Circulair
Zuid-Holland

Kennisnotitie

Natuurlijke reststromen

provincie
Zuid Holland

CE Delft

Circulair
Zuid-Holland

Kennisnotitie
Natuurlijke reststromen

Uit groenbeheer in Zuid-Holland

provincie Zuid-Holland

CE Delft

2021

Colofon:

CE Delft, Meis Uijttewaal, Ingrid Odegard en Pelle Sinke
Het eindconcept is gereviewed door Martijn Broeren van CE Delft.
Vormgeving en illustraties door Yulia Kryazheva van Yulia Ink.

Deze kennisnotitie is geschreven in het kader van het Circulaire economie programma van de provincie Zuid-Holland. Meer over dit programma vind u hier.

Vanuit de provincie Zuid-Holland heeft Marloes Arkesteijn, Transitiemanager Groene grondstoffen & Voedsel, de ontwikkeling van deze kennisnotitie begeleid. De provincie gaat graag het gesprek aan. Denkt u kansen te zien in de verwerking van natuurlijke reststromen uit Zuid-Holland? Of wilt u graag verder in gesprek? Neem dan contact op via circulair@pzh.nl

Delft, CE Delft, 1 februari 2021

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Geert Bergsma (CE Delft) of bij het team Circulaire economie van de provincie Zuid-Holland via circulair@pzh.nl

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoudsopgave

Samenvatting 9

1. Inleiding: natuurlijke reststromen in Zuid-Holland 12

2. Hoe kan je verschillende verwerkingstechnieken met elkaar vergelijken? 23

3. Duurzame verwerking van natuurlijke reststromen 32

4. Welke ontwikkelingen bieden kansen voor verduurzaming? 41

5. Hoe kunnen verschillende actoren bijdragen aan versnelling? 45

Bibliografie 52

A. Overzicht bestaande en nieuwe toepassingen voor verwerking van natuurlijke reststromen 54

Aanpak Circulair Zuid-Holland – Provincie Zuid-Holland

Transitieaanpak Circulair Zuid-Holland – Provincie Zuid-Holland

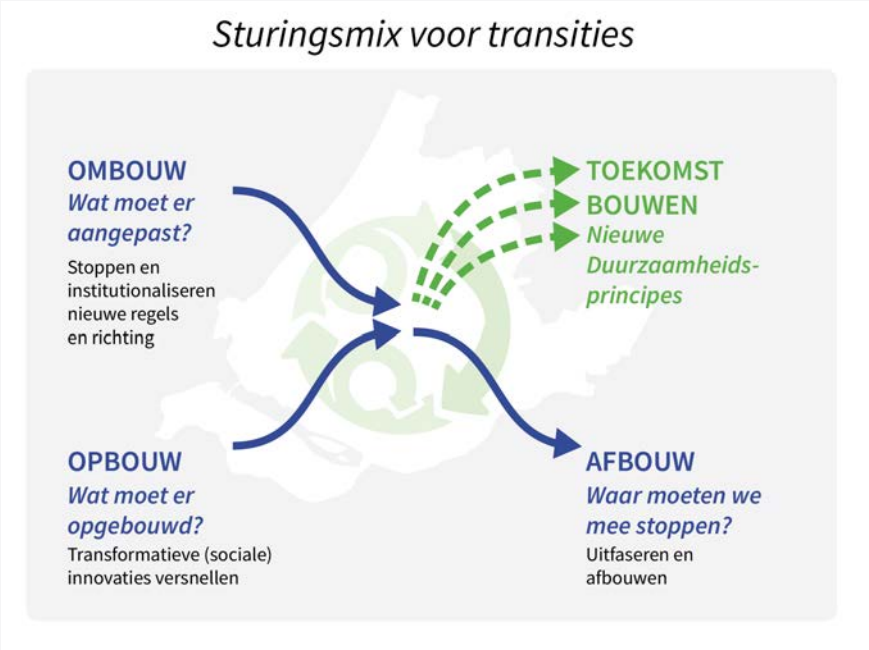
In Zuid-Holland wordt gewerkt met het uitgangspunt: "De transitie naar een circulaire economie doorlopen we samen". Onze strategisch beleidsnotitie 'Circulair Zuid-Holland: Samen Versnellen' is het actuele beleidsdocument (Provinciale Staten, 5 februari 2020). Het doel is om per 2050 een volledig circulaire economie te hebben, met als tussenstap 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metaal) in 2030. Er is gekozen voor vier circulaire transitiethema's: Bouw, Kunststoffen, Groene Grondstoffen & Voedsel en Maakindustrie.

De provincie Zuid-Holland werkt met een veranderaanpak gebaseerd op transitiemanagement (Rotmans, Loorbach e.a.). Het gaat hier om grote maatschappelijke veranderingsprocessen, die op de lange termijn leiden naar nieuwe maatschappelijke structuren, instituties, opvattingen en praktijken voor die duurzame circulaire samenleving. Hiervoor is een sturingsmix nodig van opbouw, ombouw en afbouw.

Figuur 1 – Stappenplan provincie Zuid-Holland

Deze Kennisnotitie hoort bij stap 1; een stand van zaken notitie die overzicht en inzicht geeft en belangrijk is bij voor de strategie en visievorming. Hier wordt het fundament gelegd voor voor de Transitieagenda's per thema.

Figuur 2 – Sturingsmix voor transities



Bron: Beeldbank

Samenvatting

In de provincie Zuid-Holland komen een aantal natuurlijke reststromen vrij uit groenbeheer. Er zijn veel verschillende verwerkingstechnieken voor de verwerking van deze groene reststromen, waarvan sommigen nu gezien worden als gangbaar (zoals compostering en verbranding) en anderen meer innovatief zijn (Hoofdstuk 1).

In deze notitie definiëren we 'natuurlijke reststromen' als biomassa die vrijkomt uit groenbeheer in de Provincie Zuid-Holland: hout, maaisels, bladafval en slootvuil.

Er spelen veel verschillende factoren mee bij het beoordelen en vergelijken van deze verwerkingstechnieken. Voor het wegen van al deze factoren kan gebruik gemaakt worden van een afwegingskader (Hoofdstuk 2). In deze kennisnotitie hebben we vooral gekeken naar de milieukundige indicatoren, maar daarnaast spelen ook maatschappelijke en economische factoren een rol.

Door al deze factoren is het lastig zomaar te zeggen welke verwerkingstechnieken "goed" zijn en welke niet. De ene techniek scoort beter op de ene indicator en de andere beter op een andere indicator. We geven een aantal tips om de verwerkingstechnieken zo duurzaam mogelijk te maken (Hoofdstuk 3), zoals het produceren van alternatieven voor vervuilende producten, koolstof zo lang mogelijk opslaan en de functionaliteit van de hele stroom zo goed mogelijk benutten. Ook zijn er externe ontwikkelingen die invloed hebben op de duurzaamheid en ontwikkeling van nieuwe verwerkingstechnieken (Hoofdstuk 4), waaronder nationaal en EU beleid.

Verschillende partijen – overheden, vernieuwers – kunnen acties ondernemen om verdere verduurzaming van verwerking van natuurlijke reststromen te bereiken (Hoofdstuk 5). Welke verwerkingstechnieken ondersteuning of gunning verdienen hangt af van de doelen/prioriteiten van de eigenaar van de groene reststroom. Aangezien overheden vaak meerderen doelen nastreven, is het goed verschillende criteria mee te nemen in inkoop- en aanbestedingsprocessen, zodat de verschillende doelen in beslissingen de aandacht krijgen die past bij de beleidsambities. Daarnaast is het ook belangrijk dat er innovatie plaats blijft vinden om nieuwe verwer-

kingstechnieken te ontwikkelen die wat toevoegen aan de huidige markt. Om deze innovatie te stimuleren kunnen overheden netwerken faciliteren, pilots faciliteren en experimenten de ruimte geven.

Verdere verduurzaming van het beheer en de verwerking van natuurlijke reststromen draagt bij aan de transitie naar een biobased, circulaire economie. Marloes Arkesteijn, Transitiemanager Groene grondstoffen & Voedsel van de Provincie Zuid-Holland: *"Het optimaal verwaarden van natuurlijke reststromen is een van de doelstellingen vanuit het transitiethema Groene grondstoffen (Biomassa) & Voedsel bij Circulair Zuid-Holland. Als leverancier van natuurlijke reststromen kunnen decentrale overheden een aanjagende rol spelen in het creëren van nieuwe waardeketens en markten. Daarmee stellen zij het goede voorbeeld en dragen bij aan het wegnemen van (eigen) barrières voor biobased en circulaire toepassingen. Zo wordt de weg geplaveid voor ondernemers met ander type reststromen (bijvoorbeeld vanuit de glastuinbouw) en kansen voor nieuwe teelten (zoals hennep en vlas)."*

1. Inleiding: natuurlijke reststromen in Zuid-Holland

Bron: Provincie Zuid-Holland

1. Inleiding: natuurlijke reststromen in Zuid-Holland

In de provincie Zuid-Holland komen natuurlijke reststromen vrij uit groenbeheer. Denk daarbij aan bijvoorbeeld (snoei)hout en maaisels. Groenbeheer is noodzakelijk voor veiligheid en een mooie leefomgeving, en soms ook om biodiversiteit op peil te houden. Het is dus een gegeven dat deze natuurlijke reststromen er zijn. Vanuit de provinciale, circulaire doelstellingen is het streven om deze hoogwaardig en meervoudig te verwerken en tevens bij te dragen aan biodiversiteit en bodemkwaliteit.

In deze notitie definiëren we 'natuurlijke reststromen' als biomassa die vrijkomt uit groenbeheer in de Provincie Zuid-Holland: hout, maaisels, bladafval en slootvuil.

De natuurlijke reststromen kunnen op veel verschillende manieren verwerkt of toegepast worden. Elke reststroom bevat een eigen mix aan waardevolle grondstoffen en eigenschappen. Op dit moment worden natuurlijke reststromen met name verwerkt tot bodemverbeteraars en energiedragers, maar er is een groeiend aanbod aan verwerkingstechnieken dat zich richt op (ontwikkeling van) (bouw)materialen, chemicaliën, diervoeder, hoogwaardige brandstoffen en zelfs voeding en cosmetica. Daarnaast is er vanuit markt en maatschappij een sterk groeiende behoefte aan een circulaire, biobased economie en zal er naar verwachting dus ook steeds meer concurrentie om biomassa ontstaan. Daarom is het belangrijk dat reeds bestaande reststromen goed benut worden.

