogelijk met verwerkingscapaciteit. Op basis van dit overzicht is een overzicht gemaakt van verwaardingsroutes ('longlist'), waaruit op basis van drie hoofdcriteria (economische potentie, duurzaamheidsimpact en ontwikkelstadium) een selectie ('shortlist') is gemaakt. In Annex C wordt deze eerste selectie inzichtelijk gemaakt en worden de routes voor verwaarding van biomassa die op de shortlist staan kort toegelicht. Annex D beschrijft de methodiek die is toegepast om deze kansen meer in detail te beoordelen, met als doel de selectie van de vier business cases te faciliteren die in de tweede fase van het project nader worden uitgewerkt. De beoordeling van de verwaardingsroutes en het daaruit resulterende voorstel voor de vier business cases is in Annex E beschreven.

A. Inventarisatie biomassastromen MRA

De indeling van reststromen die in deze bijlage wordt gehanteerd is ontwikkeld op basis van bestaande classificaties van biomassa stromen: de indeling ontwikkeld door Koppejan et al. (2009) en de NTA 8003, een classificatiesysteem voor energietoepassingen van biomassa, ontwikkeld door NEN.

De hoofdingeling is gebaseerd op de plaats in de productieketen waar de biomassastromen vrijkomen. Hierdoor kan makkelijk worden aangesloten op het principe van cascadering; stromen die vrijkomen aan het begin van de keten (primaire stromen) zijn in het algemeen vrij zuiver en homogeen, wat de mogelijkheden voor hoogwaardig hergebruik verhoogd. Stromen die bij productieprocessen vrijkomen (secundaire stromen) zijn in het algemeen minder homogeen. Reststromen die na de gebruiksfase worden ingezameld (tertiaire stromen) zijn doorgaans nog meer vermengd met andere stromen, en in sommige gevallen meer verontreinigd.

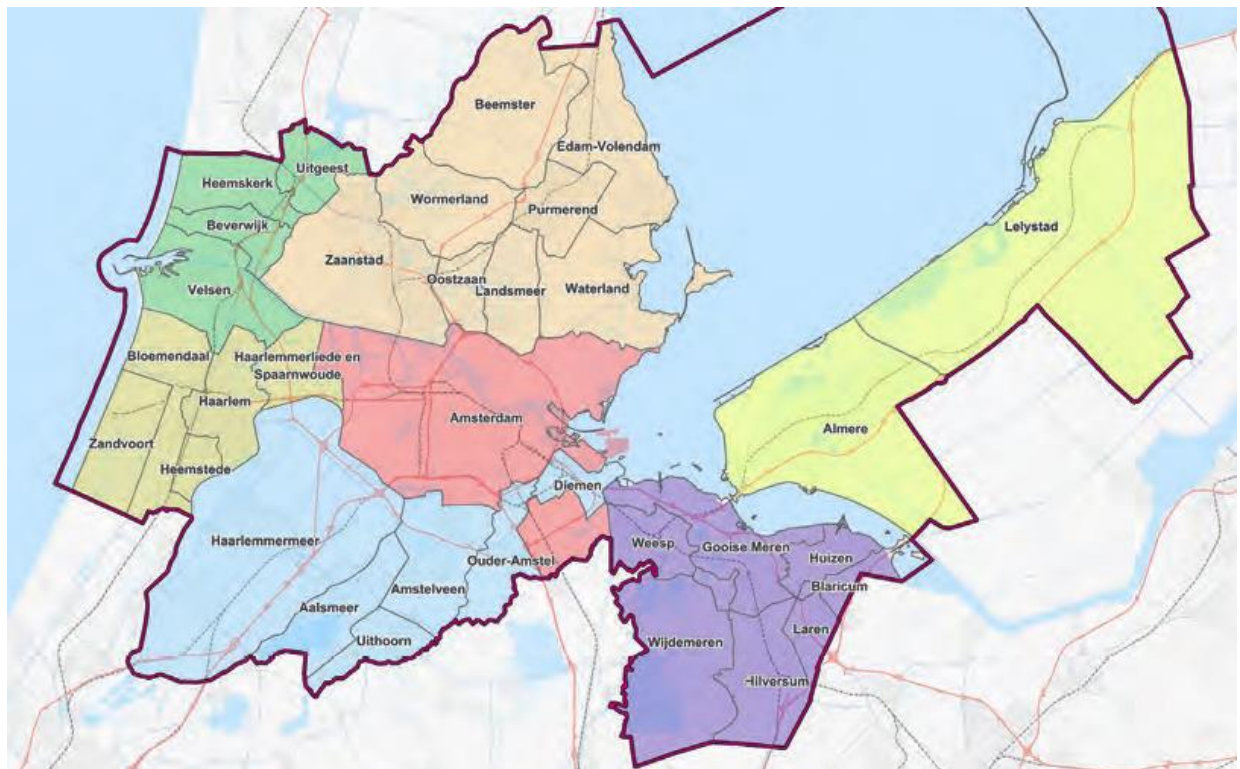
Voor de specifieke stromen is de herkomst van de biomassa leidend. De in dit rapport gehanteerde indeling is schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Indeling biomassastromen (gebaseerd op Koppejan, 2009 en NEN NTA 8003, 2017)

Bij de inventarisatie is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van beschikbare cijfers (uit eerdere studies en statistieken), aangevuld met cijfers die verkregen zijn van marktpartijen en overheden tijdens de interviews en survey die zijn uitgevoerd als onderdeel van dit project. Deze partijen zijn terug te vinden in de bronnenlijst.

Een in sommige gevallen complicerende factor bij het inventariseren van biomassastromen is het geografische werkgebied; de MRA-regio. Specifiek voor de Metropoolregio Amsterdam is nog geen vergelijkbare studie uitgevoerd. Wel zijn cijfers beschikbaar (voor een deel van de organische reststromen) van gemeenten en waterschappen, daarnaast zijn er studies beschikbaar naar biomassareststromen in de Provincies Noord-Holland en Flevoland. Er zijn 33 gemeenten onderdeel van het MRA-gebied (Figuur 2).



Figuur 2 De 33 gemeenten in de MRA

Waar mogelijk zijn daarom in sommige gevallen volumes beschikbare biomassastromen toegerekend aan de MRA-regio op basis van kentallen of is hiervoor een gefundeerde inschatting gemaakt.

In de overzichtstabel op de volgende pagina zijn de resultaten van de inventarisatie samengevat.

	Totale productie	Compostering	Verbranding met energie- terugwinning	Vergisting	Bulkchemie en brandstoffen	Materialen incl. bioplastics en biopolymeren	Voedsel en feed	Niet ingezameld niet beschikbaar voor verwaarding	Niet ingezameld (evt. beschikbaar voor verwaarding)
	ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton
Primaire bijproducten									
<i>Reststromen van landbouw en bosbouw</i>									
Stro / andere droge gewasbijproducten	21.000	68% 14.175					8% 1.575	25% 5.250	
Graszaadhooi *	4.500	50% 2.250					50% 2.250		
Natte gewasresten *	38.550	7% 2.800						33% 12.685	60% 23.065
Mest *	109.000	58% 62.968	25% 26.854	3% 2.778					15% 16.400
Houtige biomassa uit fruit- en boomteelt	2.700	23% 620							77% 2.080
<i>Reststromen van natuurbeheerders</i>									
Gras uit natuurterreinen	27.900	50% 13.950							50% 13.950
Houtige biomassa van landschapsbeheerders *	14.625	18% 2.633	72% 10.530					10% 1.463	
<i>Reststromen uit gemeentelijk groenbeheer</i>									
Bermgras uit gebouwde omgeving	53.700	100% 53.700							
Houtige biomassa uit gebouwde omgeving	5.500		100% 5.500						
<i>Reststromen van watergangbeheerders</i>									
Riet	2.190	20% 438							80% 1.752
Overige reststromen van waterwegen	4.200	50% 2.100							50% 2.100
<i>Biomass uit teelt</i>									
Miscanthus	1.600	50% 800				50% 800			
Secundaire bijproducten									
<i>Reststromen van houtbedrijven</i>									
Schoon resthout uit houtindustrie	20.000		10% 2.000		30% 6.000	60% 12.000			
<i>Reststromen van de VGI</i>									
Reststromen uit voedings- en genotsmiddelenindustrie	1.050.988	10% 110.337	1% 8.130	4% 44.135	5% 47.619		79% 835.076		1% 5.691

	Totale productie	Compostering	Verbranding met energierugwinning	Vergisting	Bulkchemie en brandstoffen	Materialen incl. bioplastics en biopolymeren	Voedsel en feed	Niet ingezameld niet beschikbaar voor verwaarding	Niet ingezameld (evt. beschikbaar voor verwaarding)
	ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton	% ton
<i>Reststromen van veilingen</i>									
Veilingafval	13.100	90% 11.790	10% 1.310						
<i>Reststromen van de papierindustrie</i>									
Organisch slib	954		100% 954						
<i>Tertiaire bijproducten</i>									
<i>Afvalhout</i>									
Afvalhout huishoudens	59.350		70% 41.545			30% 17.805			
Afvalhout bedrijven	266.000		70% 186.200			30% 79.800			
<i>GFT</i>									
GFT huishoudens	369.697	23% 86.620		10% 35.380					67% 247.697
GFT en swill bedrijven	326.000	23% 76.382		10% 31.198					67% 218.420
<i>Biomassa uit afvalwaterzuivering</i>									
Zuiverings-slib RWZI *	40.825	8% 2.866	90% 37.106					2% 853	
Zeefgoed (cellulose)*	1.295					100% 1.295			
	2.433.674	18% 444.428	13% 320.129	5% 113.491	2% 53.619	5% 111.700	34% 838.901	1% 20.250	22% 531.155

Tabel 1 Inventarisatie van de biomassastromen die vrijkomen in de MRA

* Massa aangegeven in ton droge stof (d.s.)

In de volgende paragrafen worden de resultaten kort toegelicht per reststroom, waarbij de hoofdindeling primaire bijproducten (paragraaf A.1, in totaal gaat het om 285 kton/jr), secundaire reststromen (A.2, in totaal 1.085 kton/jr) en tertiaire bijproducten (A.3, totaal 1.063 kton/jr) is aangehouden. Vervolgens wordt in paragraaf A.4 beschreven welke mogelijkheden er zijn om biomassastromen eventueel in grotere volumes in te zamelen, of om de kwaliteit van het ingezamelde materiaal te verbeteren.

A.1 Primaire bijproducten

A.1.1 Reststromen van landbouw (akkerbouw, tuinbouw, veehouderij) en bosbouw

De reststromen afkomstig van landbouw en bosbouw zijn met name stro, graszaadhooi, mest, natte gewasresten, houtige biomassa en groenbemester. Stro-producerende gewassen zijn met name tarwe, gerst, rogge, triticale¹ (CBS, 2018a; DNV GL, 2017). Hooi als bijproduct van gras geteeld voor zaaizaad wordt graszaadhooi genoemd. Dit hooi is aantrekkelijker voor veevoer dan ander hooi en wordt daar dus grotendeels voor gebruikt (Koppejan et al., 2009). Mest komt vrij uit de veehouderij en bestaat uit drijfmest (runder-, varkens- en kalvermest) en pluimveemest. Onder de natte gewasresten vallen gewasbijproducten van onder andere aardappel-, suikerbiet-, cichorei-, ui-, kool- en preiteelt. In Flevoland komen met name bij de aardappel- en suikerbietenteelt grote (homogene) stromen gewasresten vrij (Jutte et al, 2018).

De houtige biomassa is met name afkomstig uit de bosbouw en bevat met name hout van fruitbomen en reststromen van boomkwekerijen. Groenbemester is een gewas dat wordt gekweekt nadat het hoofdgewas is geoogst om uitspoeling van nutriënten te voorkomen of resterende nutriënten op te nemen en zo de grondkwaliteit te verbeteren – dit heet een vanggewas. Ook worden er soms gewasresten mee aangeduid die na de oogst op het land achterblijven uit oogpunt van instandhouding van de bodemkwaliteit.

Beschikbare hoeveelheden

De beschikbare hoeveelheden stro, graszaden, natte gewassen en houtige biomassa in de MRA zijn berekend door het combineren van verschillende bronnen. Hierbij wordt data van de provincies Noord-Holland en Flevoland omtrent de type gewassen die worden verbouwd in de akker- en tuinbouw vertaald naar de MRA. De uitkomsten zijn te vinden in tabel 2. De berekeningen zijn uitgewerkt in bijlage I.1. Ook de berekeningen voor de mestproductie is hier te vinden.

Biomassastroom	Totaal geproduceerd (ton/jaar)	Gescheiden ingezameld (ton/jaar)
Stro	21.000	15.800
Graszaadhooi	4.500*	Onbekend
Natte gewassen	38.500*	0
Mest	109.000*	92.600*
Houtige biomassa	2.700	620

Tabel 2 Overzicht van reststromen uit de landbouw en bosbouw in de MRA (zie bijlage I.1 voor berekeningen)

* Massa aangegeven in ton droge stof (d.s.)

Huidige toepassingen

Het geoogste stro wordt met name ingezet in de landbouw, afhankelijk van het type en de kwaliteit voornamelijk in de stal, als dekstro op bollenvelden of als voerstro voor vee (Hisfa, n.d). De 25% stro die achtergelaten wordt op het land dient als groenbemesting om nutriënten en bodemkoolstof aan te vullen. Een deel van het graszaadhooi wordt toegepast als ruwvoer voor vee. Een deel van het hooi is hier echter niet voor geschikt omdat het met endofyten (een soort schimmel) is besmet, die mycotoxines produceert die schadelijk zijn voor paarden, koeien en schapen. We gaan er daarom van uit dat het grootste deel een toepassing vindt als bedding in stallen.

¹ Triticale is een kruising tussen rogge en tarwe en is geschikt voor verbouw op zandgronden. Het wordt gebruikt als veevoer.

Op dit moment worden de natte gewasresten van akker- en tuinbouw weinig gebruikt. Het ontbreekt vaak aan de infrastructuur en geschikte oogstmachines om deze stromen af te voeren. Daarom worden de gewasresten bijna altijd ondergewerkt. Een afvoer van maximaal 70% lijkt uit ecologische oogpunt mogelijk. Voor het resterende deel wordt aangenomen dat de gewasresten een rol vervullen als groenbemesting om nutriënten en bodemkoolstof aan te vullen (DNV GL, 2017). De gewasresten van de glastuinbouw worden voor een deel toegevoegd aan de bodem en voor ca. 50% gecomposteerd (DNV GL, 2017).

Nederlandse boeren hebben mestverwerkingsplicht. Dit houdt in dat de boer de mest die hij zelf niet kan verwerken elders moet laten verwerken. Dit kan bijvoorbeeld door verbranding, vergisting of het omzetten tot mestkorrels. Ook hebben sommige boeren een mono-vergister op hun erf staan om mest om te zetten in warmte en biogas (RVO, n.d. a). Aan de hand van de capaciteit van verschillende verwerkingstechnieken voor mest in Nederland in 2013 (Commissie Deskundigen Meststoffenwet, 2015), wordt ingeschat dat circa 68% van de mest die verwerkt moet worden wordt gebruikt als bodemverrijker (onbewerkt, als compost of als mestkorrels), 29% wordt verbrand en ongeveer 3% wordt vergist. DNV GL (2017) noemt een vergelijkbaar vergistingspercentage van 2,3% vergisting van drijfmest in 2015.

De houtige biomassa wordt grotendeels gecomposteerd, groenbemester wordt per definitie op het land achtergelaten.

A.1.2 Reststromen uit gemeentelijk groenbeheer

De reststromen van gemeentelijk groenbeheer komen met name uit het onderhoud van stedelijke beplantingen zoals parken en bermen.

Beschikbare hoeveelheden

Voor de biomassastromen van gemeentelijk groenbeheer zijn cijfers bekend van de gemeenten in het werkgebied van Meerlanden. Op basis van deze data is een schatting gedaan van de reststroom van gemeentelijk groenbeheer in de MRA. De berekening is te vinden in de bijlage I.2.

Uit de berekening blijkt dat er ongeveer 59.200 ton biomassa vrijkomt bij gemeentelijk groenbeheer. Ongeveer 5.500 ton hiervan bestaat uit houtige biomassa. Er moet toegevoegd worden dat dit grove schattingen zijn.

Huidige toepassingen

Het grootste deel van het stedelijk maaisel wordt afgevoerd en gecomposteerd. Dit gras wordt niet ingezet als veevoer vanwege het mogelijk voorkomen van schadelijke planten / kruiden en verontreinigingen (DNV GL, 2017). De grotere delen uit de houtige biomassa wordt gebruikt als bijstook in energiecentrales (Probos, 2014b). Gemeente Almere laat weten dat de verwerking van houtige biomassa hen geld oplevert terwijl gras en bladafval geld kosten (UpcycleCity, n.d.)

A.1.3 Reststromen van natuurbestuurders

De reststromen van natuurbestuurders bestaan met name uit gras en houtige biomassa. Volgens de gebruikte indeling valt heideplagsel ook onder deze categorie. Echter, gezien de kleine oppervlakte heide in de MRA en het geringe volume per hectare (Wageningen UR, 2014), zal dit niet worden meegenomen in dit rapport.

Beschikbare hoeveelheden

Data met betrekking tot biomassa afkomstig van natuurbeheerders is beschikbaar voor Laag Holland (van Herk & Koning, 2009). Laag Holland is een nationaal landschap gelegen boven Amsterdam, in de Provincie Noord-Holland. Het heeft een oppervlakte van 51.400 ha.

Voor de veenweide in dit gebied wordt door van Herk & Koning (2009) een schatting gemaakt over de opbrengsten per hectare. Deze worden in tabel 3 weergegeven en opgeschaald naar de MRA.

Natuurmonumenten oogst jaarlijks 175.000 ton biomassa uit de 100.000 hectare natuurgebied die zij beheren (DSM, 2013). Hieruit volgt een oogst van 1,75 ton per hectare, wat in lijn is met de oogst genoemd door van Herk & Koning.

Biomassa stroom	Productie d.s. (ton/ha/jaar)	Oppervlakte landschap in MRA (ha)	Totaal geproduceerd in MRA (ton DS/jaar)	Oogst percentage (%)	Gescheiden ingezameld in MRA (d.s. ton/jaar)
Natuurgras	1 - 5*	1.860	1.860 – 9.300	50	930 – 4.650
Houtige biomassa (uit bossen)	2 – 5*	4.640	9.280 – 23.200	90**	8.350 – 20.900

Tabel 3 Beschikbare hoeveelheden houtige biomassa en natuurgras van natuurbeheerder in de MRA gebaseerd op van Herk & Koning (2009) en CBS (2018b)

* De productie is zeer afhankelijk van het type ondergrond en hoeveel onderhoud er gepleegd wordt [f]. Daarom is voor deze studie het gemiddelde gebruikt.

** Staatsbosbeheer gaat er (als vuistregel) van uit dat 75% van de jaarlijkse bijgroei kan worden geoogst zonder de bodemgesteldheid in gevaar te brengen, ook dit is echter gebiedsafhankelijk en geldt niet voor Flevoland (als gevolg van de voedingsrijke bodem hoeft hier geen organisch materiaal in het bos te worden achtergelaten [f]. Voor de MRA hebben we de schatting van Van Herk en Koning aangehouden.

Huidige toepassingen

Het afgevoerde gras wordt met name gecomposteerd aangezien het niet geschikt is als veevoer omdat er mogelijk schadelijke planten in kunnen zitten (DNV GL, 2017). Daarnaast zijn er initiatieven om het natuurgras hoogwaardiger in te zetten, bijvoorbeeld in verpakkingen (zie ook paragraaf B.5.5). De houtige biomassa wordt veelal gebruikt als bijstook in energiecentrales (80%) of als structuurmateriaal bij compostering (20%) (van Herk & Koning, 2009) (Tauf, 2017).

De meest voorkomende reden voor het achterlaten van groene reststromen bij onderhoud van openbaar groen en natuurterreinen is dat dit de goedkoopste optie is, waarbij een achterliggende overweging is dat een deel van het organische materiaal moet achterblijven op het land om de bodemgesteldheid / nutriëntenrijkdom op peil te houden. Of, en zo ja hoeveel organisch materiaal er moet achterblijven is echter sterk afhankelijk van het landgebruik en het type bodem [f]. In sommige gevallen is er een beperking in de infrastructuur of techniek (oogstmachines) DNV GL (2017).

Een andere overweging bij de beschikbaarheid van aanvullende volumes is dat deze vaak beïnvloedbaar zijn: aanpassen / intensiveren van het onderhoud kan de productiviteit in ton/ha in het algemeen significant omhoog worden gebracht [f]. Voor veel terreinbeheerders is het dan ook allereerst de vraag of er een interessante business case is voor de betreffende stroom, vervolgens kan dan worden bekeken of er aanvullende volumes kunnen worden geoogst.

Reststromen uit landschapsbeheer, watergangen en openbaar groen worden vaak ingezameld door aannemers/loonwerkers. Hierdoor zijn deze stromen soms moeilijker in kaart te brengen. Belangrijker is echter dat het aanbestedingsbeleid zal moeten worden aangepast om deze stromen kwalitatief beter / in hogere volumes gescheiden in te zamelen. Waar de stromen nu vaak vervallen aan de aannemer zullen deze eigendom moeten blijven van de aanbestedende instantie en zullen aanbestedingen in sommige gevallen specifieke instructies moeten bevatten voor de oogst, opslag en of het vervoer van de betreffende stroom. Omdat de hoofddoelstelling van de aanbestedende instantie het beheer is, en niet het beschikbaar maken van biomassa, heeft dit aspect nog weinig aandacht bij aanbestedingen.

A.1.4 Reststromen van watergangbeheerders

De belangrijkste stromen afkomstig van de watergangbeheerders zijn gemaaid riet en andere biomassa dat uit de waterwegen gehaald wordt. Deze biomassaastroom bestaat uit gemaaide waterplanten uit waterwegen en biomassa die in de roosters achterblijft (Waterschap Zuiderzeeland, 2016).

Beschikbare hoeveelheden

Voor de biomassaastromen van de watergangbeheerders zijn er cijfers bekend van Waterschap Zuiderzeeland, Gemeente Almere en PWN. Aan de hand van de oppervlaktes van klein binnenwater (CBS, 2017b) is een schatting gemaakt van biomassa uit waterwegen (sterrenkroos, waterlelie, hoornblad en waterpest) en riet (zie bijlage I.3). Er wordt geschat dat de productie van riet rond de 2.190 ton per jaar ligt. De overige organische reststroom uit waterwegen ligt rond de 4.200 ton.

Huidige toepassingen

Naar schatting 10% van de gemaaide waterplanten wordt direct opgehaald. 40% wordt binnen een week opgehaald zodat het eerst kan drogen. De overige 50% blijft op het land liggen. Waterplanten hebben een laag droge stofgehalte, en daardoor ook een laag eiwit- en vezelgehalte. Bij meervoudige verwerking (dat wil zeggen toepassing in een eiwit-, een vezelproduct, een mineraalconcentraat en een suikerconcentraat) is echter een business case te krijgen die vergelijkbaar is met compostering, en vanuit duurzaamheidsoogpunt aantrekkelijker (Stowa, 2018a).

Van het riet wordt het grootste deel (ca. 80%) achtergelaten op het land (Waterschap Zuiderzeeland, 2016).

A.1.5 Miscanthus – biomassaastroom met meerdere functies

Een bijzondere biomassaastroom in de MRA-regio is Olifantsgras / Miscanthus. Strikt genomen is dit geen restproduct: de teelt dient meerdere doelen, waaronder de luchtveiligheid – het planten van Miscanthus weert ganzen uit de Schipholregio, het geoogste deel wordt vervolgens nuttig toegepast. Door de Miscanthusgroep Haarlemmermeer, een groep agrarische ondernemers die actief zijn in de teelt van het gewas - is inmiddels ca. 70 hectare aangeplant. De jaarlijkse opbrengst is ca. 1.600 ton, hiervan gaat ongeveer de helft naar maneges, 40% wordt toegepast in lichtgewicht betonproducten en 10% in bioplastics [ii].

A.2 Secundaire bijproducten

A.2.1 Reststromen van houtbedrijven

Schoon resthout dat vrijkomt in de houtverwerkende industrie. Deze reststroom bestaat voornamelijk uit droog, onbehandeld resthout wordt ook wel A-hout genoemd.

Beschikbare hoeveelheden

In Nederland produceert de houtverwerkende industrie circa 500.000 ton resthout. Circa 4 procent van alle economische activiteit in de hout- en bouwmaterialenindustrie is gevestigd in de MRA (CBS, 2017a). Aangenomen dat resthoutproductie evenredig is aan de economische activiteit, zal de resthoutproductie in de MRA rond de 20.000 ton liggen.

Huidige toepassingen

DNG GL (2017) schat dat circa 50% van het verse en droge resthout (inclusief zaagsel) wordt gebruikt als strooisel bij dierhouderijen. 30% wordt gebruikt bij de productie van energiepellets. De laatste 20% wordt intern gestookt voor de verwarming van het houtverwerkend bedrijf of een bedrijf uit de regio of gebruikt voor de productie van plaatmateriaal en papier.

A.2.2 Reststromen uit de VGI

Voorbeelden van restromen van de voedings- en genotmiddelenindustrie (VGI) zijn groente- en fruitresten (paprikapunten, uienresten, aardappelschillen), sojaschroot en vetten. Een grote specifieke reststroom van de sector in de MRA wordt gevormd door cacaodoppen, Amsterdam is de grootste overslaghaven voor cacao ter wereld.

Beschikbare hoeveelheden

Welink (2015) heeft in Noord-Holland onderzoek gedaan naar vrijkomende volumes en soorten VGI afval. Dit is gedaan op basis van cijfers aangeleverd voor bedrijven en een schatting aan de hand van literatuur. Voor de reststromen van de voedingsmiddelenindustrie in Flevoland is gekeken naar het dierlijk en plantaardig afval vanuit de VGI in de gemeenten Almere en Lelystad. Vervolgens is aangenomen dat de verhoudingen tussen de verschillende types VGI afval hetzelfde zijn voor beide provincies, zie bijlage I.4. Een overzicht van de uitkomsten is te zien in tabel 4.

