



Energy research Centre of the Netherlands

# **Hergebruik van assen uit biomassaverbranding**

**Hoeveelheden en samenstelling van de assen en  
opties voor materiaalhergebruik**

**J.R. Pels**

## **Verantwoording**

Dit rapport is vervaardigd in opdracht van Agentschap NL ten behoeve van Sectorplan 24 van het Landelijk Afvalbeheerplan 2.

## **Abstract**

Sustainable use of biomass for production of heat and power implies that ashes from the thermal conversion of biomass fuels should be utilized and not land filled. This document provides background information with regard to the possibilities for utilization of “pure” biomass ashes in the Netherlands, that are covered by Sectorplan 24 of the National Waste Management Plan (LAP2). The annual production of these ashes will grow to about 130 kton in 2020. Most of these ashes will be produced in mid-size plants (1-100 MWth). The quality and composition of these ashes shows large variations as a result of the differences in input biomass and the variety of installation types. The optimum use of bottom ashes is the current practice, i.e. as building material in road works, etc. For fly ashes it is not possible to establish one or two general routes for utilization due to the large variety in quality and (chemical) composition. Specific volumes of fly ashes can be used as raw material for fertilizer production or building material. Fly ashes with a high carbon content may be used as fuel, e.g. in cement kilns. The small volumes and the fluctuations in composition prevent effective development of new utilization routes. As a result, most fly ashes and some bottom ashes will still be landfilled. For clean wood ashes it might be reasonable to enable recycling to forests and energy plantations, although the potential is small in the Netherlands.

## Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Aanpak (uit opdracht)	8
1.3 Overzicht van de inhoud	8
2. De omvang van de biomassa-assen in Nederland in de komende 10 jaar	10
2.1 Algemene ontwikkelingen	10
2.2 Technologie ontwikkelingen	12
2.3 Inzet van biomassabrandstoffen in 2020	13
2.4 Geschatte omvang biomassa-assen in 2020	13
2.5 Samenvatting	14
3. Te verwachten kwaliteiten biomassa-assen in Nederland	15
4. Toepassingsmogelijkheden voor biomassa-assen	18
4.1 Benadering in de zoektocht naar toepassingsmogelijkheden	18
4.2 Lijst van mogelijke toepassingen	19
4.3 Asrecycling naar bossen	20
4.4 Hergebruik van biomassa-assen als meststof	25
4.5 Hergebruik van assen als bouwstof	27
4.5.1 Directe toepassing als bouwstof	27
4.5.2 Indirecte toepassingen bodemas	27
4.5.3 Indirecte toepassingen vliegas	28
4.6 Hergebruik van biomassa-assen als brandstof	30
4.7 Samenvatting	30
5. Economische factoren	32
5.1 Economische data	32
5.2 Bottlenecks	33
5.3 Fosfaatkringloop	34
6. Conclusies	35
7. Referenties	37

## Lijst van tabellen

- Tabel 2.1 Geschatte productie van assen door BEC's in Nederland in kton per jaar.
- Tabel 3.1 Samenstelling van verschillende soorten biomassa-as die in Nederland beschikbaar komen, ter illustratie van de diversiteit
- Tabel 4.1 Overzicht van eisen aan asrecycling en samenstelling van vier monsters vliegassen

## Lijst van figuren

- Figuur 2.1 Primair energiegebruik in Nederland volgens verschillende scenario's.
- Figuur 2.2 Het gebruik van biomassa voor de primaire energiebehoefte voor verschillende scenario's
- Figuur 2.3 Productie van volumina aan biomassa-assen; BEP ashes zijn de assen van BEC's.
- Figuur 4.1 Kunstgrind (Light-weight Aggregates, LWA) gemaakt van een mengsel van steenkoolvliegias en biomassavliegias
- Figuur 4.2 Kunstriffen (Reefballs) gemaakt van voorgevormd beton, nabij Dreischor in Zeeland

## Samenvatting

Duurzame inzet van biomassa als brandstof impliceert dat ook residuen een nuttige toepassing vinden en niet op de stortplaatsen eindigen. Het gaat hierbij voornamelijk om vliegassen en bodemassen. Dit rapport betreft de assen die onder Sectorplan 24 vallen van het LAP2 (Landelijk Afvalbeheerplan 2): “reststoffen van energiewinning uit biomassa, ontstaan in centrales die energie opwekken door thermische verwerking in de vorm van verbranding, vergassing of pyrolyse van biomassa.” Het gaat hierbij om zogenaamde “pure” biomassa-assen. Dat zijn assen die uitsluitend componenten bevatten, die oorspronkelijk in een biomassabrandstof gezeten hebben en geen componenten afkomstig uit andere brandstoffen.

Concreet zijn de vragen die in dit rapport beantwoord worden:

- Welke hoeveelheden “pure” biomassa-assen kunnen we in Nederland de komende 10-20 jaar verwachten?
- Wat is naar verwachting de samenstelling van “pure” biomassa-assen?
- Welke mogelijkheden zijn er om deze assen als materiaal te hergebruiken?

Bij de beantwoording van deze vragen is aangenomen, dat de overheid haar doelstelling gaat halen met betrekking tot de opwekking van hernieuwbare energie en dat biomassa daar deel van uitmaakt. Het meeste daarvan zal geïmporteerd hout zijn dat gebruikt wordt voor meestoken in kolencentrales. Lokaal geproduceerde biomassa (snoeihout, kippenmest, etc.) zal beschikbaar komen in beperkte hoeveelheden en het gros daarvan zal in middelgrote biomassacentrales (BEC) worden verbrand, niet groter zijn dan 100 MWth (thermisch). Er zullen naar verwachting slechts kleine hoeveelheden verstoekt gaan worden in kleine installaties, dwz. onder 1 MWth.

Uitgaande van een gemiddelde van een tiental scenario's, die voor de inzet van biomassa bestaan kan het volume van “pure” biomassavliegassen in 2020 uitkomen op ca. 130 kton per jaar. De meeste assen komen uit BEC's. De omvang van de asstromen uit kleinere installaties is gering en bovendien logistiek niet te verzamelen tot een fatsoenlijke asstroom waar ook wat zinnigs mee gedaan kan worden. Meestoken blijft de grootste toepassing van biomassa, maar meestookassen vallen niet onder sectorplan 24 van het Landelijk Afvalbeheerplan 2.

De assen uit vergassingsinstallaties vormen een grote onbekende. Enkele jaren geleden leek dit een grote stroom te gaan worden. Momenteel is dit erg onzeker. Andere onzekerheden zijn de groei van bio-ethanolproductie en bioraffinage. De reststromen zullen waarschijnlijk in WKK installaties verbrand worden, maar omvang en de samenstelling zijn onduidelijk.

Biomassa-assen die onder Sectorplan 24 vallen omvatten zowel vliegassen als bodemassen. Deze zullen een grote diversiteit aan samenstellingen hebben. Dit is het gevolg van de variatie in brandstoffen en installatietypen. Ook gedurende de tijd fluctueert de assamenstelling.

Voor bodemassen zal het in het algemeen mogelijk zijn om deze in te zetten als bouwstof. De bodemassen bevatten ook relatief weinig nutriënten. Mogelijk dat de bodemassen gemalen en/of gezeefd moeten worden. Directe toepassing in de wegenbouw en toepassing als granulaat 0-40 zijn voorbeelden van bestaande routes voor bodemassen.

Voor bodemassen is hergebruik rendabel. Het wordt al toegepast voor de meeste stromen. De kosten voor de verwerking van biomassavliegassen zijn relatief hoog. De meest aantrekkelijke optie, productie van kunstgrind, zal ca. € 45 per ton kosten. Dit is hoger dan de storkosten voor ongevaarlijk afval. Smelten tot synthetisch basalt kost meer dan € 200 per ton.

Voor vliegassen is het onmogelijk om één of twee aantrekkelijke opties voor hergebruik aan te geven. Wel zijn er voor specifieke assen soms aantrekkelijke opties. De volgende conclusies kunnen hierbij getrokken worden):

- De vliegassen van de verbranding van schoon hout kunnen inzetbaar zijn voor recycling, eventueel na export. Er zal ten opzichte van de huidige praktijk iets zorgvuldiger gestookt moeten worden.
- De vliegassen van de verbranding van schone landbouwresiduen komen in aanmerking voor toepassing als meststof of als grondstof voor kunstmestproductie.
- Een grote diversiteit aan biomassavliegassen is in principe toepasbaar voor een grote diversiteit aan bouwstoffen. In bulk zijn de productie van kunstgrind en bakstenen het meest kansrijk, maar dit is nog geen praktijk.
- Vergassingsvliegassen met een hoog koolstof gehalte zijn inzetbaar als secundaire brandstof. Daarbij moet wel aan de BVA voldaan worden, dus is dit pas aantrekkelijk bij grotere hoeveelheden. Onder de gebruikers zouden naast energieproducenten ook de cementindustrie, smelterijen en hoogovens kunnen vallen.
- De verbrandingsvliegassen van diersoort en bepaalde mest zijn geschikt voor de productie van fosfor (als element).

Voor alle vormen van hergebruik, bulk en niche, van zowel bodem- als vliegassen geldt dat een consistentie (voorspelbare en vaste) kwaliteit en kwantiteit essentieel zijn voor de technische en economische haalbaarheid. Onder de huidige omstandigheden wordt hier veelal niet aan voldaan, met als gevolg dat veel assen ongebruikt blijven en gestort worden. Het is in veel gevallen, met name voor de kleine vliegassstromen, zeker onder 3 kton per jaar, niet realistisch om recycling of hergebruik na te streven.

Het ontwikkelen van nieuwe toepassingen voor vliegassen is bijna onmogelijk omdat het investeringen vraagt die redelijkerwijs niet terug te verdienen zijn, uitgaande van de geringe omvang van de individuele asstromen. Het gevolg is dat veel vliegassen worden gestort en dit zal in de nabije toekomst niet gaan veranderen.

De grote variatie in asstromen en askwaliteit vormen de grootste belemmering voor hergebruik van biomassavliegassen.