Duurzame verwerking van natuurlijke reststromen draagt bij aan een circulaire en biobased economie

Twee grote transities zijn die naar een circulaire economie en naar een biobased economie. Natuurlijke reststromen zijn een relatief kleine stroom als gekeken wordt naar de huidige en toekomstige biobased en circulaire economie, maar verdere verduurzaming van de verwerking van natuurlijke reststromen, draagt bij aan deze grote transities. Marloes Arkesteijn, Transitiemanager Groene grondstoffen & voedsel: "Het optimaal verwaarden van natuurlijke reststromen is een van de doelstellingen vanuit het transitiethema Groene grondstoffen (Biomassa) & Voedsel bij Circulair Zuid-Holland. Er is gekozen om eerst met reststromen aan de slag te gaan omdat deze er nu al zijn (zonder te hoeven investeren in nieuwe teelten), en er al concrete kansen zijn om deze hoogwaardiger te verwaarden. Als leverancier van natuurlijke reststromen kunnen decentrale overheden een aanjagende rol spelen in het creëren van nieuwe waardeketens en markten. Daarmee stellen zij het goede voorbeeld en dragen bij aan het wegnemen van (eigen) barrières voor biobased en circulaire toepassingen. Zo wordt tevens de weg geplaveid voor ondernemers met ander type reststromen (bijvoorbeeld vanuit de glastuinbouw) en kansen voor nieuwe teelten (zoals lisdoddes en olifantengras)."

Elke toepassing of verwerkingsmethode heeft een eigen set aan maatschappelijke en economische voor- en nadelen. Daarnaast heeft elke toepassing invloed op het milieu, zoals op bodemkwaliteit, biodiversiteit en klimaat. Het (sterk groeiende) aanbod aan verwerkingstechnieken maakt het mogelijk steeds meer verschillende producten uit natuurlijke reststromen te halen. Hierdoor moeten ook keuzes gemaakt worden, want de reststroom kan maar één keer gebruikt worden. In de provincie Zuid-Holland komen substantiële hoeveelheden natuurlijke reststromen vrij, waardoor er gestuurd kan worden op de inzet ervan. Er zullen hierbij afwegingen gemaakt moeten worden tussen milieu, economie en maatschappij. Hoe ziet de meest optimale verwerking er dan uit? Zijn nieuwe verwerkingstechnieken hoogwaardiger dan huidige technieken en faciliteren ze meervoudige verwaarding, en als dat zo is, hoe kunnen we deze technieken benutten? Deze kennisnotitie geeft een overzicht van de mogelijkheden en biedt handvatten voor het maken van de meest duurzame keuzes.

Leeswijzer

In deze kennisnotitie worden huidige en innovatieve/toekomstige verwerkingstechnieken belicht: we gaan in op wat er momenteel bekend is over het milieueffecten van deze technieken (Hoofdstuk 1 en Bijlage A). Vervolgens wordt beschreven hoe technieken op het gebied van milieu met elkaar vergeleken kunnen worden (Hoofdstuk 2) en welke uitgangspunten centraal staan bij het selecteren van duurzame verwerking (Hoofdstuk 3). Tot slot identificeren we kansrijke ontwikkelingen op het gebied van beleid en markt (Hoofdstuk 4) en schetsen we mogelijkheden van verschillende actoren om bij te dragen aan versnelling (Hoofdstuk 5).

1.1. Overzicht natuurlijke reststromen en huidige verwerkingstechnieken

In deze paragraaf geven we een overzicht van de huidige (meest toegepaste) verwerking, uitgaande van de verschillende materiaalstromen. Figuur 1 geeft overzicht van de huidige verwerkingsketen van natuurlijke reststromen in de provincie Zuid-Holland.

Figuur 1. Overzicht van de huidige verwerkingsketen van natuurlijke reststromen in de provincie Zuid-Holland.

Hout

Hout is afkomstig van het verwijderen of snoeien van bomen of struiken. Hout wordt over het algemeen op twee manieren verwerkt. Een deel van het hout gaat naar bio-energiecentrales waar het wordt verbrand om elektriciteit en warmte op te wekken. Deze verwerkingsroute is momenteel (financieel) aantrekkelijk gezien de SDE++ subsidie op de productie van energie uit biomassa. Een andere belangrijke verwerkingsroute voor hout is compostering. Voor een goed composteerproces is het noodzakelijk minstens 30% houtige biomassa aan de composthoop toe te voegen. Er is geen data beschikbaar over de hoeveelheid hout die vrijkomt in de provincie Zuid-Holland (Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, 2020).

Maaisels

Maaisels zijn afkomstig uit het maaien van bermen (dan wordt het vaak bermgras genoemd), sloten (slootmaaisels) en natuurgebieden. In de provincie Zuid-Holland komt jaarlijks 46 kton bermgras en 95 kton slootmaaisels (inclusief waterplanten, riet, zand en slib) vrij. Het is niet bekend hoeveel natuurgras er vrijkomt (Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, 2020). Het gras kan gemaaid en geklepeld worden. Bij het klepelen wordt het gras fijngeslagen en achtergelaten in de berm. Zodoende zijn er geen kosten verbonden aan transport en verwerking. Het nadeel van deze methode is dat dit zorgt voor verrijking van de bodem, waardoor de biodiversiteit afneemt. Het ecologisch maaibeleid van de provincie Zuid-Holland stimuleert dat het gras wordt gemaaid en afgevoerd. Het wordt dan meestal gecomposteerd of vergist. Voor een goed composteringsproces is het wel van belang dat het aandeel maaisels niet te hoog is. Als de maaisels worden vergist, worden ze bijna altijd bijgemengd bij mest- of gft-vergisting. Bij mestvergisting wordt

5%-20% maaisels toegevoegd om de biogasopbrengst te verhogen. Bij gft-vergisting worden maaisels vooral in de wintermaanden toegevoegd, als de aanvoer van gft-afval lager ligt.

Bladafval

Bladafval bestaat uit afgevallen bladeren en komt met name vrij in de herfst. Waar mogelijk blijven de bladeren liggen om als voeding te dienen voor het ecosysteem. Bladeren die van de bomen op de weg vallen worden opgeruimd, omdat ze in combinatie met regen voor gladheid kunnen zorgen. Veel gemeenten plaatsen ook bladkorven waarin bewoners hun bladafval kwijt kunnen. Bladafval wordt nu meestal gecomposteerd, en draagt daarin bij aan een goede compoststructuur. Het is niet bekend hoeveel bladafval er jaarlijks vrijkomt in de provincie Zuid-Holland.

Slootvuil

Om wateroverlast te voorkomen is het belangrijk om waterwegen vrij te houden. Ook kunnen ondiepe sloten slecht zijn voor het waterleven door sterk wisselende temperaturen. Waterwegen kunnen dichtgroeien met waterplanten (bijvoorbeeld kroos) of dichtslibben door de afzetting van baggerspecie op de bodem. Het slootvuil (waterplanten en bagger) dat tijdens onderhoud uit de watergangen wordt gehaald, wordt meestal op de kant gelegd. Eigenaren van de percelen grenzend aan de watergangen zijn verplicht dit slootvuil te ontvangen. De waterplanten kunnen ook gecomposteerd worden. Als baggerspecie sterk vervuild is, kan het niet over het land verspreid worden. Het kan dan worden opgeslagen in baggerdepots. Jaarlijks komt in de provincie Zuid-Holland 95 kton slootmaaisels vrij, dit is inclusief riet (Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, 2020).

1.2. Alternatieve en innovatieve verwerkingstechnieken

Zoals hierboven beschreven zijn composteren, vergisten, verbranden (voor energieopwekking) en lokaal achterlaten (al dan niet na klepelen) de meest gangbare manieren om de natuurlijke reststromen te verwerken.

Er is echter een groot aantal, heel diverse, alternatieve verwerkingstechnieken beschikbaar, in ieder geval op kleine schaal. In pilotprojecten wordt geëxperimenteerd met onder andere verschillende manieren van lokale verwerking (de zogenoemde kleine kringloop) zoals bodemverbeteraar bokashi, landschapsbeheer en –herstel, en innovatieve producten, zoals bouwmaterialen en chemicaliën*. Sommige van deze technieken zijn high-tech (zoals bioraffinaderijen), anderen juist low-tech (zoals toemaak). Tegelijk zijn sommigen centraal georganiseerd en anderen decentraal**. Enkele voorbeelden van alternatieve verwerkingstechnieken zijn:

- Het verwerken van grasvezels in isolatiemateriaal, plaatmateriaal, papier, karton, beton of kunststoffen (biocomposiet).
- Het onttrekken van eiwitten aan gras als veevoeradditief (of in de toekomst zelfs voor menselijke consumptie).
- Het combineren van slootbagger met andere natuurlijke reststromen voor toemaak, om bodemdaling tegen te gaan.
- High-tech raffinage van diverse (inhoudsstoffen in) natuurlijke reststromen om er hoogwaardige brandstoffen (zoals ethanol), grondstoffen voor de chemische industrie (voor bijvoorbeeld bioplastics), of zelfs voor de cosmetische industrie van te maken.
- Grassap als strooizoutvervanger.
- Gras als substraat voor zwammen (mycelium) die als isolatie- en verpakkingsmateriaal kunnen worden toegepast.
- Gras als veevoer, door selectieve begrazing door schapen als landschapsbeheer toe te passen.

* *Zie voor een beschrijving van een aantal projecten bijvoorbeeld* 'Waarde van maaisel' (2017) *van Circulair Terreinbeheer.*

** *High-tech hoeft niet per se gecentraliseerd te zijn, zoals bijvoorbeeld blijkt uit de* mobiele bioraffinaderij van Grassa.

In bijlage A geven we een uitgebreid overzicht van huidige en toekomstige verwerkingstechnieken, inclusief voorbeeldprojecten of bedrijven en (voor zover mogelijk) links naar milieukundige analyses (LCA's) van de technieken. Deze analyses geven een indicatie van de milieueffecten, maar zijn vaak niet één op één over te nemen omdat ze gemaakt zijn voor net een andere inputstroom, eindproduct of mate van volwassenheid van de techniek. Voor een gedetailleerde afweging zal per geval gekeken moeten worden naar de milieueffecten.

Dat er voor alternatieve en innovatieve verwerkingstechnieken weinig milieukundige informatie beschikbaar is, wil niet zeggen dat ze geen kans moeten krijgen. Juist decentrale overheden zoals de provincie Zuid-Holland hebben de mogelijkheid de ruimte te creëren om te experimenteren met nieuwe technieken en er zo achter te komen wat de voor- en nadelen ervan zijn, bij voorkeur door wetenschappelijke en kwantitatieve duurzaamheidsanalyses een voorwaarde te maken bij experimenten.