Type reststroom	Totaal geproduceerd in MRA (ton/jaar)	Huidige bestemming
Groente- en fruitresten	51.727	diervoeder en voor compostering
Cacaodoppen	43.000	duurzame alternatieve vaste brandstof of als bodemverbeteraar
Vetten en vetzuren	1.854	hergebruik als grondstof voor o.a. cosmetica, zeep, verf, smeermiddelen
Bleekaaarde	2.781	brandstof of oliën worden geëxtraheerd
Zetmeelhoudende stromen	5.563	diervoeding of vergisting
Suikers	172	vergisting
Koffiemembranen	172	compostering of als biobrandstof
Wei	9.206	diervoeding
Vlees- en visresten	11.988	Vlees: verbranding, vis: diervoeding
Diverse stromen (Sheagom, rijstvlies, etc.)	8.279	
Bedrijven <30 fte/geen reactie (schatting)	165.971	
Sojaschroot- en hullen	600.000 ²	Veevoer
Maisglutenvoeder	69.144	Veevoer
Afval bloembollenteelt	81.131	
TOTAAL	1.050.988	

Tabel 4 Productie van verschillende soorten VGI-reststromen in de MRA en de huidige bestemming (gebaseerd op Welink, 2015, Jutte et al, 2018, en CBS, 2018).

² De hoeveelheid soja betreft een schatting (Welink, 2015), oudere bronnen laten zien dat deze hoeveelheid mogelijk een onderschatting betreft: (Velzeboer, 2010) noemt een totaal van 1.4 Mton/jr.

Huidige toepassingen

In Noord-Holland wordt 79% van de VGI-reststroom ingezet als veevoer. Ongeveer 10% wordt gecomposteerd en 9% vergist of opgewerkt naar biodiesel. Van het restant wordt een deel verbrand (categorie 1 afval, zie ook paragraaf C.3.7) of is niet bekend wat de bestemming is (Provincie Noord-Holland, 2015). Er wordt aangenomen dat deze verdeling overeenkomt met de MRA. Een gedetailleerd overzicht van de bestemmingen per categorie is te zien in tabel 4.

Van de VGI stromen die worden ingezet als veevoer wordt 40% eerst vergist. Deze vergisting is een economische tussenstap om meer winst uit de reststroom te halen. Met name restproducten uit de suiker-, vis- en bierindustrie zijn hiervoor geschikt.

Tot slot is het noemenswaardig dat Nederlandse bierbrouwers verplicht zijn om het afvalwater dat vrijkomt bij de bierproductie zelf te zuiveren. Daarom beschikken veel brouwers over een eigen waterzuiveringsinstallatie, waar vaak ook een vergistingsstap in is opgenomen. Het biogas dat hiermee geproduceerd wordt, wordt gebruikt voor eigen verwarming of wordt omgezet in elektriciteit (DNV GL, 2017).

A.2.3 Reststromen van veilingen

Veilingafval bestaat voornamelijk uit niet verkochte producten (bloemen, groenten, fruit). Bij Royal Flora Holland (Aalsmeer), de grootste bloemenveiling ter wereld, bestaat bijna de helft van het organische afval uit bloemen. Deze bloemen konden niet verkocht worden voor de door de verkoper vastgestelde minimumprijs (Welink, 2015).

Beschikbare hoeveelheden

Royal Floraholland produceerde in 2017 13.100 ton organisch afval (Royal Floraholland, 2017).

Huidige toepassingen

Van het veilingafval wordt 90% gecomposteerd, ongeveer 10% verbrand [i.].

Royal Floraholland is een samenwerkingsverband aangegaan met circulaire dienstverlener Milgro om zero waste te behalen in de toekomst (Duurzaam gebouwd, 2018). Ook zitten zij in een consortium met Meerlanden met als doel warmte en CO₂ te gaan leveren aan de tuinbouw. Voor haar bloemen- en plantenafval verkent Royal Floraholland de mogelijkheid eiwitten terug te winnen [i.].

A.2.4 Reststromen van papierproductie

In de MRA is één grote papierproducent gevestigd, Crown van Gelder. Bij de productie van papier komt onder andere organisch slib en primair slib vrij. Primair slib is het slib dat in de voorbezinktank van een waterzuiveringsinstallatie wordt afgescheiden en bestaat uit bezinkbare stoffen. Organisch of actief slib ontstaat bij de afvalwaterzuivering.

Beschikbare hoeveelheden

In 2017 produceerde Crown van Gelder 954 ton organisch slib (Crown van Gelder, 2018).

Huidige toepassingen

Momenteel wordt het organische slib verbrand met energierterugwinning. Het primaire slib wordt gebruikt voor stofpreventie bij de opslag van kolen o.a. in de Amsterdamse haven (het slib wordt over de kolen gespreid waardoor het stof gefixeerd wordt. (Crown van Gelder, 2018).

A.3 Tertiaire bijproducten

A.3.1 Afvalhout afkomstig van huishoudens en bedrijven

Afvalhout is hout dat vrijkomt na de gebruiksfase, bijvoorbeeld uit afgedankte houtproducten of als onderdeel van bouw- en sloopafval. Afvalhout wordt onderverdeeld in A-hout; onbehandeld hout, B-hout; verlijmd/geverfd/gelakt hout en C-hout; verduurzaamd hout, behandeld met (chemische) stoffen / impregneermiddelen.

Beschikbare hoeveelheden

Met behulp van cijfers van het CBS (2016;2018a;2018c) is een inschatting gemaakt van de afvalhoutproductie in de MRA, zie bijlage I.4 Berekening afvalhout. Huishoudens in de MRA produceren jaarlijks circa 59.000 ton afvalhout, bedrijven tussen de 228.000 en 304.000 ton.

Huidige toepassingen

Probos (2014a) schat dat circa 70% van het A- en B-hout wordt gebruikt voor energietoepassingen en 30% voor materiaaltoepassingen. C-hout wordt geëxporteerd en buiten Nederland ingezet voor energietoepassingen.

B-hout mag alleen verbrand worden als er rookgasreiniging aanwezig is, wat meestal alleen het geval is in grote installaties (RVO, 2014). Volgens Brinkmann (2014) zorgt dit ervoor dat veel A-hout, dat het meest geschikt is voor materiaaltoepassingen, toch de verbranding in gaat.

Het bijstoken van hout in energiecentrales is aantrekkelijk omdat de opgewekte energie dan als 'groene energie' kan worden verkocht (Afval Online, 2018).

A.3.2 GFT afkomstig van huishoudens en bedrijven

Onder gft-afval valt zowel niet ingezameld als wel ingezameld organisch afval van huishoudens en bedrijven. Ook swill, keukenafval van bedrijven, valt binnen deze categorie.

Beschikbare hoeveelheden

Voor het GFT-afval van huishoudens zijn de cijfers van het CBS uit 2016 (2017c) gebruikt van de 33 gemeenten die bij de Metropoolregio horen. De totale hoeveelheid GFT-afval van de huishoudens die is ingezameld in deze 33 gemeenten in 2016 is ongeveer 122.000 ton.

Volgens Milieu Centraal wordt 55% van het GFT-afval gescheiden ingezameld (Milieu Centraal, 2015). Echter, in delen van de MRA, zoals in Amsterdam, wordt GFT niet tot nauwelijks ingezameld. Om het scheidingspercentage in de regio te berekenen is daarom aangenomen dat de totale GFT productie (zowel gescheiden als ongescheiden ingezameld) voor de meeste gemeenten op 180 kilogram per persoon ligt (Milieu Centraal, 2015). Echter, voor gemeenten waar weinig tuinen zijn (bijvoorbeeld Amsterdam waar slechts 10% van de huishoudens een tuin heeft (Gemeente Amsterdam, 2015)) is dit verlaagd tot 120 kilogram. Namelijk, circa 1/3 van het GFT afval bestaat uit tuinafval (Rijkswaterstaat, 2017). Hieruit volgt een scheidingspercentage van 33% en de totale hoeveelheid ongescheiden ingezamelde GFT in de regio op 242.000 ton. Dit wordt als restafval opgehaald en verbrand (bij AEB in Amsterdam wordt een deel van deze stroom teruggewonnen door middel van de vorig jaar in gebruik genomen nascheidingsinstallatie, zie ook paragraaf B.4.3).

GFT/Swill van bedrijven: de hoeveelheid GFT en swill van bedrijven is eveneens berekend op basis van CBS-cijfers over 2016. Deze laten zien dat de totale hoeveelheid organisch afval van bedrijven (exclusief de VGI- en landbouwsector) in Nederland 1.812 kton bedraagt. Wanneer deze worden teruggerekend

op basis van het aantal bedrijfsvestigingen kan gesteld worden dat de hoeveelheid GFT van bedrijven in de MRA ongeveer 326 kton is. De cijfers van het CBS geven geen inzicht in de volumes per verwerkingsroute, daarom is de aanname aangehouden dat het scheidingspercentage gelijk even hoog ligt als bij de huishoudens (ofwel 108 kton wordt gescheiden ingezameld, 218 kton wordt verbrand met het restafval). Dit is een ruwe aanname, het is echter zeer waarschijnlijk dat een aanzienlijk deel van deze stroom nog ongescheiden met de restfractie wordt ingezameld.

Huidige toepassingen

In Nederland wordt circa 29% van al het GFT-afval vergist. Dit kan groeien tot 48% (Groengas, n.d. a). De overige 71% wordt gecomposteerd (CLO, 2017). Andere verwerkingsroutes, zoals bioraffinage hebben nog een lage capaciteit en kunnen vaak alleen nog mono-stromen verwerken.

A.3.3 Biomassa afkomstig uit de rioolwaterzuivering

Bij rioolwaterzuivering of afvalwaterzuivering komt zuiveringsslib vrij. Dit slib bevat voor een groot deel uit organisch materiaal dat door middel van vergisting kan worden omgezet in biogas. Daarnaast komt bij enkele RWZI's zeefgoed vrij, dit bestaat grotendeels uit cellulose afkomstig uit WC-papier.

Beschikbare hoeveelheid

Gebaseerd op de slibproductie in Noord-Holland en Flevoland en de capaciteit van verschillende RWZI-installaties is de hoeveelheid zuiveringsslib in het MRA-gebied 138 kton, hetgeen neerkomt op 40.825 ton d.s. De berekening is te vinden in bijlage I.6.

In de MRA komt cellulose beschikbaar bij de RWZI Beemster (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), dit betreft een stroom van ongeveer 2.000 ton/jr [x] en bij de RWZI Hilversum (ca. 1.500 ton/jr, op basis van de capaciteit van de installatie). Het droge stofgehalte van deze stroom is 37%, het gaat derhalve om 1.295 ton/jr. DS.

Huidige toepassingen

Van alle RWZI's in Nederland bezit 30% een vergistingsinstallatie. Aangezien dit met name de grote installaties betreft wordt meer dan 50% van het Nederlandse rioolwaterslib vergist (DNV GL, 2017). Na het vergistingsproces blijft digestaat (uitgegist slib) over. Dit wordt vaak gedroogd en verbrand met energierterugwinning (Stowa, 2016).

Met zeefgoed is recent een proef uitgevoerd met toepassing in asfalt (zie ook paragraaf B.5).

A.3.4 Biomassareststromen van composteerbedrijven

Composteeroverloop is het deel van de biomassa dat overblijft na het composteringsproces (o.a. grotere stukken houtige biomassa). Aangezien dit materiaal in eerste instantie al is meegeteld als ingezamelde stroom (b.v. biomassa afkomstig uit gemeentelijk groenbeheer).

A.4 Opties verhogen volumes en kwaliteit gescheiden ingezamelde organische stromen

In deze paragraaf wordt per stroom kort aangegeven wat het potentieel is aan aanvullend in te zamelen en/of hoogwaardiger in te zetten volumes. Op basis van het hiervoor beschikbare deel van de biomassaastroom, en een inschatting van de mogelijkheden en randvoorwaarden voor inzameling, is per stroom aangegeven hoe hoog de prioriteit is (hoog, midden of laag) om actie te ondernemen om de betreffende stroom hoogwaardiger in te zetten.

Reststroom	Totaal volume	Toelichting	Prioriteit
Primaire bijproducten			
<i>Reststromen van landbouw en bosbouw</i>			
Stro / andere droge gewasbijproducten	21.000	Al grotendeels lokaal nuttig ingezet, grotendeels als bedding, kleiner deel als veevoer.	Laag
Graszaadhooi	4.500	Kleine stroom, komt verspreid vrij, wordt al voor 50% ingezet als veevoer.	Laag
Natte gewasresten	38.500	Nog aanzienlijk oogstbaar potentieel (23 kton). Niet alle stromen geschikt voor hoogwaardige inzet / kostenefficiënt in te zamelen. Specifieke stromen selecteren o.b.v. omvang en waarde stroom, en kosten inzameling. Afstand is belangrijke factor.**	Midden / Hoog
Mest	109.000	Klein deel nog beschikbaar voor inzameling (16,4 kton), aantrekkelijke alternatieve verwerkingsroute ontbreekt echter nog. In onderzoek bij TNO / Biorizon: verwerking naar aromaten.	Laag
Houtige biomassa uit fruit- en boomteelt	2.700	Kleine stroom, komt verspreid vrij – naar verwachting niet kostenefficiënt in te zamelen.	Laag
<i>Reststromen van natuurbeheerders</i>			
Gras uit natuurterreinen	27.900	Aanzienlijke stroom waarvoor hoogwaardige toepassingen worden ontwikkeld – zie ook bermgras – nog aanzienlijk oogstbaar potentieel (14 kton), wellicht niet overal rendabel in te zamelen.	Hoog
Houtige biomassa van landschapsbeheerders	14.625	Wordt nog grotendeels voor energie ingezet (10,5 kton). Verschuiving groter deel naar materialen/grondstoffen lijkt mogelijk.	Hoog
<i>Reststromen uit gemeentelijk groenbeheer</i>			
Bermgras uit gebouwde omgeving	53.700	Grote stroom die al vrijkomt bij regulier onderhoud. Ontwikkelen van kostenefficiënte / hoogwaardige toepassingen heeft daarom prioriteit voor ontdoeners en technologieontwikkelaars. Afhankelijk van de verwerkingsroute kunnen er meerkosten zijn ten opzichte van de huidige inzameling (b.v. instructie loonwerkers, maaien verschillende 'snits', meerkosten opslag/inkuilen).	Hoog
Houtige biomassa uit gebouwde omgeving	5.500	Gaat vrijwel geheel naar energieopwekking. Groter deel materiaalhergebruik/winning stamhout mogelijk.	Hoog
<i>Reststromen van watergangbeheerders</i>			
Riet	2.190	kleine stroom, komt verspreid vrij, oogsten en inzamelen in de meeste gevallen niet rendabel	Laag

Reststroom	Totaal volume	Toelichting	Prioriteit
Overige reststromen van waterwegen	4.200	Urgent vanuit de aanbodkant: stroom wordt in sterk toenemende mate geoogst ivm recreatie / vaarroutes. Beperkte kostenreductie mogelijk t.o.v. composteren	Hoog
<i>Biomass uit teelt</i>			
Miscanthus	1.600	Relatief kleine stroom geteelde biomassa, wordt al grotendeels in materiaaltoepassingen ingezet. Focus op aansluiting bij optimale verwaardingsroute.	Midden
Secundaire bijproducten			
<i>Reststromen van houtbedrijven</i>			
Schoon resthout uit houtindustrie	20.000	Wordt al grotendeels hoogwaardig ingezet, energiedeel (2 kton) wellicht deels inzetbaar voor materiaalhergebruik, wordt echter vaak in eigen bedrijf ingezet.	Laag
<i>Reststromen van de VGI</i>			
Reststromen uit voedings- en genotsmiddelenindustrie	1.050.988	Zeer grote stroom/monostromen, uniek voor MRA. belangrijkste afzet al naar food/feed (835 kton), echter ook nog aanzienlijk deel naar vergisting (44 kton) en compostering (110 kton).	Hoog
<i>Reststromen van veilingen</i>			
Veilingafval	13.100	Relatief homogene stroom die geconcentreerd vrijkomt en nu nog grotendeels gecomposteerd wordt (12 kton).	Hoog
<i>Reststromen van de papierindustrie</i>			
Organisch slib papierproductie	954	komt geconcentreerd vrij bij papierproductie, lokaal ingezet voor energie - geen hoogwaardiger alternatief	Laag
Tertiaire bijproducten			
<i>Afvalhout</i>			
Afvalhout huishoudens	59.350	Grote volumes (42 kton) worden nu nog verbrand, deze zijn (deels) inzetbaar in materiaaltoepassingen	Hoog
Afvalhout bedrijven	266.000	Grote volumes (186 kton) worden nu nog verbrand, deze zijn (deels) inzetbaar in materiaaltoepassingen	Hoog
<i>GFT</i>			
GFT huishoudens en	369.697	Zeer groot potentieel nog in te zamelen biomassa (248 kton), vergt investering in infrastructuur / logistiek / communicatie.**	Hoog
GFT/organisch afval bedrijven	326.000	Groot potentieel nog gescheiden in te zamelen. Wellicht daarnaast mogelijk meer mono-stromen gescheiden in te zamelen en hoogwaardiger in te zetten.	Midden
<i>Biomassa uit afvalwaterzuivering</i>			
Zuiveringsslib RWZI	40.825	Grote stroom die nu aanzienlijke kostenpost vormt, en waardevolle en schaarse grondstoffen bevat (zie ook paragraaf C.3.8). Hoge prioriteit voor hoogwaardiger verwerking vanuit kosten- en circulariteitsoogpunt	Hoog
Zeefgoed (cellulose)	1.295	Komt als homogene, makkelijk in te zamelen stroom beschikbaar bij RWZI's met zeefinstallatie (evt. uit te breiden bij positieve business case).	Hoog

Tabel 5 Overzicht stromen, potentieel in te zamelen grotere / hoogwaardiger in te zetten volumes

**Mogelijk in te zamelen mono-stromen natte gewasresten*

Gewasresten worden nu vaak nog ondergewerkt omdat afvoeren tot aanvullende kosten zou leiden. Van sommige (grotere mono-) stromen (b.v. loof van suikerbieten en aardappels, afgekeurde aardappels) zou het echter interessant kunnen zijn om nader te bekijken of die economisch rendabel in grotere volumes zouden kunnen worden ingezameld. Dit is uiteraard onder andere afhankelijk van de verwaardingsroute / marktwaarde van het geoogste materiaal, de mogelijkheden om de stroom tegen beperkte kosten te oogsten (arbeidsintensiviteit, beschikbaarheid geschikte oogstmachines) en van de transportafstand.

***Verwachte toename gescheiden ingezameld volume organische reststromen*

Een belangrijk initiatief dat gericht is op het verhogen van de hoeveelheid gescheiden ingezamelde organische reststromen is het streven van de gemeente Amsterdam om GFT-inzameling (her) in te voeren. In eerste instantie zal dit worden ingevoerd in het oostelijk deel van de stad, waarna wordt geëvalueerd en verdere uitbreiding kan volgen [g].

B. Overzicht technologieën en initiatieven biomassaverwerking MRA

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van verwaardingsroutes voor biomassa die momenteel operationeel of in voorbereiding zijn in de MRA. Hierbij wordt de volgende hoofdingeling gehanteerd:

1. Compostering
2. Verbranding met energieopwekking
3. Vergisting
4. Vergassing
5. Verwerking tot biobrandstof
6. Materiaalhergebruik
7. Hergebruik als grondstof voor groene chemie en/of voedingsmiddelen

Binnen deze hoofdingeling wordt beschreven welke verwerkers van biomassa actief zijn op het gebied van de betreffende technologie. Hierbij worden zowel 'rijpe' als 'groene' initiatieven beschreven, variërend van grote installaties die al jaren operationeel zijn tot startups in nichemarkten. In paragraaf B.6 worden de nieuwe initiatieven uit de voorgaande paragrafen samengevat. Deze vormen de longlist van initiatieven waaruit in de volgende hoofdstukken eerst een selectie (shortlist) wordt gemaakt en vervolgens een voorstel voor de keuze van vier business cases die in de volgende fase van het project verder worden uitgewerkt.

In de volgende tabel is de huidige verwerkingscapaciteit voor biomassastromen weergegeven, inclusief installaties die nog in aanbouw zijn en installaties die niet in de MRA liggen maar wel biomassastromen verwerken die (grotendeels) afkomstig zijn uit de MRA.

Organisatie	Verwerkingstechniek	Locatie	Input	Output	Capaciteit (ton/jaar)	Verwerkt (ton/jaar)
Meerlanden	Compostering	Rijsenhout	GFT (2/3 digestaat van vergister)	Compost (20.000 ton), restwarmte voor glastuinbouw	71.500	51.500
HVC	Compostering	Purmerend	GFT	Compost (3.500 ton)	26.500	26.500
Orgaworld	Compostering	Lelystad (Zeeasterweg)	GFT (25% afkomstig uit de MRA)	Compost (48.700 ton)	110.000	78.000
Orgaworld	Compostering	Lelystad (Biocel)	GFT (60% afkomstig uit de MRA)	Compost (10.000 ton)	30.000	30.000
				Totaal compostering	238.000	186.000
AEB AEC	Verbranding	Amsterdam	Biomassa (org. fractie restafval)	Elektriciteit, stadswarmte (18.000 huishoudens)	850.000	745.000 totaal / ca. 252.000 org. fractie
Nuon Energy	Verbranding	Lelystad	Houtsnippers	Elektriciteit, stadswarmte (5.000 huishoudens)	22.000	22.000
Biowarmte de Purmer	Verbranding	Purmerend	Houtsnippers	Stadswarmte (25.000 huishoudens)	100.000	100.000
Bio-Energie Centrale	Verbranding	Alkmaar	resthout	Elektriciteit 200 GWh, warmte	170.000	155.000
AEB Bio-energiecentrale	Verbranding	Amsterdam	Snoei- en afvalhout	Stadswarmte (30.000 huishoudens)	110.000	-
Nuon Biomassacentrale	Verbranding	Diemen	Houtpellets (import)	120 MW warmte	120.000	-
				Totaal verbranding excl. AEB AEC	522.000	277.000
Meerlanden	Vergisting	Rijsenhout	GFT	Biogas (4,2 miljoen m ³), bijproduct 12.000 l citrusbrandstof	55.000	35.000

Organisatie	Verwerkingstechniek	Locatie	Input	Output	Capaciteit (ton/jaar)	Verwerkt (ton/jaar)
HVC	Vergisting	Middenmeer	GFT (gedeeltelijk afkomstig uit de MRA)	Biogas (5 miljoen m3)	88.000	88.000
Orgaworld	Vergisting (droog)	Lelystad Biocel	GFT (60% afkomstig uit de MRA)	Biogas	30.000	30.000
Orgaworld	Vergisting (nat)	Havengebied Amsterdam	Vloeibare organische afvalstromen (76% afkomstig uit de MRA)	Biogas	120.000	89.000
Groen Gas Fabriek Almere	Vergisting	Almere	Mest, mais- of graan resten, bietenpulp	Groen gas, CO ₂	40.000	40.000
Waterschappen – RWZI's	Vergisting	Hele regio	Slib	Biogas (883.000 m3)	110.400	68.000
				Totaal vergisting	443.400	350.000
Bio-Energy Netherlands	Vergassing	Amsterdam	resthout	Warmte (10 MW) en elektriciteit	40.000	-
				Totaal vergassing	40.000	
Biodiesel Amsterdam	Biobrandstoffen	Amsterdam	Oliën, vetten (Rotie)	125 mln. liter biodiesel	100.000	100.000
Greenenergy Biodiesel	Biobrandstoffen	Amsterdam	Oliën, vetten		100.000	-
AEB Amsterdam	Biobrandstoffen	Amsterdam	ONF uit nascheiding	Biogranulaat	105.000	-
				Totaal biobrandstoffen	305.000	100.000
Biobound	Betonproductie	Cruquius	Miscanthus	Vezelversterkt beton	300	300
NPSP	Injection moulding	Amsterdam	Vezelmateriaal	Biocomposieten	1	1
Plantics	Thermoset bioplastics	Amsterdam	Glycerol, vezelmateriaal	Bioplastics	1	1
				Materiaaltoepassingen	302	302
ChainCraft	Productie vetzuren	Amsterdam	Groente- en fruitresten VGI	1.000 ton/jr vetzuren	20.000	-
				Grondstoffen food/feed	20.000	

Tabel 6 Inventarisatie van verwerkingscapaciteit van biomassa in de MRA

In de tabel is de operationele verwerkingscapaciteit voor biomassa in de MRA in zwarte tekst weergegeven, verwerkingscapaciteit die nog in aanbouw is in grijze tekst. De verwerkingscapaciteit van HVC die zich niet in de MRA bevindt maar wel biomassa uit de MRA verwerkt (vergisting in Middenmeer en de Bio-Energie Centrale in Alkmaar) is in blauwe tekst opgenomen. De verbranding met energieopwekking van de organische fractie in huishoudelijk afval bij AEB is voor de volledigheid opgenomen in rode tekst, deze capaciteit is echter niet meegenomen in de totalen (deze bevatten alleen installaties die volledig gericht zijn op verwerking van biomassa).

De totalen per hoofdverwerkingsroute zijn in de onderstaande tabel samengevat.