Een andere bottleneck is de afwezigheid van regelgeving t.a.v. recycling van schone houtas naar bossen en energieplantages al is het potentieel hiervoor in Nederland gering.

# 1. Inleiding

## 1.1 Achtergrond

In Nederland wordt de meeste biomassa op dit moment ingezet als meestookbrandstof in kolencentrales. De assen van deze centrales worden gedomineerd door componenten uit steenkool en bevatten maar een klein percentage biomassa-as. Dit heeft nauwelijks gevolgen voor de toepassing ervan als bouwstof: Vliegassen worden toegepast in beton en cement; bodemassen voornamelijk in fundering van wegen. Het percentage biomassa wat meegestookt kan worden is wel beperkt, o.a. vanwege de vliegaskwaliteit.

Pure biomassa-assen, dat wil zeggen de assen van installaties die voor 100% biomassa verbranden en vergassen hebben duidelijk andere eigenschappen dan steenkoolassen en zijn niet zonder meer op dezelfde manier toepasbaar. De meeste bodemassen vinden op dit moment wel toepassing in de wegenbouw, maar de vliegassen vormen een probleem vanwege de hogere gehalten aan uitloegbare zouten. Als gevolg daarvan worden deze op dit moment grotendeels gestort...

Duurzame inzet van biomassa als brandstof impliceert echter, dat ook de assen van een nuttige toepassing vinden en niet op de stortplaatsen eindigen. Het gaat hierbij voornamelijk om vliegassen. Er wordt op dit moment gezocht naar nieuwe toepassingsmogelijkheden, o.a. in het EOS-LT Co-firing programma, gesponsord door Agentschap NL. Enerzijds wordt er gezocht naar hergebruik als meststof gezien de oorsprong van de mineralen in de assen. Anderzijds ligt het voor de hand om ook naar toepassing als bouwstof te zoeken.

### **Afbakening**

In dit rapport worden de mogelijkheden op een rij gezet voor het nuttig hergebruik van biomassa-assen als materiaal. Indien deze gevonden worden, dan kunnen ze opgenomen worden in de wetgeving. Het rapport beperkt zich tot de assen die onder Sectorplan 24 vallen van het LAP2 (Landelijk Afvalbeheerplan 2): "reststoffen van energiewinning uit biomassa, ontstaan in centrales die energie opwekken door thermische verwerking in de vorm van verbranding, vergassing of pyrolyse van biomassa." Het gaat hierbij om zogenaamde "pure" biomassa-assen. Dat zijn assen die uitsluitend componenten bevatten, die oorspronkelijk in een biomassabrandstof gezeten hebben en geen componenten afkomstig uit andere brandstoffen. Dit is ofwel omdat de betreffende centrale uitsluitend biomassa als input heeft, ofwel omdat – in geval van bijstoken – het merendeel van de reststromen afkomstig van de biomassa apart vrijkomen van de andere reststromen. Assen afkomstig van de verbranding van sloophout en mest vallen wel onder Sectorplan 24, maar assen afkomstig van meestoken met fossiele brandstoffen zijn expliciet uitgesloten; deze vallen onder Sectorplan 23.

### **Vraagstelling**

Concreet zijn de vragen die in dit rapport beantwoord moeten worden:

- Welke hoeveelheden "pure" biomassa-assen kunnen we in Nederland de komende 10-20 jaar verwachten?
- Wat is naar verwachting de samenstelling van "pure" biomassa-assen?
- Welke mogelijkheden zijn er voor deze assen om als materiaal hergebruikt te worden?

De minimumstandaard voor deze assen is op dit moment "storten op een daarvoor geschikte deponie." De wens is om deze assen beter in te zetten. Niet alleen omdat storten op zichzelf onwenselijk is, maar ook omdat de assen (grotendeels) bestaan uit componenten die uit de grond onttrokken zijn waar de biomassa gegroeid is. Het ligt voor de hand om juist de assen te gebruiken om deze weer aan te vullen, zodat er geen verarming van de grond optreedt en deze vruchtbaar blijft.

## 1.2 Aanpak (uit opdracht)

De werkzaamheden zullen bestaan uit het verzamelen en samenvatten van bestaande kennis, aangevuld met gericht literatuuronderzoek om lacunes in te vullen. Er is veel bekend bij ECN, maar kennis is slechts gedeeltelijk gepubliceerd en verder verdeeld over meerdere rapporten. Sommige gepubliceerde informatie is verouderd terwijl de huidige status wel bekend is bij ECN.

Voor het werk is alle publieke kennis beschikbaar, alsmede de vertrouwelijke kennis die in het kader van projecten is gegenereerd, die (mede) door SenterNovem, inmiddels Agentschap NL, zijn gefinancierd. Voor gebruik van vertrouwelijke kennis, die verkregen is in opdracht van derden zal toestemming worden gevraagd.

Taak 1 – Verzamelen van relevante kennis over biomassa-assen

- 1.1. Globale samenvatting van de stand van zaken m.b.t. de recycling en inzet van biomassa-assen, die in Nederland naar verwachting in de komende decennia geproduceerd gaan worden.
- 1.2. Identificatie van de stromen biomassa-assen (die in de komende 10-20 jaar te verwachten zijn en) die vallen onder sectorplan 24 van het LAP2.
- 1.3. Schatting van de hoeveelheden en de samenstellingen van genoemde biomassa-assen, waarbij expliciet gemaakt welke nutriënten en welke zware metalen er in de assen zitten, die jaarlijks vrijkomen.

De werkzaamheden in Taak 1 bestaan uit een bureaustudie waarbij geput zal worden uit beschikbare kennis, zoals die is opgedaan binnen het kader van het EOS-LT consortium “co-firing” en andere projecten over asrecycling; EOS-LT is Energie Onderzoek Subsidie – Lange Termijn, een programma, gefinancierd door SenterNovem (inmiddels Agentschap NL).

Taak 2 – Inzetmogelijkheden

- 2.1. Aangeven op basis van de askwaliteiten welke vormen van hergebruik en recycling een realistische mogelijkheid vormen in de komende 10-20 jaar voor de biomassa-assen die onder sectorplan 24 van het LAP2 vallen. De nadruk zal liggen op:
  - Directe recycling naar de bodem waar de biomassa gegroeid is.
  - Toepassing als bouwstof of als grondstof voor bouwstoffen.Toepassingen als meststof worden alleen op basis van principes aangegeven. Een precieze inschatting van de mogelijkheden ligt buiten de expertise van ECN.
- 2.2. Techno-economische vergelijking van recycling en inzetmogelijkheden als bouwstof in vergelijking met storten. Hierbij wordt van de meest realistische opties een schatting gemaakt wat de verwerking van de assen gaat kosten/opleveren per ton
- 2.3. Identificatie van bottlenecks in de regelgeving, waardoor nuttige toepassingen gehinderd worden.

De werkzaamheden in Taak 2 bestaan voornamelijk uit interpretatie van de gegevens uit Taak 1. Ook dit zal gedaan worden volgens de nieuwste inzichten en volgt voornamelijk de lijnen die in het EOS-LT consortium “co-firing” gevolgd zijn. Indien er lacunes in de kennis zijn, zal hiernaar gericht literatuuronderzoek gedaan worden.

De resultaten van Taak 1 zijn weergegeven in Hoofdstuk 2 en 3. De resultaten van Taak 2.1 staan in hoofdstuk 4. Taak 2.2 en 2.3 zijn terug te vinden in Hoofdstuk 5.

## 1.3 Overzicht van de inhoud

- Hoofdstuk 2 bevat een schatting van de omvang van de biomassa-assen in Nederland. Dit hoofdstuk is gebaseerd op een ECN/KEMA rapport wat in het kader van EOS-LT Co-firing is gemaakt en baseert zich op een aantal aannames met betrekking tot de toekomst.
- Hoofdstuk 3 omvat een beschrijving van een aantal in Nederland geproduceerde assen en illustreert met name de grote diversiteit. Ook wordt ingegaan op de relaties tussen verbrandingscondities, typen installaties en brandstoffen enerzijds en askwaliteit anderzijds. De informatie hiervoor komt uit ECN achtergrond gegevens.
- Hoofdstuk 4 geeft weer welke mogelijkheden tot toepassing voor biomassa-assen er in principe zijn. Hierbij worden de mogelijkheden besproken voor recycling naar de oorspronkelijke bodem en voor nuttig hergebruik in de vorm van bouwstoffen,



meststoffen en brandstoffen. Bij elke genoemde toepassing wordt een poging gedaan deze te koppelen aan de verschillende soorten assen te koppelen.

Deze studie krijgt een vervolg die zich expliciet op de landbouwkundige toepassingen van biomassa-assen richt. De vervolgstudie wordt uitgevoerd door het Nutriënten Management Instituut (NMI).

## 2. De omvang van de biomassa-assen in Nederland in de komende 10 jaar

Het volume aan biomassa-assen zal mede bepalend zijn voor beleidskeuzes. Om de impact van beleid ten aanzien van het hergebruik van biomassa-assen te kunnen beoordelen is het allereerst nuttig om een schatting te hebben van de omvang van de verschillende asstromen afkomstig van de verbranding van biomassa. De vraag is primair wat de totale omvang is van biomassa-assen, maar ook is het nuttig om een indicatie te hebben welke stromen in de komende tien jaar omvangrijk zullen zijn. De situatie is op dit moment namelijk, dat het voor kleine volumina biomassa-assen economisch niet aantrekkelijk zal zijn om deze te verwerken. Beleid kan hierop afgesteld worden.

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, moet een schatting gemaakt worden van de omvang van het gebruik van verschillende soorten biomassa en de type conversieinstallaties. Zowel de brandstofsamenstelling als de gebruikte conversietechnologie zijn van invloed op de kwaliteit en de omvang van de volumina biomassa-assen.

Kennis over de omvang en samenstelling van biomassa-assen is verzameld in een deelrapport, wat geschreven is in het kader van het EOS-LT co-firing programma [Sarabèr en Overhof, 2005]. Het rapport is nog in de conceptfase, maar zal in september 2010 voor Agentschap NL beschikbaar zijn. De basisinformatie is verzameld in 2006, maar de nieuwste inzichten wijken hier niet substantieel van af. De informatie uit dat rapport die relevant is voor "pure" biomassa-assen wordt verkort in dit hoofdstuk weergegeven.