1.3. Wat is de rolverdeling en waar liggen de verantwoordelijkheden voor de verwerking van natuurlijke reststromen?

Meerdere ketenpartijen zijn betrokken en hebben hun verantwoordelijkheid in het correct beheren van openbaar groen. Hieronder volgt een ketenschets om te illustreren welke ketenpartijen allemaal een rol kunnen hebben in de verwerking van natuurlijke reststromen.

Het ***onderhoud en de afvoer van reststromen*** gebeurt door verschillende partijen, afhankelijk van waar het groenbeheer plaatsvindt. Noemenswaardig is dat (decentrale) overheden en natuurorganisaties een rol hebben als leverancier van grondstoffen. De Provincie en Rijkswaterstaat nemen bermen langs wegen voor hun rekening, terwijl Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten een groot deel van de natuurgebieden beheren. De waterschappen onderhouden eveneens een groot deel van het buitengebied, uiteraard in aanvulling op beheer van waterwegen. Tot slot valt een deel van de buitenruimte onder de verantwoordelijkheid van individuele gemeenten. Het onderhoud wordt door de verschillende grondeigenaren aanbesteed aan aannemers en vaak ook weer aan onderaannemers.

Een groot deel van de vrijgekomen natuurlijke reststromen wordt vervolgens getransporteerd naar verwerkers, die ***de ontvangst, opslag en verwerking*** uitvoeren. Dit kunnen grote groenverwerkers zijn, maar ook kleinere verwerkers met innovatieve processen of producenten van producten zoals bouw- en verpakkingsmaterialen. Eveneens komt een deel bij agrariërs terecht, die bijvoorbeeld verplicht zijn slootvuil op hun land te ontvangen, of die via de kleine kringloop maaisels op hun land laten aanbrengen als bodemverbeteraar.

De groenverwerkers maken producten (zoals compost of biogas) uit de natuurlijke reststromen die zij vervolgens ***vermarkten***. Deze groenverwerkers dienen hiervoor vergunningen te hebben en kunnen daarnaast aan aanvullende criteria voldoen (zoals Keurcompost). ***Afnemers*** van deze producten zijn op dit moment vooral de hierboven al genoemde onderhoudsdiensten van (semi-)overheid (die ook sturen met MVI-beleid), agrariërs en hoveniers. Doordat de verwerking nu vaak centraal gebeurt, komen de producten niet noodzakelijk weer terug op de plek waar de groene reststroom vandaan is gehaald.

Tot slot zijn er de omgevingsdiensten. Deze organisaties houden zich bezig met ***vergunningverlening, toezicht en handhaving*** op het gebied van milieu.

2.

Hoe kan je verschillende verwerkingstechnieken met elkaar vergelijken?

Bron: Provincie Zuid-Holland

2. Hoe kan je verschillende verwerkingstechnieken met elkaar vergelijken?

Het doel van de provincie Zuid-Holland is om natuurlijke reststromen uit groenbeheer optimaal (hoogwaardig en meervoudig) te verwerken. Om te kunnen beoordelen of technieken milieukundige voordelen bieden is een aantal vragen belangrijk:

- ***Waarden:*** Wat verstaan we onder hoogwaardige en meervoudige verwerking?
- ***Scope:*** Wat moeten we allemaal meenemen als we verschillende verwerkingstechnieken met elkaar vergelijken?
- ***Referentiesituatie:*** Wat kunnen we zeggen over de hoogwaardigheid van de huidige verwerkingstechnieken?

De waarden en scope zijn eerder bepaald en vertaald in een concept afwegingskader van de Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid (2020)*, met input van de WUR, Circular Biobased Delta en Avans, in opdracht van provincie Zuid-Holland (toegelicht in Hoofdstuk 2.1). In aanvulling op de set aan indicatoren in het afwegingskader benadrukken we het belang van systeemgrenzen voor analyses, gevolgd door een beschrijving van de milieueffecten van huidige technieken (de referentiesituatie) in Hoofdstuk 2.2.

2.1. Beschrijving afwegingskader Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid

Om initiatieven op verschillende punten goed te kunnen vergelijken met de huidige verwerkingstechnieken heeft de omgevingsdienst Zuid-Holland

* *Het afwegingskader is nog niet geïntegreerd in het beleid van de provincie Zuid-Holland. Op basis van ervaringen met het gebruik van het huidige afwegingskader kunnen op een later moment nog aanpassingen doorgevoerd worden.*

Zuid een concept afwegingskader ontwikkeld (Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, 2020) . Overheden kunnen het afwegingskader gebruiken om te bepalen welke initiatieven veelbelovend zijn en ondersteund moeten worden (bijvoorbeeld met subsidie of het faciliteren van pilots) en welke initiatieven geen meerwaarde hebben ten opzichte van de huidige verwerkingstechnieken.

Welke indicatoren worden meegenomen in het afwegingskader?

Het afwegingskader bevat 15 indicatoren waarmee met elkaar verwerkingstechnieken kunnen worden vergeleken. Deze indicatoren worden onderverdeeld in 4 categorieën. Er zijn randvoorwaardelijke indicatoren, duurzaamheidsindicatoren, circulaire indicatoren en economische indicatoren (samengevat in Tabel 1). Bij alle indicatoren wordt ook een voorstel voor een weging meegegeven. Het afwegingskader maakt vooral ook duidelijk dat er veel verschillende zaken meespelen als het gaat om een beoordeling van duurzaamheid, ook als we alleen milieukundige duurzaamheid bekijken. Het afwegingskader is nog niet geoperationaliseerd.

Elke vorm van verwerking van natuurlijke reststromen heeft unieke voor- en nadelen. En een goede milieuprestatie op het ene criterium kan ten koste gaan van de prestatie op een ander criterium. Zo is compost goed voor de bodemkwaliteit, maar is de klimaatimpact ervan sterk afhankelijk van de toepassing. Daarentegen zorgt vergisting vrijwel altijd voor een gunstige klimaatimpact (omdat het aardgas vervangt), maar blijft er minder organische stof over om de bodemkwaliteit op peil te houden en gaat een klein aandeel van het stikstof verloren.

Een kwantitatieve methode om bepaalde criteria onderling af te wegen is levenscyclusanalyse (LCA). Voor veel bestaande en nieuwe toepassingen zijn al openbare LCA-studies beschikbaar. Een overzicht hiervan is te vinden in bijlage A.

Tabel 1 – Indicatoren in het afwegingskader Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid

Categorie	Beschrijving (indicatoren onderstreept)
Randvoorwaardelijk	De nieuwe verwerkingstechnieken mogen in ieder geval geen negatieve impact hebben op de bodemkwaliteit, de waterkwaliteit, de biodiversiteit en de luchtkwaliteit ten opzichte van de huidige verwerkingstechnieken. Bij voorkeur moet de situatie op deze vier indicatoren verbeteren.
Duurzaamheid	Hieronder vallen zes indicatoren. Drie daarvan zijn van toepassing op het broeikaseffect van de verwerkingstechnieken, dit zijn het broeikaseffect van de verwerkingstechniek zelf, het broeikaseffect van vervanging van bepaalde diensten of producten en de koolstofopslag. De overige drie indicatoren met betrekking tot duurzaamheid zijn: het ontstaan van persistente stoffen (stoffen die niet of nauwelijks afbreken in het milieu), de lokaliteit van de verwerking (worden de stromen zo lokaal mogelijk hergebruikt en verwerkt?) en de bodemkwaliteit (invloed op het organisch stofgehalte en het bodemleven).
Circulariteit	Onder deze categorie vallen drie indicatoren. Ten eerste moet de functionaliteit van de reststroom zo goed mogelijk benut worden. Hiervoor wordt gekeken naar de functionaliteitstrappen (deze bespreken we in Paragraaf 3.5). Ten tweede wordt gekeken naar de efficiëntie van de inzet van de reststroom, hierbij is het van belang dat de verschillende componenten uit de stroom zo volledig mogelijk worden benut. Er wordt onderscheid gemaakt tussen materiaalefficiëntie en energie-efficiëntie. Tot slot worden de verwerkingstechnieken beoordeeld op de mogelijkheden voor hergebruik na toepassing.
Economisch	De economische indicatoren zijn opgesteld als extra criteria voor het verlenen van subsidie. Het gaat hierbij om de vraag of de verwerkingstechnieken lokale banen creëren en of ze bijdragen aan innovatie.

Belangrijk voor een eerlijke vergelijking: gelijke systeemgrenzen

Tabel 1 laat zien dat er veel verschillende factoren kunnen meewegen in duurzaamheidsvergelijkingen van verwerkingstechnieken. Als je een nieuwe techniek wil vergelijken met een bestaande, gangbare techniek is het daarom van belang dat bij beide technieken op dezelfde indicatoren beoordeeld worden en dat hierbij dezelfde systeemgrenzen aangehouden worden. Dan gaat het er dus om dat in een vergelijking het verzamelen, transporteren, verwerken en de effecten bij toepassing van producten en het vervangen van conventionele producten voor beide technieken worden bekeken. Dan is zeker dat er geen verschuiving van milieudruk tussen stappen in die hele verwerkingsketen plaatsvindt, of verschuiving tussen verschillende soorten milieudruk. Als bijvoorbeeld verbranding van hout en de inzet van hout als bouwmateriaal worden vergeleken, dan moet zowel het uitsparen van fossiele brandstoffen bij verbranding als het uitsparen van beton bij inzet als bouwmateriaal worden meegenomen.

2.2. Huidige verwerkingstechnieken volgens het afwegingskader

Om aan te geven hoe de verschillende indicatoren uit het afwegingskader gebruikt/ingezet/toegepast kunnen worden, gaan we een aantal verwerkingstechnieken langs die momenteel veel ingezet worden. We gebruiken hierbij een aantal van de milieukundige indicatoren om de complexiteit van afwegingen te illustreren.

Compostering

Bij compostering wordt organisch materiaal door bacteriën afgebroken met behulp van zuurstof. Compostering van natuurlijke reststromen vindt in Nederland onder gecontroleerde omstandigheden plaats op vergunde inrichtingen. Hierbij worden ziektekiemen en zaden gedood, wat de verspreiding van ongewenste planten, zoals de Japanse duizendknoop voorkomt. De geproduceerde compost is een stabiel product dat voor verschillende doeleinden ingezet kan worden. Om de duurzaamheid van compostering te beoordelen is het onder andere belangrijk om te kijken naar de effecten van de toepassing van het product op de broeikasgasbalans.