Verwerkingsroute (waardepiramide)	Operationele capaciteit	Deel ingezet	Beschikbare overcapaciteit	Capaciteit in aanbouw
Farmaceutica en fijnchemie				
Voedsel en feed				20.000
Materialen incl. bioplastics/-polymeren	302	302		
Vergisting (+ compostering digestaat)	443.400	350.000	93.400	
Bulkchemie en brandstoffen	100.000	100.000		205.000
Elektriciteit en warmte	292.000	277.000	15.000	270.000
Compostering	238.000	186.000	52.000	
Totaal	1.073.702	913.302	160.400	495.000

Tabel 7 Capaciteit voor verwerking biomassastromen in de MRA (in ton/jaar, operationeel, beschikbaar, in aanbouw)

In de onderstaande paragrafen worden de installaties en nieuwe initiatieven voor verwerking van biomassastromen beschreven per verwerkingsroute.

B.1 Compostering

Allerlei organische materialen, zoals groente-, fruit-, tuin- en organisch procesafval en slib, kunnen worden gecomposteerd. Anders dan bij vergisting wordt er genoeg lucht toegevoerd om het proces te versnellen. De geproduceerde compost wordt gebruikt als bodemverbeteraar, met name in de landbouw (Vereniging Afvalbedrijven, 2018a).

B.1.1 Meerlanden (Rijsenhout)

Meerlanden composteert jaarlijks rechtstreeks circa 18 kton GFT. Daar komt nog 34 kton digestaat uit de vergister bij, deze stroom van in totaal 53 kton levert in totaal ca. 20 kton compost op. De restwarmte van het composteren wordt opgevangen en via warmtewisselaars transporteert naar glastuinbouw in de regio. Bij dit transport ontstaat condenswater dat wordt gebruikt bij gladheidbestrijding en straatreiniging. (Meerlanden, 2018).

Bij Meerlanden is in 2017 een succesvolle proef uitgevoerd met op maat gemaakte compost voor revitalisering van oude bomen in Wassenaar. Deze proef heeft aangetoond dat het ontwikkelen van compost voor specifieke planten- en bomensoorten een mogelijkheid is om meer (economisch en ecologische) waarde te genereren uit compost, die wellicht ook voor andere soorten kan worden toegepast (Meerlanden, 2017) [a].

B.1.2 HVC (Purmerend)

HVC verwerkt in totaal 188 kton GFT, waaruit o.a. 80.7 kton compost wordt geproduceerd (HVC, 2017). Bij de composteerinstallatie in Purmerend verwerkt HVC 26.5 kton GFT (cijfers over 2013) wat circa 3.5 kton

compost oplevert. De installatie wordt ingezet als de vergistingsinstallaties in Middenmeer en Zwolle op volle capaciteit draaien (HVC, n.d.) (Purmerend, 2018) (Vereniging Afvalbedrijven, 2014).

B.1.3 Orgaworld (Lelystad)

De composteerinstallaties van Orgaworld in Lelystad hebben een gezamenlijke capaciteit circa 140 kton GFT (Orgaworld, 2014a). Op de locatie Zeeasterweg (ZAW) in Lelystad worden verschillende groene reststromen (GFT, tuin- en plantsoenafval, organisch bedrijfsafval) met een hoog rendement omgezet in compost. In 2017 werd 78 kton organisch afval verwerkt tot 48.7 kton compost. Van de 78 kton inputmateriaal is ca. 19.6 kton afkomstig uit de MRA-regio, ca. 75% van de uitgaande compoststroom (36.5 kton) wordt afgezet in de MRA [d].

Een mogelijkheid om binnen deze verwerkingsroute de efficiëntie te verhogen of hoogwaardiger eindproducten te realiseren is door meer (grotere) mono-stromen (zoals brood, citrusvruchten en losse groente) buiten de bulkstroom te houden en separaat te verwerken (chemische verwerkingsroutes zoals die van ChainCraft komen dan eerder in beeld) [c].

B.1.4 Overig

Verder zijn er nog een aantal kleinere spelers actief in de MRA-regio, zoals Groen & Grond Combinatie (Groen & Grond, 2015), Otte Lisse bv (Otte Lisse, n.d.), Indaver Groencompost BV (Indaver, n.d.) en de eigen composteerinrichting van de gemeente Amstelveen.

B.2 Elektriciteit en warmte

Verwerkingsroute voor droge biomassastromen, zoals afvalhout en snoeiafval. Ook wordt een aanzienlijk deel van de organische reststromen nog als onderdeel van het restafval verbrand.

B.2.1 AEB (Amsterdam)

AEB heeft de grootste verbrandingsinstallatie in de regio. Deze installatie verwerkt 745 kton biomassa per jaar (Groengas, n.d. b) en levert hiermee stadswarmte (voor 20.000 huishoudens en grotere afnemers, waaronder zwembaden) en elektriciteit. Een deel van de organische fractie wordt gescheiden in de nascheidingsinstallatie die vorig jaar in gebruik is genomen (AEB, 2017), zie ook paragraaf B.4.3.

Daarnaast is bij AEB een Bio-Energie Centrale (AEB BEC) in aanbouw. Deze centrale gaat 110 kton laagwaardig snoei- en afvalhout verwerken dat afkomstig is uit een gebied met een straal van ten hoogste 150 km rond Amsterdam. Hiermee wordt jaarlijks 935 TJ duurzame energie opgewekt (AEB, dec. 2018).

B.2.2 HVC (Bio-Energie Centrale Alkmaar)

HVC verwerkt in Alkmaar in de Bio-Energie Centrale (BEC), ca. 155 kton resthout (van consumenten en bedrijven, o.a. uit grof huishoudelijk- en bouw- en sloopafval), dit hout is voornamelijk afkomstig van gemeenten, deels uit de MRA [e].

B.2.3 Nuon Energy (Lelystad en Diemen)

De biomassa verbrandingsinstallatie van Nuon Energy in Lelystad verwerkt circa 22 kton houtsnippers uit huishoudelijk afval en bosbouw en levert hiermee warmte en elektriciteit voor 5.000 huishoudens en gebouwen in de stad. De centrale heeft een maximaal elektrisch vermogen van 1.5 megawatt en een maximaal thermisch vermogen van 6.5 megawatt. De houtsnippers komen uit de regio en worden aangeleverd door Bio-Enerco. (Nuon, n.d.) (Nuon, 2015).

Nuon heeft daarnaast een vergunning aangevraagd om in Diemen een biomassacentrale bouwen met een capaciteit van 120 MW, met name in te zetten voor stadsverwarming in Amsterdam-Oost en Diemen. In deze centrale worden volgens planning ca. 120 kton houtpellets (voornamelijk afkomstig uit import uit de Baltische staten) verwerkt (Nuon, n.d.).

B.2.4 BeGreen (Lelystad)

Naast de energiecentrale van Nuon wordt momenteel ook een verbrandingsinstallatie ('houtwarmtestation') van BeGreen gebouwd. Deze installatie draait ook op houtchips en gaat voornamelijk warmte leveren aan bedrijven. De installatie wordt in oktober 2018 in gebruik genomen (Omroep Flevoland, 2018) (BeGreen, n.d.).

B.2.5 Biowarmte de Purmer (Purmerend)

In de biowarmte centrale in Purmerend wordt houtige biomassa van Staatsbosbeheer gebruikt voor stadsverwarming. Het verbranden van ongeveer 100 kton houtsnippers per jaar levert voldoende energie om aan 80% van de warmtebehoefte van 26.000 huishoudens te voldoen. Door de langdurige samenwerking van 25 jaar tussen Staatsbosbeheer en Stadswarmte Purmerend heeft de energiecentrale zekerheid. (Stadsverwarming Purmerend, 2018) (Staatsbosbeheer, 2018b)

B.2.6 Overig

Daarnaast zijn er verschillende kleine verbrandingsinstallaties (tot 0.9 kton) aanwezig in de regio, die gevonden kunnen worden op de website van Groengas (Groengas, n.d. b).

B.3 Vergisting

Vergisting is met name geschikt voor natte organische stromen zoals GFT, dierlijke mest, bepaalde industriële reststromen (bijvoorbeeld uit de VGI) en slib van AWZI en RWZI. Natte vergisting is geschikt voor de meeste natte organische stromen, met droge vergisting kan bijvoorbeeld GFT afval met een hoog rendement vergist worden. (RVO, n.d. b). Het digestaat dat na vergisting van GFT resteert wordt veelal gecomposteerd / ingezet als bodemverbeteraar.

B.3.1 Meerlanden (Rijsenhout)

De vergistinstallatie van Meerlanden vergist jaarlijks 35.000 ton GFT. De geproduceerde 4,2 miljoen m³ biogas wordt opgewerkt tot groengas. Ook ontstaat er zg. 'citrusbrandstof' tijdens het vergistingsproces (een olieachtige substantie afkomstig van dennenhars, coniferen en citrusvruchten zoals sinaasappels, die dezelfde calorische waarde als diesel heeft) dat wordt gebruikt als brandstof voor onkruidbestrijding met heet water (zie ook paragraaf B.3.2 en B.6.3. voor toepassingen van deze stroom).

Bij Meerlanden is nog circa 20.000 ton vergistingscapaciteit beschikbaar.

Meerlanden doet momenteel in samenwerking met o.a. Wagro en Bloc onderzoek naar de haalbaarheid van het realiseren van een nieuwe vergister die warmte en CO₂ produceert voor glastuinbouwers, waarbij het CO₂ via het OCAP netwerk gedistribueerd wordt. Hierbij wordt ingezet op reststromen van o.a. de Greenport Aalsmeer (ca. 40 kton) en Royal Flora Holland (ca. 10 kton). De totale voorziene capaciteit van de installatie is 70 kton (Meerlanden, 2018), [a][m].

B.3.2 HVC (Middenmeer)

Ook bij HVC wordt een grote stroom (88 kton) GFT vergist (op de locatie Middenmeer), dat grotendeels afkomstig is uit de MRA. HVC doet onderzoek naar de olieachtige stroom afkomstig uit citrusschillen (zie

ook de vorige paragraaf) die bij Meerlanden als brandstof wordt ingezet. Inzet van HVC is om de terpenen uit deze stroom in te zetten als grondstof (b.v. voor coatings en harsen), hiervoor is echter nog een voorbereidingsstap nodig. In samenwerking met TNO is een projectvoorstel ingediend om deze voorbereidingsstap te ontwikkelen [e].

B.3.3 Orgaworld (Havengebied Amsterdam, Lelystad)

Orgaworld heeft twee vergistingsinstallaties in de regio, een natte vergister in het havengebied van Amsterdam en een droge vergister in Lelystad (naast de composteerinstallatie aan de Zeeasterweg, zie paragraaf B.1.3). Het verschil met de natte vergistingsmethode is dat het afval een vochtgehalte van circa 58%, in plaats van 80% heeft. Het wordt batchgewijs vergist. (Orgaworld, 2014c)

De droge, anaerobe vergistingsinstallatie van Orgaworld in Lelystad (Biocel) heeft een capaciteit van 110 kton en verwerkte in 2017 circa 92 kton groene reststromen (waarvan ca. 38.6 kton gescheiden ingezameld GFT-afval, 31.4 kton organisch bedrijfsafval en 3.9 kton tuin- en plantsoenafval). Ongeveer 60% van deze stroom, ofwel 55,2 kton is afkomstig uit het MRA-gebied [d]. Op deze locatie staat ook de 'ontpakkingslijn' waar over de datum levensmiddelen worden verwerkt tot een verpompbare 'supermarktmix' die vervolgens in de natte anaerobe vergister in Amsterdam wordt verwerkt. (Orgaworld, 2014b).

Deze natte vergistingsinstallatie in Amsterdam heeft een capaciteit van 120 kton en verwerkte in 2017 89 kton vloeibare organische afvalstromen (waarvan ca. 67.7 kton afkomstig is uit de MRA) tot biogas en digestaat. Dit levert warmte en energie op voor circa 20.000 huishoudens. Het digestaat dat resteert na productie van het biogas (ca. 22.8 ton in 2017), wordt gedroogd en verwerkt tot bodemverbeteraar [d].

Deze vergister van Orgaworld in het havengebied maakt onderdeel uit van het Greenmills complex, waarin onder andere ook Rotie (zie ook B.3.5), Biodiesel Argent (zie ook B.4.1) en Noba participeren. Greenmills is een van de grootste industriële biobased clusters in Europa, er worden ca. 100.000 ton organische reststromen en 100.000 ton gebruikt frituurvet verwerkt (Kuiper et. al, 2015).

B.3.4 Groen Gas Fabriek Almere (Almere)

In de Groen Gas Fabriek in Almere Buiten wordt biomassa dat niet meer geschikt is voor de (vee)voedingsindustrie omgezet in groen gas en CO₂. Deze reststromen, zoals mest (22.000 ton), mais- of graanresten en bietenpulp, ontvangen zij van agrifoodbedrijven. De installatie is sinds 2017 in gebruik en vergist momenteel 40.000 ton biomassa tot 4 miljoen m³ groengas. Het gas gaat grotendeels direct het net op. Het CO₂ wordt via het OCAP netwerk geleverd aan glastuinbouwers. (FlevoZine, 2017) (Meewind, 2016)

B.3.5 Rotie

Rotie zamelt 100 kton organisch bedrijfsafval in zoals, keukenafval, over-datum producten uit de supermarkt en productie-uitval uit de levensmiddelenindustrie. Dit wordt op de eigen locatie verwerkt tot een homogene massa. Deze massa wordt overgepompt naar de vergistingsinstallatie van Orgaworld. Het organisch bedrijfsafval wordt daar vergist tot biogas. Het geproduceerde biogas wordt gebruikt als brandstof voor gasmotoren. Deze motoren drijven een generator aan voor het opwekken van groene stroom waarmee jaarlijks 20.000 huishoudens in Amsterdam worden voorzien. De vrijgekomen warmte komt ten nutte aan ongeveer 2.000 woningen in Amsterdam. De stoffen die na het totale proces overblijven worden omgezet tot duurzame meststoffen. (Rotie, n.d.)

B.3.6 Rioolwateringzuivering (hele regio)

Verschillende waterschappen in de regio bezitten een vergistingsinstallatie voor de vergisting van rioolslib. In Nederland wordt meer dan 50% van het rioolslib vergist (DNV GL, 2017). In de MRA wordt ongeveer 138 kton rioolslib geproduceerd (zie inventarisatie reststromen) waaruit de schatting gemaakt kan worden dat in de regio jaarlijks circa 68 kton rioolslib wordt vergist. Aangenomen dat het DS-gehalte van rioolslib op 4% ligt (DNV GL, 2017) en de biogasproductie van RWZIs wordt geschat op 0.16 m³ per kg d.s. (Stowa, 2005), ligt de regionale biogas productie van rioolwaterzuiveringen op 883.000 m³ biogas.

Niet altijd wordt de volledige capaciteit van de vergisters gebruikt. Zo draait de vergister van RWZI Beverwijk op 70%. In Zaandam-Oost ligt dit percentage op 45% (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 2014). De enige algemenere cijfers die hierover bekend zijn dateren uit 2005 (Stowa, 2005). In hun berekening laten zij zien dat de overcapaciteit van vergisters bij RWZIs circa 30% van het totaal geproduceerde slib is. Dit zou voor de MRA regio neerkomen op circa 41.4 kton d.s. slib. Deze capaciteit zou ook opgevuld kunnen worden met vetten of voedselstromen die over datum zijn (Stowa, 2005).

B.3.7 The Waste Transformers (Amsterdam)

The Waste Transformers is een klein bedrijf dat reststromen lokaal vergist. Zo hebben ze onder andere een installatie op het terrein van de Westergasfabriek en waar organisch afval van restaurants, theaters, een kleine bierbrouwerij en andere bedrijven wordt verwerkt. De gedachte achter het concept om kleinschalig te vergisten is dat het reduceren van transportkilometers van het zware organische afval milieu- en economische voordelen biedt. (The Waste Transformers, 2016)

B.4 Verwerking tot biobrandstof / bulkchemicaliën

Biomassa kan via een aantal routes worden omgezet in brandstoffen en/of bulkchemicaliën, naast de bovengenoemde routes (productie van biogas door middel van vergisting kan dit bijvoorbeeld door:

- Productie van biodiesel uit afgedankte oliën en vetten (of uit oliehoudende gewassen);
- de productie van brandstofpellets, voornamelijk uit houtige biomassa maar in toenemende mate ook uit andere organische reststromen;
- het door middel van vergassing produceren van syngas dat kan worden ingezet als grondstof voor gasvormige energiedragers of chemische bouwstenen;
- het superkritisch vergassen van biomassa, waardoor biomassa wordt omgezet in methaan, waterstof, CO₂ en een reststroom water en mineralen.
- het door middel van pyrolyse produceren van olie en gas dat kan worden ingezet voor energieopwekking of als chemische bouwstenen.

B.4.1 Biodiesel Argent - Rotie/Biodiesel Amsterdam (Amsterdam)

Afgedankte olie en andere vetten kunnen worden opgewerkt tot biobrandstof. Rotie haalt gebruikt frituurvet en andere vetten op bij 35.000 locaties in Nederland, Duitsland en België. Na een proces van filtratie en bezinking worden de vetten naar partnerbedrijf Biodiesel Amsterdam gepompt waar het wordt omgezet in biodiesel. Biodiesel Amsterdam produceert jaarlijks 125 mln. liter biodiesel. (Simadan, n.d.)

B.4.2 Chips - Den Ouden

Den Ouden zamelt biomassastromen in om er vervolgens biobrandstoffen van te maken. Deze biobrandstof betreft met name chips gereinigde houtsnippers (Den Ouden, n.d. a). In alle vestigingen samen verwerkt Den Ouden ongeveer 200 kton biomassa. Het is niet duidelijk welk deel hiervan uit de MRA afkomstig is, de locatie in het Gooi is echter relatief klein [p].

B.4.3 Drogen en omzetten in brandstof (pellets) van biomassa

AEB

Bij AEB is sinds 2017 een nascheidingsinstallatie in bedrijf, waarmee onder andere een organische reststroom wordt teruggewonnen. Deze organische natte fractie (ONF) zal vrijkomen uit de scheidingsinstallatie die sinds eind 2017 in werking is. De capaciteit van deze installatie is 300 kton en naar verwachting levert de installatie 60 kton extra teruggewonnen grondstoffen (kunststoffen, papier en metalen) op. Daarnaast wordt ca. 105 kton organische fractie gescheiden. De voorziene bestemming van de ONF is een droogstap (met gebruik van restwarmte) en vervolgens verwijdering van inert materiaal en productie van biogranulaat voor energieopwekking [i].

HVC

HVC is voornemens om houtige delen van snoeiafval in te zetten als grondstof voor brandstofpellets. Momenteel wordt onderzoek gedaan naar afzetmogelijkheden (bij voorkeur een combinatie van de consumentenmarkt en enkele grotere afnemers). Het gaat daarbij om een stroom van ca. 15.000 ton snoeihout [e].

Meerlanden

Meerlanden heeft warmtecapaciteit beschikbaar die kan worden ingezet voor het drogen van biomassa, om deze vervolgens om te zetten in vezels en brandstof. De stromen die daarvoor in beeld zijn, zijn bijvoorbeeld tak- en top hout uit groenbeheer, reststromen uit de tuinbouw en de onderste snit van bermgras (dit onderste deel van het bermgras is meer vervuild en daardoor minder geschikt voor materiaaltoepassingen) [a].

B.4.4 GoodFuels

Het Amsterdamse bedrijf GoodFuels richt zich op het leveren van duurzame biobrandstoffen voor land- en scheepstransport. Het bedrijf streeft er naar de gehele keten te integreren (van grondstof tot tank) om op die manier kwaliteit en duurzaamheid van de brandstoffen te kunnen waarborgen. Producten zijn onder andere HVO ((Hydrotreated Vegetable Oil), een synthetische diesel voor weg- en treintransport en biobased HFO (Heavy Fuel Oil) voor scheepstransport. Het gaat om tweede generatie biofuels, inputstromen zijn reststromen die niet concurreren met voedselproductie, zoals afgedankte oliën en vetten.

GoodFuels houdt zich daarnaast bezig met innovatieve technologieën gericht op efficiënte omzetting van biomassa naar biobrandstof. Een belangrijke technologie in dat kader is pyrolyse. Pyrolyse is een proces waarbij de biomassa in een zuurstofarme omgeving wordt verhit naar 400 - 800 °C. Hierbij ontstaan pyrolyseolie, pyrolysegas en 'char', een cokesachtig product dat op steenkool lijkt. GoodFuels is onderdeel van het 'Pyrolysis Cluster Moerdijk', een samenwerkingsverband dat op pilotschaal testen gaat uitvoeren gericht op het omzetten van verschillende inputstromen naar chemicaliën en brandstoffen.

B.4.5 Torrefactie – Blackwood, Torrgas en Torwash / ECN

Het in Hoofddorp gevestigde Blackwood heeft een technologie ontwikkeld om biomassa via torrefactie om te zetten in pellets met een hoge calorische waarde en dichtheid. Torrefactie is een milde vorm van pyrolyse. Bij torrefactie wordt de biomassa met weinig zuurstof bij relatief lage temperaturen (200-400 °C) verhit, waardoor laag-calorische vluchtige stoffen en water uit de biomassa (meestal houtige of grasachtige stromen) worden verwijderd. Het product 'char' lijkt wat eigenschappen betreft veel op steenkool. De tot nu toe meest verkende toepassing is dan ook het meestoken in kolencentrales, daarnaast kan char lokaal worden ingezet in biomassa- en drooginstallaties. Blackwood is ontstaan uit de doorstart van Topell Energy, dit bedrijf heeft de technologie ('Flashtor') ontwikkeld en op demoschaal

(productiecapaciteit 7 ton/uur) gevalideerd in een plant in Duiven. Deze plant heeft gedraaid tussen 2010 en 2014, de geproduceerde pellets zijn succesvol getest in onder andere de Amercentrale. Blackwood richt zich op het (wereldwijd) verder vermarkten van de technologie.

Ook het in Amsterdam gevestigde Torrgas richt zich op de Torrefactie van biomassaströmen, met focus op een brede range aan technologie-opties (inclusief kleinschalige installaties) en producten (syngas, brandstoffen, chemische bouwstenen).

ECN heeft in samenwerking met Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Waterschap Zuiderzeeland en enkele andere partners (onder andere AEB, Waternet en Paques) het 'Torwash' proces ontwikkeld, een nieuwe verwerkingsroute voor zuiveringsslib. Hierbij worden in een reactorvat met hoge druk en temperatuur chemische reacties op gang gebracht. Het water wordt vervolgens uit het zuiveringsslib geperst, hierdoor is veel minder energie nodig dan bij de huidige verwerkingsroute (vergisten - drogen - verbranden). Het proces levert een brandstof op (geperste pellets met een hoge verbrandingswaarde, die geschikt zijn om mee te stoken in een kolencentrale). Daarnaast levert het proces meer biogas op dan vergisting, en faciliteert het de terugwinning van fosfaat, dat kan worden ingezet voor kunstmestproductie. Het proces wordt momenteel getest in de RWZI van Almere [y].

B.4.6 Vergassing - Bio Energy Netherlands (Haven Amsterdam)

Bij vergassing wordt biomassa verhit ($> 850\text{ }^{\circ}\text{C}$) met beperkte zuurstoftoevoer waardoor er synthesesgas (ook wel 'syngas') ontstaat, dat voornamelijk bestaat uit koolstofmonoxide en waterstof. Vergassing is een verwerkingstechnologie die voor alle materialen van organische oorsprong kan worden ingezet. Er zijn verschillende toepassingsmogelijkheden voor het syngas: via een methanisatiestap kan koolstofmonoxide en waterstof worden omgezet in een gas met een hoog methaangehalte, dit gas ("Synthetic Natural Gas" of SNG) kan worden ingezet in het aardgasnet (Aranda, G., 2014). Het is tevens mogelijk vergassingstechnologie in te zetten om afvalströmen via synthesesgas om te zetten in chemische bouwstenen. De van oorsprong Canadese firma Enerkem heeft een proces ontwikkeld waarmee gemengd huishoudelijk afval via vergassing kan worden omgezet in methanol en ethanol waaruit vervolgens weer (andere) bouwstenen voor chemie kunnen worden geproduceerd. Begin 2018 is Enerkem samen met partners Akzo Nobel, Air Liquide, Haven Rotterdam en Specialty Chemicals gestart met de voorbereidingen voor een installatie in Rotterdam die per jaar 360 duizend ton gemengd afval kan verwerken, waaronder mixed plastic, waaruit 270 miljoen liter methanol kan worden geproduceerd. Het afval wordt eerst verwerkt tot synthesesgas en daarna tot schone methanol. Die kan worden ingezet in de chemische industrie en in de transportsector. De definitieve investeringsbeslissing wordt later in 2018 verwacht.

In de MRA is momenteel een vergassingsinstallatie in aanbouw: Bio Energy Netherlands wil eind 2018 beginnen met de vergassing van resthout in de haven van Amsterdam. Dit resthout mag niet recyclebaar zijn en zal afkomstig zijn uit de bosbouw of sloop. De installatie heeft een vermogen van 10 MW waarvan 80% zal worden ingezet voor warmte en 20% zal worden ingezet voor het opwekken van elektriciteit. Het restproduct van het vergassingsproces, biochar, kan worden gebruikt als grondverbeteraar. Uit oogpunt van duurzaamheid worden alleen restströmen uit de regio verwerkt. Daarnaast hopen de ondernemers later ook waterstof en CO_2 te produceren als grondstof voor de chemische industrie. (Bio Energy Netherlands, n.d.).

B.4.7 Superkritisch vergassen – SCW Systems

Deze technologie converteert biomassa naar nuttige gassen zoals methaan en waterstof. Tevens ontstaat schoon water en kunnen de in de grondstof opgeloste mineralen omgezet worden in vaste vorm waardoor ze teruggewonnen en hergebruikt kunnen worden. Het proces maakt gebruik van water in de

"superkritische fase", waarin het onderscheid tussen de gas- en vloeistoffase is verdwenen. Dit treedt op als de temperatuur hoger is dan 375°C en tegelijkertijd de druk hoger is dan 221 bar. In deze situatie vinden 2 conversie processen plaats:

- natte biomassa en/of andere organische stoffen splitsen zich op in brandstofgassen, en
- de aanwezige mineralen en zouten veranderen van opgeloste naar vaste (kristal-) vorm.