### Aanpak

De schatting van de hoeveelheden biomassa-assen die naar verwachting tussen nu en 2020 geproduceerd gaan worden en de (chemische) samenstellingen hiervan zijn gebaseerd op drie peilers:

1. Een algemene inschatting van de 'gemiddelde' ontwikkeling op basis van diverse scenario's voor energie.
2. Een inschatting van de technologische ontwikkelingen en de groei van de aantallen van bepaalde typen thermische installaties die "pure" biomassa als brandstof hebben.
3. De inzet en beschikbaarheid van diverse soorten brandstof.

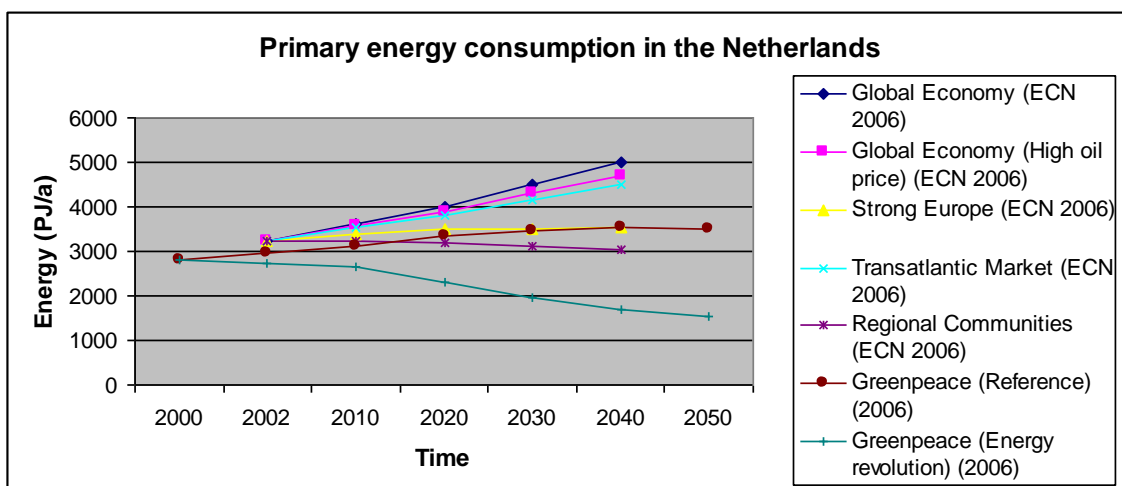
Door deze te combineren ontstaat een beeld van de soorten biomassa-assen die relevant zijn voor het komende decennium.

### 2.1 Algemene ontwikkelingen

Om in te schatten wat het overall volume aan biomassa-assen over de komende 10 jaar zal zijn worden verschillende scenario's naast elkaar gelegd, die de groei van het biomassagebruik in Nederland voorspellen. Vanuit het totale gebruik van biomassa kan een eerste schatting gegeven worden van de hoeveelheid assen, uitgaande van b.v. een gemiddeld asgehalte van 10 wt% (op droge basis) van de brandstof die in stand-alone installaties gebruikt gaat worden. Dit getal is slechts een gemiddelde, want er zijn grote variaties tussen de verschillende brandstoffen.

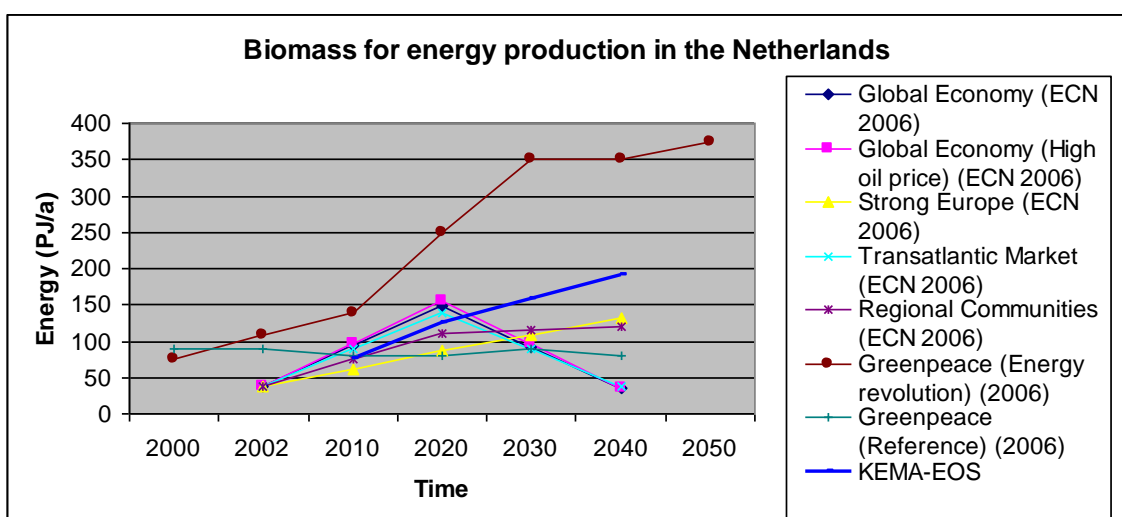
### Scenario's

De sterkste groeiscenario's volgen de Global Economy (GE) scenario's van ECN, zoals beschreven in het rapport "Referentie Ramingen" [ECN, 2005]. Minder grote groeiscenario's, zijn o.a. afkomstig van Greenpeace. Zeven van deze scenario's staan weergegeven in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Primair energiegebruik in Nederland volgens verschillende scenario's.

Er zitten tamelijk grote verschillen wat betreft energiegebruik tussen de diverse scenario's. Daar komt nog bij dat er nog een extra onzekerheid zit in de inzet van biomassa voor warmte en elektriciteitsproductie. De meeste scenario's gaan er vanuit dat de EU doelstellingen voor 2020 van kracht blijven en dat Nederland deze gaat halen. Binnen de scenario's is er in alle gevallen sprake van een groei voor biomassa tot 2020, zelfs in een krimpende energiemarkt.



Figuur 2.2 Het gebruik van biomassa voor de primaire energiebehoefte voor verschillende scenario's

De inzet van biomassa in Nederland staat weergegeven in Figuur 2.2. Ondanks verschillen is de inzet van biomassa in het jaar 2020 tamelijk dicht bij elkaar, met uitzondering van het Greenpeace scenario "Energy Revolution". Voor de KEMA/ECN studie is dat scenario buiten beschouwing gelaten en van de andere een soort gulden middenweg gekozen. Voor biomassagebruik kom je dan uit op een groei tot 125 PJ in 2020. Dit gaat om ca. 6 Mton biomassa per jaar. Voor aannames die ten grondslag liggen aan de scenario's wordt verwezen naar het bron document [Sarabèr en Overhof, 2005]

Bij deze trends is het wel noodzakelijk om aan te tekenen dat het een schatting blijft. De werkelijkheid is onzeker. Trends kunnen snel omgebogen worden, bv. als gevolg van veranderingen in subsidieregelingen. Ook het al of niet doorgaan van grote projecten (bv. het Magnum project van NUON) kan een snelle ommezwaai betekenen. Zo ook een snelle of langzame doorbraak van 2<sup>e</sup> generatie bio-ethanol en van torrefactie (roosteren van biomassa zodat deze bros en waterafstotend wordt, waardoor ze gemakkelijk mee te stoken is met steenkool).

## 2.2 Technologie ontwikkelingen

De ontwikkelingen in de aantallen en typen installaties zijn op een termijn van 5 jaar redelijk goed te voorspellen omdat het vele jaren duurt voordat een installatie gerealiseerd is. Hieronder een beschrijving van de te verwachten ontwikkelingen tot 2020.

### **Kolencentrales**

De meeste energieproducenten hebben plannen voor de bouw van kolencentrales. In 2015 zullen er vijf nieuwe kolencentrales zijn, maar deze dienen vooral ter vervanging van verouderde centrales. Deze zullen allen geschikt zijn voor meestoken. De assen van deze installaties tellen niet mee voor dit rapport. Meestookassen vallen onder Sectorplan 23.

### **Vergassing**

In 2006 was er een duidelijk uitzicht op de bouw van een grote vergassingscentrale (IGCC, zoals Buggenum), met een meestookpercentage van ten minste 30% biomassa; het Magnum Project. Inmiddels is dat project uitgesteld. Dit maakt ook de ontwikkeling van grootschalige vergassing onzeker. Voorlopig wordt er echter vanuit gegaan, dat een dergelijke centrale er toch komt, maar of dat voor 2020 is en welke impact dat op de productie van biomassa-assen heeft, dat is de vraag. Afhankelijk van de samenstelling van de brandstof en de scheiding van verschillende asstromen vallen deze al of niet onder Sectorplan 24.

Vergassing van biomassa bestaat in de vorm van bijstoken. Het enige voorbeeld in Nederland is de vergassen van de AMER-9. De assen hiervan zijn gescheiden van de meestookassen en vallen onder Sectorplan 24. Het ligt echter niet in de verwachting dat er voor 2020 nog meer van dergelijke installaties bij komen.

### **Afvalverbrandingsinstallaties**

Er zal netto weinig groei zijn in de capaciteit van de AVI's in Nederland. Er wordt aangenomen dat 50% van de input daarvan biogeen is en dus meetelt voor de toepassing van biomassa. Hierin zal ook weinig verandering komen. De assen vallen niet onder sectorplan 24 en tellen ook niet mee voor dit rapport.

### **Biomassa Energie Centrales (BEC)**

De BEC Cuijk bestaat nu ruim 10 jaar. Dit is de grootste van Nederland. Hier is kortgeleden de BMC Moerdijk bijgekomen. Er zijn meer plannen, b.v. voor Delfzijl, maar de realisatie gaat traag. Een nieuwe ontwikkeling is de bouw van BEC's naast een AVI, die op sloophout draaien. Zowel Twence als HVC hebben recentelijk deze installaties in gebruik genomen. Anderen hebben ook plannen om aparte installaties of aparte lijnen. De asstromen uit deze separate installaties vallen wel onder Sectorplan 24.