Het composteringsproces zelf kost energie en veroorzaakt directe emissies van broeikasgassen, zoals methaan en lachgas. Hier staat tegenover dat de toepassing van compost veel broeikasgasemissies kan voorkomen. Compost kan namelijk toegepast worden als vervanging voor kunstmest of veen, materialen met een hoge klimaatimpact. Door compost op een goede manier toe te passen, kan de broeikasgasbalans van compostering positief uitslaan, doordat de productie en toepassing van kunstmest en veen vervangen kan worden.

De broeikasgasbalans van compostering wordt ook positief beïnvloed doordat de toepassing van compost zorgt voor het vastleggen van koolstof in de bodem. Tijdens het composteringsproces wordt het organische materiaal gestabiliseerd, waardoor het in de bodem slechts beperkt afbreekt (zie voor meer uitleg paragraaf 3.3). Dit heeft ook een positief effect op de bodemkwaliteit, want door de langzame afbraak komen mineralen in kleine hoeveelheden vrij en wordt uitspoeling van mineralen voorkomen.

Ook de hoogwaardigheid van het composteren van natuurlijke reststromen hangt af van de toepassing van de compost. Niet alle componenten van de reststroom worden benut bij compostering. Zo gaan er voedingsstoffen en energie verloren tijdens het composteringsproces. De mate waarin dit gebeurt is afhankelijk van hoe goed het proces wordt gecontroleerd. Daarnaast wordt compost vaak op centrale locaties geproduceerd, waardoor de voedingsstoffen niet terugvloeien naar de oorsprong.

Verbranding

In biomassa-energiecentrales wordt hout of houtige biomassa verbrand om energie terug te winnen. Deze vorm van energieproductie wordt door de overheid gestimuleerd door middel van de SDE++ subsidie. Bij de beoordeling van verbranding is het belangrijk om niet alleen naar de broeikasgasbalans te kijken, maar ook naar de functionaliteit van de reststroom, bodemkwaliteit en luchtkwaliteit.

Als we alleen kijken naar de verbranding zelf, wordt er CO2 uitgestoten (door de energie die nodig is voor het verbouwen, oogsten en vervoeren van de biomassa). Maar door het opwekken van energie uit de verbrandingswarmte, hoeven er geen fossiele brandstoffen verbrand te worden voor energieopwekking. Hierdoor wordt de emissie van broeikasgassen uit

Kortcyclische vs. langcyclische CO_2 – de klimaatimpact van energie uit verschillende bronnen

Bij zowel de verbranding van biomassa als van fossiele brandstoffen zoals kolen of aardgas komt CO_2 vrij. Toch zien we biomassa als een duurzame brandstof en fossiele brandstoffen niet. Dat zit zo: bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt CO_2 vrij die miljoenen jaren geleden in de grond is opgeslagen. Bij verbranding zorgt deze CO_2 voor een toename van de CO_2-concentratie in de atmosfeer en het draagt daarmee bij aan klimaatverandering. De CO_2 die in biomassa zit opgeslagen, zeker als het gaat om natuurlijke reststromen uit groenbeheer, is recentelijk opgenomen uit de atmosfeer tijdens de groei van de plant, dit wordt ook wel kortcyclisch genoemd. Bij verbranding van de biomassa, komt dezelfde hoeveelheid CO_2 weer terug in de atmosfeer en draagt dan dus niet bij aan een toename van de CO_2-concentratie. CO_2 die vrijkomt uit de verbranding van biomassa heeft daarom geen klimaatimpact.

die fossiele brandstoffen voorkomen en dit voordeel mag aan het hout worden toegerekend op de broeikasgasbalans. Bovendien heeft biomassa CO2 opgenomen tijdens de groei, en voor natuurlijke reststromen uit groenbeheer is dit per definitie kortcyclisch.

Door alleen naar de broeikasgasbalans te kijken, lijkt verbranding van hout als reststroom dus een duurzame optie. Echter, als we de biomassa verbranden, halen we er alleen energie uit. Alle andere componenten, zoals voedingsstoffen en vezels, gaan verloren. Wat betreft functionaliteit scoort verbranding dus laag. Doordat de voedingsstoffen en organische stoffen uit de bodem gehaald worden en verloren gaan bij de verbranding, neemt de bodemkwaliteit ook af. Ook kan de verbranding van hout in biomassa-energiecentrales de luchtkwaliteit negatief beïnvloeden.

Uit dit voorbeeld blijkt dus dat het bij de beoordeling van de verwerking van natuurlijke reststromen belangrijk is om verder te kijken dan alleen de broeikasgasbalans. Idealiter worden natuurlijke reststromen pas verbrand als alle nuttige componenten eruit gehaald zijn: meervoudig gebruik.

Laten liggen (kleine kringloop)

Bij het toepassen in de kleine kringloop worden met name bermgras en slootvuil vaak zonder verdere bewerking achtergelaten op de plek waar het gemaaid of verwijderd is. De groene reststroom mag ook op locatie binnen 5 km van de plek van verwijdering achtergelaten worden binnen de zogenoemde kleine kringloop (Vrijstellingsregeling plantenresten). We bespreken hier de effecten op bodemkwaliteit, biodiversiteit en de functionaliteit.

De effecten op bodemkwaliteit en biodiversiteit hangen af van de locatie waar de reststroom wordt achtergelaten. Het laten liggen van de reststroom zorgt ervoor dat de voedingsstoffen uit deze reststroom weer in de bodem opgenomen worden. Dit kan resulteren in ongewenste verrijking van de bodem, waardoor een beperkt aantal plantensoorten de overhand kan krijgen en de biodiversiteit afneemt. Bij het achterlaten van een reststroom moet men ook zeker weten dat er zich geen zaden van woekerend onkruid of invasieve exoten in het maaisel bevinden. De Japanse duizendknoop bijvoorbeeld is zeer moeilijk uit te roeien en kan grote economische en milieuschade aanrichten.

Het verwijderen van de reststroom zorgt er daarentegen voor dat de bodem verschraalt. Op locaties met een voedselrijke bodem is dit wenselijk en zorgt het voor een grotere biodiversiteit. Op locaties met een voedselarme bodem kan het weghalen van de reststromen er ook voor zorgen dat de bodem uitgeput raakt, omdat de voedingsstoffen aan het ecosysteem onttrokken worden.

De aard van de effecten op de bodemkwaliteit bepalen de functionaliteit van het laten liggen van de reststroom. Bij een positieve invloed op de bodemkwaliteit heeft de reststroom de functie van bodemverbeteraar en eventueel meststof. De verschillende componenten in de reststroom kunnen hierbij allemaal een bijdrage leveren aan het verbeteren van de bodemkwaliteit, al is dit niet de hoogst mogelijke verwaardingsroute. De energie in de reststroom gaat namelijk voor een groot deel wel verloren als warmte en door ongecontroleerd afbraak van grote hopen organisch materiaal kunnen veel sterke broeikasgassen (zoals lachgas) ontstaan.

De belofte van Bokashi

Bokashi is Japans voor 'goed gefermenteerd materiaal'. Hierbij wordt organisch materiaal (vaak maaisels) geconserveerd met een specifiek mengsel van micro-organismen en mineralen. Zo blijft er veel organisch materiaal over voor vertering door het bodemleven op het land. De belofte van Bokashi is dan ook dat het een positief effect heeft op bodembiodiversiteit, organische stof, voedingsstoffen en algehele bodemgezondheid en opslag van koolstof in de bodem.

Tot nu toe is er nog te weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de effecten van Bokashi om de belofte volledig te onderbouwen. Veel vragen staan nog open, zoals: Wat is de netto klimaatimpact? Wat zijn de langdurige effecten van Bokashi op bodemgesteldheid? Wat is het effect op onkruiddruk en wat is het risico op invasieve exoten?

In 2020 is de Wageningen University (WUR) een onderzoek begonnen naar de geschiktheid van natuurlijke reststromen uit groenbeheer als bodemverbeteraar en in dit onderzoek wordt ook bokashi meegenomen. In dit project wordt onder andere samengewerkt met een groot aantal pilots verspreid door Nederland – waaronder ook in Zuid-Holland - om ook die ervaringen mee te nemen (WUR, 2020).

Bron afbeelding: Agriton

3. Duurzame verwerking van natuurlijke reststromen

Bron: Unsplash (Juan Manuel Nunez Mendez)

3. Duurzame verwerking van natuurlijke reststromen

Bij duurzaamheid denkt men meteen aan milieu-impact, maar bijvoorbeeld ook sociale en economische duurzaamheid zijn belangrijk. Ook binnen het thema milieu zijn er veel aspecten van duurzaamheid, waaronder klimaat, biodiversiteit en bodemkwaliteit, zoals gepresenteerd in het afwegingskader. In de volgende paragrafen worden duurzaamheidstips voor de verwerking van natuurlijke reststromen besproken.

3.1. Vind alternatieven voor vervuilende producten

Het vervangen van meer vervuilende alternatieven door producten uit natuurlijke reststromen kan een groot klimaatvoordeel opleveren. Enkele (potentiële) voorbeelden hiervan zijn:

- Groengas uit vergisting vervangt aardgas.
- Versnipperd resthout vervangt fossiele brandstoffen in energiecentrales.
- Meststoffen in bodemproducten vervangen kunstmest.
- Compost vervangt veen in potgrondsubstraten en dit bespaart direct en indirect CO_2 van respectievelijk veenoxidatie en veenwinning- en transport (zie kader “Compost als veenvervanger”).
- Eiwitten uit gras als veevoer vervangt sojaschroot.
- Vezels uit natuurlijke reststromen worden ingezet als grondstof voor bouwmaterialen en vervangen bijvoorbeeld isolatiematerialen zoals steenwol en schuimrubber.
- Grassap vervangt strooizout.

- Chemicaliën (brandstoffen, grondstoffen voor de industrie) die worden gemaakt van natuurlijke reststromen in bioraffinaderijen vervangen fossiele chemicaliën en besparen daarmee indirect CO_2 van de petrochemische industrie (zie kader "De tweede generatie bioraffinaderij").
- Insecten gekweekt op reststromen vervangen diervoer of zijn zelfs grondstof voor voedselproducten.

3.2. Sla koolstof zo lang mogelijk op in de bodem of een product

Koolstofopslag is gunstig voor de broeikasgasbalans; alle koolstof die in producten of de bodem zit opgenomen, draagt immers niet in de lucht bij aan klimaatverandering.