Het oorspronkelijke aanwezige water gedeelte blijft vervolgens als schoon water over. [SCW Systems, n.d].

Deze technologie is zeer innovatief, SCW Systems werkt momenteel in samenwerking met de Gasunie New Energy aan de ontwikkeling van een eerste superkritische vergassingsinstallatie in Alkmaar. Deze technologie biedt in potentie belangrijke (energie-)voordelen bij de verwerking van natte biomassastromen, zoals mest en zuiveringsslib.

B.5 Materiaalhergebruik

De vezels die van nature in veel biomassa aanwezig zijn, kunnen worden hergebruikt voor materiaaltoepassingen zoals productie van papier of vezelversterkt beton, daarnaast kunnen er composietmaterialen mee worden geproduceerd waarvan bijvoorbeeld meubels, beschoeiingen, verkeersborden en geveldelen kunnen worden gemaakt. De capaciteit van de verwerkingstechnieken is bij deze toepassingen vaak niet bekend, echter uit de beschikbare cijfers kan worden geconcludeerd dat de huidige capaciteit vele malen lager ligt dan die van meer traditionele verwerkingstechnieken.

In een aantal gevallen zijn initiatieven gericht op zowel materiaalhergebruik als de ontwikkeling van grondstoffen voor b.v. groene chemie of levensmiddelen, deze initiatieven zijn opgenomen onder paragraaf B.6.

B.5.1 Natuurvezelcomposieten NPSP (Amsterdam)

NPSP maakt producten van composieten. Voor de vezels bieden zij verschillende natuurlijke opties zoals vlas, hennep, kokos, jute en sisal. Het NABASCO N8010 is gemaakt met natuurlijke vezels die niet meer elders gebruikt kunnen worden, afkomstig uit de kledingindustrie, landbouw en landschap. Het gebruik van natuurlijke vezels heeft, naast de lagere impact tijdens productie, ook het voordeel dat minder chemicaliën nodig zijn om de vezels te laten binden aan de hars. Daarnaast zijn natuurlijke vezels (vaak) lichter wat brandstof kan schelen als de composiet wordt gebruikt in voertuigen.

De binder kan gemaakt zijn van polyester, vinylester, epoxy of biohars. Biohars wordt gemaakt op basis van restproducten van de suikerindustrie, natuurlijke oliën of melkzuur (NPSP, 2009). Het ontwikkelen van composieten op basis van 100% natuurlijke materialen blijft een uitdaging, momenteel wordt ca. 55% biohars toegepast [h].

Op het moment verwerkt NPSP circa 1 ton reststromen biomassa. Deze biomassa van reststromen maakt ongeveer 95% van de totale biomassa die zij verwerken. Slechts 5% van de biomassa dat wordt gebruikt in de composieten is gekweekt [h].

B.5.2 Plantics (Amsterdam)

Plantics produceert Glycix, een biologisch afbreekbare, thermohardende polyester. De polyester is vooral bruikbaar als bindmiddel: het uitharden kan gebeuren met een mengsel van het polymeer en allerlei vulstoffen zoals glasvezels, koolstofvezels, zaagsel, katoenweefsels en andere materialen, waarbij een hard composietmateriaal ontstaat. (Plantics, n.d.). Het bedrijf is nog in ontwikkeling, momenteel wordt op ton-schaal geproduceerd.

De thermoset plastics die de oprichters hebben ontwikkeld zijn gemaakt van plantaardige materialen en zijn in functionaliteit vergelijkbaar met polyurethaan schuim. Belangrijkste voordelen zijn de sterkte en dat er geen giftige stoffen vrijkomen bij verbranding van het materiaal. Het schuim wordt momenteel verkocht als onderdeel van composiet/houten sandwichpanelen. Echter er zijn nog veel andere eigenschappen aan het materiaal te geven, waardoor het in de toekomst geschikt kan worden gemaakt voor gebruik in andere toepassingen. (Agro&Chemie, 2018)

B.5.3 Houtvezelcomposieten - Den Ouden

Naast de productie van biobrandstof (zie hierboven), verwerkt Den Ouden allerlei reststromen ook tot grondverbeteraar, grondstoffen voor MDF en spaanplaat en biobased producten. Het huidige assortiment biobased producten bestaat uit een tuinbankje, paaltjes voor afrastering en papier. Echter gaat het volgens de website enkel om prototypes (Den Ouden, n.d. b). Telefonisch wordt bevestigd dat de productie van biobased producten op basis van houtvezels inderdaad technisch haalbaar is, maar dat dit momenteel niet gebeurt omdat er geen/onvoldoende marktvraag is [p].

B.5.4 Papier uit waterplanten - Grondstoffen Collectief Almere / Millvision

In Almere werken verschillende partijen samen om papier van waterplanten te maken. Deze waterplanten zijn hinderlijk voor watersporters en recreatieondernemers. Met een specifiek maaiplan, samengesteld door watersport- en horeca ondernemers worden de waterplanten geoogst. In samenwerking met Millvision is lokaal een installatie opgezet die op basis van het geoogste materiaal vervolgens papier produceert, dat weer aan Almeerse bedrijven verkocht kan worden. (Grondstoffen Collectief Almere, 2017). De voornaamste uitdaging van het initiatief is het vinden van voldoende afnemers voor de papierproducten.

B.5.5 Eierdozen uit natuurgras - NewFoss en Huhtamaki

Huhtamaki is een verpakkingsproducent die onder andere eierdozen produceert die voor 50% uit gras en 50% uit gerecycled papier bestaan. Het gras wordt verkregen via Staatsbosbeier. De beheerders van natuurterreinen (vaak aannemers) onderhouden en maaien het gras zodanig dat het goed bruikbaar is als inputstroom voor papierproductie. Vervolgens zorgt NewFoss er voor dat de lignocellulose (vezels) uit het gras gewonnen worden. Huhtamaki is verantwoordelijk voor de productie van de dozen.

Volgens Huhtamaki bespaart deze verpakking 60% water en 10% CO₂ in vergelijking met reguliere eierdozen. Momenteel zijn deze verpakkingen nog wel duurder dan de reguliere eierdozen. (Staatsbosbeier, 2018a) (Vakblad natuur bos landschap, 2015).

B.5.6 Productie van isolatieplaten en karton uit bermgras

In de MRA loopt momenteel een project gericht op inzet van bermgras voor de productie van isolatieplaten, hierin wordt samengewerkt door onder andere Havenbedrijf Amsterdam, de Provincies Noord-Holland en Flevoland, Rijkswaterstaat, Zuiderzeeland, NewFoss en Ecor Noble. De technologische haalbaarheid van deze verwaardingsroute wordt momenteel onderzocht.

Ook lopen er enkele initiatieven gericht op het inzetten van bermgras als grondstof voor papier voor karton, o.a. door NewFoss in samenwerking met Parenco en Millvision. Voor deze verwaardingsroute is nog technologische ontwikkeling nodig, gericht op het kunnen voldoen aan de hoge kwaliteitseisen en reduceren van de kostprijs (inzet van bermgras werkt nu nog kostprijsverhogend). (NewFoss, n.d.).

B.5.7 Biobound (Cruquius)

Biobound maakt betonproducten voor de inrichting van de buitenruimte. Het beton bestaat voor 50% uit *Miscanthus* (olifantsgras), wat het beton lichter maakt en de milieu-impact verlaagd. Van het beton maakt het bedrijf, in overleg met de klant, onder andere straatmeubilair, parkbanden, tegels, trappen en verhardingsplaten voor wandel- en fietspaden. Via het zg. 'Biobound take Back System' (BTBS) worden gebruikte producten weer geretourneerd waardoor het materiaal gerecycled kan worden. (Biobound, 2017).

Biobound verwacht in 2018 ongeveer 300 ton biomassa in haar producten te verwerken. Het bedrijf is momenteel in gesprek met Rijkswaterstaat over het toepassen van bermmaaisel van snelwegen in hun producten [q].

B.5.8 Cellulosevezels RWZI - Waterschappen HHNK en AGV

De waterschappen Amstel, Gooi- en Vecht (AGV) en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) hebben initiatieven ontplooid om cellulosevezels, afkomstig van wc-papier, door middel van een zeefstap uit het rioolwater terug te winnen en nieuwe toepassingen voor deze reststroom te ontwikkelen. HHNK heeft onlangs een Europees project afgerond gericht op het produceren van PLA uit deze reststroom (Cellu2PLA, 2017), hieruit bleek dat er voor deze verwaardingsroute op dit moment geen goede business case is. AGV heeft onlangs een proef uitgevoerd voor toepassing van de vezels als afdruiptremmer bij asfaltproductie, in samenwerking met KWS.

B.5.9 Hoogwaardige inzet rondhout – SBB, Zagerij.Amsterdam, Spaarnelanden, NL Hout

De meest hoogwaardige inzet van rondhout uit het beheer van natuurgebieden en openbaar groen is inzet als zaaghout, dat vervolgens in houtproducten (meubels, vloeren etc.) kan worden toegepast. In 2017 werd door Staatsbosbeheer 338.000 m³ rondhout verkocht. Het is in economisch opzicht veruit de meest hoogwaardige toepassing van de reststromen van Staatsbosbeheer [f].

In de regio is enkele jaren geleden een nieuw initiatief gestart dat dezelfde toepassing beoogt voor hout uit gemeentelijk groenbeheer: Zagerij.Amsterdam is een bedrijf gevestigd in Amsterdam dat resthout uit de regio gebruikt als input. Op locatie wordt dit hout verzaagd naar de wensen van de klant. Zo worden transportkosten bespaard en resthout ingezet voor materiaaltoepassingen. Door het gebruik van dunningshout zijn de producten goedkoper dan veel andere maatwerkoplossingen (Zagerij.Amsterdam, 2017).

Staatsbosbeheer en Zagerij.Amsterdam werken sinds enige tijd samen aan de verwaarding van stamhout. Hiertoe is geïnvesteerd in een mobiele zaaginstallatie en is de samenwerking gezocht met Kwintessence, deze partij begeleidt mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt en levert een deel van de werknemers. Bottleneck is vaak nog dat het huidige beheer van de openbare ruimte gericht is op onderhoud en er te weinig aandacht gegeven wordt aan het beschikbaar maken van hoogwaardige biomassastromen [viii.].

Het hergebruiken van rondhout wordt tevens op kleine schaal gedaan door Spaarnelanden in samenwerking met Nederlands Hout in Haarlem. Opschalen van deze route is mogelijk maar er zijn nog geen concrete stappen in ondernomen [o].

B.6 Hergebruik als grondstof voor groene chemie en voedingsmiddelen

Met behulp van gecontroleerde chemische processen kan biomassa worden afgebroken tot chemische bouwstenen die vervolgens kunnen worden ingezet voor productieprocessen in bijvoorbeeld de voedingsmiddelen-, chemie- of farmaceutische industrie.

In de volgende paragrafen worden enkele initiatieven in de MRA op dit gebied kort beschreven.

B.6.1 ChainCraft (Amsterdam)

ChainCraft maakt biobased chemicaliën, vetzuren, met behulp van mengcultuurfermentatie, van reststromen uit de voedingsindustrie, zoals snijafval en schillen. Het is hiermee een alternatief voor vetzuren afkomstig van olie of palmolie. Na een pilot in 2014/2015 wordt momenteel, met behulp van investeerders en subsidies, een demonstratiefabriek gebouwd in het havengebied van Amsterdam. Op het moment van schrijven (juli 2018) is gestart met de commissioning van de demofabriek, naar verwachting zal de fabriek over enkele maanden volledig operationeel zijn [u]. De beoogde afzetmarkten zijn segmenten binnen de chemie, food- en feed industrie. In de toekomst kan wellicht ook GFT worden verwerkt, hiervoor dient de technologie nog verder ontwikkeld te worden.

In 2021 of 2022 hoopt ChainCraft in Amsterdam een grotere commerciële fermentatiefabriek te bouwen. Daarmee zal ChainCraft haar productie vertien- of -tintigvoudigen. Sourcing voor de demonstratiefase is geregeld, echter voor de volgende fase zijn grotere volumes nodig.

(ChainCraft, n.d.) (Parool, 2017) (fd, 2017) (Duurzaam Bedrijfsleven, 2017), [u].

B.6.2 Grass2Grit (Provincie NH)

Grass2Grit maakt een alternatief voor strooizout gebaseerd op gemaaid gras. Het gras, afkomstig uit bermen, zal worden opgewerkt tot een geconcentreerde zoutoplossing die als basis gebruikt kan worden voor pekewater. Bij vorst kan dit op de wegen gestrooid worden om gladheid te voorkomen. Momenteel is Grass2Grit met behulp van een Europese LIFE subsidie bezig met de uitwerking van deze technologie. Dit project is recent gestart (juni 2018) en richt zich naast de toepassing als strooizout tevens op de ontwikkeling van biogranulaat voor paaltjes/weginfrastructuur.

Komende winter (winter 2018-2019) gaat de Provincie Noord-Holland tests uitvoeren met het groene strooizout. (Grass2Grit, 2018) (Biobased Economy, 2018)

B.6.3 Etherische oliën en vezels uit citrusschillen - PeelPioneers (Amsterdam)

PeelPioneers is een startup die citrusschillen verwerkt tot etherische oliën en citruspulp. De oliën kunnen gebruikt worden in voedingsmiddelen, schoonmaakproducten en cosmetica producten. Daarnaast ontstaat er bij dit proces citruspulp dat kan worden gebruikt in diervoeding.

Door een samenwerking met Renewi heeft het bedrijf toegang tot de schillen. In Juni 2018 heeft het bedrijf een half miljoen euro financiering aan weten te trekken waarmee kan worden begonnen met de bouw van de eerste grootschalige productie-installatie. In deze installatie wil PeelPioneers jaarlijks 20 kton sinaasappelschillen verwerken.

In de tweede fase, vanaf 2019, zal er ook cellulose, pectine en flavonoïde uit de schillen gehaald worden. (PeelPioneers, 2018) (Business Insider, 2017) (Quote, 2018)

B.6.4 Terugwinnen van eiwitten – Waternet, AEB, HVC, Orgaworld, Royal FloraHolland, QQ)

Waternet is in mei 2017 een pilot gestart waarbij eiwitten uit reststromen van rioolwaterzuivering worden gehaald. Deze eiwitten zouden weer kunnen worden gebruikt in diervoeding (regelgeving staat terugbrengen van de eiwitten in de menselijke voedselketen voornamelijk niet toe, zie ook paragraaf 0). Op labschaal is dit al gelukt. De pilot bij de zuiveringsinstallatie bij de Ankeveense Plassen zal uitwijzen of dit

opgeschaald kan worden. Op de lange termijn denkt Waternet dat met het Amsterdamse afvalwater 6.300 ton eiwit per jaar geproduceerd kan worden.

Tijdens het proces wordt de ammoniak in het afvalwater omgezet tot eiwit met behulp van kooldioxide, zuurstof en waterstof. Uitdagingen liggen met name in het energie intensieve waterstof, sociale barrières en wetgeving. (Waternet, 2017) (Het Parool, 2017).

Ook AEB heeft onderzoek gedaan naar verschillende initiatieven gericht op het terugwinnen van eiwitten uit groene reststromen, waaronder de kweek van insecten die zich voeden met GFT (AEB, 2015). Een vergelijkbare route is verkend door Orgaworld in samenwerking met Protix, een bedrijf dat zich richt op het kweken van larven van de 'black soldier fly' voor de productie van eiwitten [c]. Royal Flora Holland verkent momenteel de mogelijkheden om eiwitten terug te winnen uit bloem- en plantenresten [i.]. Zoals hierboven is aangegeven is toepassing van proteïne afkomstig uit restproducten in de menselijke voedselketen streng gereguleerd, onder ander door EU-regelgeving voortkomend uit de BSE-crisis eind jaren '90. Afhankelijk van de herkomst is het echter in sommige gevallen mogelijk deze grondstoffen toe te passen in diervoeding.

Een ander nieuw initiatief dat onder andere de terugwinning van eiwitten beoogt is QuisQuiliae, een initiatief van ondernemer Ad van Vugt en Niek Persoon van Amsterdam Green Campus. QuisQuiliae richt zich op het verwerken reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie, met in eerste instantie een focus op cacaodoppen en groente- en fruitresten. Doel is om deze reststromen vervolgens weer in te zetten als grondstoffen voor de productie van voedingsmiddelen. Beoogde producten zijn in eerste instantie onder andere cacao- en ananaspoeier, vervolgens wordt de focus verbreed naar het terugwinnen van eiwitten. Een eerste pilotplant met een capaciteit van 25 kg/uur is momenteel in voorbereiding [s][t].

B.6.5 Grondstoffen voor kunstmest (Waternet, ICL)

Fosfaatje is een project van Waternet waarbij fosfaat uit menselijke urine wordt teruggewonnen om dit te (in de vorm van struviet) te gebruiken als meststof. Hiermee wordt dagelijks 2.500 kg struviet geproduceerd. Het winnen van de struviet vindt plaats na de vergistingsstap, waarbij biogas geproduceerd wordt. Om de urine onverdund te kunnen opvangen werkt Waternet samen met evenementen, waar waterloze urinoirs worden geplaatst. (Stowa, 2018b) (Nutriënt Platform NL, 2016)

Het struviet dat teruggewonnen wordt uit de urine wordt door kunstmestproducent ICL gebruikt als grondstof. Daarnaast lopen bij ICL verschillende andere initiatieven (onder andere met behulp van een subsidie van de Provincie Noord-Holland) om secundaire grondstoffen (met name zuiveringsslibas en beendermeelas) in te zetten voor kunstmestproductie. Voor de inzet van beendermeelas is in 2017 een project gestart, dat wordt mede-gefinancierd door de Provincie Noord-Holland. Voor de mogelijke inzet van slibas worden mogelijkheden en technologieën verkend om verontreinigingen (met name zware metalen) uit het slib te verwijderen [aa].

B.6.6 Productie van PHA uit GFT, afvalwater (Orgaworld, RWZI's)

Orgaworld ontwikkelt technologieën om GFT te verwerken. Zo kan PHA (PolyHydroxyAlkanoaat), een biopolymeer, produceren uit GFT. Eind 2017 is een nieuwe pilotinstallatie in gebruik genomen die direct vetzuren uit GFT produceert. Met behulp van warm percolaat wordt het GFT afgebroken tot suikers, aminozuren en andere micro-organismen die samen tot vetzuren fermenteren. Doel is om in de toekomst hun eigen geproduceerde bioplastics te kunnen verwerken, bijvoorbeeld in de vorm van afvalzakken voor groenafval.

Naar verwachting heeft Orgaworld nog drie tot vijf jaar nodig om deze technologie op de markt te brengen. (BVOR, 2018) (Vereniging Afvalbedrijven, 2018b)

Ook de waterschappen zijn bezig met de ontwikkeling van technologieën om PHA te produceren uit reststromen, o.a. uit zuiveringsslib als onderdeel van het Phario project (Bengtsson et al, 2017).

B.6.7 Avantium (Amsterdam, pilotinstallatie Delfzijl)

Avantium, gevestigd in Amsterdam, is bezig met de ontwikkeling van een bio-MEG productielocatie in Delfzijl. MEG (mono-ethyleen glycol) wordt gebruikt in de productie van (onder andere) PET. De MEG wordt gemaakt uit natuurlijke suikers. Staatsbosbeheer is een van de partners in het project en levert hout aan dat als inputmateriaal wordt gebruikt.

De bouw is gestart in juni 2018 en de installatie zal in 2019 in gebruik genomen worden. Het betreft een demonstratielocatie met als doel om de technische en economische haalbaarheid van bio-MEG te valideren. Daarnaast zal er data verzameld worden voor het uitvoeren van een levenscyclus analyse (LCA) waarmee de duurzame voordelen van de technologie gekwantificeerd kunnen worden.

De demonstratiefabriek zal naar schatting 100 ton Bio-MEG produceren, 1000 keer meer dan de productie op labschaal. Na succesvolle validatie op pilotschaal, zal de volgende stap een commerciële installatie worden met een productiecapaciteit van 100 kton Bio-MEG per jaar (Avantium, tijdens opening event 10-07-2018, Amsterdam). Er wordt geschat dat de Bio-MEG markt in 2020 een omvang zal hebben van 3 Mton per jaar. (Avantium, 2018)

B.6.8 Waste2Aromatics (Amsterdam, i.s.m. Biorizon, Bergen op Zoom)

In 2015 rondde AEB Amsterdam, in samenwerking met Biorizon, TNO, Attero, Orgaworld, Havenbedrijf Amsterdam en de Vereniging Afvalbedrijven een onderzoeksproject af dat verkende of suikers uit afvalstromen gewonnen zouden kunnen worden. Doel was om deze suikers te gebruiken voor de productie van biobased aromaten.

Het project was succesvol, met name omdat bleek dat met deze methode gemengde groenstromen verwerkt kunnen worden. Het project zal daarom een vervolg krijgen, getrokken door Biorizon (Bergen op Zoom). (Biorizon, 2015) (Green Chemistry Campus, n.d)

Biorizon richt zich momenteel op het ontwikkelen van technologieën voor de verwerking van organische afvalstromen (waaronder GFT, luiervulling, mest en zeefgoed) tot bouwstenen voor groene chemie (furanen en levulinezuur). Daarnaast is technologie in ontwikkeling om mest en primair slib via furanen om te zetten naar aromaten [iii.].

B.6.9 PLA uit natuurlijke reststromen - Corbion (Amsterdam / Gorinchem)

Corbion is een voedingsmiddelen- en biochemieconcern met als hoofdkwartier Amsterdam. Op haar productielocatie in Gorinchem maakt Corbion PLA, een composteerbare bioplastic. Dit plastic wordt volledig gemaakt uit suikers. Momenteel is Corbion bezig met het opzetten van een consortium om de introductie van PLA gebaseerd op natuurlijke reststromen te verwezenlijken. De bottleneck is de beschikbaarheid van geschikte reststromen die in grote volumes in homogene kwaliteit vrijkomen.

Daarnaast is Corbion bezig met de ontwikkeling van andere chemische bouwstenen voor bioplastics zoals barnsteenzuur en FDCA. (Circulaire Economie Nederland, n.d.) (Corbion, n.d.).

B.7 Overzicht van initiatieven (de longlist)

De volgende tabel geeft een overzicht van de nieuwe initiatieven die in de voorgaande paragrafen kort zijn beschreven. In de laatste kolom is een link naar de betreffende paragraaf opgenomen.

Verwaardingsroute	Biomassastroom	Paragraaf
1. Composteren		
Composttypen voor specifieke bomen- en plantensoorten	GFT, reststromen groenbeheer	B.1.1
Mono-stromen uit grote GFT-stroom houden	GFT, reststromen groenbeheer	B.1.3
2. Elektriciteit en warmte		
ONF fractie nascheiden/uit te verbranden stroom houden	Organische fractie restafval	B.2.1/ B.4.3
3. Vergisten		
Nuttig inzetten reststroom olie uit vergisting citrusschillen	GFT	B.3.1
Leveren van warmte en CO ₂ aan glastuinbouw	GFT, veilingafval, reststromen tuinbouw	B.3.1
4. Biobrandstoffen		
Drogen en pelletiseren van biomassa ONF (AEB)	Organische fractie restafval	B.4.3
Drogen en pelletiseren houtig snoeiafval (HVC)	Reststromen groenbeheer	B.4.3
Drogen snoei-, tuinbouwfval, bermgras (Meerlanden)	Reststromen groenbeheer	B.4.3
Innovatieve thermische routes brandstofproductie	Diverse stromen, zuiveringsslib	B.4.5
Vergassingsinstallatie Bio Energie Netherlands	Rest- en afvalhout	B.4.6
Superkritisch vergassen – SCW Systems	O.a. natte biomassastromen (mest, slib)	B.4.7
5. Materiaalhergebruik		
Stamhout - SBB, Zagerij.A'dam, Spaarnelanden, NL Hout	Reststromen natuur- en groenbeheer	B.5.9
Composieten, vezels gewassen en waterplanten - NPSP	Reststromen water- en groenbeheer	B.5.1
Composiet/biopolymeren – Plantics	Reststromen groenbeheer	B.5.2
Productie van papier uit waterplanten – GCA	Reststromen waterbeheer	B.5.4
Eierdozen - Newfoss / Huhtamaki	Natuurgras	B.5.5
Isolatieplaten- HbA, NH, FL, RWS, ZZ, Newfoss	Bermgras	B.5.6
Karton / verpakkingen – NewFoss, Parenco, Millvision	Natuur- en bermgras	B.5.6
Olifantsgras: Miscanthus Groep, Biobound, NPSP	Miscanthus	B.5.7
Inzet afvalhout in materialen en producten	Afvalhout (A- en B-hout)	A.4
Houtvezelversterkte composieten - Den Ouden	Afvalhout (A- en B-hout)	B.5.3
Asfalt - cellulosevezels RWZI	Cellulosevezels RWZI	B.5.8
PLA uit cellulosevezels RWZI, Attero / HHNK, Stowa	Cellulosevezels RWZI	B.5.8
6. Hergebruik als grondstof voor chemie/food-feed		
Avantium - glucose uit houtsnippers	Reststromen natuurbeheer	B.6.7
Strooizout uit gras - Grass2Grit	Bermgras	B.6.2
Bouwstenen chemie - Waste 2 Aromatics / Biorizon	Mest, primair slib	B.6.8
Vetzuren voor food/feed – Chaincraft	Reststromen VGI (groente en fruit)	B.6.1
PLA uit organische reststromen – Corbion	Reststromen VGI	B.6.9
Voedingsstoffen/eiwitten als grondstoffen feed/food (QQ)	Reststromen VGI	B.6.4
Nuttig inzetten olie uit citrusschillen (HVC, TNO)	GFT	B.6.3
Etherische oliën / vezels uit citrusschillen - PeelPioneers	GFT, reststromen VGI	B.6.3
PHA uit GFT	GFT	B.6.6
Eiwitten uit groenresten en GFT (Royal FloraHolland, Milgro, AEB, Orgaworld)	GFT, veilingafval	B.6.4
Grondstoffen voor kunstmest: slibassen	Zuiveringsslib	B.6.5
PHA zuiveringsslib	Zuiveringsslib	B.6.6
Eiwitten uit zuiveringsslib (Waternet)	Zuiveringsslib	B.6.4
Grondstoffen voor kunstmest: struviet	Reststromen waterzuivering	B.6.5

Tabel 8 Overzicht initiatieven - longlist

C. Selectie van initiatieven (shortlist)

In de tweede fase van het project waar dit rapport onderdeel van uitmaakt worden stappen gezet naar het in samenwerking met overheden en partners uit de waardeketen verder uitwerken van concrete business cases. Hiertoe wordt een selectie gemaakt van verwaardingsroutes die het mogelijk maken biomassastromen hoogwaardiger in te zetten dan nu het geval is.