### **Warmtekrachtkoppeling**

De toepassing van WKK leek in 2006 te stagneren, maar is recentelijk weer opgepikt, bv. de BEC in Sittard en de Vink-Sion in Beetgum. Ze gebruiken brandstof die lokaal beschikbaar komt en zijn afhankelijk van de lokale economie. Er zijn en blijven een voldoende aantal bedrijven, bv. in de agrarische sector en in de houtverwerkende industrie die een eigen WKK installatie bedrijven. Er bestaan veel plannen, maar ook komen daarvan nog maar weinig tot uitvoer. Veel groei zal er niet zijn, vooral als het subsidiebeleid onduidelijk blijft (en dat is te verwachten). Assen van WKK-installaties die voor 100% gestookt worden met biomassa vallen onder Sectorplan 24.

### **Houtkachels**

De wijze waarop de meeste woningen gebouwd en ingericht zijn in Nederland zorgt ervoor dat er weinig houtkachels op zeer kleine schaal zullen worden ingezet. Een gering aantal particulieren en kleine bedrijven zullen dit toch toepassen. Assen hiervan vallen onder Sectorplan 24, maar in praktijk zijn deze assen niet in te zamelen.

### **Vergisting, bio-ethanol en bioraffinage**

De rol van vergisters zal toenemen, maar onduidelijk is hoe veel. Zij zullen echter een groot deel van de (natte) landbouwresiduen voor hun rekening nemen. Dit leidt ertoe dat er vanuit de landbouw niet een grote bijdrage aan de brandstofselectie voor thermische routes beschikbaar zal zijn. Productie van bio-ethanol en bioraffinage kunnen hier verandering in aanbrengen, maar het is de vraag of dat voor 2020 zal plaatsvinden.

## 2.3 Inzet van biomassabrandstoffen in 2020

Zoals eerder aangegeven zal volgens de scenarioberekeningen uit 2006 de omvang van bio-energieproductie in 2020 groeien naar 125 PJ. Gezien de technologieontwikkeling zal deze inzet voornamelijk bestaan uit een groeiende hoeveelheid hout die grootschalig toegepast wordt als meestookbrandstof in kolencentrales (50 PJ). De kwaliteit van het hout wordt mogelijk minder omdat er goedkopere grondstoffen worden ingekocht met meer bast en andere verontreinigingen. De hoeveelheid biomassa in afvalverbranding blijft min of meer stabiel op ca 25 PJ. De rest, zo'n 50 PJ zal worden opgewekt uit biomassa-reststromen uit de houtverwerkende industrie (schoon en sloophout), de voedingsmiddelen industrie en de agrarische sector, waaronder mest en agrosiduen. Deze zullen vooral in middelgrote installaties (1-100 MWth, d.w.z. 1-300 kton per jaar, afhankelijk van het vochtgehalte) worden ingezet, bv. warmtekrachtcentrales voor bepaalde landbouwresiduen, bv. cacao-doppen en koffiedik, mogelijk ook voor de reststromen van bio-ethanolproductie. Algemeen kenmerk is dat de brandstoffen regionaal worden verkregen.

Een toename van de hoeveelheid plantaardige olie als brandstof wordt niet verwacht. Hoewel er geen assen vrijkomen bij de verbranding van plantaardige olie zal grootschalig inzet wel leiden tot een geringere omvang van de asvolumina; maar dit wordt niet waarschijnlijk geacht.

## 2.4 Geschatte omvang biomassa-assen in 2020

De bovenstaande overwegingen en schattingen leiden uiteindelijk tot een schatting van omvang van de totale productie van assen in installaties die uitsluitend biomassa verstopen. Dit zijn vooral de assen van biomassacentrales (BEC) tussen 1 en 100 MWth. De omvang van deze assen zal in de komende 10 jaar licht groeien naar het niveau van 132 kton per jaar<sup>1</sup>. Dit is afkomstig van verbranding van zowel hout, agrosiduen als ook materiaal van dierlijke oorsprong, zoals mest en diermeel. Een overzicht van de schattingen voor 2010 t/m 2040 staat in Tabel 2.1 en geplot in Figuur 2.3.

Tabel 2.1 Geschatte productie van assen door BEC's in Nederland in kton per jaar.

	2010	2020	2040
Vliegassen	47	105	104
Bodemassen	12	28	27
<b>Totaal</b>	<b>59</b>	<b>132</b>	<b>131</b>

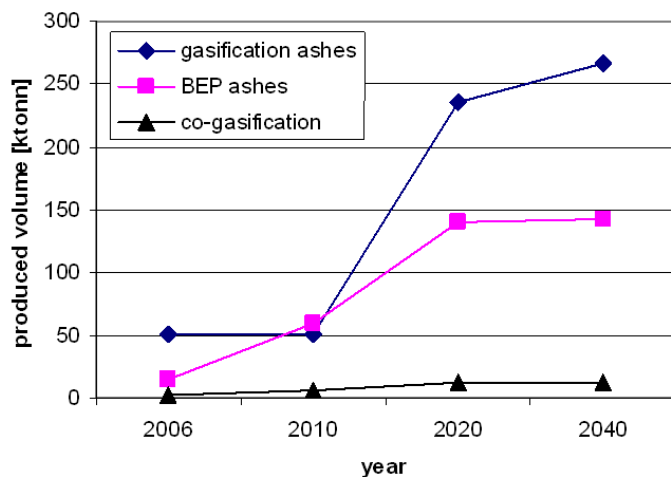
De assen van de BEC's zullen van elkaar verschillen. Ten eerste vanwege een keuze voor een bepaalde verbrandingstechnologie (roosteroven of wervelbed). Ten tweede omdat ze zich richten op een bepaalde brandstoffen. Bestaande voorbeelden zijn de BEC Cuijk (schoon hout), BMC Moerdijk (kippenmest) en BEC van HVC Alkmaar (sloophout). De verschillende scenario's leiden tot een bepaalde onzekerheid in deze getallen.

Volgens de schatting in 2006 kan de realisatie van nieuwe vergassingsinstallaties al in 2020 leiden tot de productie van meer dan 200 kton assen. Het is de vraag of dat al zo snel gebeurt, maar ze staan wel geplot in Figuur 2.3. Deze hoeveelheid wordt dan geproduceerd naast de assen uit de BEC's.

De eventuele doorbraak voor 2020 van torrefactie als voorbehandelingstechniek is een onzekere factor. Het is de verwachting dat torrefactiebrandstoffen vooral worden ingezet bij meestoken en de assen daarvan vallen niet onder sectorplan 24 van het LAP2. Toch is het van belang, want bij een versterkte nadruk op meestoken, mogelijk gemaakt door torrefactie, zal de totale omvang van de "pure" biomassa-assen afnemen. De beschikbaarheid van torrefactiebrandstoffen kan ook een versterking van entrained-flow vergassing mogelijk maken en dus leiden tot een verhoogde productie van assen.

---

<sup>1</sup> Dit getal komt overeen met de 50 PJ uit paragraaf 2.3. Het getal van 132 kton is de som van diverse individueel berekende asstromen. Om van 50 PJ op 132 kton as te komen kan ook een gemiddelde calorische waarde van 18 MJ/kg en een gemiddeld asgehalte van 5% gebruikt worden.



Figuur 2.3 Productie van volumina aan biomassa-assen; BEP ashes zijn de assen van BEC's.

Een tweede onzekerheid is het tempo waarin bio-ethanol (2<sup>e</sup> generatie) en bioraffinage zich gaan ontwikkelen. Deze twee kunnen vanwege de hogere toegevoegde waarde aan de beschikbare biomassastromen gaan trekken en daarmee de thermische inzet verminderen of dwingen om brandstoffen van mindere kwaliteit in te zetten. Zelf produceren ze reststromen, die in WKK's verbrand kunnen worden en dragen dan bij aan de groei van de inzet van biomassa en aan de productie van biomassa-assen.

## 2.5 Samenvatting

Er is aangenomen dat de overheid haar doelstelling gaat halen met betrekking tot de opwekking van hernieuwbare energie en dat biomassa daar deel van uitmaakt. Het meeste daarvan zal geïmporteerd hout zijn wat gebruikt wordt voor meestoken in kolencentrales. Lokaal geproduceerde biomassa (snoeihout, kippenmest, etc.) zal beschikbaar komen in beperkte hoeveelheden en het gros daarvan zal in middelgrote biomassacentrales (BEC) worden verbrand, niet groter zijn dan 100 MWth. Er zullen maar kleine hoeveelheden verstoekt gaan worden in kleine installaties, dwz. onder 1 MWth.

Het volume van de assen die in BEC's vrijkomen groeit de komende jaren en ligt in 2020 op ca.130 kton per jaar. De omvang van de asstromen uit kleinere installaties is gering en bovendien logistiek niet te verzamelen tot een fatsoenlijke asstroom waar ook wat zinnigs mee gedaan kan worden. De assen van meestoken worden gedomineerd door steenkool as en vallen niet onder sectorplan 24 van het Landelijk Afvalbeheerplan 2.

De assen uit vergassingsinstallaties vormen een grote onbekende. Enkele jaren geleden leek dit een grote stroom te gaan worden. Momenteel is dit erg onzeker. Andere onzekerheden zijn de groei van bio-ethanolproductie en bioraffinage. De reststromen zullen waarschijnlijk in WKK installaties verbrand worden, maar omvang en de samenstelling zijn onduidelijk.