Bij toepassing van bodemproducten (bijv. compost) wordt de hierin aanwezige koolstof in de bodem gebracht. Een deel hiervan blijft voor lange tijd opgeslagen en een deel hiervan komt in de loop der jaren vrij als CO_2. Bij veel nieuwe verwerkingstechnieken worden de reststromen verwerkt in producten zoals isolatieplaten of papier. De koolstof wordt dan opgenomen in deze producten. Voor zowel opname in de bodem, als in producten, geldt dat CO_2 uit de atmosfeer wordt gehouden.

Er zijn verschillende manieren om boekhoudkundig om te gaan met koolstofopname. Volgens de meest gangbare methode, ook gebruikt door de IPCC, mag alleen het aandeel koolstof dat 100 jaar lang opgeslagen is worden gerekend als 'opslag' (IPCC, 2014). De koolstof die tijdelijk (korter dan 100 jaar) opgeslagen is, telt niet mee. Hoewel er andere methodes bestaan die ook tijdelijke opslag (naar rato) waarderen, blijft de kerngedachte onveranderd: het is van belang zo veel mogelijk koolstof zo lang mogelijk op te slaan.

3.3. Zorg dat de bodemkwaliteit op peil wordt gehouden

Bodem-organische stof

Organische stof in de bodem is van groot belang voor de bodemvruchtbaarheid. Organische stof is al het materiaal dat koolstofatomen bevat en is afkomstig van planten, dieren en micro-organismen. Het verbetert onder andere de structuur en het vochtvasthoudend vermogen van de grond. Dit maakt de bodem weerbaarder in droge én in natte periodes. Organische stof breekt langzaam af in de bodem. De mineralen in de organische stof komen na afbraak beschikbaar voor andere organismen (Handboek Bodem en Bemesting, 2020). Om de bodemkwaliteit op peil te houden is het belangrijk om net zoveel organische stof aan de bodem toe te voegen als er wordt afgebroken. In de natuur gebeurt dit vanzelf als (delen van) planten afsterven. In stedelijke gebieden wordt dit echter gezien als groenafval en verwijderd.

Als plantenresten worden verwijderd en ingezet voor andere doeleinden is het van belang om organisch materiaal aan de bodem toe te voegen om de bodemkwaliteit op peil te houden. Om de bodemkwaliteit op langere termijn te verbeteren is vooral de hoeveelheid Effectieve Organische Stof (EOS) van belang en niet zozeer de hoeveelheid vers organisch materiaal. EOS is de hoeveelheid organische stof die een jaar na het opbrengen nog in het organische materiaal aanwezig is. Dit wordt aangeduid met de humificatiecoëfficient. De humificatiecoëfficient kan sterk verschillen per product. Zo is de humificatiecoëfficient van compost 0,9 (wat betekent dat na één jaar nog 90% van de organische stof in de bodem aanwezig is), terwijl de humificatiecoëfficient van grassen en Bokashi ongeveer 0,3 is. Omdat dit één van de factoren is die bodemkwaliteit beïnvloeden is verder onderzoek naar bodemkwaliteit bij toepassing van Bokashi in plaats van compost wenselijk. Inmiddels is de WUR bezig met een onderzoek naar de geschiktheid van restproducten uit groenbeheer als bodemverbeteraar, waarbij de verschillende factoren die de bodemkwaliteit beïnvloeden ook aan de orde zullen komen (WUR, 2020).

Compost als veenvervanger

Een groot voordeel van compost is dat het veilig en effectief kan worden ingezet in (pot)grondmengsels. Hierbij kan het een deel van de veengrond in deze mengsels vervangen, omdat het vergelijkbare eigenschappen heeft.

Juist door deze veenvervanging treedt een groot klimaatvoordeel op voor compost. Dat zit zo: Veengrond ontstaat in de natuur in de loop van duizenden jaren onder unieke omstandigheden en is zeer koolstofrijk. Hierdoor wordt deze koolstof als (semi-)fossiel aangemerkt. Vrijwel al deze koolstof gaat door oxidatie de lucht in als fossiele CO_2 wanneer veen in grondmengsels wordt toegepast en heeft daarom een forse klimaatimpact. De klimaatimpact van 1 kg veen is gemiddeld ca. 1 kg CO_2-eq (EPAGMA, 2012) .*

Elke kilo veen die wordt vervangen door compost, heeft dus direct een positief effect op het klimaat.

Bron afbeelding: Pixabay

* *Gemiddelde van wit- en zwartveen.*

Voedingsstoffen

Naast de organische stof zijn ook voedingsstoffen zoals stikstof, kalium en fosfaat van belang voor een goede bodemkwaliteit. De gehaltes van deze voedingsstoffen moeten niet te laag en niet te hoog zijn. Een deel van de voedingsstoffen zit al in de bodem of halen planten zelf uit de lucht, maar er zullen bij intensieve teelt altijd extra voedingsstoffen aangevoerd moeten worden. Deze voedingsstoffen kunnen op het land worden gebracht met dierlijke mest, kunstmest en groenbemesters. De voedingsstoffenbalans wordt bijgehouden in de meststoffenboekhouding.

Er zijn verschillende milieuproblemen rondom bemesting. Een aantal belangrijke hiervan zijn:

Vermesting van ecosystemen

Vermesting verwijst naar een situatie waarin teveel voedingsstoffen zijn toegevoegd aan de bodem. Zeldzame ecosystemen (zowel op land als in water) hebben een specifieke, vaak heel lage behoefte aan voedingsstoffen. Een overschot verstoort deze ecosystemen, waarna ze niet of zeer moeizaam herstellen. Dit speelt een grote rol in de huidige stikstofdiscussie.

Grondstofschaarste

Sommige voedingsstoffen zijn schaars. Met name fosfaat en kalium zijn eindige grondstoffen, die met de huidige praktijken steeds schaarser worden. Hierin zullen de kringlopen (Vries et al.) gesloten moeten worden.

CO_2-emissies van kunstmestproductie

Met name stikstofkunstmestproductie brengt forse CO_2-emissies met zich mee. Dit komt doordat het productieproces energie-intensief is en aardgas als feedstock gebruikt.

3.4. Een kortere transportafstand is niet altijd duurzamer

Het is niet per definitie zo dat een langere transportafstand zorgt voor een minder duurzame verwerking van natuurlijke reststromen. Het is hierbij belangrijk om de gehele keten in beschouwing te nemen: als een bepaalde verwerking een groot milieuvoordeel oplevert (bijvoorbeeld door een lager energiegebruik in het verwerkingsproces, of voldoende langdurige opslag van koolstof in de producten), kan het de moeite waard zijn natuurlijke reststromen verder te transporteren naar deze specifieke verwerker. Het transport heeft dan een hogere uitstoot maar de verwerking en toepassing van het product een lagere uitstoot. De som hiervan bepaalt de totale milieuprestatie en deze afweging dient per situatie gemaakt te worden.

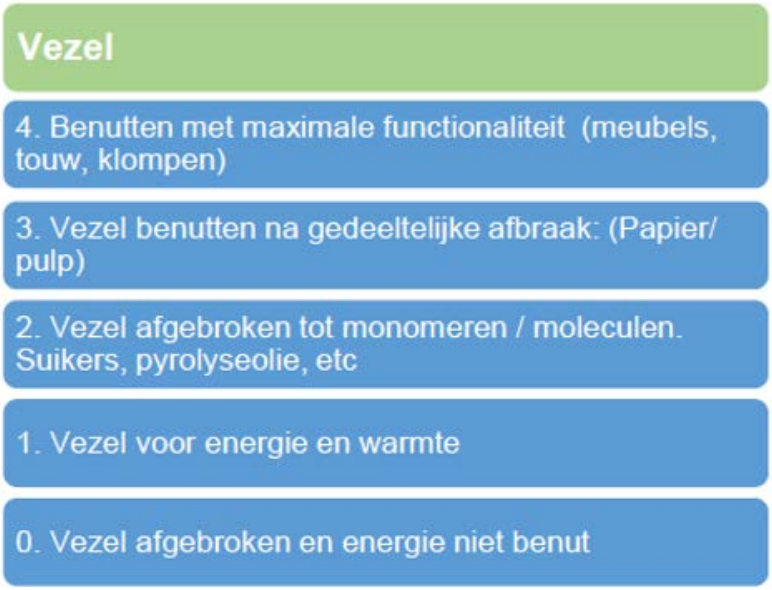
3.5. Benut de functionaliteit van de hele stroom optimaal

Om een groene reststroom zo duurzaam mogelijk te verwerken is het onder andere van belang dat de functionaliteit van de reststroom zo optimaal mogelijk wordt benut. Het centrale uitgangspunt is daarbij dat alle grondstoffen en (half-)producten zo lang en zo hoogwaardig mogelijk in de kringloop blijven. De WUR heeft hiervoor zogenaamde functionaliteitstrappen opgesteld, op basis van de biomassa waardepiramide en de ladder van Moerman, waarbij een hiërarchische indeling in de toepassingen is gemaakt. Voor enkele componenten van de reststroom, zoals eiwitten, vezels en suikers, is een aparte functionaliteitstrap opgesteld (zie Figuur 2). Hieruit volgt bijvoorbeeld dat de functionaliteit van de vezels beter wordt benut als ze worden ingezet als bouwmateriaal dan als ze worden verbrand voor energieterugwinning. En je kunt eiwitten beter inzetten voor voedselconsumptie dan voor bemesting (Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, 2020).

Om de functionaliteit van de hele stroom optimaal te benutten, zijn er twee aspecten waarop je kunt letten. Ten eerste, benut de verschillende componenten optimaal. Een groene reststroom bestaat altijd uit meerdere componenten. Als je alleen de vezels uit gras gebruikt voor bijvoorbeeld bouwmateriaal, kijk dan of je de eiwitten in het grassap ook nog nuttig toe

kunt passen. Ten tweede, probeer de componenten zo lang mogelijk in de kringloop te houden door het mogelijk te maken dat de functionaliteit van de component ook na gebruik nog optimaal benut kan worden. Als je grasvezels verwerkt in plaatmateriaal en daar ook kunststoffen doorheen mengt, dan is recycling van zowel de vezels als de kunststof lastig. Als er al bij het ontwerp en de productie van het product rekening mee wordt gehouden dat de verschillende componenten weer teruggewonnen en hergebruikt kunnen worden, dan kunnen de grondstoffen langer in de kringloop blijven.