De selectie van verwaardingsroutes die het meest interessant zijn om in de tweede fase van het project verder uit te werken is in twee stappen gemaakt. In dit hoofdstuk wordt een eerste inschatting gemaakt van het economisch potentieel en de duurzaamheidsimpacts van de verwaardingsroute, en de mate waarin het huidige ontwikkelstadium aansluit bij de doelstelling van het project om op korte termijn stappen te kunnen zetten naar verder ontwikkelen van de verwaardingsroute (bijvoorbeeld door faciliteren van samenwerking of andere vormen van ondersteuning). Op basis daarvan wordt in paragraaf C.2 een selectie van acht verwaardingsroutes gemaakt. Deze verwaardingsroutes worden vervolgens kort beschreven in paragraaf 4.3. In hoofdstuk 5 is een meer gedetailleerde methodiek opgenomen die wordt ingezet om het economisch potentieel en de duurzaamheidsimpacts van de betreffende route verder uit te werken en specificeren. Op basis daarvan wordt in hoofdstuk 6 een voorstel gedaan voor de in fase 2 op te nemen vier business cases.

C.1 Eerste inschatting economisch potentieel en duurzaamheid: van longlist naar shortlist

De stap van longlist naar shortlist van verwaardingsroutes die het meest interessant zijn om in fase 2 nader te worden uitgewerkt is gemaakt op basis van een drie overwegingen die een eerste indruk geven van het economisch potentieel en de duurzaamheid van de verwaardingsroute. Deze overwegingen worden in de onderstaande tabel kort toegelicht.

Overwegingen shortlist	Toelichting
1. Economisch potentieel	- Marktvraag: eerste inschatting van de mate waarin er een concrete (en voldoende grote) marktvraag bestaat naar product(en) van de verwaardingsroute. - Waarde: inschatting of in de nieuwe verwaardingsroute een hogere marktprijs kan worden gerealiseerd ten opzichte van de bestaande verwerking van de biomassastroom, ofwel er een kostenreductie mee kan worden gerealiseerd.
2. Duurzaamheid	- Kan een stap (of zelfs meerdere stappen) omhoog gemaakt worden in de waardepiramide (zie ook paragraaf D.2 voor een nadere uitleg met betrekking tot de waardepiramide)? Zijn er andere substantiële duurzaamheidsimpacts? - Zijn er mogelijkheden tot cascadering / nuttige toepassing van het eindproduct na de gebruiksfase?
3. Kunnen er stappen worden gezet door middel van de sessies in sept/okt?	- Time to market - fase waarin het initiatief zich nu bevindt en de geplande of mogelijke volgende actie om de verwaardingsroute marktrijp te maken - Commitment van marktpartijen in de MRA.

Tabel 9 Overwegingen bij selectie verwaardingsroutes voor de shortlist

Voor alle in hoofdstuk 3 geïdentificeerde nieuwe verwaardingsroutes is een inschatting gemaakt van de score op deze 3 punten. Deze score wordt uitgedrukt met een verkeerslicht: rood, geel of groen – in de volgende tabel is kort toegelicht wat wordt bedoeld met deze scores.

Criterium			
Economisch potentieel:			
Concrete marktvraag	Marktvraag in eerder stadium al te laag gebleken.	Twijfelachtig of voldoende marktvraag bestaat voor eindproduct(en).	Concrete, voldoende marktvraag
Meeropbrengst	Nieuwe route leidt waarschijnlijk tot hogere kosten / lagere opbrengst	Waarschijnlijk (kleine) kostenreductie/ meeropbrengst mogelijk, maar nog niet evident	Kostenreductie/ meeropbrengst zeer waarschijnlijk
Duurzaamheid:			
Stap in waardepiramide	Stap terug in piramide	Inzet op zelfde niveau	Een of meerdere stappen omhoog in piramide
Cascadering mogelijk	Cascadering niet mogelijk	Cascadering voor deel eindproducten mogelijk	Cascadering voor alle eindproducten mogelijk
Match met fase 2:			
Commitment keten MRA	Keten niet beschikbaar in MRA / weinig interesse ketenspelers MRA	Deel van de keten beschikbaar in MRA en geïnteresseerd in route	Gehele keten in MRA beschikbaar en geïnteresseerd in route
Time-to-market / bijdrage sessies 2018	Geen stappen mogelijk op korte termijn, route heeft aanvullend onderzoek / ontwikkeltijd nodig	Technische haalbaarheid nog niet voldoende aangetoond of al in commerciële fase, maar waarschijnlijk bijdrage mogelijk door sessies k4.	Route is dicht bij commerciële fase, er kunnen op korte termijn stappen worden gezet naar sluitende business case.

Tabel 10 Betekenis van de scores die toegekend worden aan de selectiecriteria

Om van de longlist naar de shortlist te komen is allereerst gekeken welke initiatieven het best scoren. Hieruit zijn acht (hoofd-) verwerkingsroutes naar voren gekomen. Deze zijn in de tabel weergegeven met een wit cijfer (1-8) in een groene cel. Vervolgens is gekeken welke andere routes mogelijk een bijdrage kunnen leveren aan een van de hoofdroutes, bijvoorbeeld door het verwerken van een reststroom of het leveren van kennis van / ervaring met een van de technologieën die worden ingezet. Deze ondersteunende routes zijn aangegeven met een groen cijfer in een witte cel (1-8, in sommige gevallen kan een route ondersteuning bieden in meerdere hoofdroutes).

De inschatting van deze scores is gemaakt op basis van beschikbare informatie uit literatuur en interviews. In paragraaf C.2 is de longlist met de scores weergegeven en wordt de shortlist gepresenteerd, de verwaardingsroutes die op de shortlist staan worden in paragraaf 4.3 kort toegelicht, inclusief de rol die de ondersteunende routes kunnen spelen bij de ontwikkeling.

C.2 Selectie shortlist: economisch en duurzaamheidspotentieel, match fase 2

Verwaardingsroute	Biomassastroom	Prioriteit stroom (zie §2.4)	Economisch perspectief		Duurzaam -heid		Match fase 2 project		Route
			Concrete marktvraag	Meeropbrengst tov huidige route	Stap in piramide	Cascadering	Commitment keten MIRA	Time-to-market / bijdrage sessies k4 2018	Kansrijke verwerkingsroute nr.
1. Composteren									
Composttypen voor specifieke bomen- en plantensoorten	GFT, reststromen groenbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	5,6
Mono-stromen uit grote GFT-stroom houden	GFT, reststromen groenbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	
2. Elektriciteit en warmte									
3. Vergisten									
Nuttig inzetten reststroom olie uit vergisting citrusschillen	GFT	hoog	●	●	●	●	●	●	5
Leveren van warmte en CO ₂ aan glastuinbouw	GFT, veilingafval, reststromen tuinbouw	hoog, hoog, midden	●	●	●	●	●	●	
4. Biobrandstoffen									
Drogen en pelletiseren van biomassa ONF (AEB)	Organische fractie restafval	hoog	●	●	●	●	●	●	1
Drogen en pelletiseren houtig snoeiafval (HVC)	Reststromen groenbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	
Drogen snoei-, tuinbouwafval, bermgras (Meerlanden)	Reststromen groenbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	
Innovatieve thermische verwerkingsroutes voor energieopwekking en productie brandstoffen / grondstoffen chemie	houtige stromen - pyrolyse	hoog	●	●	●	●	●	●	1 8
	Houtige stromen - torrefactie	hoog	●	●	●	●	●	●	
	Zuiveringsslib – Torwash® / SCW	hoog	●	●	●	●	●	●	
Implementatie vergassingsinstallatie Bio Energie Netherlands	Rest- en afvalhout	midden, hoog	●	●	●	●	●	●	

Vervaardingsroute	Biomassastroom	Prioriteit stroom (zie §2.4)	Economisch perspectief		Duurzaam -heid		Match fase 2 project		Route
			Concrete marktvraag	Meeropbrengst tov huidige route	Stap in piramide	Cascadering	Commitment keten MRA	Time-to-market / bijdrage sessies k4 2018	Kansrijke verwerkingsroute nr.
5. Materiaalhergebruik									
Stamhout - SBB, Zagerij.Amsterdam, Spaarnelanden, Nederlands Hout	Reststromen natuur- en groenbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	2
Vezelversterkte composieten, toepassing vezels uit grasachtige gewassen en waterplanten - NPSP	Reststromen water- en groenbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	3
Composiet/biopolymeren - Plantics	Reststromen groenbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	3
Productie van papier uit waterplanten - Grondstoffen Collectief Almere	Reststromen waterbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	3
Eierdozen - Newfoss / Huhtamaki	Natuurgras	hoog	●	●	●	●	●	●	4
Isolatieplaten- HbA, NH, FL, RWS, ZZ, Newfoss	Bermgras	hoog	●	●	●	●	●	●*	4
Karton / verpakkingen – NewFoss, Parenco, Millvision	Natuur- en bermgras	hoog	●	●	●	●	●	●	4
Materiaaltoepassingen Olifantsgras Miscanthus Groep, Biobound, NPSP	Miscanthus	midden	●	●	●	●	●	●	
Inzet afvalhout in materialen en producten	Afvalhout (A- en B-hout)	hoog	●	●	●	●	●	●**	
Houtvezelversterkte composieten - Den Ouden	Afvalhout (A- en B-hout)	hoog	●	●	●	●	●	●	
Asfalt / isolatieplaten uit cellulosevezels RWZI	Zeefgoed RWZI	hoog	●	●	●	●	●	●	5
PLA uit cellulosevezels RWZI, Attero / HHNK, Stowa	Zeefgoed RWZI	hoog	●	●	●	●	●	●	

Vervaardingsroute	Biomassastroom	Prioriteit stroom (zie §2.4)	Economisch perspectief		Duurzaam -heid		Match fase 2 project		Route
			Concrete marktvraag	Meeropbrengst tov huidige route	Stap in piramide	Cascadering	Commitment keten MRA	Time-to-market / bijdrage sessies k4 2018	Kansrijke verwerkingsroute nr.
6. Hergebruik als grondstof voor chemie/food-feed									
Avantium - glucose uit houtsnippers	Reststromen natuurbeheer	hoog	●	●	●	●	●	●	2,6
Strooizout uit gras - Grass2Grit	Bermgras	hoog	●	●	●	●	●	●	4
Bouwstenen chemie - Waste 2 Aromatics / Biorizon	Mest, primair slib, zeefgoed	hoog	●	●	●	●	●	●	5,6
Vetzuren voor food/feed - Chaincraft	Reststromen VGI (groente en fruit)	hoog	●	●	●	●	●	●	7
PLA uit organische reststromen - Corbion	Reststromen VGI	hoog	●	●	●	●	●	●	7
Voedingsstoffen / eiwitten als grondstoffen voor feed/food (QQ)	Reststromen VGI	hoog	●	●	●	●	●	●	7
Nuttig inzetten olie uit citrusschillen (HVC, TNO)	GFT	hoog	●	●	●	●	●	●	6
Etherische oliën / vezels uit citrusschillen - PeelPioneers	GFT, reststromen VGI	hoog, hoog	●	●	●	●	●	●	6
PHA uit GFT	GFT	hoog	●	●	●	●	●	●	
Eiwitten uit groenresten en GFT (Royal FloraHolland, Milgro, AEB, Orgaworld)	GFT, veilingafval	hoog	●	●	●	●	●	●	7
Grondstoffen voor kunstmest: slibassen	Zuiveringsslib	hoog	●	●	●	●	●	●	8
PHA zuiveringsslib	Zuiveringsslib	hoog	●	●	●	●	●	●	
Eiwitten uit zuiveringsslib (Waternet)	Zuiveringsslib	hoog	●	●	●	●	●	●	
Grondstoffen voor kunstmest: struviet	Restromen waterzuivering	hoog	●	●	●	●	●	●	8

Tabel 11 Initiatieven hoogwaardig(er) verwerken biomassa in de MRA

* Voor het GrassBloxxx-project wordt momenteel een technische haalbaarheidsstudie uitgevoerd. Bij een positieve uitkomst is dit een interessante route om nader te ondersteunen in fase 2 van het project.

** Als onderdeel van het parallel lopende project 'Nieuwe circulaire verdienmodellen binnen de MRA bouw & sloop en e-waste' wordt de business case voor het inzetten van afvalhout in materiaaltoepassingen ontwikkeld. Om geen dubbel werk te doen wordt deze stroom niet meegenomen in fase 2 van het project, echter wellicht kan wel ondersteuning geboden worden aan het parallel uitgevoerde project.

De volgende verwaardingsroutes scoren het best op de hoofdcriteria en zijn opgenomen op de shortlist: (NB: de hier gehanteerde volgorde is geen ranking maar volgt net als in tabel 11 de niveaus van de waardepiramide. De ranking van de verwaardingsroutes is in hoofdstuk 6 opgenomen).

1. **Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA** (in combinatie met innovatieve thermische verwerkingsroutes, waardoor naast energietoepassingen ook de productie van grondstoffen voor groene chemie in beeld komt);
2. **Opschalen lokale houtproductie** (opschaling van winning en toepassing van stamhout uit beheer van natuurterreinen en gemeentelijk groen. De combinatie met hoogwaardige verwerkingsroutes voor tak- en tophout is hierbij essentieel en dient als separate verwaardingsroute worden ontwikkeld);
3. **Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten** (in combinatie met innovatieve verwaardingsroutes voor winning van eiwitten en suikers, en productie van biocomposieten);
4. **Hoogwaardige inzet bermgras voor o.a. productie isolatieplaten** (zoals wordt onderzocht in het kader van het Grassbloxxx-project. In combinatie met mogelijk andere innovatieve verwerkingsroutes voor verwerking van berm- en natuurgas, en het Grass2Grit project);
5. **Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed** (in combinatie met innovatieve verwerkingsroutes voor zeefgoed in ontwikkeling bij TNO / Biorizon);
6. **Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT)**, waarbij aangesloten kan worden bij eerdere ontwikkelingen, waaronder de inzet van 'citrusbrandstof' voor onkruidbestrijding door Meerlanden);
7. **Terugwinnen van eiwitten en vetzuren uit schone, groene reststromen** (in combinatie met andere initiatieven die zich richten op de hoogwaardige verwerking van die stromen, die elkaar mogelijk onderling kunnen versterken) – verwaardingsroutes voor eiwitten en vetzuren separaat te definiëren;
8. **Terugwinnen van fosfaten uit RWZI-slib** (in combinatie met innovatieve thermische verwerkingstechnologie voor het slib en zuiveringstechnologie gericht op verwijderen van metalen).

C.3 Korte beschrijving van de kansrijke verwerkingsroutes van de shortlist

C.3.1 Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA

Bij verschillende verwerkers zijn er plannen om (meer) brandstoffen te produceren als alternatief voor direct inzetten van biomassastromen voor energieopwekking. Een interessante potentiële verwaardingsroute is daarbij het drogen en vervolgens produceren van pellets. Door drogen en pelletiseren ontstaat een brandstof met een hoge energiedichtheid, die economisch rendabel over grotere afstanden kan worden vervoerd. Hiervoor kan onder andere snoei-, tak- en tophout worden ingezet [e][a]. De pellets kunnen worden ingezet voor opwekking van elektriciteit in energiecentrales of voor gebruik in stand-alone installaties bij bedrijven of houtkachels bij consumenten. De marktvraag naar deze brandstof neemt toe en zal naar verwachting blijven groeien (IEA, 2017). Voor branders op houtpellets kan SDE+ subsidie worden aangevraagd, mits de pellets voldoen aan de duurzaamheidseisen voor vaste biomassa (RVO, n.d.).

Naast de productie van houtpellets kunnen innovatieve technologieën als torrefactie worden ingezet om biomassa in te zetten als grondstof voor brandstofproductie, hiermee wordt de energiedichtheid verder vergroot en komt ook de productie van chemische bouwstenen in beeld.

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	Groeiende (mondiale) marktvraag. Hogere prijs / kostenreductie ten opzichte van direct inzetten voor energie. Toename vraag in consumentenmarkt maakt wellicht hogere prijzen mogelijk.
Duurzaamheidsimpact	Van directe energieopwekking naar brandstof betekent een stap omhoog in de waardepiramide. Inzet voor energie sluit echter niet aan bij cascadering (ofwel – het is de laatste stap in de cascade). Toename aandeel biomassa in energieopwekking draagt bij aan de energietransitie. Inzet pellets kan bijdragen aan het streven naar aardgasloos bouwen/wonen van veel gemeenten.
Mogelijke bijdrage sessies	Bij drie grote verwerkers van biomassa wordt overwogen specifieke biomassastromen te drogen en om te zetten in brandstofpellets. Mogelijke vervolgstap: verkennen of samenwerking (schaal- en/of logistieke) voordelen kan opleveren. Verkennen of innovatieve thermische verwerkingstechnologie een bijdrage kan leveren aan de business case.

C.3.2 Opschalen lokale houtproductie:

Voor verwaarding van hout uit gemeentelijk groen en natuurterreinen wordt een combinatie van toepassingen ingezet – deels blijft het houtige materiaal vaak achter in het gebied in verband met de nutriëntenhuishouding en bodemgesteldheid. Als vuistregel houdt Staatsbosbeheer aan dat niet meer dan 70% van de jaarlijkse bijgroei mag worden geoogst, echter dit kan per gebied variëren (in Flevoland is het door de rijke kleibodem bijvoorbeeld niet nodig om biomassa achter te laten in natuurgebieden [f]). Door Staatsbosbeheer wordt op verschillende manieren waarde gecreëerd uit dunningshout, onder andere door deelname aan innovatieve trajecten zoals de pilotplant van Avantium, door inzet van hout voor energieopwekking en door de verkoop van hard- en zaaghout. Deze laatste optie is in economisch opzicht momenteel de meest interessante. Staatsbosbeheer werkt hierin samen met Zagerij.Amsterdam en Kwintes Almere, en heeft hiertoe geïnvesteerd in een mobiele zaaginstallatie.

Andere initiatieven in de MRA die dezelfde verwaardingsroute ontwikkelen zijn Spaarnelanden en Nederlands Hout, dit laatste bedrijf zet eveneens bomen die vrijkomen bij gemeentelijk groenbeheer om in hoogwaardig zaaghout, meubels en vloerdelen.

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	Kwalitatief hoogwaardig stamhout heeft een hoge marktwaarde, en is daardoor voor Staatsbosbeheer een interessante verwaardingsoptie. Het toepassen van lokaal hout waarvan de herkomst bekend is (zoals in de initiatieven van Zagerij.Amsterdam en Nederlands Hout) kan daarnaast een meerwaarde opleveren voor klanten ('hout met een verhaal').
Duurzaamheidsimpact	Afhankelijk van de toepassing en het vervangen hout kan het inzetten van lokaal (hard-)hout een aanzienlijke milieuwinst opleveren.
Mogelijke bijdrage sessies	Beter inpassen in beheer (richten op beschikbaar maken waardevolle stromen, gelijktijdig verwerken tak- en top hout in een zo hoogwaardig mogelijke toepassing), product- en marktontwikkeling (b.v. ontwikkelen standaardproducten en opzetten verkoopkanalen).

C.3.3 Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten

Uit het reguliere beheer van watergangen komt in toenemende mate een stroom waterplanten vrij die verwijderd wordt om scheepvaart en recreatie te faciliteren. Er is een project gestart door Grondstoffen Collectief Almere om deze stroom nuttig in te zetten voor papierproductie. Het blijkt echter vooralsnog lastig de business case hiervoor rond te krijgen. Volgens onderzoek van Stowa (2017) is een positieve business case (alleen) mogelijk bij meervoudige verwerking (winning van eiwitten, vezels, mineraalconcentraat en suikerconcentraat. Hier is een combinatie van verschillende technieken voor nodig, bioraffinage voor de eiwitten, mineralen en suikers, en productie van papier- en biocomposieten voor verwaarding van de vezelrijke stroom. Partijen die ervaring hebben met de verwerking van deze stroom zijn Grassa! (bioraffinage), Millvision (papier) en NPSP (biocomposieten).

Grassa! is betrokken bij een demonstratieproject in samenwerking met Wetterskip Fryslân om waterplanten via bioraffinage om te zetten in hoogwaardige grondstoffen.

Millvision is betrokken bij de huidige pilot in Almere. Biocomposieten op basis van reststromen zijn – in de meeste gevallen op relatief kleine schaal - al in veel toepassingen ingezet, waaronder straatmeubilair, verkeersborden en beschoeiingen. NPSP heeft hiervoor onder andere waterplanten ingezet in samenwerking met Waternet. Biocomposieten zijn soms onderwerp van discussie omdat ze vaak nog niet 100% biobased zijn en niet goed aansluiten bij het principe van cascadering. Afhankelijk van het vervangen materiaal kunnen biocomposieten echter een positieve milieuimpact hebben. Glasvezelversterkte composieten zijn een problematische stroom in de afvalverwerking, er zijn nog geen efficiënte recyclingtechnieken en verbranding is niet of nauwelijks mogelijk. Bij vervanging van aluminium (bijvoorbeeld bij toepassing in verkeersborden) wordt een materiaal vervangen met een zeer hoge energie-impact.

De milieu-impact van biocomposieten kan verder worden verbeterd door toepassing van biobased thermoharders. Hiernaar is veel onderzoek en ontwikkeling gedaan in de afgelopen jaren, momenteel wordt (door NPSP in samenwerking met ChainCraft en TU Delft) onderzoek gedaan naar ontwikkeling van biobased harsen uit rioolwaterslib.

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	Uit onderzoek van Stowa blijkt dat bij meervoudige verwerking (winning eiwit/vezels/mineraalconcentraat/ suikerconcentraat) een business case mogelijk is gunstiger is dan compostering, en vanuit duurzaamheidsoogpunt aantrekkelijker. Bioraffinage kan ingezet worden voor winning van hoogwaardige grondstoffen die een relatief grote bijdrage aan de opbrengst kunnen leveren.
Duurzaamheidsimpact	De toepassingen bevinden zich in de hogere lagen waardepiramide, cascadering in meeste toepassingen mogelijk (uitzondering: inzet vezels in biocomposieten). Duurzaamheidsimpact biocomposieten afhankelijk van materiaal dat vervangen wordt (b.v. glasvezel: problematisch in verbranding, aluminium: energie-intensief).
Mogelijke bijdrage sessies	Deze stroom is in toenemende mate problematisch (o.a. in de randmeren en het Markermeer) en komt dus in toenemende mate beschikbaar uit beheer door onder andere de waterschappen en Rijkswaterstaat. Kostenefficiënte en duurzame verwerking is urgent. Volgende stappen: markt- en productontwikkeling voor papierproducten en biocomposieten, verder verkennen inzet bioraffinagestap.

C.3.4 Hoogwaardige inzet bermgras voor productie isolatieplaten / strooizout

Bermgras is een potentieel interessante stroom omdat het in grote hoeveelheden in relatief homogene kwaliteit vrij komt. Een potentieel interessante verwaardingsroute voor deze stroom is de verwerking tot isolatieplaten. Hiervoor wordt momenteel een haalbaarheidsstudie uitgevoerd door een consortium waarin onder andere het Havenbedrijf Amsterdam, de Provincie Noord-Holland, Waterschap Zuiderzeeland, NewFoss en Ecor Noble participeren (het 'Grassbloxxx' project). De resultaten van deze haalbaarheidsstudie zijn naar verwachting in oktober / november 2018 beschikbaar [j].

Andere verwaardingsroutes voor bermgras waar door marktpartijen onderzoek naar wordt gedaan, en waar deels al tests mee zijn uitgevoerd, is de toepassing als grondstof voor papier, verpakkingsmateriaal of brandstofpellets. Voor deze laatste toepassing kan de meest vervuilde onderste snit van het bermgras worden gebruikt [a], deze verwaardingsroute kan dus naast andere toepassingen worden ingezet. Een voorbeeld van een bestaande vergelijkbare verwaardingsroute is de toepassing van natuurgras (gras afkomstig van Staatsbosbeheer) in de eierdozen van Huhtamaki (zie ook paragraaf B.5.5). Deze route laat zien dat het technisch mogelijk is eierdozen te produceren die voor 50% uit (geselecteerde) grasvezels bestaan. Een ander noemenswaardig initiatief is de samenwerking tussen NewFoss en Parenco, gericht op het toepassen van grasvezels in reguliere papierproductie. De eerste tests zijn veelbelovend, maar laten ook zien dat de inzet van grasvezels kostprijsverhogend werkt en er nog een aantal belangrijke technologische uitdagingen zijn. Toepassing van grasvezels bij papierproductie op grote schaal zal naar verwachting niet op korte termijn realiseerbaar zijn (ontwikkeltijd ca. 10 jaar) [b]. Het is wellicht wel mogelijk specifieke papierproducten voor nichemarkten te ontwikkelen waar de inzet van grasvezels niet problematisch zijn of zelfs een meerwaarde kunnen brengen. Daarnaast is de kartonroute interessant omdat hier andere kwaliteitseisen voor gelden. Bij Parenco is proefgedraaid met de productie van papier voor kartonproductie met bermgras afkomstig van Rijkswaterstaat, voorbereid door NewFoss, als grondstof. Voor deze toepassing zijn de groene kleur en zwarte puntjes afkomstig van de grasvezels minder een belemmering. De proef bracht enkele technische uitdagingen aan het licht, onder andere het belemmeren van de waterafvoer door de grasvezels. Een langere test moet uitwijzen of deze uitdagingen kunnen worden opgelost (Joppen, L., 2017).