### 3. Te verwachten kwaliteiten biomassa-assen in Nederland

De assen van installaties waarin uitsluitend biomassa wordt verbrand of vergast variëren sterk in hun samenstelling. Ten eerste is er een grote variatie in brandstoffen, waaronder schoon hout, stro en koffieschillen. Ten tweede is er een grote variatie in het type installatie. Gangbare types zijn:

- Pelletkachels; kleinschalig, vaak van onderen gevoed worden. Ze produceren weinig as omdat ze bijna alleen zeer schone houtpellets verstoken.
- Roosterovens, zoals de WKC Lelystad, die vooral bodemas en een beetje vliegass produceren.
- Wervelbedden (meerdere typen), bijvoorbeeld de BEC Cuijk, die vooral vliegass produceren en daarnaast bodemas, die in feite vooral uit gebruikt bedzand bestaat.
- Verslakkende vergassers (Buggenum) waarbij de as uit slakken en zeer fijne vliegass bestaat.
- Poederverbranders, meestal voor steenkool, maar binnenkort ook voor getorreficeerde biomassa.

Er zijn ook speciale installaties, zoals Deense strobalenbranders, die met een continue stroom strobalen gevoed wordt. De installaties zijn varianten van de roosterovens.

De variaties in brandstoffen en in installatietypen resulteren in een grote verscheidenheid aan biomassa-assen. Daarnaast zijn er nog verschillen tussen individuele installaties en fluctuaties in de tijd, omdat veel operators datgene stoken wat goedkoop en op dat moment beschikbaar is, zonder op askwaliteit te letten.

Doorgaans komen er uit een thermische installatie waarin biomassa wordt verwerkt twee of meer soorten assen vrij. Deze zijn ruwweg in twee categorieën in te delen: bodemassen en vliegassen. Bij de grotere installaties is het mogelijk dat er ook een rookgasreinigingsresidu vrijkomt, maar dat valt buiten het kader van deze studie.

Bodemassen zijn de zwaardere en grotere onverbrandbare delen van de biomassa, die door de zwaartekracht onderin een thermische installatie terecht komen en daar worden afgevoerd. Onder bodemassen vallen ook slakken en bedmateriaal uit wervelbedinstallaties. Vliegassen zijn daarentegen klein en licht, zodat ze worden meegenomen door de gasstroom mee omhoog worden genomen en aan de bovenzijde de ketel verlaten. Verderop worden ze gescheiden van de rookgassen. Onder vliegassen vallen ook ketelas, koelaras, cycloonas en filteras. Er bestaat veel verwarring over de naamgeving, want verschillende operators hanteren verschillende namen voor dezelfde soort vliegass.

Naast het fundamentele verschil dat vliegassen met de gasstroom mee gaan en bodemassen niet, is er binnen een installatie in het algemeen ook een groot verschil in de fysische en chemische karakteristieken en dus in de mogelijkheden tot hergebruik.

#### **Bodemassen**

Voor de meeste bodemassen geldt dat deze gemeenschappelijke eigenschappen hebben, die min of meer onafhankelijk zijn van de brandstof en – tot op zekere hoogte – zelfs onafhankelijk van het reactortype van de ketel:

- De bodemassen bestaan grotendeels uit inert materiaal, zoals zand, wat als aanhangend zand meegekomen is met de biomassa; in geval van wervelbedden is het ook bedmateriaal.
- Bodemassen hebben een laag gehalte onverbrand materiaal (LOI = Loss On Ignition) en bevatten weinig vluchtig materiaal.
- Bodemassen hebben lage uitloogwaarden.
- Bodemassen hebben lage gehalten aan nutriënten. Zelfs wanneer er fosfaat aanwezig is, dan is dit vaak slecht oplosbaar en langzaam beschikbaar voor planten.

Deze algemene eigenschappen zijn zelfs van toepassing op veel bodemassen afkomstig van vergassing.

De algemene eigenschappen van bodemassen zorgen ervoor, dat bodemassen in het algemeen eerder in aanmerking komen voor direct gebruik als bouw materiaal, met name in de wegenbouw en andere infrastructurele werken. Bodemassen zijn minder aantrekkelijk voor landbouwkundige toepassingen. Uitzonderingen bestaan, met name voor installaties waarin uitsluitend biomassa wordt verstoekt.

### **Vliegassen**

Ondanks de diversiteit in de naamgeving en een grotere variatie in chemische samenstelling hebben ook vliegassen een aantal gemeenschappelijke eigenschappen.

- Vliegassen bestaan uit fijn poeder en hebben een lage stordichtheid.
- Vliegassen bestaan vooral uit de asvormende componenten die in de biomassa aanwezig waren; bij wervelbedden, aangevuld met verpulverd bedmateriaal.
- Vliegassen hebben chemisch gezien een grote variatie in samenstelling, ook tussen verschillende stromen vliegassen uit één installatie.
- Vliegassen bevatten componenten die tijdens de verbranding vervluchtigd zijn en tijdens het afkoelen van de rookgassen weer condenseren.
- Vliegassen hebben vaak hoge uitloogwaarden.

Er bestaan vliegassen (van biomassa vergassing) met een lage LOI, maar toch ook met een hoog koolstofgehalte en zelfs een hoge calorische waarde. Er zijn vliegassen, die per massa eenheid een hogere calorische waarde hebben dan het uitgangsmateriaal, o.a. ook omdat ze kurkdroog zijn.

De grote variatie in de samenstelling van vliegassen maakt het moeilijk om een algemene uitspraak te doen over de meest voor de hand liggende toepassingsmogelijkheden. Deze variatie werkt dan ook remmend op de ontwikkeling van hergebruik van vliegassen.

### **Voorbeelden**

In Tabel 3.1 staan een aantal voorbeelden van de samenstelling van vliegassen en bodemassen van drie installaties in Nederland, die biomassa verwerken. Hierbij moet nadrukkelijk gemeld worden dat elke samenstelling een momentopname is en niet betekent dat de as altijd zo samengesteld is. Dit is niet alleen een juridische formulering, maar ook echt het geval en één van de redenen waarom het ontwikkelen van toepassingsmogelijkheden zo lastig is.

Tabel 3.1 geeft vooral de diversiteit aan in assen. De genoemde roosteroven en de wervelbedverbrandingsinstallatie verstoken beide een mengsel van schone biomassa. De wervelbedvergasser wordt gevoed met sloophout. De twee kolommen met bodemas van de roosteroven illustreren dat er ook in de tijd variatie is, want de twee monsters zijn twee maanden na elkaar genomen. In het tweede monster zit wel ongeveer evenveel Ca en Mg als in het eerste, maar de gehalten nutriënten zijn hoger. Het meest dramatische verschil zit in de contaminanten. Die zijn zeer veel lager in het tweede monster, zo ongeveer een tiende van het eerste.



Tabel 3.1 Samenstelling van verschillende soorten biomassa-as die in Nederland beschikbaar komen, ter illustratie van de diversiteit

	roosteroven verbranding	roosteroven verbranding	roosteroven verbranding	wervelbed verbranding	wervelbed vergassing
	Vliegas	Bodemas	Bodemas-2*	Vliegas	Vliegas
Asgehalte [wt%]	98.3	99.7	-	91.5	35
K [wt%]	37.5	7.5	5.9	6.5	0.7
P [wt%]	1.4	0.6	1.3	1.6	0.14
Ca [wt%]	2.5	16.6	16.1	19.0	4.9
Mg [wt%]	0.4	1.7	1.6	2.0	0.6
S [wt%]	11.6	0.7	0.08	1.5	0.6
Si [wt%]	0.23	22.1	24.4	16.3	7.6
Cl [mg/kg]	125000	7000	-	6600	10000
As [mg/kg]	113	6.6	0.3	12	100
Cd [mg/kg]	40	6	0.1	23	8
Cr [mg/kg]	150	284	68	70	500
Cu [mg/kg]	280	183	112	120	400
Ni [mg/kg]	9	24	20	37	30
Pb [mg/kg]	1300	440	40	160	4500
Zn [mg/kg]	10800	450	60	1400	4000

\* Dit is de analyse van een monster wat 2 maand later genomen is in dezelfde installatie

### Fluctuaties in kwaliteit

De grote fluctuatie in de bodemas van de roosteroven is geen uitzondering. Bij een blik in de brandstofbunker bleek dat er twee maanden later iets heel anders verstoekt werd. Het viel allemaal onder schone biomassa, maar parkafval (snoeihout) heeft gewoon chemisch een duidelijk andere samenstelling dan gechipte dennenbomen. Voor de dagelijkse praktijk geldt dat er ook goedkope partijen biomassa ingekocht worden in de vorm van reststromen uit de voedingsmiddelen industrie. Ook dat valt onder schone biomassa en deze worden ook als zodanig verstoekt. Het is niet moeilijk om te voorspellen dat het meestoken van bv. cacaooppelen tot grote verschillen in de askwaliteit zal leiden.

Voor recycling en hergebruik van "pure" biomassa-assen is het zaak om een consistente kwaliteit te produceren. Dit betekent de fluctuaties binnen een bepaalde vooraf bekende range houden voor die elementen en karakteristieken die voor de toepassing relevant zijn. Dit vereist zorgvuldiger selecteren en mengen van brandstoffen.

### Vergassing en bioraffinage

De assen uit vergassingsinstallaties vormen een grote onbekende. Enkele jaren geleden leek dit een grote stroom te gaan worden. Momenteel is dit erg onzeker. Ook de samenstelling van vergassingsassen zijn divers. Simpele wervelbedvergassers produceren koolstofrijke as in poedervorm, maar bij indirecte vergassing wordt dat juist uitgebrand en lijken de assen juist weer sterk lijken op verbrandingsassen. Verslakkende vergassers produceren slakken.

Andere onzekerheden zijn de groei van bio-ethanolproductie en bioraffinage. De reststromen zullen waarschijnlijk in WKK installaties verbrand worden. Niet alleen de omvang daarvan is onzeker, maar ook de effecten die processing en toevoeging van reagentia hebben. Dit kan b.v. leiden tot uitwassen van kalium en toevoeging van kalk en sulfaat.