Figuur 2 – Functionaliteitstrap voor vezels (Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, 2020)



De tweede generatie bioraffinaderij

Zoals 'gewone' raffinaderijen olie omzetten in brandstoffen en grondstoffen voor de industrie, zo doen bioraffinaderijen dit met plantaardige feedstocks. In deze fabrieken worden de bouwstenen van de planten afgebroken en vervolgens weer opgebouwd tot een enorme verscheidenheid aan gewenste eindproducten. Tweede generatie (2nd gen) bioraffinaderijen doen dit ook nog eens met groene rest- en afvalstromen. Zo is er minder competitie om schaarse landbouwgrond voor voedselvoorziening.

Vanwege de klimaatdoelen zal de huidige petrochemische industrie steeds meer overstappen op plantaardige feedstocks. Er is dan ook een sterk groeiende behoefte aan natuurlijke reststromen om aan deze vraag te voldoen. Regionale reststromen zouden hier uitstekend aan bij kunnen dragen.

Bron afbeelding: Industry Europe

4.

Welke ontwikkelingen bieden kansen voor verduurzaming?

Bron: Provincie Zuid-Holland

4. Welke ontwikkelingen bieden kansen voor verduurzaming?

Momenteel blijkt het niet altijd gemakkelijk om alternatieve en innovatieve verwerkingstechnieken rendabel toe te passen. Beleid, marktwerking en schaal zorgen er allen voor dat de op dit moment veelgebruikte verwerkingstechnieken (zoals composteren en verbranden) dominant zijn. Naast ontwikkelingen in de sector zijn er bepaalde ontwikkelingen die invloed gaan hebben op het speelveld van verwerking van natuurlijke reststromen. Dit biedt kansen voor sommige technieken en beperkingen voor andere. Een aantal belangrijke ontwikkelingen wordt hieronder besproken.

4.1. Een toekomstige CO_2-heffing maakt CO_2-neutrale toepassingen aantrekkelijker

In het Klimaatakkoord is afgesproken dat er in 2021 een CO_2-heffing wordt ingevoerd voor de industrie (Rijksoverheid, 2020c). Dit betekent dat bedrijven met een hoge CO_2-uitstoot daar straks een heffing over moeten betalen. Hierdoor zullen ze gestimuleerd worden om te investeren in verduurzaming en het verlagen van hun CO_2-uitstoot. Dit biedt kansen voor de inzet van natuurlijke reststromen, bijvoorbeeld als grondstof in de chemische industrie als vervanging van fossiele grondstoffen. Hoe meer CO_2-uitstoot er voorkomen wordt met het gebruik van natuurlijke reststromen, hoe gunstiger de business case wordt voor deze stromen.

Een risico aan de CO_2-heffing is dat ook de vraag naar biomassa voor energieopwekking groter wordt. Zoals we al beschreven in paragraaf 2.3 zorgt de verbranding van biomassa voor een gunstige CO_2-balans, maar is de functionaliteit van verbranding laag, omdat alleen de energie-inhoud van de reststroom nuttig gebruikt wordt. Er zal dus voorkomen moeten worden dat natuurlijke reststromen vooral ingezet worden voor energieopwekking, bijvoorbeeld door hoogwaardige verwerking te stimuleren met subsidies.

4.2. Verduurzaming van de energiemix maakt materiaaltoepassingen aantrekkelijker

De Rijksoverheid heeft als doelstelling om in 2030 minimaal 27% van alle gebruikte energie in Nederland uit duurzame bronnen te halen (Rijksoverheid, 2020a). Hierbij wordt vooral ingezet op energie uit zon en wind. Bij een verduurzaming van de energiemix zal het steeds minder klimaatvoordeel opleveren om natuurlijke reststromen in te zetten voor energieterugwinning. Dit zit namelijk zo: om het klimaatvoordeel van de inzet van natuurlijke reststromen te bepalen wordt gekeken naar de klimaatimpact van de energiemix die vervangen wordt. Als die energiemix grotendeels uit fossiele brandstoffen bestaat is de klimaatimpact hiervan groot en dus levert het vervangen hiervan een groot klimaatvoordeel op. Maar hoe duurzamer de energiemix, hoe lager de klimaatimpact ervan is en het vervangen ervan levert dan dus ook steeds minder klimaatvoordeel op.

Het gevolg hiervan is dat hoogwaardiger toepassingen van natuurlijke reststromen steeds beter uit de vergelijking met energieterugwinning komen; het klimaatvoordeel van de hoogwaardige toepassingen verandert immers niet door de verduurzaming van de energiemix.

4.3. EU Green Deal doelen kunnen de vraag naar meststoffen uit natuurlijke reststromen vergroten

Wat is de invloed van (strengere) mestwetgeving, eveneens met het oog op de doelen in de Europese Farm to Fork strategie, op de inzet van natuurlijke reststromen? In de Farm to Fork strategie van de EU wordt als doel gesteld dat verliezen van voedingsstoffen in 2030 met 50% gedaald moeten zijn, o.a. door 20% minder kunstmest in te zetten (EC, 2020). De EU stelt met alle lidstaten een actieplan ‘integrated nutrient management’ op. Hierin krijg recycling van natuurlijke reststromen naar hernieuwbare meststoffen speciale aandacht. Ook de inzet in de Farm to Fork strategie binnen EU Green Deal op het vergroten van het areaal biologische landbouw kan de vraag naar meststoffen uit natuurlijke reststromen vergroten. Als het gebruik van kunstmest belemmerd wordt of andere stromen gestimuleerd worden, kan

de vraag naar voedingsstoffen uit natuurlijke reststromen groter worden. Hierdoor kan de waarde van natuurlijke reststromen toenemen en wordt het wellicht rendabeler om de voedingstoffen uit de natuurlijke reststromen te halen en de overige bestanddelen op een andere, hoogwaardige manier in te zetten.

4.4. EU beleid maakt koolstofopslag aantrekkelijker

Volgens nieuwe EU-regelgeving moeten alle broeikasgasemissies uit landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw gecompenseerd worden door een minstens even grote verwijdering van CO_2 uit de atmosfeer; de “no debit rule” (EU, 2018). Hier komt bij dat in de EU Green Deal Farm to Fork Strategy is aangegeven dat ingezet wordt op een EU Carbon Farming initiatief (EC, 2020). Tezamen leiden deze beleidsvoorstellen waarschijnlijk tot een prijs voor het vastleggen van koolstof in de bodem. Dit geeft extra prikkels voor het gebruik van bodemverbeteraars die het gehalte bodemorganische stof helpen verhogen.

5. Hoe kunnen verschillende actoren bijdragen aan versnelling?

Bron: Provincie Zuid-Holland

5. Hoe kunnen verschillende actoren bijdragen aan versnelling?

Verschillende actoren kunnen op diverse manieren bijdragen aan versnelling van verduurzaming. Een paar belangrijke aanbevelingen zijn:

Decentrale overheden:	*1. Koop maatschappelijk verantwoord in (inclusief aanbestedingen)* *2. Stimuleer verbinding tussen ketenpartners* *3. Ga flexibeler om met wet- en regelgeving*
Rijksoverheid:	*4. Verminder zwerfafval* *5. Subsidieer slim richting hoogwaardige toepassing*
Vernieuwers:	*6. Neem niet-uniforme stroom als uitgangspunt*

5.1. Overheden kunnen duurzame verwerkers stimuleren door maatschappelijk verantwoord in te kopen en aan te besteden

Decentrale overheden besteden de verwerking van groenafval aan, hierdoor kan de provincie veel invloed uitoefenen op de manier waarop het groenafval verwerkt wordt. De BVOR (Branche Vereniging Organische Reststoffen) heeft in 2017 een handreiking opgesteld: Innovatief aanbesteden van groenafval en gras. Daarnaast wordt door CE Delft momenteel gewerkt

aan een update van de CO_2-tool van de BVOR waarmee de klimaatimpact van verschillende verwerkingstechnieken vergeleken kan worden (CE Delft, 2021 (nog niet beschikbaar)).

Door duurzaamheid mee te wegen in aanbestedingen kan de businesscase van nieuwe beheer- en verwerkingsopties versterkt worden als deze een aantoonbaar milieukundig voordeel bieden ten opzichte van conventionele verwerkingstechnieken.

Verder kan, door verborgen kosten mee te wegen, de keuze voor 'de beste' methode anders uitvallen: een verwerkingsoptie kan op het eerste gezicht financieel aantrekkelijk lijken, maar als er andere kosten gemaakt worden, is goedkoop duurkoop. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld meer kosten voor waterhuishouding als de bodemorganischestof niet op niveau blijft, of kosten voor natuurherstel of stikstofbeleid als de bodem op plekken met stikstofoverschot verder verrijkt wordt.

Nieuwe verwerkingsmethoden kunnen vaak nog niet concurreren met bestaande, omdat er nog geen opschaling heeft plaatsgevonden. Daarvoor moet een methode zich eerst bewijzen, qua milieuprestaties, qua kostenefficiëntie of bijvoorbeeld wat betreft sociale aspecten. Naast het meewegen van duurzaamheid in aanbestedingen van beheer- en verwerkingsmethoden van natuurlijke reststromen, kunnen overheden ruimte geven voor experimenteren middels pilots. Dit kan ingebouwd worden in verbeterplannen in aanbestedingen, of losgekoppeld worden waarbij aparte trajecten opgezet worden om meer kennis te verzamelen over veelbelovende nieuwe methoden.

Een derde middel dat overheden kunnen inzetten om de markt de stimuleren is 'launching customership'; het inkopen van (biobased) producten die uit de verwerking van de natuurlijke reststromen zijn geproduceerd. Door de volumes waarmee overheden inkopen, krijgen bedrijven afzetzekerheid. Overheden kunnen vervolgens samen met de aanbieder communiceren over duurzame inkoop, wat de zichtbaarheid van de producten verder vergroot.

Naast prijs ook milieukundige duurzaamheid meewegen in beslissingen geeft duurzamere producten een stimulans. Zoals het afwegingskader (Sectie 2.1) aangeeft en zoals nu ook opgenomen in de MVI criteria van de Rijks-

overheid*, zijn er echter ook andere indicatoren die meegewogen kunnen worden voor een duurzame beslissing. Voorbeelden zijn sociale factoren zoals werkgelegenheid, al of niet lokaal, of kansen voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt. Overheden zijn vrij hier zelf keuzes in te maken en zelf af te wegen wat per beslissing een juiste weging van verschillende factoren is.