Voor de verwaarding van het grassap dat vrijkomt bij het proces kan worden aangesloten bij het Grass2Grit project dat door de Provincie Noord-Holland wordt gecoördineerd.

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	De technische haalbaarheid van deze verwaardingsroute wordt momenteel onderzocht, bij een positieve uitkomst volgt vervolgens de ontwikkeling van de business case.
Duurzaamheidsimpact	Afhankelijk van de toepassing. Veelgebruikte materialen voor de productie van isolatieplaten zijn EPS, PIR, PUR en glaswol. Afhankelijk van de doelmarkt van het nieuwe product kan bepaald worden welke materialen naar verwachting vervangen zullen worden en wat de milieu-impacts zijn. Als onderdeel van het bovengenoemde project wordt een LCA uitgevoerd. Hoogwaardige inzet in materiaal uit oogpunt duurzaamheidspiramide. Positieve ecologische impact door vervangen zout (schadelijk voor planten) door grassap. Indirecte duurzaamheidswinst door energiebesparing na toepassing isolatieplaten.
Mogelijke bijdrage sessies	Na aantonen technische haalbaarheid wordt de business case verder ontwikkeld, de sessies kunnen hierin bijvoorbeeld bijdragen door samenwerking met andere partijen te verkennen om de ketenaanpak te versterken.

C.3.5 Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed

Deze reststroom is op relatief eenvoudige wijze terug te winnen uit het rioolwater bij RWZI's die een zeefinstallatie hebben. In de MRA heeft Waterschap Amstel, Gooi en Vecht deze technologie toegepast bij de RWZI Hilversum, en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier bij de RWZI Beemster. De reden om een zeefstap toe te voegen is het verhogen van de capaciteit van de waterzuivering (met ca. 10%). Hiervoor is een aanzienlijke investering (ca. € 8 mln.) benodigd.

Voor de reststroom afkomstig uit de zeefinstallaties zijn tests gedaan met toepassing in asfalt – door de verhitting bij de productie van asfalt wordt het materiaal steriel [r]. Deze tests zijn zeer positief wat betreft de kwaliteit van het asfalt. Het toevoegen van cellulosevezels tijdens de productie van asfalt zorgt voor een homogene verdeling van het bitumen in het asfalmengsel, en voorkomt het ontmengen (afdruipe) van bitumen gedurende opslag en transport. Hierdoor wordt de kwaliteit van het asfalt verhoogd, wat een aantoonbaar langere levensduur tot gevolg heeft. Bij reguliere asfaltproductie wordt papier toegevoegd als afdruiptremmer – de cellulose vervangt 1 op 1 de huidige inzet van papier.

De route naar toepassing als grondstof voor PLA in het Cellu2PLA project heeft helaas tot de conclusie geleid dat dit economisch geen interessante route is. Een andere verwerkingsroute die momenteel wordt verkend is de toepassing in isolatieplaten (Ecor).

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	De relatief eenvoudige beschikbaarheid in aanzienlijke volumes maakt dit een interessante stroom. Op dit moment levert de asfaltroute nog geen positieve business case op, met name door extra handling – dit kan waarschijnlijk opgelost worden door procesoptimalisatie. Andere economisch rendabele toepassingen zoals toepassing in isolatieplaten worden momenteel verkend.
Duurzaamheidsimpact	De toepassing als materiaal is hoogwaardig vanuit oogpunt van de waardepiramide. Cascadering niet goed mogelijk bij asfalt (wel recyclebaar als volledige stroom asfalt, komt niet meer beschikbaar als cellulose), wellicht wel bij toepassing in isolatieplaten.
Mogelijke bijdrage sessies	Voor wat betreft de asfaltproductie is de belangrijkste stap de handling (en daar kosten van inzet) te reduceren. Hiervoor is aanpassing van logistieke processen nodig. Daarnaast kan de sessie zich richten op product- en marktontwikkeling voor het plaatmateriaal.

C.3.6 Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT)

Bij de vergisting van GFT ontstaat een olieachtige reststroom die voornamelijk uit citrusschillen afkomstig is en waaruit in potentie terpenen en andere waardevolle grondstoffen kunnen worden teruggewonnen. De stroom wordt door deze potentieel waardevolle route ook als gescheiden ingezamelde mono-stroom verwerkt, de start-up PeelPioneers heeft een proces ontwikkeld waarmee citrusschillen kunnen worden verwerkt tot etherische oliën en citruspulp. De oliën kunnen gebruikt worden in voedingsmiddelen, schoonmaakproducten en cosmeticaproducten. Daarnaast ontstaat er bij dit proces citruspulp dat kan worden gebruikt in diervoeding.

Samenwerking tussen beide typen initiatieven kan wellicht aan beide kanten tot voordelen leiden. De kennis die Meerlanden al heeft opgedaan met verwerking van deze stroom als 'citrusbrandstof' bij thermische onkruidbestrijding is daarbij van belang. HVC en TNO hebben onderzoek voorbereid naar de hoogwaardige inzet van deze stroom.

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	Stroom wordt nu als GFT afgevoerd (kostenpost), teruggewonnen grondstoffen zijn potentieel zeer waardevol.
Duurzaamheidsimpact	Het terugwinnen van grondstoffen voor voedselproductie en farmaceutica uit GFT betekent een stap van de onderste naar hoogste lagen in de waardepiramide. Cascadering: komt terug in organische reststroom na gebruik.
Mogelijke bijdrage sessies	Terugwinnen waardevolle stoffen uit reststroom vergisting vergt nog een ontwikkelstap (project HVC/TNO). Parallel hieraan kunnen mogelijkheden worden verkend in grotere volumes separaat schillen in te zamelen bij ontdoeners (bedrijven die sinaasappels verwerken, grotere horecaondernemingen) in kaart brengen. Dit sluit aan op het streven van inzamelaars om waardevolle mono-stromen buiten de grote GFT-stroom te houden en hoogwaardig(er) te verwerken.

C.3.7 Terugwinning van eiwitten en vetzuren uit schone, groene reststromen

De reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie vinden nu grotendeels hun weg naar de veevoerindustrie en vergisting. In een studie die in 2017 is uitgevoerd door de TU Delft, zijn deze stromen in kaart gebracht voor de Provincie Noord-Holland. Deze studie heeft een vervolg gekregen in de vorm van het initiatief QuisQuiliae (verder: "QQ", dat gericht is op het ontwikkelen van verwaardingsroutes voor de geïdentificeerde stromen. In eerste instantie richt QQ zich op de verwaarding van de twee reststromen die in de grootste volumes beschikbaar komen: groente- en fruitresten (55,5 kton/jr) en cacaodoppen (43 kton/jr.). De inzet van QQ is om uit de reststromen weer grondstoffen voor de voedingsmiddelenindustrie te ontwikkelen, in eerste instantie door monostromen op te werken tot grondstof en vervolgens tevens door de terugwinning van eiwitten.

Andere groene reststromen die potentieel interessant zijn als grondstof voor (ingrediënten voor) voedingsmiddelen zijn de (relatief schone, volumineuze, homogene) reststromen van de veiling en (direct) uit de land- en tuinbouw. Door Royal Flora Holland wordt deze route als kansrijk gezien voor het verwaarden van bloemen- en plantenafval [i.].

Het afvalstoffenbeleid kan in sommige gevallen een belemmerende factor vormen voor het terugbrengen van reststromen in de menselijke voedselketen. De potentiële belemmering van de afvalstoffenwetgeving voor het bereiken van een circulaire economie heeft echter al enige tijd de aandacht van de overheid. Op 13 juli 2018 verscheen de 'Leidraad afvalstof of product' waarin het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat de handhavende instanties richtsnoeren biedt voor een zoveel mogelijk uniforme toepassing van de begrippen 'afvalstof' ('zich ontdoen'), 'bijproduct' en 'einde-afvalstatus' (IenW, 2018). Initiatieven gericht op toepassen van reststromen als grondstof voor de voedingsmiddelenindustrie kunnen de status van de betreffende reststroom voorleggen bij handhavende instanties.

Ingeval er biomassa reststromen met een dierlijke oorsprong worden toegepast is daarnaast de categorisering van dierlijke bijproducten in het kader van EU Verordening nr. 1069/2009 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten. De verordening maakt onderscheid tussen de volgende drie categorieën dierlijke bijproducten:

- 1) Dierlijke bijproducten die een risico vormen (bijvoorbeeld op BSE), of verboden stoffen (zoals hormonen) of verontreinigingen (b.v. dioxines en PCB's) bevatten.
- 2) Mest, slib van slachthuizen, bijproducten die residuen van geneesmiddelen bevatten, dieren die niet door slachting gedood zijn (maar b.v. geruimd zijn om een dierziekte te bestrijden).
- 3) Dieren / producten van dierlijke oorsprong die niet langer voor consumptie bestemd zijn vanwege commerciële of productie/verpakkingsproblemen, keukenafval en etensresten die niet afkomstig zijn van internationale vervoersmiddelen.

Bijproducten die onder categorie 3 vallen mogen gebruikt worden voor de productie van technische producten, energie en diervoeders. Alleen dierlijk materiaal van categorie 3 mag gebruikt worden als grondstof voor diervoeder (NVWA, n.d., EU, 2011).

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	In de voedingsmiddelenindustrie komt een grote hoeveelheid organisch afval vrij (ca. 1 Mton/jr in de MRA). Daarnaast komen aanzienlijke volumes groene reststromen vrij bij de veiling, land- en tuinbouw. Technologieën die resulteren in het opwerken van reststromen tot hoogwaardige grondstoffen voor voedingsmiddelen kunnen potentieel zeer interessant zijn gezien de relatief hoge marktwaarde van deze grondstoffen.
Duurzaamheidsimpact	Eveneens hoogwaardig vanuit perspectief duurzaamheidspiramide, en de route sluit aan bij het principe van cascadering. Verspilling van voedingsmiddelen brengt aanzienlijke milieu-impacts met zich mee. De productie van eiwitten heeft, afhankelijk van de route, een hoge tot zeer hoge milieu-impact. Het terugwinnen van eiwitten uit reststromen is ook vanuit duurzaamheidsoogpunt een route met een potentieel grote impact.
Mogelijke bijdrage sessies	Identificeren van (mono-)stromen groene grondstoffen die in aanmerking komen voor verwerking. In samenwerking met de ketenpartners de meest winstgevende routes/ketens identificeren en ontwikkelen. Eventueel in samenwerking met relevante overheden afstemmen hoe het best kan worden ingespeeld op (veranderingen in) de regelgeving.

C.3.8 Terugwinnen van fosfaten uit RWZI-slib

Een potentieel interessante verwaardingsroute voor zuiveringsslib is de toepassing van het as, dat na verbranding vrijkomt, bij de productie van kunstmest. Het in Amsterdam gevestigde bedrijf ICL Fertilizers, doet momenteel onderzoek naar toepassing van deze stroom. Een complicerende factor is de aanwezigheid van verontreinigingen (voornamelijk zware metalen) in het materiaal. Nader onderzoek naar de toe te passen technologie om de zware metalen uit het slibas te verwijderen is noodzakelijk om deze stroom te kunnen toepassen.

Een technologie die zowel vanuit oogpunt van terugwinning van fosfaten als voor de efficiënte verwerking van zuiveringsslib goede perspectieven biedt en in ontwikkeling is in de MRA is het Torwash proces van ECN. Dit proces wordt momenteel getest bij Waterschap Zuiderzeeland (RWZI Almere) en richt zich op energiewinst door het verhogen van de biogasopbrengst en door het persen in plaats van drogen van deze waterrijke afvalstroom. De technologie faciliteert daarnaast de terugwinning van fosfaten.

Criterium	Beschrijving
Economisch potentieel	Voor deze toepassing is een grote afzetmarkt beschikbaar. Kunstmest wordt momenteel geproduceerd uit fosfaaterts, een eindige en schaarse grondstof die op de lijst 'Critical Raw Materials' van de Europese Unie staat ³ . De toepassing is op labschaal met succes getest, nader onderzoek moet meer inzicht geven in de technische en economische haalbaarheid.
Duurzaamheidsimpact	Winning en toepassing van fosfaaterts brengt negatieve milieu-impacts met zich mee, toepassing van as van zuiveringsslib als grondstof heeft naar verwachting een positieve milieu-impact. Aanzienlijke energiewinst mogelijk door inzet van het Torwash proces ten opzicht van de huidige verwerkingsroute (vergisten-drogen-verbranden).
Mogelijke bijdrage sessies	In kaart brengen technologieën gericht op en actoren actief in verwijdering zware metalen uit as. Koppelen van inzet fosfaat voor kunstmestproductie aan de tests met het Torwash proces, optimaliseren (specificaties/volumes) om tot een optimale business case te komen.

³ De lijst geeft aan dat Europa voor 88% afhankelijk is van import van fosfaaterts, en een 'substitutability index' van 0,98 heeft op een schaal van 0 tot 1, waarbij 1 het moeilijkst vervangbaar is. In de toekomst kan fosfaaterts een strategisch materiaal worden voor exporterende landen.

D. Methodiek inschatting hoogwaardigheid verwaardingsroutes

Om vervolgens prioriteit te kunnen aanbrengen en een ranking te kunnen maken in de verwaardingsroutes van de shortlist is een set criteria opgesteld die een gedetailleerder beeld geeft van de duurzaamheids- en economische potentie van de betreffende verwaardingsroute. In paragraaf D.1 worden de economische criteria kort toegelicht, in paragraaf D.2 de criteria die betrekking hebben op duurzaamheid en circulariteit. De eerste inschatting van het economische perspectief en duurzaamheid van de route die in hoofdstuk 4 is beschreven wordt hierbij verder uitgediept en gespecificeerd voor de acht geselecteerde routes.

De set criteria vormt tevens de basis voor het format dat we gaan opstellen om de informatie over de betreffende route te structureren in aanloop naar de sessies in fase 2. Hiervoor zullen we het format verder aanvullen en invullen op basis van eerste contacten met de deelnemende marktpartijen en overheden, waarbij bijvoorbeeld niet alleen indicaties van kosten en opbrengsten worden gegeven, maar zoveel mogelijk kwantitatieve informatie zal worden toegevoegd.

Naast de informatie die gebruikt is om de verwaardingsroute nader te beoordelen biedt het format tevens ruimte voor meer algemene achtergrondinformatie om een beeld te geven van ontwikkelstadium, projectomvang en doorlooptijd:

Projectinformatie	Eenheid	Toelichting
Ontwikkelstadium	TRL*	Ontwikkelfase van de verwaardingsroute
Time-to-market	jaar	Inschatting benodigde tijd tot productie op commerciële schaal
Benodigde investering (indien bekend)	M€	Investering in hardware (range - ruwe schatting) voor commerciële fase
Regelgeving / beleid (indien relevant)	kwalitatief	Mogelijk stimulering door, of uitdagingen in beleid

Tabel 12 Algemene projectinformatie in het beoordelingsformat

*Het ontwikkelstadium wordt uitgedrukt in TRL ('Technological Readiness Level'), een breed geaccepteerd systeem voor positionering van innovaties:

- TRL 1 – basisprincipes geobserveerd
- TRL 2 – technologieconcept geformuleerd
- TRL 3 – experimenteel proof of concept
- TRL 4 – technologie gevalideerd op labschaal
- TRL 5 – technologie gevalideerd in relevante omgeving
- TRL 6 – technologie gedemonstreerd in relevante omgeving
- TRL 7 – systeem prototype demonstratie onder operationele omstandigheden
- TRL 8 – systeem compleet en gekwalificeerd / presteert naar behoren
- TRL 9 – werkelijk systeem bewezen onder operationele omstandigheden

In een aantal gevallen hebben de criteria betrekking op de vergelijking tussen de nieuw voorgestelde verwaardingsroute en de huidige toepassing van de betreffende biomassaastroom (bijvoorbeeld bij de kosten van inzameling en logistiek, en verwachte meeropbrengst van het eindproduct). Het is ons inziens, gezien de diversiteit van de criteria en verschillende grootheden niet mogelijk om een kwantitatief eindoordeel te vellen over de hoogwaardigheid van een verwaardingsroute. (Deze stap zal overigens in een later stadium in het project wel worden gemaakt voor vier te selecteren business cases, die op basis van kwantitatieve informatie van o.a. de ketenpartners worden doorgerekend). Het is echter wel mogelijk om op basis van de set criteria een inschatting te maken van de economische perspectieven en duurzaamheid en vervolgens een vergelijking tussen verwaardingsroutes. Deze inschatting en

rangschikking volgen in hoofdstuk E. Daarnaast biedt deze methodiek inzicht in de punten waarop de betreffende verwaardingsroute minder goed scoort en in welke belemmeringen er zijn voor verdere ontwikkeling. Dit levert relevante input op voor de eventuele verdere uitwerking van de business case in een volgend stadium.

D.1 Economische criteria: ruwe business case

In onderstaande tabel zijn de criteria weergegeven die betrekking hebben op de economische hoogwaardigheid van de verwaardingsroutes, met de eenheid waarin het criterium wordt uitgedrukt en een korte toelichting. Doel is het verkrijgen van een eerste indicatie van het economische potentieel van de verwaardingsroute, op basis van beschikbare informatie. In een later stadium wordt voor de geselecteerde business cases een meer gedetailleerde economische analyse uitgevoerd. In de beoordelingstabel (paragraaf E.1) wordt bij elke verwaardingsroute voor iedere score een korte toelichting gegeven.

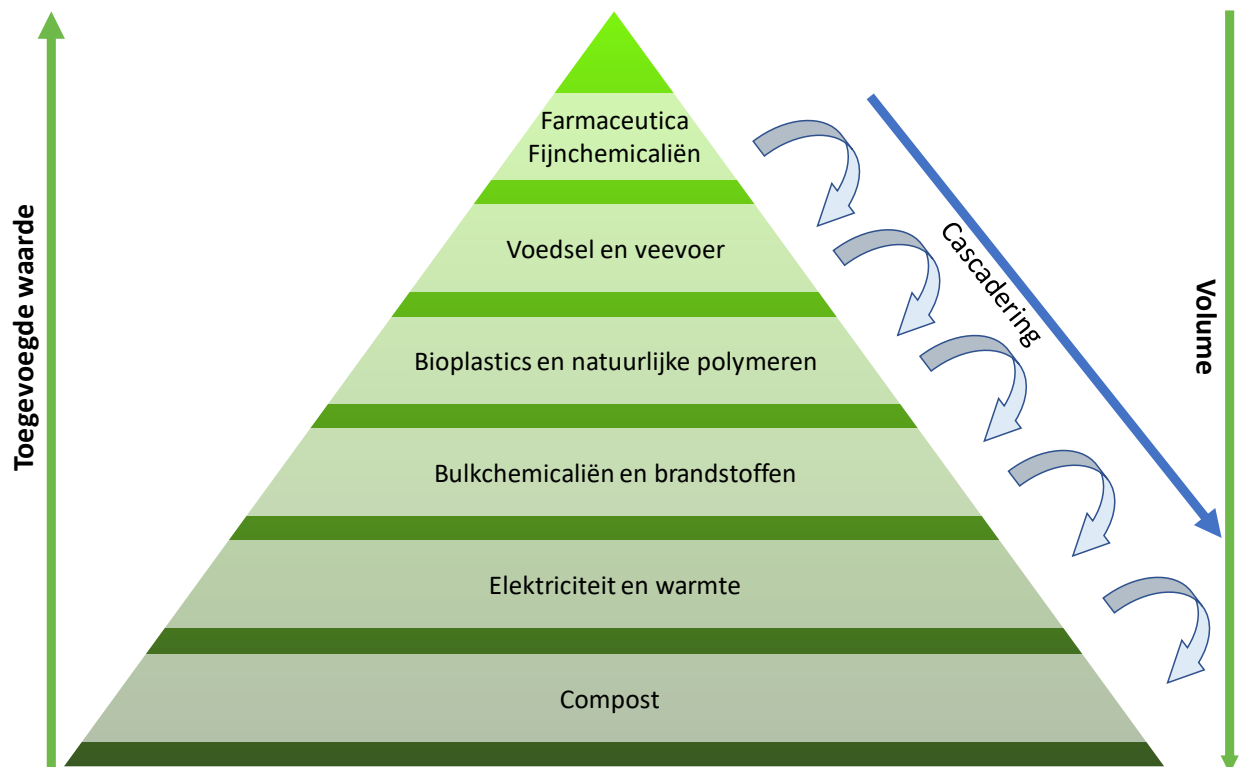
Criteria economische haalbaarheid	Score-opties	Toelichting
1. Marktvraag Overwegingen: concrete vraag, afnemer in consortium, bestaande markt voor toepassing	- +/- + ++	Marktvraag in eerder stadium laag gebleken Marktvraag onduidelijk en/of twijfelachtig Voldoende marktvraag naar product(en) route Meer dan voldoende marktvraag eindproducten
2. Verwachte meeropbrengst eindproduct ten opzichte van huidige toepassing Marktprijzen eindproducten vs. opbrengst huidige stroom	- +/- + ++	Geen meeropbrengst verwacht t.o.v. huidige route Geringe meeropbrengst t.o.v. huidige route Voldoende meeropbrengst t.o.v. huidige route Grote meeropbrengst mogelijk t.o.v. huidige route
3. Verdienmodel essentiële ketenpartners Mate waarin er een verdienmodel is bij zowel ontdoener als afnemer/producent, en evt. andere relevante partijen	- +/- + ++	Geen verdienmodel voor een/meer ketenspeler Route sterk gedreven door één ketenspeler Gedeeld belang bij belangrijke ketenspelers Volledige keten heeft belang bij realisatie route
4. Kosten inzameling / logistiek t.o.v. huidige route	- +/- + ++	Hogere kosten Kosten vergelijkbaar met huidige route Bepaalde reductie kosten t.o.v. huidige route Aanzienlijke reductie kosten mogelijk
5. Contracteerbaarheid feedstock. Mate waarin de samenwerkende ketenspelers kunnen beschikken over een continue toevoer van inputmateriaal	- +/- + ++	Veel concurrentie/feedstock slecht beschikbaar Beschikbaarheid feedstock twijfelachtig Goede, continue beschikbaarheid feedstock Feedstock in ruime mate beschikbaar

Tabel 13 Criteria voor inschatting economische kansrijkheid

D.2 Duurzaamheidscriteria

Om een inschatting te maken van de impact die de (nieuwe) verwaardingsroute heeft op het behalen van duurzaamheidsdoelstellingen wordt de route getoetst aan de criteria in tabel 14.

Een belangrijke basis voor de inschatting of een bepaalde biomassastroom hoogwaardig wordt ingezet is de waardepiramide voor het optimaal benutten van biomassa:



Figuur 3 Waardepiramide biomassa, gebaseerd op o.a. Innovatienetwerk 2008).

De waardepiramide is een veelgebruikte leidraad bij het ontwikkelen van nieuwe verwaardingsroutes voor organische reststromen. Er zijn verschillende versies van de piramide in gebruik, met kleine aanpassingen ten opzichte van de oorspronkelijke in 2008 in opdracht van het Ministerie van EZ ontwikkelde versie. De bovenstaande versie wijkt af in de zin dat compostering als onderste laag is toegevoegd. Vergisting van biomassastromen, waarbij biogas wordt geproduceerd is onderdeel van de laag 'bulkchemicaliën en brandstoffen' (nb: bij het in kaart brengen van verwerkingscapaciteit in hoofdstuk 3 hebben we, vanwege de prominente positieve van deze route, vergisting als aparte categorie opgenomen). Bij de inschatting van hoogwaardigheid van verwaardingsroutes is de positie in de piramide gekozen als eerste duurzaamheidscriterium. Daarnaast wordt gekeken naar de aansluiting bij het principe van cascadering, de impact op de bruikbaarheid van het overige deel van de reststroom, eventuele negatieve duurzaamheidsimpacts en potentieel verwerkt volume.

Ook bij de scores voor de duurzaamheidscriteria wordt in de tabel bij elk criterium een korte toelichting gegeven.

Criteria duurzaamheid	Score-opties	Toelichting
6. Positie in de duurzaamheidspiramide (zie boven)	- +/- + ++	nieuwe route lager in piramide inzet op zelfde niveau 1 niveau omhoog meerdere niveaus omhoog
7. Circulariteit / mogelijkheid tot cascadering eindproduct. Mate waarin het eindproduct weer opnieuw kan worden toegepast, eventueel een stap lager in de piramide.	- +/- + ++	Geen cascadering / eindstap in cascade Herinzetten reststroom twijfelachtig Route sluit goed aan bij principe cascadering Route sluit zeer goed aan bij principe cascadering
8. Impact op bruikbaarheid overige deel biomassastroom. Ingeval slechts een deel van de stroom wordt toegepast, (hoogwaardige) toepassing restant	- +/- + ++	Resterend deel niet/in mindere mate beschikbaar Mogelijke impact beschikbaarheid resterend deel Geen impact op beschikbaarheid resterend deel Route zorgt voor betere beschikbaarheid stroom
9. Overige milieu-impacts van nieuwe toepassing Afhankelijk van de toepassing, b.v. indirecte effecten	- +/- + ++	Negatieve bijeffecten nieuwe verwaardingsroute Geen indirecte effecten verwacht bij nieuwe route Positief bijeffect nieuwe verwaardingsroute Sterk(e) positieve bijeffecten bij nieuwe route
10. Hoeveelheid reststroom die potentieel duurzamer kan worden verwerkt Omvang impact op basis van het opschalingspotentieel obv Inschatting volume kton/jr	- +/- + ++	- zeer klein volume < 5 kton +/- klein volume 5 -20 kton + grote volumes > 20 kton ++ zeer grote volumes >50 kton

Tabel 14 Criteria voor inschatting duurzaamheid biomassa verwaardingsroutes

E. Inschatting potentieel en ranking verwaardingsroutes

E.1 Inschatting economisch en duurzaamheidspotentieel verwaardingsroutes

In de onderstaande tabellen zijn de kansen die zijn beschreven in hoofdstuk 4 weergegeven, waarbij in de eerste tabel algemene projectinformatie wordt gegeven, en vervolgens in twee tabellen (economische criteria en duurzaamheidscriteria) per criterium een score wordt gegeven van de verwaardingsroutes.