## 4. Toepassingsmogelijkheden voor biomassa-assen

### 4.1 Benadering in de zoektocht naar toepassingsmogelijkheden

#### Theoretische benadering

Assen van “pure” biomassa zijn afvalstoffen; ze vallen onder sectorplan 24 van het tweede Landelijk Afvalbeheerplan (LAP2). Voor het vinden van toepassingen dient artikel 10.4 van de Wet milieubeheer als uitgangspunt (zie paragraaf 5.2 van het LAP2). Hierin is de volgende voorkeursvolgorde opgenomen (zogenaamde ladder van Lansink):

- a. het ontstaan van afvalstoffen wordt voorkomen of beperkt (preventie)
- b. bij het vervaardigen van stoffen, preparaten of andere producten wordt gebruik gemaakt van stoffen en materialen die na gebruik van het product geen of zo min mogelijk nadelige gevolgen voor het milieu veroorzaken (ontwerp voor preventie en ontwerp voor nuttige toepassing);
- c. stoffen, preparaten of andere producten worden na gebruik als zodanig opnieuw gebruikt (nuttig toepassen door producthergebruik)
- d. stoffen en materialen waaruit een product bestaat, worden na gebruik van het product opnieuw gebruikt (nuttige toepassing door materiaalhergebruik)
- e. afvalstoffen worden toegepast met een hoofdgebruik als brandstof of voor een andere wijze van energieopwekking (nuttig toepassen als brandstof)
- f. afvalstoffen worden gestort (verwijderen: storten).

Bij het vinden van een geschikte oplossing voor de productie van biomassa-assen, moeten eerst de technisch haalbare toepassingen worden gescreend en daarna op volgorde gezet worden. Uitgaande van de bovengenoemde voorkeursvolgorde resulteert dit in de volgende opties:

- De hoogste trap is preventie. Dit is mogelijk wanneer biomassabrandstoffen worden ingezet waar geen asvormende componenten in zitten. Dit zijn bijvoorbeeld plantaardige oliën. Wanneer de perskoek na extractie van de olie als veevoer wordt gebruikt, levert de verbranding geen as op. Een ander voorbeeld is biogas of SNG (substitute natural gas).
- De tweede keus is product hergebruik. Dit is van toepassing op het herverbranden van koolstofrijke assen.
- Recycling naar de originele grond vormt de derde trap. Op die manier worden de assen – in feite nutriënten – terug gebracht naar de grond waar de biomassabrandstof ooit is gekweekt.
- Materiaalhergebruik is een brede categorie in het geval van biomassa-assen, waaronder zowel direct gebruik als indirect gebruik bij het vervaardigen van bepaalde producten vallen. Dit kan met en zonder nabehandeling van de assen. Bekende vormen van hergebruik zijn in bouwstoffen, waaronder wegenbouw, cement en beton. Ook het winnen van fosfor of fosfaat valt onder deze categorie.
- Verwerking met energierterugwinning kan plaatsvinden als de assen nog enige calorische waarde hebben en naar een afvalverbrandingsinstallatie gaan, die ook nog energie produceert.
- Storten<sup>2</sup> is de minst wenselijke optie, maar het is de gangbare praktijk voor kleine asvolumina en voor assen waar de samenstelling onzeker van is.

#### Praktische benadering

Het makkelijkste is om biomassa-assen in te zetten in bestaande routes, die bv. ook voor steenkoolassen bestaan. Voor bodemassen is dit ook het geval, omdat ze ook qua samenstelling lijken op de bodemassen van steenkoolverbranding en afvalverbranding. Dit betekent dus toepassing als betongranulaat en in de wegenbouw en andere infrastructurele werken. De problemen zitten bij de vliegassen. Het is voor biomassavliegassen niet mogelijk om

---

<sup>2</sup> In de Engelstalige literatuur is er vaak sprake van toepassing in “landscaping”. Dit is niet hetzelfde als “landfill” (storten), maar het vormgeven van een landschap en valt onder hergebruik, omdat de vormgeving het doel is en er anders een ander materiaal voor was gebruikt.

een universele toepassing te identificeren. In de onderstaande paragrafen wordt een overzicht gegeven van de diverse mogelijkheden, die door ECN en anderen zijn onderzocht. Sommige vinden al toepassing; de meeste niet.

In dit hoofdstuk zal eerst uitgebreid aandacht besteed worden aan de mogelijkheden voor recycling van assen. Daarna worden andere vormen van hergebruik behandeld.

## 4.2 Lijst van mogelijke toepassingen

Voor hergebruik van assen zijn met name de fysische, chemische en eventueel andere karakteristieken van de reststromen van belang. De assen van "pure" biomassa zijn vooral geschikt voor toepassingen waarbij de chemische samenstelling van belang is, met name t.a.v. P, Ca en K. De (slecht voorspelbare) aanwezigheid van zware metalen en andere contaminanten als chloor zijn daarentegen beperkend voor diverse toepassingen.

ECN en KEMA hebben onderzoek verricht naar de mogelijkheid om houtassen terug te brengen naar het bos. Dit is een logische optie omdat de mineralenkringloop snel gesloten kan worden en verarming van de bodem voorkomen kan worden. De resultaten daarvan staan in paragraaf 4.3. Daarnaast hebben KEMA en ECN in het kader van het EOS-LT Programma een lijst met mogelijke toepassingen opgesteld voor meestookassen en "pure" biomassa-assen. Voor een gedetailleerde beschrijving van deze toepassing wordt verwezen naar die studie [Sarabèr en Overhof, 2009]. Deze studie is vertrouwelijk, maar wel ter beschikking van SenterNovem omdat zij de opdrachtgever was.

### **Bulk en niche toepassingen**

De onderzochte opties omvatten zowel bulk- als nichetoepassingen. Voor kleine stromen biomassa-as zijn er geschikte niche toepassingen denkbaar. Er is maar een beperkte hoeveelheid as die verwerkt kan worden tot b.v. kalkzandsteenblokken, minerale vezels en speciale cementmixen. Dit betekent dat één of twee centrales de markt kunnen bedienen en dat voor de assen van andere centrales andere oplossingen gevonden moeten worden.

Voor veel van de toepassingen uit de lijst geldt dat ze technisch haalbaar zijn, maar dat de markt te klein is om grote hoeveelheden assen op te nemen. Op dit moment worden er in Nederland (voor zover bekend) nog maar weinig specifieke asstromen gekoppeld aan bepaalde toepassingen. Vliegashoudend cement wordt o.a. gebruikt voor het inkapselen van gevaarlijk chemisch afval en voor speciale cementmengsels (door Ecomineraal).

Voor niche toepassingen is het van essentieel belang dat de assen een consistente kwaliteit hebben. Bij niche toepassingen hebben de producten doorgaans een hogere toegevoegde waarde. Er is genoeg economische marge om terug te vallen op duurdere grondstoffen wanneer de kwaliteit niet geborgd kan worden. Een producent kan het zich niet veroorloven om mindere producten te leveren als gevolg van fluctuaties in de grondstofkwaliteit.

Niche toepassingen lijken aantrekkelijk en kunnen ook het imago van biomassa-assen verbeteren, maar ze vormen niet de oplossing voor de te verwachten grote hoeveelheden assen van biomassa die in de toekomst vrij zullen komen. Bulktoepassingen zullen nodig zijn. Bovendien zal er weinig geld zijn om kostbare nabehandeling toe te passen die voor niche toepassingen wel mogelijk zijn. Alleen eenvoudige operaties zoals zeven en compacteren zijn mogelijk.

De bulktoepassingen vallen ruwweg te classificeren in drie algemene categorieën:

- Meststoffen
- Bouwstoffen
- Brandstoffen

Binnen deze categorieën zijn er meerdere toepassingsmogelijkheden, zowel direct of als grondstof. In de paragrafen 4.4 t/m 4.6 worden alle drie categorieën toegelicht met de focus op "pure" biomassa-assen.

### 4.3 Asrecycling naar bossen

Een belangrijk aspect van asrecycling is dat het bedoeld is om mineralen die onttrokken zijn aan een bodem weer terug te brengen, zodat er geen verarming optreedt als gevolg van de oogst. Er is dus een link tussen de oorsprong van de assen en de grond waarop biomassa brandstoffen worden geoogst. Het sluiten van de mineralenkringloop is een doel naast voorkomen dat de bosbodem verarmt. De assen hoeven niet expliciet teruggebracht te worden naar hetzelfde perceel. Andere assen kunnen gebruikt worden wanneer de assen een vergelijkbare kwaliteit hebben.

#### **Nutriëntenmanagement in bosbouw**

Bomen nemen nutriënten op uit de grond waarop ze groeien en slaan deze op, voornamelijk in de levende delen, dus de wortels, bast, takken, bladeren en naalden. Onder natuurlijke omstandigheden gaat een boom dood en blijft waar deze is. Terwijl micro-organismen langzaam de boom verteren, keren de nutriënten terug naar de grond. Bij het oogsten van bomen wordt deze kringloop onderbroken. Alleen de delen van de boom die achterblijven kunnen verteren en hun opgeslagen nutriënten teruggeven aan de bodem. Er kan dus verarming van de bodem optreden. Voor duurzaam bosbeheer is het noodzakelijk om ervoor te zorgen dat de nutriënten die met de oogst afgevoerd zijn weer worden aangevuld. Hiervoor zijn diverse mechanismen:

- Verwerking van zand en rotsen
- Depositie vanuit natuurlijke bronnen, via lucht en water
- Depositie vanuit antropogene bronnen, via lucht en water
- Actieve verspreiding van mineralen, waaronder bekalking en bemesting
- Recycling van assen

Het hangt van de lokale omstandigheden af of er al dan niet sprake is van een evenwicht of verarming. De behoefte aan recyclebare assen hangt ook af van de manier waarop bosbouw (lokaal) bedreven wordt. Drie vragen spelen hierbij een rol:

1. Wanneer is er behoefte aan nutriënten, die met asrecycling kunnen worden aangevuld?
2. Zijn de assen die in Nederlandse biomassaverbrandingsinstallaties geproduceerd worden geschikt zijn voor recycling?
3. Kan dit in Nederland en/of kunnen we assen voor dit doel exporteren naar het buitenland?

In de onderstaande paragrafen wordt eerst de asrecycling naar Nederland doorgenomen. Vervolgens komt export van biomassa-assen voor recycling elders ter sprake. Tenslotte is er een paragraaf gewijd aan de assen van landbouwresiduen.