5.2. Overheden kunnen verbinding tussen ketenpartners stimuleren

In een circulaire economie zijn de relaties tussen ketenpartijen anders; er is meer afhankelijkheid en daarom ook meer samenwerking. Voor natuurlijke reststromen is de Provincie Zuid-Holland het vernieuwersnetwerk Natuurlijke reststromen gestart**. Hierin worden alle partijen samengebracht die bezig zijn met de verwerking van natuurlijke reststromen, bijvoorbeeld ondernemers, kennisinstellingen, overheden, verwerkers en aannemers. Maandelijks worden netwerkbijeenkomsten georganiseerd waarin gezamenlijke ambities worden ontwikkeld, kennis en ervaringen worden uitgewisseld en waar de verschillende partijen met elkaar in contact kunnen komen.

5.3. Overheden kunnen flexibeler omgaan met wet- en regelgeving

Afvalstatus

Natuurlijke reststromen hebben een afvalstatus, waardoor ze niet ingezet mogen worden voor de productie van veevoer of voedsel en niet zomaar in de bodem terecht mogen komen. Dit is zo gedefinieerd in het Landelijk Afvalbeheerplan 3 (Rijkswaterstaat, 2020). Om het groenafval te mogen verwerken is een vergunning nodig.

* *Te vinden op:* https://www.mvicriteria.nl/nl

** *De LinkedIn groep van dit netwerk is te vinden via:* https://www.linkedin.com/groups/13914637/

Meststoffen

Alleen toegestane meststoffen mogen worden ingezet en verhandeld als bodemverbeteraar. De producten uit nieuwe technieken, zoals Bokashi, worden in eerste instantie niet gezien als meststof.

De alinea's hierboven geven slechts een zeer beperkte beschrijving van de verschillende wetten en regels die er gelden op dit gebied. Zo kunnen overheden onder bepaalde voorwaarden ontheffingen afgeven, bijvoorbeeld als het nodig is om te experimenteren met een verwerkingsmethode om er meer gegevens over te verzamelen. De provincie Zuid-Holland heeft de mogelijkheden hiervoor onlangs in een beleidsregel vastgelegd (Provincie Zuid-Holland, 2021).

Naast de mogelijkheden voor overheden om in het geval van onderzoek en pilots flexibeler om te gaan met de regelgeving, kunnen ook de omgevingsdiensten vernieuwers helpen. De omgevingsdiensten zijn verantwoordelijk voor het afgeven van de vergunningen voor verwerkers van natuurlijke reststromen. Voor vernieuwers is vaak niet precies duidelijk waar ze allemaal aan moeten voldoen om een vergunning te verkrijgen. Omgevingsdiensten kunnen ze hierbij ondersteunen door actief voorlichting te geven over de vergunningscriteria, zodat vernieuwers al in een vroeg stadium weten waar ze aan toe zijn en zo nodig de ontwikkeling van de techniek nog bij kunnen sturen.

5.4. De Rijksoverheid kan maatregelen nemen om zwerfafval te verminderen

Voor de hoogwaardige verwerking van natuurlijke reststromen zijn schone stromen vaak noodzakelijk. Zwerfafval in bijvoorbeeld bermen en sloten zorgt voor vervuiling van de reststromen. Als gevolg van deze vervuiling kunnen machines die de natuurlijke reststromen verwerken vastlopen, of kan vee gewond raken als zij vervuild gras of vervuilde bodemverbeteraar te eten krijgen.

Een groot deel van het zwerfafval bestaat uit plastic verpakkingen en voorwerpen die bedoeld zijn voor eenmalig gebruik, zoals drinkbekers en patatbakjes (deze verpakkingen worden ook wel single use plastics genoemd).

Een verbod op het gratis verstrekken van single use plastics kan het zwerfafval verminderen. Zo is de hoeveelheid plastic tasjes in het zwerfafval met 60% afgenomen sinds in 2016 het verbod op gratis plastic tasjes werd ingevoerd (I&O Research, 2019).

De nieuwe Europese Single Use Plastic (SUP) richtlijn kan helpen om de hoeveelheid single use plastics in het zwerfafval terug te dringen (Rijksoverheid, 2020b). Er komt onder andere een verbod op bepaalde plastic wegwerpproducten en lidstaten moeten zorgen voor minder gebruik van plastic on-the-go verpakkingen. Hoe ze dit laatste aanpakken, mogen lidstaten zelf invullen en dit is dus een mooie kans voor de rijksoverheid om ambitieuze maatregelen te nemen en de hoeveelheid zwerfafval terug te dringen.

5.5. De Rijksoverheid kan met subsidies hoogwaardige inzet aantrekkelijker maken

De SDE++ subsidie ondersteunt de productie van energie uit biomassa. Deze vorm van verwerking van natuurlijke reststromen valt onder de laagste trede op de functionaliteitstrap. Door de subsidie kan het echter financieel aantrekkelijker zijn om voor deze verwerkingsroute te kiezen in plaats van voor verwerkingsroutes die hoger op de functionaliteitstrap staan.

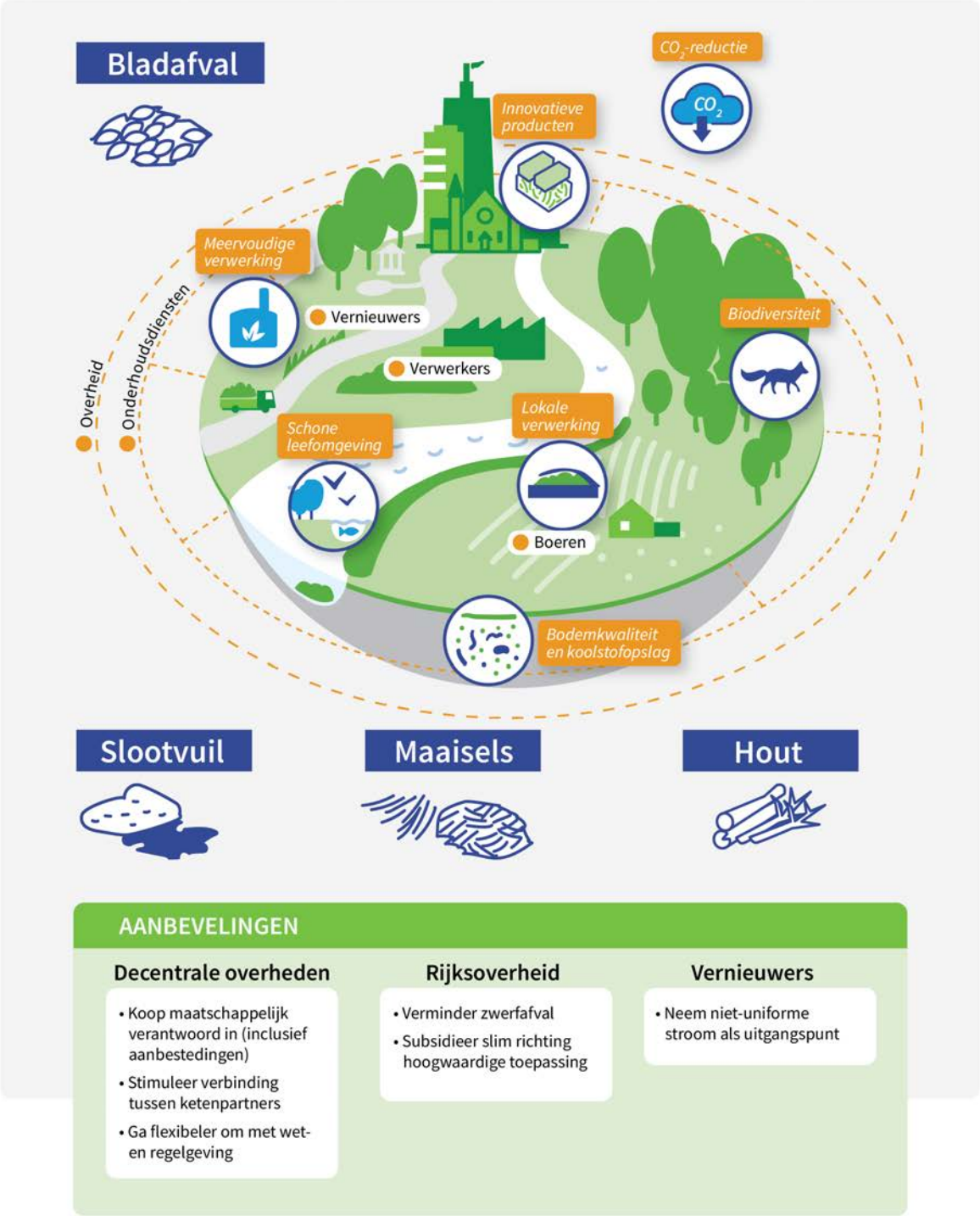
De overheid wil deze subsidie voor het opwekken van warmte uit biomassa op termijn af gaan bouwen (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020). De verwachting is echter dat dit nog wel enige tijd gaat duren, omdat er momenteel geen betaalbare en breed beschikbare duurzame warmtebronnen zijn. Om de hoogwaardige inzet van natuurlijke reststromen aantrekkelijker te maken, is het van belang dat naast de subsidie voor warmte uit biomassa ook subsidie voor een hoogwaardige inzet beschikbaar komt.

5.6. Vernieuwers die kunnen werken met niet-uniforme stromen hebben meer toekomstperspectief

Voor veel toepassingen is het van belang dat de stroom zo uniform mogelijk is. Bijvoorbeeld zo veel mogelijk vezels van een bepaalde lengte. Dit botst met het streven van de provincie/waterschappen om de biodiversiteit te vergroten. Het doel van het maaien van bermgras is het verschralen van de bodem, zodat ook andere (bloeiende) planten hier kunnen groeien en er meer voedingsbronnen voor insecten beschikbaar komen. Dit kan er toe leiden dat de stroom bermgras in de toekomst alleen maar diverser wordt.

Daarnaast zijn veel stromen niet jaarrond beschikbaar. De bermen worden voornamelijk van de lente tot en met de herfst gemaaid, terwijl bladafval alleen in de herfst beschikbaar komt. Het kan daarom interessant zijn voor verwerkers om te kijken naar de mogelijkheden om de verwerking van verschillende stromen te combineren om zo het hele jaar voldoende materiaal binnen te krijgen.

Vernieuwers die bij het ontwikkelen van nieuwe verwerkingsmethoden rekening houden met de wisselende samenstelling en de periodieke beschikbaarheid van natuurlijke reststromen hebben daarmee meer toekomstperspectief.