Projectinfo verwaardingsroute	Eenheid	Toelichting		1. Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA	2. Opschalen lokale houtproductie	3. Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten	4. Grassbloxxx – inzet bermgras voor productie isolatieplaten	5. Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed	6. Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT)	7. Grondstoffen food/feed uit schone, groene reststromen	8. Terugwinnen van fosfaten uit RWZI-slib
Ontwikkelstadium	TRL	Ontwikkelfase van de verwaardingsroute		9	9	7 (vezels) 5 (grondstoffen)	5	7 (asfalt)	2 (GFT) 4 (schillen)	6 (eiwitten)	5-6 (inzet slib)
Time-to-market	jaar	Inschatting benodigde tijd tot productie op commerciële schaal		2 - 4	0	0 - 3 (vezels) 3 - 5 (grondstoffen)	1 - 3	0 - 3	2 - 5	1 - 5	3-5
Benodigde investering (indien bekend)	M€	Investering in hardware (range - ruwe schatting) voor commerciële fase		? sterk afhankelijk van schaal / locatie / warmtebron	Al geïnvesteerd in mobiele zaagmachine	1 - 2 M€ (mobiele bioraffinage installatie)		ca. 8 M€ per RWZI (zeefinstallatie)	ca. 1 M€ eerste productie installatie	? sterk afhankelijk technologie / schaal	> 5 M€
Regelgeving / beleid (indien relevant)	kwalitatief	Mogelijke stimulering door, of uitdagingen in beleid		Stimulering mogelijk d.m.v. SDE	Evt. stimulering door circulair / duurzaam inkopen overheden (b.v. buitenmeubilair)	Evt. stimulering door circulair / duurzaam inkopen overheden (b.v. verkeersborden)	Wellicht subsidiëring mogelijk isolatie woning (op dit moment geen budget).	Evt. stimulering door circulair / duurzaam inkopen overheden (asfalt)	Afvalstatus mogelijk van belang voor toepassing food/feed.	Afvalstatus en categorisering dierlijke bijproducten mogelijk van belang.	Verwachte toename aanbod door EU-directive beperking rechtstreeks op land toepassen

Tabel 15 Overzicht en algemene informatie acht verwaardingsroutes

Criteria economische haalbaarheid	Toelichting score-opties	1. Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA	2. Opschalen lokale houtproductie	3. Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten	4. Grassbloxxx – inzet bermgras voor productie isolatieplaten	5. Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed	6. Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT)	7. Grondstoffen food/feed uit schone, groene reststromen	8. Terugnwinen van fosfaten uit RWZI-slib
1. Marktvraag - Overwegingen: concrete vraag, afnemer in consortium, bestaande markt	- Marktvraag in eerder stadium laag gebleken +/- Marktvraag onduidelijk / twijfelachtig + Voldoende marktvraag naar product(en) route ++ Meer dan voldoende marktvraag eindproducten	++ Bestaande, groeiende marktvraag	++ bestaande, stabiele markt	+ Bestaande markt voor grondstoffen food-feed, nieuwe markt voor biocomposieten /	+ te onderzoeken voor isolatieplaten, inzet strooimiddel in eigen organisatie	+ Stabiele vraag asfalt, nader te onderzoeken voor isolatieplaten	+ toepassingen etherische oliën, verschillende afzetmogelijkheden vezels	++ bestaande marktvraag grondstoffen feed/food	++, Concrete marktvraag, lange termijn continuïteit industrie
2. Verwachte meeropbrengst eindproduct ten opzichte van huidige toepassing	- Geen meeropbrengst verwacht +/- Geringe meeropbrengst t.o.v. huidige route + Voldoende meeropbrengst t.o.v. huidige route ++ Grote meeropbrengst mogelijk t.o.v. huidige route	+ verkoop brandstofpellets vs. directe energieopwekking	++ hoge marktprijzen hoge kwaliteit zaaghout, meeropbrengst producten	+/- kleine meeropbrengst mogelijk bij meervoudige verwerking	+ meeropbrengst, product vs. compostering / nader te bepalen	+/- meeropbrengst nog niet evident	++ stroom is nu kostenpost, hoogwaardige producten	++ hoge marktprijzen voor eindproducten	+ aanzienlijke reductie operationele kosten RWZI mogelijk
3. Verdienmodel essentiële ketenpartners	- Geen verdienmodel voor een/meer ketenspelers +/- Route sterk gedreven door één ketenspelers + Gedeeld belang bij belangrijke ketenspelers ++ Volledige keten heeft belang bij realisatie route	+ meeropbrengst inzamelaar / verwerker, geen impact ontdoener	+ kostenreductie groenbeheer, inkomsten eigenaar en verwerker	+/- met name kostenreductie beheer, verdienmodel producten te ontwikkelen	+ kostenreductie maaibeheer, kostenreductie strooizout, omzet producten	+/- kostenreductie RWZI, nog geen verdienmodel / reductie kosten asfaltproductie	+ kostenreductie ontdoener, verdiensten uit producten	+ kostenreductie ontdoener mogelijk, afh. huidige route	+ kostenreductie waterschappen, continuïteit / prijs feedstock kunstmest
4. Kosten inzameling / logistiek t.o.v. huidige route	- Hogere kosten +/- Kosten vergelijkbaar met huidige route + beperkte reductie kosten t.o.v. huidige route ++ aanzienlijke reductie kosten mogelijk	+ Stroom wordt al ingezameld, reductie kosten logistiek door drogen - afh. Locatie	+/- onderdeel van regulier beheer / sorteren op locatie	+/- Neutraal, stroom wordt al ingezameld	- Meer handling (instructie, aanpassing maaibeheer, inkuilen)	+/- Neutraal, stroom komt al gescheiden beschikbaar	- opzetten / uitbouwen logistiek separate inzameling schillen	+/- hogere kosten logistiek gewasresten, overige stromen worden al ingezameld	+/- Hogere kosten bij slibas-route (transport, zuivering). Langere termijn potentieel lager - kostendaling logistiek mogelijk door lokale verwerking (Torwash)
5. Contracteerbaarheid feedstock	- Veel concurrentie/feedstock slecht beschikbaar +/- Beschikbaarheid feedstock twijfelachtig + Goede, continue beschikbaarheid feedstock ++ Feedstock in ruime mate beschikbaar	++ eigen inzameling	+/-, afh. eigenaar: exploitatie in sommige gevallen uitbesteed	++ beschikbaar uit regulier beheer	+/- uit regulier beheer. toenemende belangstelling stroom	++ eigen reststroom	+ weinig concurrerende initiatieven	+/- hoogwaardige reststroom, veel concurrentie	+ , weinig/geen concurrentie voor stroom, groeiend aanbod door EU wetgeving

Tabel 16 Inschatting score op economische criteria

Criteria duurzaamheid	Toelichting	1. Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA	2. Opschalen lokale houtproductie	3. Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten	4. Grassbloxxx – inzet bermgras voor productie isolatieplaten	5. Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed	6. Etherische olie en terpenen uit citrusschillen (als mono-stroom en in GFT)	7. Grondstoffen food/feed uit schone, groene reststromen	8. Terugwinnen van fosfaten uit RWZI-slib
1. Positie in de duurzaamheidspiraal	- nieuwe route lager in piramide +/- inzet op zelfde niveau + 1 niveau omhoog ++ meerdere niveaus omhoog	+ verbranding naar brandstof	+ verbranding naar materialen	++ composteren naar materialen / food feed	++ composteren/verbranden naar materialen	++ verbranden naar materiaal	++ composteren naar food/feed en farmaceutica	+ VGI reststromen grotendeels al naar feed, wel stappen mogelijk veiling en gewasresten	+ verbranden naar bulkchemie
2. Circulariteit / mogelijkheid tot cascadering eindproduct	- Geen cascadering / eindstap in cascade +/- Herinzetten reststroom twijfelachtig + Route sluit goed aan bij principe cascadering ++ Route sluit zeer goed aan bij principe cascadering	- Energietoepassing, eindstap in cascade.	++ eindproducten weer herbruik- of recyclebaar	+ deels (+ food-feed, + papier, - inzet in composieten)	+ platen recycleerbaar ? / terugwinnen vezels	+/- asfalt eindstap in cascade, isolatieplaten mogelijk recyclebaar	+ na gebruik in producten grotendeels in grote org. reststroom	++ in zelfde route na toepassing in product	++ fosfaat wordt teruggebracht in voedingscyclus
3. Impact op bruikbaarheid overige deel biomassastroom	- Resterend deel niet/in mindere mate beschikbaar +/- Mogelijke impact beschikbaar resterend deel + Geen impact op beschikbaarheid resterend deel ++ Route zorgt voor betere beschikbaarheid stroom	+ geen impact	+ Combineren met hoogwaardige verwerking tak- en tophout	+ geen impact	+ geen impact	+ geen impact op verwerking andere stromen	+ mogelijk (zeer beperkte) impact op calorische waarde GFT stroom	+ gaat met name om mono-stromen, impact op bruikbaarheid reststroom niet waarschijnlijk	+ geen impact
4. Overige milieu-impacts van nieuwe toepassing	- Negatieve bijeffecten nieuwe verwaardingsroute +/- Geen indirecte effecten verwacht bij nieuwe route + Positief bijeffect nieuwe verwaardingsroute ++ Sterk(e) positieve bijeffecten bij nieuwe route	+/- Mogelijk hogere uitstoot, echter eveneens hogere energieopbrengst t.o.v. direct verbranden.	+/- geen aanvullende milieu-impacts	+/- geen aanvullende milieu-impacts	+ positieve impact energie door toepassen isolatiemateriaal	+ energiereductie door verhogen efficiëntie zuivering	+/- geen aanvullende milieu-impacts	+/- mogelijke negatieve impact door toename vervoersbeweging en (alleen bij gewasresten, relatief beperkt deel stromen)	+ Potentieel lager energiegebruik en hergebruik metalen
5. Volume dat duurzamer kan worden verwerkt als onderdeel van het totaal / totaal volume	- zeer klein volume < 5 kton +/- klein volume 5 -20 kton + grote volumes > 20 kton ++ zeer grote volumes >50 kton	++ mogelijk aanzienlijk deel stroom / gericht op grotere volumes	- vooralsnog beperkt deel totale stroom/beperkt totaalvolume	+ grote volumes. Afzetmarkt vezelproducten kan beperkende factor zijn / groeiende stroom	++ potentieel grotere volumes	+/- gehele stroom/vooralsnog klein totaal volume, aanzienlijk potentieel	+ ca. 20 kton	++, grootschalige inzet monostromen / gericht op grotere volumes	++ potentieel grotere volumes

Tabel 17 Inschatting score verwaardingsroute op duurzaamheidscriteria

E.2 Ranking verwaardingsroutes en voorstel selectie business cases

De bovenstaande verwaardingsroutes zijn gerangschikt op basis van de volgende afwegingen:

1. Aan elke route is een (ongewogen) totaalscore toegekend op basis van de opgetelde scores per criterium (++ = 2 punten, + = 1 punt, +/- = 0 punten, - = -1 punt).
2. Bij een gelijke eindscore is voorrang gegeven aan de verwaardingsroute met een hogere totaalscore op de economische haalbaarheid, vanuit de gedachte dat een positieve business case (nieuwe route mag in ieder geval niet tot extra kosten leiden) doorslaggevend is, waarna vervolgens wordt gekeken naar (optimalisatie van) duurzaamheidsimpacts.
3. Indien ook op de economische totaalscore gelijk wordt gescoord, is het volume biomassa dat duurzamer kan worden verwerkt doorslaggevend, aangezien dit criterium het best weergeeft wat de totale impact van de verwaardingsroute (evt. na opschaling) kan zijn, zowel in milieu- als in economisch opzicht.

In de onderstaande tabel zijn de verwaardingsroutes op basis van deze systematiek gerangschikt en wordt een korte toelichting gegeven alsmede aandachtspunten voor verdere ontwikkeling van de route. Hierbij worden aandachtspunten gegeven die uit de beoordeling naar voren zijn gekomen. Tevens worden, waar relevant, belangrijke punten uit de algemene projectinformatie weergegeven

Ranking	Verwaardingsroute (score)	Aandachtspunten uit beoordeling voor business case
1	Terugwinnen van fosfaten uit RWZI-slib (totaal 12, haalbaarheid 5)	Zeer interessante route gezien omvang stroom en mogelijkheid fosfaat. Time-to-market is aandachtspunt, deze is relatief lang als gevolg van benodigde technologische ontwikkeling zuiveringsstap slibas / innovatief Torwash® procedé.
2	Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA (totaal 10, haalbaarheid 7)	Door omvang stromen grote impact mogelijk. Vanuit de optiek van cascadering is dit een eindtoepassing. Vraag naar drogen biomassa leeft breed, ook bij kleinere initiatieven.
3	Terugwinning eiwitten en vetzuren uit schone, groene reststromen (totaal 10, haalbaarheid 5)	Feedstock wordt grotendeels al hoogwaardig ingezet, er is in toenemende concurrentie tussen verwaardingsroutes. Uitdaging ligt in identificeren stromen en ontwikkelen van hoogwaardige verwerkingscapaciteit voor technologieën die de hoogste meerwaarde genereren.
4	Etherische olie en terpenen uit citrusschillen als mono-stroom en in GFT (totaal 9, haalbaarheid 4)	Route biedt perspectief om grote mono-stroom uit grote GFT-stroom te houden en hoogwaardig te verwerken. Daarnaast mogelijkheid om meer waarde te genereren uit (bijproduct van) vergisting grote stroom GFT. Uitdaging in opzetten efficiënte logistiek (in ontwikkeling in samenwerking met partner Orgaworld/Renewi).
5	Hoogwaardige inzet bermgras voor productie isolatieplaten (totaal 9, haalbaarheid 3)	Potentieel zeer interessante route, echter momenteel nog niet in de demonstratiefase - voor deze route loopt momenteel onderzoek naar de technische haalbaarheid (als onderdeel van het 'Grassbloxxx' project), waarna - indien positief - vanaf oktober 2018 de business case wordt ontwikkeld.

6	Opschalen lokale houtproductie (totaal 8, haalbaarheid 5)	Hoogwaardige toepassing, economisch interessant - voorbij demofase, vrijkomend stamhout wordt in veel gevallen al commercieel geëxploiteerd. Uitdaging zit met name in aanpassing beheer gericht op het beschikbaar maken van hoogwaardige biomassastromen (waaronder stamhout).
7	Optimaliseren verwaardingsroute waterplanten (totaal 8, haalbaarheid 3)	Ontwikkelen van verwaardingsroute is in toenemende mate urgent, biomassastroom komt in grotere volumes vrij bij regulier beheer. Business case voor verwaarding lijkt echter lastig rond te krijgen, deze is afhankelijk van efficiënt raffinageproces en succesvolle verwaarding vezelmateriaal.
8	Hoogwaardige inzet cellulose uit RWZI-zeefgoed (totaal 7)	Stroom is relatief makkelijk beschikbaar bij RWZI's met zeefinstallatie, deze vergt echter een aanzienlijke investering. Stroom zal daardoor waarschijnlijk niet snel in omvang toenemen. Economisch potentieel huidige route naar asfalt te verbeteren door procesoptimalisatie. Potentieel eventuele route naar plaatmateriaal nog nader vast te stellen (heeft reeds de aandacht van samenwerkende partners).

Tabel 18 Ranking verwaardingsroutes en aandachtspunten business cases

Aangezien het realiseren van droogcapaciteit (nr. 2 in de ranking) als faciliterend wordt gezien voor andere routes (met name lokaal hout) is besloten deze te koppelen aan (6) opschalen lokale houtproductie. De toepassing van bermgras in isolatieplaten (5) is in ontwikkeling in een parallel initiatief waarin de Provincie Noord-Holland al participeert. Om die reden is deze verwaardingsroute niet geselecteerd voor nadere uitwerking in fase 2 van dit project.

Op basis van de ranking en bovenstaande overwegingen zijn de volgende verwaardingsroutes geselecteerd voor de sessies in fase 2:

1. Terugwinnen van fosfaten uit RWZI-slib;
2. Realiseren van droogcapaciteit voor biomassa in de MRA, gekoppeld aan opschalen lokale houtproductie;
3. Terugwinning eiwitten en vetzuren uit schone, groene reststromen;
4. Etherische olie en terpenen uit citrusschillen als mono-stroom en in GFT.

Bronnen

Literatuur

AEB (2018), Jaarverslag 2017.

AEB (dec. 2018), "AEB Bio-energiecentrale (AEB BEC)", 21 december 2018.

AEB (n.d.) website, Innovatie; <http://www.aebamsterdam.nl/over-aeb/nieuws/2015/power-to-protein/>, 2015. Afval Online (2018) <https://www.afvalonline.nl/bericht?id=26651>

Aranda, g. et al, "The Economy of Large Scale Biomass to Substitute Natural Gas (bioSNG) plants", EC, 2014.

Avantium (2018). Website, Avantium starts construction of bio-MEG demonstration plant in the Netherlands

BeGreen (n.d.). Website, Uitbreiding houtwarmtestation Nuon Lelystad

Bengtsson, S. et al (2017), "PHARIO Stepping stone to a sustainable value chain for PHA bioplastic using municipal activated sludge", Stowa.

Bio Energy Netherlands (n.d.). Website, <https://bioenergynetherlands.nl/>

Biobased Economy (2018). Website, Proef met groen alternatief voor strooizout

Biobased Economy (n.d.). Website, Vergassing

Biobound (2017). Website, <http://biobound.nl/>

Biorizon (2015). Website, Biorizon utilizes municipal waste to develop biobased aromatics

Bos, H. L. et al (2014), "Kwantificering van volumes en prijzen van biobased en fossiele producten in Nederland", Wageningen UR.

Brinkmann, A. (2014). Biomassa als grondstof of als brandstof

Business Insider (2017). Website, Deze 22-jarige scheikundige maakt nieuwe producten van miljoenen kilo's citrusschillen

BVOR (2018). Groenafval als groene grondstof

CBS (2018a). Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio

CBS (2018b). Regionale kerncijfers Nederland

CBS (2018c) Vestigingen van bedrijven; bedrijfstak, gemeente

CBS (2018d) Zuivering van stedelijk afvalwater; per provincie en stroomgebieddistrict

CBS (2017a). Bedrijfsleven; omzet, bedrijfstak (SBI 2008), regio

CBS (2017b). Bodemgebruik; uitgebreide gebruiksvorm, per gemeente

CBS (2017c). Huishoudelijk afval per gemeente per inwoner

CBS (2016). Afvalbalans, afvalsoort naar sector; nationale rekeningen

Cellu2PLA, website EU LIFE project, 2017

Chaincraft (n.d.). Website, <http://www.chaincraft.nl/>

Circle Economy, "Circulair Noord-Holland - Inzichten in het speelveld van de circulaire economie", Prov. Noord-Holland, 2017.

Circulaire Economie Nederland (n.d.). Ondertekening Corbion

CirTec (2018). Website, <http://www.cirtec.nl/>

CLO (2017). Composteer- en vergistingsinstallaties voor gft-afval, 1989-2015

Corbion (n.d.). Website, <https://www.corbion.com/>

- Crown van Gelder, 2018. Sustainability Facts & Figures 2017
- Den Ouden (n.d. a). Website, [Biobased prototypes](#)
- Den Ouden (n.d. b). Website, [Biobrandstoffen](#)
- DNV GL (2017). Biomassapotentieel in Nederland.
- DSM (n.d.). Website, [The bio-based, high-performance polyamide](#)
- DSM (2013). Website, [DSM en Natuurmonumenten leggen fundament voor biomassa samenwerking in Nederland](#)
- Duurzaam bedrijfsleven (2017). Website, [Investeren in fabriek ChainCraft geeft biobased economie een boost](#)
- Duurzaam Gebouwd (2018). Website, [Royal FloraHolland onderweg naar Zero Waste - outsourcing van afvalmanagement](#)
- ECN, "Torwash® sewage sludge treatment - Increased biogas production, highly-efficient dewatering and phosphate recovery", ECN, 2017.
- Elberts et al., W. (2011). [De beschikbaarheid van biomassa voor energie in de agro-industrie](#)
- Elbersen, W. & Spijker, J. (2014). [Biomassapotentie Rijkswaterstaat](#)
- Ellen MacArthur (2017). [A new textiles economy](#)
- EU verordening 142/2011 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten, 2011.
- European Bioplastics, "Bioplastics market data 2017 - Global production capacities of bioplastics 2017-2022", 2017.
- EY (2015). Circulaire economie in de textielketen: naar innovatieve textielrecycling.
- FD (2017). Website, [ChainCraft gaat op grotere schaal biologische vetzuren maken](#)
- FlevoZine (2017). Website, [Groen Gas Fabriek Almere doet het goed](#)
- FNOI (n.d.). Website, <https://www.fnoi.nl/over-fnoi/>
- Gemeente Amsterdam (2017). Metropoolregio Amsterdam in cijfers 2017.
- Gemeente Amsterdam (2015). [Afvalketen in Beeld](#)
- Gerritse, S. (2016). Adviesrapport. Windesheim
- Grass2grit (2018). Website, <https://www.grass2grit.nl/>
- Green Chemistry Campus (n.d). [Succesvol Waste2Aromatics project van Biorizon krijgt vervolg](#)
- Groceries (2018). Website, [Plantics wint Natural Fibertastic Award 2018 met biobased thermoset plastic](#)
- Groen & Grond (2015). Website, <http://www.groenenengrond.com/over-ons>
- Groengas (n.d. a). Website, [Groente, fruit en tuinafval \(GFT\)](#)
- Groengas (n.d. b). [Kaart met alle bio-energie installaties in Nederland](#). Informatie afkomstig van RVO.
- Grondstoffen Collectief Almere (2017). Website, <http://gca-almere.nl/projecten/>
- Het Parool (2017). Website, [Weggespoelde voedingsstoffen: 'De waterzuivering wordt een fabriek'](#)
- Hisfa (n.d.) [Risico-inventarisatie ruwvoerders](#)
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2014). [Energiefabriek HHNK](#)
- HVC (n.d.). Website, [locatie Purmerend](#)
- HVC, jaarverslag 2017.
- IEA (2017), 'Global Wood Pellet Industry and Trade Study 2017'.
- Indaver (n.d.), Website, <http://www.indaver.nl/nl/locaties/>

- Joppen, L., "Parenco test met bermgras – eerst afval, nu een grondstof", Agro & Chemie, 14/6/2017.
- Jutte, J.B., Mul, P., Huisman, C., & Steman, B. (2018). Circulaire atlas provincie Flevoland.
- Koppejan, J., Elbersen, W., Meeusen, M., & Bindraban, P. (2009). Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020. SenterNovem.
- Kuipers, B. et al, "De Amsterdamse haven draait groen door", Wageningen UR, juni 2015.
- Loopalife (n.d.). Website, <https://loopalife.com/>
- Levende Have, "Graszaadhooi meestal ongeschikt als diervoer", 2013.
- Meerlanden (n.d.). Samen sneller circulair. Strategie 2016-2020.
- Meerlanden (2017), Jaarverslag 2017.
- Meerlanden (2018). Website, [Groene energiefabriek](#)
- Meewind (2016). Website, [Volg de bouw van Groen Gas Almere](#)
- Milieu Centraal (2015). Website, [Afval scheiden: cijfers en kilo's](#)
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2018), "Leidraad Afvalstof of Product - Richtsnoeren voor de uitleg en toepassing van de begrippen 'afvalstof', 'bijproduct' en 'einde-afvalstatus'"
- Natural Plastics (n.d.). Website, <https://www.naturalplastics.nl/nl/>
- NewFoss (n.d.). Website, <https://newfoss.com/producten/>
- NP recycling (n.d.). Website, [papierslib](#)
- NPSP (2009). Website, <http://www.npsp.nl/textpage2.asp?ID=7>
- Nuon (n.d.). Website, [biomassa, Route naar een CO2-vrije stadswarmte](#)
- Nuon (2014). Website, [Westport warmte](#)
- Nuon (2015). Website, [Contract met Bio Enerco voor biomassacentrale Nuon Lelystad verlengd](#)
- Nutriënt Platform NL (2016). Website, [Fosfaat uit afvalwater](#)
- NVRD (2007). [Energieopwekking uit biomassa](#)
- NVWA, website: <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/dierlijke-bijproducten/de-3-categorieen-dierlijke-bijproducten>
- Odegard, I. et al, "Biobased Plastics in a Circular Economy - Policy suggestions for biobased and biobased biodegradable plastics", CE Delft, 2017.
- Omroep Flevoland (2018). Website, [Nieuwe houtgestookte centrale voor stadsverwarming](#)
- Orgaworld (2014a). Website, [Lelystad: de ZAW vergistings- en composteringsfabriek](#)
- Orgaworld (2014b). Website, [Natte vergisting](#)
- Orgaworld (2014c). Website, [Droge vergisting](#)
- Otte Lisse (n.d.). Website, http://www.ottelisse.nl/groenafval_biomassa.html
- Parool (2017). Website, [Fabriek in haven produceert alternatief voor antibiotica](#)
- PeelPioneers (2018). Website, <https://peelpioneers.nl/>
- Plantics (n.d.) Website, <http://plantics.nl/>
- Port of Amsterdam (2017). Website, [Eerste houtvergassinginstallatie van Nederland](#)
- Probos (2014a). Biomassapotentieel NBLH-sector in 2020 en 2050.
- Probos (2014b). [Hout als bron van hernieuwbare energie](#)
- Probos (2018), "Beschikbaarheid van Nederlandse verse houtige biomassa in 2030 en 2050"

- Provincie Noord Holland (2015). Toekomstverkenning mogelijkheden recycling reststromen uit voedselverwerkende industrie
- Quote, 'Vanaf eind 2018 kan Peelpioneers 20 miljoen kilo citrusschillen per jaar gaan verwerken', 20 juli 2018.
- ReShare (2018). Website, Tweede Kamerlid Carla Dik-Faber opent textielinnovatie 'Fiber Sort Machine'
- Rijkswaterstaat (2017). Samenstelling van het huishoudelijk restafval, sorteeranalyses 2016
- Rotie (n.d.). Website, www.rotie.nl
- Royal Floraholland (2015). Jaarverslag Arbo, Milieu en Veiligheid 2015
- RVO (n.d. a). Website, Mestverwerkingsplicht
- RVO (n.d.b). Website, Vergisting en vergassing
- RVO (n.d. c) website, informatie SDE+ regeling
- RVO (2014). Kwaliteitsborging van houtige biomassa voor energietoepassingen
- SCW Systems (n.d.), website: http://www.scwsystems.com/Technologie.html
- Simadan (n.d.). Website, https://simadan.nl/blog/processen/rotie/
- Staatsbosbeheer, Jaarverslag 2017.
- Staatsbosbeheer (2018a). Website, Huhtamaki eierdozen
- Staatsbosbeheer (2018b). Biowarmte de Purmer
- Stadsverwarming Purmerend (2018). Website, https://www.stadsverwarmingpurmerend.nl/
- Stowa (2005). Potentieel voor duurzame energie met biogas uit rioolwaterzuiveringen
- Stowa (2016). Handboek slibvergisting
- Stowa (2018a). Praktijkonderzoek bioraffinage
- Stowa (2018b). Website, Fosfaatje
- Tauw (2017). Knelpuntenanalyse houtrecycling. Rijksoverheid
- The Waste Transformers (2016). Website, http://www.thewastetransformers.com/
- TNO (2015). Circulaire Economie Almere
- Tolkamp, G.W., C.A. van den Berg, G.J.M.M. Nabuurs & A.F.M. Olsthoorn (2006). Kwantificering van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen. Alterra-rapport 1380. Wageningen, Alterra.
- UpcycleCity (n.d.). Website, Openbaar groen.
- Vakblad natuur bos landschap (2015). Papier uit gras en riet is technisch geen enkel probleem
- Van Herk, J., Koning, R. (2009). Biomassa in Laag Holland. InnovatieNetwerk / Laag Holland / Provincie Noord-Holland.
- Velzeboer, C., "Schone verbranding van sojahuilen", presentatie Cargill, 2010.
- Vereniging Afvalbedrijven (2014). Van GFT naar grondstof
- Vereniging Afvalbedrijven (2018a). Website, Composteren
- Vereniging Afvalbedrijven (2018b). Website, Zo maakt Orgaworld bioplastics van GFT afval
- Waternet (2017). Website, Nu ook eiwitten uit het riool
- Waterschap Amstel Gooi en Vecht, "Papier uit afvalwater kunnen we opnieuw gebruiken"
- Waterschap Zuiderzeeland (2016). "Biomassa: groen goud voor het oprapen".
- Watersector (n.d.). Website, RWZI installaties

Welink, J. H. (2015). “Meer waarde uit de reststromen - Toekomstverkenning van mogelijkheden recycling reststromen uit de voeding- en genotsmiddelenindustrie Delft”, TU Delft / Provincie Noord-Holland, 2017.