#### **Asrecycling naar bossen in Nederland**

In principe zou het mogelijk zijn om schone biomassa-assen te recyclen naar de bossen in Nederland. Hiervoor zouden Zweedse richtlijnen kunnen worden genomen. De mogelijkheid en wenselijkheid om asrecycling in bossen in Nederland te realiseren is besproken met vertegenwoordigers van PROBOS. Stichting Probos is een organisatie die zich inzet voor het duurzaam gebruiken van bossen in Nederland, maar ook daarbuiten. Probos is gericht op de praktijk. De gedeelde visie van Probos en ECN is, dat asrecycling deel uit kan maken van duurzaamheidseisen, maar dat dit primair een zaak is van de bosbeheerder. Wij moeten bij voorkeur asrecycling niet opleggen, maar bosbeheerders voorlichten over het nut van asrecycling in hun bos en nastreven dat er in de wet- en regelgeving voorzieningen worden opgenomen die recycling van houtas naar bossen en energieplantages mogelijk moet maken.

Bij een evaluatie van de Nederlandse situatie is uitgegaan van aparte verbranding van schoon hout, waaronder b.v. afval van een zagerij, dunningshout en verzameld tophout en takken (ook wel sprokkelhout genoemd). Het gaat uiteraard over schone assen, dus assen waarin geen verontreinigingen van de brandstof terug te vinden zijn.

#### **Recreatie functie van bossen**

- In Nederland vervullen bossen primair een recreatieve functie. De recreatiefunctie van bossen is wettelijk vastgelegd en het bos kan maar een paar dagen per jaar

ontoegankelijk gemaakt worden (o.a. voor de jacht). Slechts ca. 5% van de Nederlandse bossen zijn niet toegankelijk voor publiek.

- Contact van recreanten met assen is ongewenst; verse biomassa-as is sterk basisch. Wanneer dezelfde wijze van asverspreiding wordt toegepast als momenteel in Zweden moet het bos minstens 3 maanden gesloten blijven, maar dat is in Nederland alleen haalbaar voor privébezit.
- Asrecycling is alleen denkbaar als de assen in een zodanig ongevaarlijke vorm worden verspreid, dat de dag erna het publiek weer toegang kan krijgen.
- Voor energieplantages zou asrecycling wel mogelijk zijn, zolang deze voor publiek gesloten kunnen blijven.

#### Nutriëntenbehoefte

- Het is geen gangbare praktijk om toppen, takken, bladeren, etc. te oogsten. Analoog aan de onderzoeken in Scandinavië kan dan gesteld worden dat – wanneer die delen van de bomen in het bos achterblijven – er geen asrecycling nodig is voor een gezond bos.
- Voor bossen in Nederland is alleen kalium (K) een relevante nutriënt; alle andere nutriënten zijn royaal voorhanden. Ook sporenelementen zijn geen potentieel probleem.
- Biomassa-assen kunnen zorgen voor kaliumbemesting in bossen. Ook kunnen ze een gunstig effect hebben door het verhogen van de pH, dus tegen zure regen.
- Bosbeheerders in Nederland streven in zijn algemeenheid verschraling na. Asrecycling past hier wel in – in tegenstelling tot wat men algemeen aanneemt – omdat assen vooral bestaan uit K, P en sporenelementen terwijl verschraling zich vooral op stikstof en zwavel richt. Assen kunnen in een kalium gelimiteerd bos de groei versnellen en zo de andere nutriënten (N, P en S) versneld uit de bodem halen. De termijn waarop dit merkbaar wordt is echter erg lang. Het kan meer dan 100 jaar duren.

#### Milieu aspecten

- Zware metalen vormen volgens Probos geen principiële beletsel, als aantoonbaar is dat ze oorspronkelijk uit het bos afkomstig zijn, dus in een gesloten oogst/verbranding/recycle systeem.
- Inconsistente askwaliteit is wel een onoverkomelijk bezwaar. Wanneer as van installaties beschikbaar zal komen die slechts schone bosproducten stoken en niets anders, dan kan as geschikt zijn voor recycling; of gelijkwaardige assen.

#### Juridische aspecten in Nederland

- Op dit moment staat de wet geen asrecycling in bossen toe. Asrecycling valt onder bestaande meststoffen- en milieuwetgeving.
- Wel is het mogelijk dat biomassa-assen als grondstof voor de fabricage van kunstmest wordt ingezet. Daar wordt nl. alleen het eindproduct getoetst.
- Er is geen ontheffing voor direct gebruik van (hout)as als meststof in de reguliere landbouw. Voor recycling van schone biomassa-assen, zou zo'n speciale ontheffing nodig zijn. De rechtvaardiging is, dat deze assen hogere gehalten zware metalen mogen bevatten omdat de bemesting niet jaarlijks gebeurt.
- Asrecycling voor energieplantages kan wettelijk mogelijk gemaakt worden door deze buiten de boswet te laten vallen.

#### Mogelijkheden voor asrecycling in de bossen van Nederland

- Boseigenaren zullen niet a priori negatief staan tegenover asrecycling als het de primaire functies van hun bos, recreatie en natuurbehoud, niet in de weg staat.
- Een proefproject zou op zich te realiseren zijn, maar dient geen doel als je niet in grote delen van het bos in Nederland asrecycling wilt/kunt gaan toepassen. Dat is niet het geval, want recreatie staat in de weg.
- De wenselijkheid is ook twijfelachtig. Alleen voor K zou het relevant zijn en dan ook nog alleen als inderdaad tak- en top hout wordt afgevoerd.
- Mocht het in de toekomst ooit zover komen, dan kan een Duits (of desnoods een Scandinavisch) model gekopieerd worden.

- Indien een manier gevonden kan worden om as in een zodanige vorm te recyclen dat het publiek weer snel erbij kan, dan is erover te praten.

#### Export van assen

- Export van houtas is mogelijk, maar niet makkelijk. Voorwaarde is dat aangetoond wordt dat de assen een nuttige toepassing hebben. Voor asrecycling naar het bos moet dat mogelijk zijn.

De voornaamste conclusie die uit bovenstaande evaluatie getrokken kan worden is, dat er in Nederland voorlopig geen praktische mogelijkheden zijn voor recycling van houtassen of andere biomassa-assen naar de bossen. De noodzaak van nutriëntenrecycling is beperkt of ontbreekt. Het voornaamste struikelblok is de recreatieve functie van bossen. Maar zelfs als er een publieksvriendelijke vorm van asverspreiding zou worden ontwikkeld, dan is het de vraag of bosbeheerders asrecycling willen.

Voor energieplantages met bomen ligt dit anders. Hier zou asrecycling nuttig kunnen zijn voor duurzaam beheer. Wanneer de Zweedse aanbevelingen voor asrecycling naar het bos gevolgd worden zou de as van verbranding van schoon hout hiervoor geschikt zijn (zie hieronder). Mogelijk moet de juridische status van energieplantages die van landbouw krijgen en zou er een ontheffing kunnen komen voor toepassing van bosbouwmeestoffen. Er zijn echter nog maar zeer weinig hectares met energieplantages.

#### **Asrecycling naar bossen buiten Nederland**

Een belangrijke vraag is of de assen van geïmporteerde biomassa gerecycled moeten worden. In eerste instantie zal dat niet nodig zijn, omdat in de huidige praktijk de importbrandstoffen bestaan uit houtpellets en houtchips, die weinig nutriënten bevatten. Ook wordt het gros daarvan gebruikt voor meestoken in de kolencentrales. Assen die geproduceerd worden als het gevolg van co-firing met steenkool kunnen bijna zeker niet gerecycled worden, omdat ze voornamelijk bestaan uit mineralen afkomstig uit de steenkool, zelfs bij hoge meestookpercentages.

Wanneer er echter brandstoffen geïmporteerd (gaan) worden die wel grote hoeveelheden nutriënten bevatten, dan is het voor een duurzaam gebruik van biomassa noodzakelijk om kan het zinvol zijn om te exporteren, vooral als het land van oorsprong hierom vraagt.

Het grootste deel van de biomassa die in Nederland gebruikt wordt komt van import. Dit betreft vooral houtpellets en houtchips, dus vooral stamhout en deels bast. Hier zitten weinig nutriënten in; eigenlijk alleen calcium en magnesium. De delen van de bomen die nutriënten bevatten blijven achter. Lokaal zal er een systeem in werking moeten zijn dat er zorg draagt voor een duurzame wijze van oogsten die de grond niet verarmt. Nederland kan/moet eisen, dat de geïmporteerde brandstoffen voldoen aan een FSC keurmerk of aan de Cramer Criteria. In het algemeen zijn de mineralen die meekomen met houtpellets en houtchips niet kritisch voor duurzaam bosbeheer en is terugbrengen niet nodig. Als er toch een tekort dreigt is het eenvoudiger om kalkbemesting toe te passen.

In Nederland is asrecycling nog niet mogelijk, maar in diverse andere landen wordt het al toegepast. Voor een overzicht van de situatie in diverse landen, zoals Finland, Duitsland en Oostenrijk wordt verwezen naar het eindrapport van het project BIOAS [Pels et al, 2004] Zweden is op dit moment het verst gevorderd met asrecycling naar bossen. Het is daar inmiddels gangbare praktijk. In de onderstaande paragrafen wordt verder alleen Zweden als voorbeeld gebruikt.

Traditioneel wordt in Scandinavië hout geogst in de vorm van stammen inclusief bast, "stem extraction". De toppen, zijtakken, bladeren en naalden blijven achter in het bos als "forest residue". Dit materiaal breekt langzaam af en de nutriënten die er in opgeslagen zijn komen geleidelijk vrij terwijl er een nieuw bos groeit. Stamhout en bast afgevoerd uit het bos om verwerkt te worden tot bv. papier, timmerhout en vezelplaat. Het afval van die industrie heet "wood waste" en wordt doorgaans in een WKK installatie verstoekt voor de opwekking van energie voor de fabriek. Er blijft doorgaans wat zaagsel en chips over, die als brandstof

verkocht worden. Assen van de WKK installatie worden gestort of gebruikt bij de aanleg van wegen. De nutriënten, die op deze wijze zijn afgevoerd, worden in het bos gecompenseerd door natuurlijke processen, zoals vertering van gesteente. Het hele systeem van "stem extraction" is qua nutriënten in balans en zorgt voor duurzaam gebruik.