Figuur 3. Toekomstbeeld met speerpunten voor de verwerking van natuurlijke reststromen en aanbevelingen voor verschillende actoren.

Bibliografie

- CE Delft, 2021 (nog niet beschikbaar). *BVOR CO_2-tool groenafval,* Delft: CE Delft.
- EC, 2020. *A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system,* Brussels: European Commission (EC).
- EPAGMA, 2012. *Comparative life cycle assessment of horticultural growing media based on peat and other growin media constituents,* sl: European Peat and Growing Media Association.
- EU, 2018. Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending [...]. *Official Journal of the European Union,* L 156(19.6.2018), pp. 1-25.
- Handboek Bodem en Bemesting, 2020. *Organische-stofbalans.* [Online] Available at: https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Organische-stofbeheer/Organische-stofbalans.htm
  [Geopend 3 December 2020].
- Het Parool, 2020. *Kabinet wil subsidies voor biomassa afbouwen.* [Online] Available at: https://www.parool.nl/nederland/kabinet-wil-subsidies-voor-biomassa-afbouwen~b98e6772/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F
  [Geopend 19 Januari 2021].
- I&O Research, 2019. *Evaluatie verbod op gratis plastic draagtassen,* Enschede: I&O Research.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* Geneva, Switzerland: IPCC.
- Klimaatakkoord, 2019. *Klimaatakkoord,* Den Haag: Rijksoverheid.
- Lesschen, J. P. et al., 2020. *Scenariostudie perspectief voor ontwikkelrichtingen Nederlandse landbouw in 2050,* Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2020. *Kamerbrief Duurzaamheidskader biogrondstoffen.* [Online]
  Available at: file://117vsfile/downloads$/mu/Downloads/

duurzaamheidskader-biogrondstoffen.pdf
[Geopend 19 Januari 2021].

- Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, 2020. *Van organische reststromen naar groene grondstoffen,* sl: sn
- PBL, 2017. *Verkenning Klimaatdoelen : Van lange termijn beelden naar korte termijn actie,* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Provincie Zuid-Holland, 2021. *Provinciaal blad van Zuid-Holland.* [Online]
  Available at: https://zoek.officielebekendmakingen.nl/prb-2021-436.html#id1-3-2-2
  [Geopend 21 Januari 2021].
- Provincie Zuid-Holland, 2021**.** *Provincie maakt hergebruik van groenafval makkelijker.* [Online]
  Available at: https://www.zuid-holland.nl/actueel/nieuws/januari-2021/provincie-maakt-hergebruik-groenafval-makkelijker/
  [Geopend 19 Januari 2021].
- Rijksoverheid, 2020a. *Duurzame energie.* [Online]
  Available at: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie
  [Geopend 7 Januari 2021].
- Rijksoverheid, 2020b. *Europese richtlijn voor minder wegwerpplastic in zee (SUP-richtlijn).* [Online]
  Available at: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/afval/europese-richtlijn-voor-minder-wegwerpplastic-in-zee-sup-richtlijn
  [Geopend 5 Januari 2021].
- Rijksoverheid, 2020c. *Invoering CO_2-heffing industrie vanaf 2021.* [Online]
  Available at: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/belastingplan/belastingwijzigingen-voor-ondernemers/co2-heffing
  [Geopend 6 Januari 2021].
- Rijkswaterstaat, 2020. *LAP 3.* [Online]
  Available at: https://lap3.nl/
  [Geopend 19 Januari 2021].
- WUR, 2020. *Kennisprogramma circulair terreinbeheer*. [Online]
  Available at: https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Kennisprogramma-circulair-terreinbeheer.htm
  [Geopend 19 Januari 2021].

A. Overzicht bestaande en nieuwe toepassingen voor verwerking van natuurlijke reststromen

Deze bijlage bevat een overzicht van de technieken voor verwerking van natuurlijke reststromen, inclusief verwijzingen naar milieukundige analyses en voorbeeldprojecten of bedrijven. Deze zijn opgedeeld in meest gebruikte technieken (Tabel 1) en nieuwe, innovatieve technieken (Tabel 2) en geeft daarmee een redelijk compleet overzicht van de mogelijkheden die er in de komende jaren zullen zijn voor de verwerking van natuurlijke reststromen. Er is geprobeerd zoveel mogelijk bedrijven en projecten uit de provincie Zuid-Holland en omstreken te selecteren om de praktische mogelijkheden in kaart te brengen. Daarnaast is geprobeerd om zoveel mogelijk openbaar toegankelijke bronnen op te nemen voor de milieukundige analyses. Gezien het innovatieve karakter van veel technieken is dat echter niet altijd gelukt en in sommige gevallen zijn daarom links naar wetenschappelijke artikelen toegevoegd, die helaas niet in alle gevallen open source beschikbaar zijn.

De milieukundige analyses geven een indicatie van de milieuprestatie maar moeten niet als absolute waarheid worden geïnterpreteerd. Met name voor de nieuwe toepassingen geldt dat milieukundige resultaten niet één op één over te nemen zijn, omdat het aantal studies beperkt is en er bijvoorbeeld gekeken is naar een andere inputstroom, ander eindproduct, andere systeemgrenzen, of net een andere variant van de techniek. Ze geven wel een goede indicatie van waar de meerwaarde ligt van de verschillende technieken en waar hotspots zitten in de verwerking.

Naast de milieu-impact van verwerking moet er natuurlijk ook rekening worden gehouden met de impact van transport. Hoewel deze vaak lager is dan men denkt, kan het doorslaggevend zijn wanneer het milieuvoordeel van verwerking klein is. Hiervoor raden we aan de kengetallen uit het handboek van STREAM Goederenvervoer (CE Delft, 2020) of het handboek bij de CO_2-tool van groenafvalverwerking (CE Delft, 2021)* te gebruiken.

Tabel 1 – Overzicht van meest gebruikte technieken en toepassingen voor verwerking van groene restromen

Product/techniek	Toepassingstype	Grondstof	Milieukundige analyses
Overzicht organische reststromen in PZH	Divers	Divers	Provincie Zuid-Holland
Compost	Bodemverbeteraar	Divers	CE Delft (2021)[4]
Mulch	Bodemverbeteraar	Divers	Bamber et al. (2020)
Biogas/vergisting	Bodemverbeteraar/ brandstof	Gras	CE Delft (2021)[4]
Chips/shreds voor energie	Brandstof	Hout	CE Delft (2021)[4]

* *CE Delft voert momenteel een update van een CO2-tool voor verwerking van groene reststromen uit. Hierin zijn de meest recente milieukundige analyses opgenomen. Deze wordt in de loop van 2021 gepubliceerd.*

Tabel 2 – Overzicht van nieuwe technieken en toepassingen voor verwerking van groene restromen

Product/ techniek	Toepassingstype	Grondstof	Voorbeeldproject of bedrijf	Milieukundige analyses
Schapenbegrazing	Landschapsbeheer	Gras	Circulus-Berkel	n.b.
Tegengaan bodemdaling (toemaak)	Landschapsbeheer	Gras, riet, bagger	Topsurf Nederland	n.b.
Kleine kringloop	Bodemverbeteraar	Gras	Diverse pilot-projecten	CE Delft (2021)[4]
Wormencompost, CMC-compost en (Bioterra)compost	Bodemverbeteraar	Divers	Diverse pilot-projecten	Lin Lim et al. (2016) (beperkt overzicht)
Bokashi	Bodemverbeteraar	Gras, bladafval	Agriton en diverse pilot-projecten	CE Delft (2021)[4]
Biochar	Bodemverbeteraar	Divers	Dorset	Roberts et al. (2010)
Veevoer	Voedingsstof	Gras	n.v.t.	n.b.
Eiwitten voor voedsel	Voedingsstof	Gras	Grassa en National Food Institute Denmark	Corona et al. (2018) en GrasGoed (2020)
Circulair hout	Bouwmateriaal	Hout	Circulaire houtketen stad Den Haag	Plennid (niet vindbaar online)
Isolatiemateriaal	Bouwmateriaal	Gras, riet, hout	GrasGoed	Asdrubali et al. (2015) (beperkt overzicht), en GrasGoed (2020)
Biocomposiet	Bouwmateriaal	Gras	Van Kessel	Roy et al. (2020)
Grasbeton	Bouwmateriaal	Gras	Biobound	Lecompte et al. (2017)
Plaatmateriaal (composiet of laminaat)	Bouwmateriaal	Gras	ECOboard en HuisVeendam	Roy et al. (2020) and González-García et al. (2011)
Bio-asfalt	Bouwmateriaal	Divers (houtachtig)	CHAPLIN-project	Khandelwal (2019)
Mycelium	Bouwmateriaal/ product	Gras	Ecovative Design	Mortensen et al. (2020)
Papier/karton	Product	Gras	Veezel	CE Delft (2019) (vertrouwelijk)
Strooizoutvervanger	Product	Gras	Grass2Grit	Grass2Grit (2017) (niet vindbaar online)
HTU	Brandstof	Divers	Biofuel BV	CE Delft (2005)

Pyrolyse met nageschakelde hydrogenatie	Brandstof	Divers	Technip-BTG	CE Delft (2017)
Ethanol	Brandstof/chemisch	Divers	BIONOLIX en PERSEO	Meng et al. (2019)
Butanol	Brandstof/chemisch	Divers	BESTF2-project	Meng et al. (2019)
Hydropyrolyse	Brandstof/chemisch	Divers	OBBOTEC	CE Delft (2017)
Radiolyse	Brandstof/chemisch	Divers	Enerpy	n.b.
Chemicaliën voor cosmetica (bijv. propanediol)	Chemisch	Divers	DuPont Tate & Lyle	Stegman (2014)
Barnsteenzuur	Chemisch	Divers (gericht op GFT/GFE)	Percal-project	Koshnevisan et al. (2020)
Melkzuur	Chemisch	Divers (gericht op GFT/GFE)	Percal-project	Koshnevisan et al. (2020)
Furfural en levulinezuur	Chemisch	Divers	Waste to Aromatics-project	Athaley et al. (2019) richten zich op furfural
Vetzuren	Chemisch	Divers	ChainCraft	Website van ChainCraft geeft een indicatie
PHA	Chemisch	Divers	URBIOFIN	Narodoslawsky et al. (2016) geven een overzicht van studies
Cellulose/Liquefactie	Chemisch	Houtige biomassa	Cellupalm	Nie and Bie (2018)
Vergassing	Chemisch	Divers	Enerkem	CE Delft (2017)