Welink (2016). Toekomstige mogelijkheden hergebruik reststromen uit de agrarische sector, TU Delft.

Interviews / telefonisch verkregen informatie

- [a] Dhr. D. Notenboom, Meerlanden
- [b] Mw. A. Westenbroek, DBC / KCPK
- [c] Dhr. K. van den Berg, Orgaworld / Renewi
- [d] Dhr. P. Kralt, Orgaworld / Renewi
- [e] Dhr. D. Froeling, HVC
- [f] Dhr. H. Wanningen, Staatsbosbeheer
- [g] Dhr. S. Le Fèvre, Gemeente Amsterdam
- [h] Dhr. W. Böttger, NPSP
- [i] Dhr. P. Simoës, Afval Energie Bedrijf
- [j] Dhr. J. De Waard, KplusV
- [k] Dhr. E. Koelemeijer, Schiphol
- [l] Mw. L. Bernhardi, Rijkswaterstaat
- [m] Dhr. P. Postma, Bloc
- [n] Mw. Mascha Philipoom, Gem. Amstelveen
- [o] Dhr. Robert Stuurman, Spaarnelanden
- [p] Informatie per telefoon Den Ouden Groep
- [q] Informatie per telefoon BioBound
- [r] Dhr. B. de Ru, Waternet
- [s] Dhr. N. Persoon, Amsterdam Green Campus / QuisQuiliae
- [t] Dhr. Ad van Vugt, QuisQuiliae
- [u] Dhr. N. Van Stralen, ChainCraft
- [v] Dhr. G. de Jong, MISQ – Olifantsgras papierproducten
- [w] Dhr. P. Kok, KWS
- [x] Dhr. B. de Boer, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
- [y] Dhr. H. Kuipers, Waterschap Zuiderzeeland
- [z] Dhr. L. Stax, Gemeente Amsterdam
- [aa] Dhr. A. Zanelli, ICL Fertilizers
- [bb] Mw. K. Van Hulst-Euler, RHDHV
- [cc] Dhr. G. Zoutberg, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
- [dd] Mw. L. Hensen, PeelPioneers

Survey (+ reacties per e-mail / nabellen)

- [i.] Dhr. P. Briët, Royal FloraHolland
- [ii.] Dhr. H. Van Elderen, Micanthus Groep
- [iii.] Mw. M. Wekking, TNO / Biorizon
- [iv.] Mw. J. Winkel, OFGV
- [v.] Dhr. S. Schram, Gemeente Amstelveen
- [vi.] Dhr. D. Mollee, PWN.
- [vii.] Gemeente Lelystad
- [viii.] Dhr. H. Veldman, Zagerij.Amsterdam

Berekeningen herkomst biomassastromen MRA

I.1 Berekeningen reststomen van landbouw en bosbouw

I.1.1 Stro, graszaadhooi en natte gewasresten

Voor deze biomassareststomen zijn voor de MRA geen specifieke cijfers bekend. Daarom is de data uit verschillende bronnen gecombineerd om zo een schatting te maken.

Om de hoeveelheden biomassa in de vorm van droge gewasproducten (voor stro), graszaden (voor graszaadhooi) en natte gewassen in de MRA te berekenen zijn de volgende stappen gezet:

- Op basis van cijfers van het CBS (2018b) omtrent het grondgebruik in de 33 gemeenten in de regio (in 2016) is bepaald hoeveel hectare akkerbouw- en tuinbouwgrond er in totaal in de MRA aanwezig is (Tabel I.1).
- Op basis van cijfers van het CBS (2018a) is bepaald hoeveel procent van de akkerbouwgrond gebruikt wordt voor het verbouwen van droge gewasproducten, graszaden en natte gewasproducten voor zowel Noord-Holland als Flevoland (Tabel I.2)
- Er wordt aangenomen dat deze verdeling van akkerbouwgrond in de provincies representatief is voor de verdeling akkerbouwgrond in de MRA
- Zodoende kan de oppervlakte verbouwde droge gewasproducten, graszaden en natte gewassen voor de MRA berekend worden. Uit verschillende bronnen (zie tabel kan vervolgens gevonden worden wat de productie van restproducten is voor deze akkerbouwtypes.
- Voor de natte gewassen is de tuinbouw (van bijvoorbeeld koolsoorten en prei) ook van belang. Hierbij is het percentage van de tuinbouwgrond dat wordt ingezet voor het kweken van natte gewassen als basis genomen, en is aangenomen dat deze verdeling van tuinbouw van de provincies representatief is voor de MRA en de totale oppervlakte tuinbouw in de MRA, kan de productie van reststomen berekend worden (Tabel I.4 en I.5).

Tabel I.1 Oppervlakte akkerbouw en tuinbouw in de MRA (CBS, 2018b)

Akkerbouw (ha)	Tuinbouw open grond (ha)	Tuinbouw onder glas (ha)
15.950	1.644	391

Tabel I.2 Akkerbouwgrond verdeling in Noord-Holland en Flevoland en de verhouding t.o.v. de totale oppervlakte. (CBS, 2018a)

	Noord-Holland (ha)	Flevoland (ha)	Gemiddelde verhouding t.o.v. totaal
Totale oppervlakte akkerbouw	30.000	62.000	1
Totale oppervlakte droge gewasproducten (granen)	8.900	14.000	0,26
Totale oppervlakte graszaden	990	320	0,02
Totale oppervlakte natte gewassen	20.000	47.500	0,72

Tabel I.3 De reststomen van de verschillende types akkerbouwgrond

	Oppervlakte teelgrond in de MRA (ha)*	Productie reststomen (ton/ha/jaar)	Geproduceerde reststroom (ton/jaar)	Ingezamelde reststroom (ton/jaar)
Droge gewasproducten (granen)	4.100	5,1 (DNV GL, 2017)	21.000	15.800 (75% wordt ingezameld) (DNV GL, 2017)
Graszaden	300	15 (DS) (Vermeer, 2006)	4.500 (DS)	Onbekend
Natte gewassen	11.500	2,5 (DS) (DNV GL, 2017)	28.800 (DS)	Onbekend

* Berekend door de oppervlakte akkerbouw in de MRA (Tabel I.1) te vermenigvuldigen met de verhoudingen uit Tabel I.2.

Tabel I.4 Tuinbouw open grond verdeling in de provincies Noord-Holland en Flevoland en de verhouding t.o.v. de totale oppervlakte (CBS, 2018a).

	Noord-Holland (ha)	Flevoland (ha)	Gemiddelde verhouding droge gewassen t.o.v. totaal
Totale oppervlakte tuinbouw open grond (hectare)	20.835	7.349	1
Totale oppervlakte boomkwekerijgewassen en vaste planten + fruit open grond (hectare)*	1.167	1.741	0,15
Totale oppervlakte natte tuinbouw	19.668	5608	0,85

* Natte gewasresten uit de tuinbouw bestaat uit alle stromen behalve boom- en fruitteelt

Tabel I.5 Biomassa productie van de natte gewassen in de akkerbouw en tuinbouw

	Oppervlakte teelgrond in de MRA (ha)	Gemiddelde productie gewasresten (ton d.s. / ha / jaar) ⁴	Totale jaarlijkse productie gewasresten (ton d.s. / jaar)	Nuttig verwerkt ²
Natte gewasresten tuinbouw	1.400	3	4.200	30% (1.260) bodembetereaar
Natte gewasresten akkerbouw	11.500	2,5	28.750	30% (8.625) bodembetereaar
Tuinbouw onder glas	400	14	5.600	50% (2.800) bodembetereaar 50% (2.800) compostering
Totaal			38.500	15.700 bodembetereaar 2.800 compostering

Beschikbaar niet-ingezameld: 23.065, Beschikbaar wel-ingezameld: 2.800

⁴ DNV GL, 2017

I.1.2 Houtige biomassa

De berekening voor de houtige biomassa is op eenzelfde manier gedaan als de eerder besproken reststomen (Tabel I.6).

Tabel I.6 Biomassa productie van de fruit- en boomteelt.

Oppervlakte tuinbouw open grond in de MRA (Tabel I.1)	1.644	ha
Verhouding fruit- en boomteelt van open tuinbouwgrond (Tabel I.4)	0,15	
Oppervlakte fruit- en boomteelt in de MRA (ha)	247	ha
Productie houtige massa (ton/ha/jaar)	11 ⁵	ton/ha/jaar
Geproduceerde houtige biomassa in de MRA (ton/jaar)	2.700	ton/jaar
Percentage houtige massa ingezameld (%)	22,5	%
Ingezamelde houtige massa van fruit- en boomteelt MRA (ton/jaar)	620	ton/jaar

Bovenop de houtige biomassa productie van de tuinbouw, moet ook de reststroom van de bosbouw meegenomen worden. Echter wordt de houtige biomassa afkomstig uit de bossen ook bij categorie 2, reststromen van natuurbeheerders berekend. Om dubbeltellingen te voorkomen is deze hier weggelaten.

I.1.3 Mest

Het droge stof (DS)-gehalte in pluimvee mest is 15-25% en het DS-gehalte in drijfmest (runder-, varkens- en kalvermest) is 7,5% (DNV GL, 2017). Zie tabel I.7 voor de hoeveelheden geproduceerd mest in Noord-Holland en Flevoland en de verhoudingen.

Tabel I.7 Hoeveelheden geproduceerd mest in Noord-Holland en Flevoland en de verhouding pluimveemest t.o.v. het totaal (CBS, 2018a).

	Pluimveemest	Drijfmest	Verhouding pluimveemest t.o.v. totaal
Noord-Holland	16.000	3.325.000	0,005
Flevoland	41.000	1.466.000	0,027

Het percentage pluimveemest is erg klein, waardoor het percentage DS-gehalte in drijfmest gebruikt wordt voor de berekening droge stof (7,5%).

In 2015 werd in de Metropoolregio Amsterdam 1.452.000 ton mest geproduceerd (Gemeente Amsterdam, 2017). Dit is ongeveer 109.000 ton DS. 90% van de in de stal vrijkomende drijfmest (rundvee en varkens) wordt verzameld, evenals 80% van de vaste mest (kippen en rundvee) (DNV GL, 2017). Hieruit volgt: 92.600 ton beschikbare mest in de MRA per jaar.

⁵ DNV GL, 2017

I.2 Berekening reststromen gemeentelijk groenbeheer

Op basis van de hoeveelheden organische stromen buitenruimte in verschillende gemeenten in de MRA (Meerlanden, n.d.); cijfers omtrent het groen afval in Flevoland (Jutte et al., 2018); een inschatting van Koppejan et al. (2009) voor Nederland en cijfers voor de gemeente Almere (TNO, 2015), is een inschatting gemaakt van de gemiddelde hoeveelheid organisch afval in de gemeenten per oppervlakte bebouwde omgeving (CBS, 2018c) (Tabel I.8).

De gemeenten met de meest afwijkende relatieve bebouwing zijn buiten beschouwing gelaten.

Tabel I.8: Inschatting biomassa bebouwde omgeving MRA

Gemeente	Totale oppervlakte [ha]	Oppervlakte bebouwd [ha]	Relatieve bebouwing [ha/ha]	Groenafval buitenruimte [ton]	Groenafval per oppervlakte bebouwd [ton/ha]
Aalsmeer	3229	743	0,23	1000	1,35
Almere	24877	3142	0,13	6000	1,91
Bloemendaal	4521	678	0,15	1200	1,77
Haarlemmerliefde en spaarnwoude	2119	127	0,06	550	4,33
Haarlemmermeer	18529	3291	0,18	8500	2,58
Heemstede	964	492	0,51	350	0,71
Noordwijkerhout	2342	327	0,14	450	1,38
Flevoland	241.200	8638	0,03	52.000	6,01
Nederland	4.154.302	355.986	0,09	415000	1,17
Gemiddelde hoeveelheid groenafval [ton/ha]					1,69
Oppervlakte bebouwde omgeving MRA [ha]					34990
Totaal biomassa bebouwde omgeving [ton]					59.200

Circa 34% van de verse houtige biomassa die in Nederland geproduceerd wordt komt uit de bebouwde omgeving. De overige 66% is afkomstig uit natuur en landschap en bossen (Probos, 2014a). Gebaseerd op de gevonden waarden bij de reststromen van natuurbeheerders, kan de houtige biomassa uit de bebouwde omgeving van de MRA geschat worden (Tabel I.9).

Tabel I.9 Productie houtige biomassa uit bebouwde omgeving

Productie houtige biomassa landschapsbeheer in MRA (ton DS/jaar)	Productie houtige biomassa bebouwde omgeving in MRA (ton DS/jaar)
16.000	5.500

Uit de analyse blijkt dat er grofweg 53.000 ton biomassa vrijkomt bij gemeentelijk groenbeheer. Ongeveer 5.500 ton hiervan bestaat uit houtige biomassa. Er moet toegevoegd worden dat dit een uiterst grove schattingen zijn.

I.3 Berekening reststromen van watergangbeheerders

Elbersen & Spijker (2014) schatten dat circa 10% van de oppervlakte van binnenwateren met riet begroeid is. Ook nemen zij aan dat elke hectare riet ongeveer 6.6 ton riet oplevert per jaar. De oppervlakte van binnenwateren in de MRA is 20.200 hectare (CBS, 2017b), waaruit volgt dat de jaarlijkse

productie van riet in de MRA ongeveer 13.400 ton is. Als dit vergeleken wordt met cijfers van rietooft in het Zuiderzeeland (Waterschap Zuiderzeeland, 2016), Almere (Gerritse, 2016) en Provincie Flevoland (Jutte et al., 2018), dan blijkt dat er in de praktijk omgerekend slechts 405 ton riet geoogst zou worden (zie Tabel I.10).

Een vergelijkbare inschatting is gemaakt voor de overige organische reststromen van watergangbeheerders. Hierbij is ook de oppervlakte binnenwateren genomen om de verschillende gebieden te vergelijken (CBS, 2017b) (Tabel I.11). Het IJsselmeer en Markermeer niet meegenomen aangezien deze een vertekend beeld kunnen geven.

Het grote verschil in biomassaproductie in verschillende rapporten wordt ook opgemerkt in Elbersen & Spijker (2014). Koppejan et al. (2009) schatten dat, op nationaal niveau, de beschikbaarheid van riet rond de 20.000 ton ligt. Aangenomen dat de rietproductie per oppervlakte kleine binnenwateren in Nederland gelijk is, dan zou er in de MRA 2190 ton riet beschikbaar zijn. Dit lijkt een realistische middenweg en zal daarom gebruikt worden.

Tabel I.10 Inschatting riet reststroom watergangbeheerders

	Totale oppervlakte [ha]	Oppervlakte kleine binnenwateren [ha]	Riet productie [ton]	Rietproductie per oppervlakte [ton/ha]
Waterschap Zuiderzeeland	241.231	15.215	159	0,01
Almere	24.877	1.898	51	0,03
Gemiddelde hoeveelheid riet reststroom				0,02
Oppervlakte kleine binnenwateren MRA [ha]				20.246
Rietproductie MRA [ton]				405

Tabel I.11 Inschatting overige organische reststroom watergangbeheerders

	Totale oppervlakte [ha]	Oppervlakte kleine binnenwateren [ha]	Organische reststroom waterwegen [ton]	Organische reststroom waterwegen per oppervlakte [ton/ha]
Waterschap Zuiderzeeland	241231	15215	5240	0,34
Almere	24877	1898	175	0,09
Flevoland	241.200	100.000	25.000	0,25
Gemiddelde hoeveelheid organische reststroom				0,22
Oppervlakte kleine binnenwateren MRA [ha]				19.037
Organische reststroom waterwegen MRA [ton]				4.156

I.4 Berekening afvalhout

Uit de CBS cijfers over ingezameld huishoudelijk afval per gemeente per inwoner, zijn de volgende cijfers voor de MRA regio opgesteld. Zowel in het 'verbouwingsrestafval' als in het 'groot tuinafval' kunnen ook nog houtfracties zitten (zoals snoeihout, boomstronken, etc). Onduidelijk is welk deel daarvan nog gescheiden wordt en of gescheiden kan worden.

Tabel I.12 Afvalhout huishoudens in de MRA

	2015	2016
Bron: CBS	ton	ton
Verbouwingsrestafval	8.264	8.195
Grof tuinafval	30.274	30.140
Houtafval (A- en B-hout)	51.674	54.490
Houtafval (C-hout)	4.233	4.860

Zonder het ‘verbouwingsrestafval’ en ‘grof tuinafval’ mee te nemen komt er 59.350 ton houtafval vrij bij huishoudens in de MRA regio (zie Tabel I.12). C-hout heeft hierin een aandeel van 8,2%.

De totale hoeveelheid afvalhout geproduceerd met economische activiteiten in 2014 voor Nederland is 1.937 kton (CBS, 2016). Het grootste deel hiervan (70%) is afkomstig uit de bouwnijverheid sector. Volgens het CBS (2018c) is 13% Nederlandse nijverheidsbedrijven gevestigd in de MRA. Van de totale omzet in de bovengenoemde bedrijfstak in Nederland komt 17% uit de provincies Noord-Holland en Flevoland (CBS, 2017a). Dit is groter dan de MRA. Het werkelijke getal zal dus ergens tussen de 228 en 304 kton aan houtafval liggen (zie Tabel I.13).

Tabel I.13 Afvalhout bedrijven in de MRA

Houtafval van bedrijven (Bron: CBS)	NL	MRA (13% van NL)	MRA (17% van NL)
	kton	kton	kton
B-E Nijverheid (geen bouw) en energie	374	49	65
F Bouwnijverheid	1377	179	239
	TOTAAL MRA	228	304

I.5 Berekeningen reststromen VGI

Voor de berekeningen van de verschillende stromen VGI afval zijn de getallen van Welink (2015) over Noord Holland als beginpunt genomen. Volgens CBS, 2016 wordt 87% van de omzet in de VGI-sector in Noord-Holland in de MRA-regio gemaakt. De reststromen zijn met deze factor vermenigvuldigd en vervolgens geschaald aan de hand van data over de totale hoeveelheid VGI afval in Almere en Lelystad (Jutte et al, 2018), zie tabel I.12.

Tabel I.12 Berekening grootte van verschillende VGI reststromen in de MRA

Soort reststroom	Productie NH (ton/jaar)	Productie in NH MRA (ton/jr)	Verhouding t.o.v. totaal NH	Productie Lelystad + Almere	Productie VGI per reststroom in MRA (ton/jaar)
Groente- en fruitresten	55.000	47.416	0,051	4.311	51.727
Cacaodoppen	43.000				43.000
Vetten en vetzuren	2.000	1.724	0,002	130	1.854
Bleekarde	3.000	2.586	0,003	195	2.781
Zetmeel houdende stromen	6.000	5.173	0,006	390	5.563
Suikers	200	172	0,000	0	172
Koffiemembranen	200	172	0,000	0	172
Wei	10.000	8.621	0,009	585	9.206
Vlees- en visresten	13.000	11.208	0,012	780	11.988
Diverse stromen (Sheagom, rijstvlies, etc.)	9.000	7.759	0,008	520	8.279
Bedrijven <30 fte of geen reactie gegeven (schatting)	180.000	155.181	0,166	10.790	165.971
Sojaschroot- en hullen	600.000				600.000
Maisglutenvoeder	75.000	64.659	0,069	4.485	69.144
Afval bloembollenteelt	88.000	75.866	0,081	5.265	81.131
TOTAAL	1.084.400	934.881	1	85.000	1.050.988

I.6 Berekeningen zuiveringsslib RWZI

Van alle RWZI centrales in de MRA is de capaciteit bekend (Watersector, n.d). Daarnaast is via het CBS (2018d) informatie verkregen over het geproduceerde RWZI slib in Flevoland en Noord Holland in 2016. Aangenomen dat de installaties ongeveer hetzelfde deel van hun capaciteit gebruiken, kan de totale hoeveelheid RWZI slib in de MRA berekend worden (Tabel I.13).

Tabel I.13: Berekening slib van RWZI in MRA a.d.h.v. biologische capaciteit (i.e. à 136 gr. TZV / dag)

Waterschappen Noord-Holland – RWZI's gelegen in MRA		
Hollands Noorderkwartier	Beemster	160.000
	Beverwijk	351.000
	Katwoude	96.300
	Oosthuizen	8.300
	Zaandam-oost	152.000
Amstel, Gooi en Vecht	Amstelveen	125.000
	Amsterdam west	1.014.000
	Blaricum	33.000
	Hilversum	120.000
	horstermeer	200.000
	Huizen	64.500
	Loenen	12.500
	Maarssen	24.000
	Uithoorn	7.000
	Weesp	69.000
Hoogheemraadschap van Rijnland	Westpoort	501.000
	Aalsmeer	35.000

	Haarlem Schalkwijk	112.000
	Haarlem Waardepolder	224.000
	Heemstede	49.000
	Rijssenhout	35.000
	Velsen	133.000
	Zwaanshoek	224.000
	Zwanenburg	252.000
TOTAAL NH in MRA		4.001.600

Waterschappen Noord-Holland – RWZI's niet gelegen in MRA		
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Alkmaar	97.000
	Den Helder	129.000
	Eversteekoo	49.500
	Geertmerambacht	262.000
	Heiloo	105.000
	Stolpen	63.000
	Ursem	62.000
	Wervershoof	306.000
	Wieringen	16.000
	Wieringenmeer	18.100
Amstel Gooi en Vecht	De Ronde Venen	70.000
TOTAAL NH niet in MRA		1.177.600
TOTAAL NH		5.179.200

Percentage capaciteit NH dat in MRA ligt	77,3 %
Totale hoeveelheid slib NH	142943 ton
Slib MRA NH	110.000 ton

Waterschappen Flevoland – RWZI's gelegen in MRA		
Zuiderzeeland	Almere	329.000
	Lelystad	177.000
TOTAAL NH in MRA		506.000

Waterschappen Flevoland – RWZI's niet gelegen in MRA		
Zuiderzeeland	Dronten	52.890
	Tollebeek	145.000
	Zeewolde	34.650
TOTAAL Flevoland niet in MRA		232.540
TOTAAL Flevoland		738.540

Percentage capaciteit Fl. dat in MRA ligt	68,5 %
Totale hoeveelheid slib Flevoland	40.078 ton
Slib MRA Flevoland	27.500 ton

TOTAAL slib RWZI in MRA	138.000 ton
--------------------------------	--------------------