Sinds enige decennia is de vraag naar groene brandstoffen explosief gestegen en dit zorgt o.a. voor een competitie tussen de traditionele houtindustrie en de toepassing van hout als brandstof. Eén van de manieren om meer brandstof te produceren is om het "forest residue" (tak- en tophout) niet langer achter te laten op de plaats waar een boom geveld is, maar mee te nemen voor gebruik als brandstof. Er blijft dan meer zaagsel en chips over om te verkopen, want er wordt 30% meer geoogst van dezelfde hectare. Deze vorm van oogsten heet "Whole Tree Harvesting" (WTH). Het "forest residue" bevat echter het merendeel van de nutriënten in een boom en die worden op deze wijze aan het bos ontnomen. In bijna alle gevallen in Zweden, maar ook elders, zal WTH leiden tot een netto onttrekking van nutriënten, die niet meer kunnen worden aangevuld door natuurlijke processen.

Boseigenaren en overheden in Scandinavië zijn zich terdege bewust van dit gevaar en in Zweden heeft dit al geleid tot concrete maatregelen. Het is in Zweden momenteel zo, dat WTH is toegestaan onder voorwaarde dat de nutriënten worden gecompenseerd door middel van asrecycling. De maatregelen met betrekking tot asrecycling zijn geformuleerd als "aanbevelingen" en vormen een soort convenant, zoals we dat in Nederland ook kennen. Asrecycling kan rekenen op brede steun uit de samenleving, want de Scandinaviër zijn trots op hun bossen en willen die graag behouden zoals ze zijn. Het gezamenlijke doel is duurzaam bosbouw bedrijven.

De aanbevelingen zijn alleen in het Zweeds gepubliceerd [Skogsstyrelsen, 2001a en 2001b], maar een samenvatting kan gevonden worden in het "International Handbook – From Extraction of Forest Fuels to Ash Recycling" [Emilsson, 2006]. Als onderdeel van de te nemen maatregelen geldt, dat o.a.

- As moet eerst een jaar aan de lucht uitharden en verouderen
- In een bepaald jaar moet 3 ton as per hectare worden verspreid
- Er mag niet in de buurt van waterlopen as worden gestrooid, dus ook geen WTH worden toegepast.
- De assen hoeven niet terug naar het perceel waar de biomassa geoogst is. De askwaliteit moet echter wel vergelijkbaar zijn.
- De assen moeten voldoen aan bepaalde minimum gehalten nutriënten en maximum gehalten contaminanten.

Deze laatste getallen wijken af die voor kunstmest omdat ze slechts één of twee keer worden toegepast in de groeicyclus die 20 tot 60 jaar duurt. In praktijk blijkt dat ongeveer de helft van de assen die in Zweden geproduceerd worden geschikt zijn. Het gaat dan om de vliegassen van wervelbedinstallaties, maar in principe zouden gemalen bodemas van roosterovens ook in aanmerking komen. De samenstelling is doorgaans het struikelblok.

Vanuit de Nederlandse situatie is het relevant om de schone biomassa-assen te vergelijken met de Zweedse criteria. Ze zouden naar Nederland vertaald zouden kunnen worden, b.v. voor energieplantages. Er is echter ook een concrete vraag naar schone houtassen vanuit Zweden. In Tabel 4.1 staat een vergelijking tussen de Zweedse eisen uit meest recente versie van de aanbevelingen voor asrecycling [Skogsstyrelsen, 2001a] en de samenstelling van vier monsters vliegassen van een Nederlandse wervelbedinstallatie die gestookt wordt met schone biomassa. Monster I voldoet niet, maar wijkt ook sterk af van de andere drie. Monster II voldoet, behalve dat er net te weinig Ca en Mg in zit; het verschil is minimaal. Monster III heeft alleen iets te veel As, maar monster IV voldoet volledig. Monster IV is het meest recent en daarvan staat vast dat het onder reguliere omstandigheden is genomen.

Tabel 4.1 Overzicht van eisen aan asrecycling en samenstelling van vier monsters vliegassen

Element	Eis Zweden	Vliegassen van dezelfde wervelbedinstallatie			
		I	II	III	IV
Nutriënt (minimum)					
Ca [g/kg]	125	157	124	132	190
K [g/kg]	30	71	46	50	65
Mg [g/kg]	15	18	14	15	20
P [g/kg]	7	14	11	11	16
Zn [g/kg]	0.5	0.2	0.8	0.9	1.4
Contaminant (maximum)					
As [mg/kg]	30	61	15	41	12
B [mg/kg]	800	277	180	218	273
Cd [mg/kg]	30	22	13	14	23
Cr [mg/kg]	100	207	89	96	70
Cu [mg/kg]	400	1914	99	100	121
Hg [mg/kg]	3	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*
Ni [mg/kg]	70	79	39	40	37
Pb [mg/kg]	300	467	150	169	163
V [mg/kg]	70	58	n.d.	n.d.	28
Zn [mg/kg]	7000	168	847	947	1400

\* n.d. = niet bepaald; Hg is doorgaans ver onder 3 mg/kg

De betreffende installatie verstoekt niet alleen schoon hout, maar ook andere partijen Witte Lijst brandstoffen. Dit kan verschillen tussen de monsters verklaren. Het ligt echter in de lijn der verwachting dat als zorgvuldiger gestookt wordt, e.g. als er uitsluitend schoon houtafval verstoekt wordt, waaronder snoeihout wat niet verontreinigd is, dat dan de kwaliteit van de vlieggas zodanig is dat het aan de Zweedse eisen kan voldoen. NB. Ook in Zweden voldoen niet alle assen, zelfs als er alleen schone brandstof wordt gestookt. De conclusie kan zijn, dat er een grote waarschijnlijkheid is, dat bij gemiddelden over een jaar de assen van een wervelbedinstallatie die alleen schone biomassa verstoekt kunnen voldoen aan de Zweedse eisen voor asrecycling naar de bossen.

Implementatie in Nederlandse bossen is onwaarschijnlijk op korte termijn (zie boven), maar de as toegepast kunnen worden op energieplantages.

Voor de korte termijn, zou onderzocht moeten worden of de askwaliteit momenteel geschikt is voor export naar Zweden. Er zou ook nagegaan moeten worden of dit met de bestaande wetgeving mogelijk is of dat deze aangepast moet worden voor dit specifieke doel.

#### **Asrecycling van gras en riet**

Hierboven is uitgegaan van recycling van houtassen. De reden is, dat hout, waaronder ook snoeihout een grote stroom aan brandstof vertegenwoordigt. Op dit moment zijn er nog geen serieuze hoeveelheden brandstoffen, anders dan hout, die in Nederland worden verstoekt en waarvoor het risico bestaat dat door het oogsten een ongewenste uitputting van de grond plaats zal vinden. Een discussie over recycling van assen van gras en riet is prematuur.

#### **Asrecycling van (geïmporteerde) landbouwresiduen van plantages**

In geval van plantages is het mogelijk om de assen van landbouwresiduen te recyclen. Dit zijn nl. assen van een specifieke en goed gedefinieerde stroom landbouwresiduen, die apart verbrand worden, zodat er "pure" assen beschikbaar komen. In de KEMA/ECN studies in het kader van EOS-LT is de separate verbranding van cacaodoppen gekozen als case study. Ten eerste zitten daar relatief veel nutriënten in, vooral K, maar ook wat P. Ten tweede hebben cacaodoppen een nauwkeurig bekende samenstelling zodat ook de as een voorspelbare kwaliteit heeft.

De KEMA/ECN studie heeft ingeschat hoe "pure" as van cacaodoppen kan worden opgenomen in het bemestingsprogramma van een cacaoplantage in Ivoorkust. De studie heeft als centrale vraag is of het zinnig is om "pure" landbouwassen terug te brengen naar de grond waar de biomassa vandaan is gekomen. Het antwoord is gebaseerd op milieu-impact in de vorm van



emissies van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> voor de as van de cacaodoppen van één hectare cacaoplantage die op een duurzame wijze wordt geëxploiteerd. Er zijn twee antwoorden. Het eerste antwoord is, dat het vanuit milieuoogpunt wel degelijk zinnig om as terug te brengen, als het alternatief is om de assen te gebruiken als vulling van de Duitse mijnen. Bij recyclen hoeft er namelijk minder kunstmest geproduceerd te worden. De emissies van kunstmestproductie zijn veel groter dan de emissies van de extra transportbewegingen in geval van recycling.

De conclusie dat de transportbewegingen die nodig zijn bij hergebruik van assen minder milieueffecten hebben dan de productie van kunstmest kan algemeen gesteld worden. Voorwaarde is wel dat je een goed gedefinieerde as hebt waar een substantiële hoeveelheid meststoffen in zitten. Wanneer je niet weet wat er in de assen aan nutriënten zit, kun je niet de juiste hoeveelheden terugbrengen en moet je uitgaan van een minimum. Met lage (gegarandeerde) hoeveelheden nutriënten zal op een gegeven moment de logistiek toch een zwaardere milieu-impact hebben dan de productie van kunstmest.

Een tweede conclusie was, dat het gebruik van cacaoassen ter vervanging van kunstmestproductie in Nederland nog minder milieu-impact heeft. Er worden minder vervoersbewegingen gemaakt, terwijl er toch een gelijk deel van de kunstmestproductie wordt uitgespaard. Direct gebruik als meststof zou mogelijk kunnen zijn, maar gebruik als grondstof voor P+K meststof is een reëlere optie. Veel bewerkingen zijn niet nodig. Hoe betrouwbaarder de samenstelling van de assen en hoe hoger het nutriëntgehalte, hoe aantrekkelijker deze optie. De effectiviteit van de kunstmest (beschikbaarheid voor planten) lijkt groot te zijn. In ieder geval is het geen belemmering voor toepassing.

Een opvallende conclusie uit de KEMA/ECN studie was dat ondanks dat de assen rijk aan nutriënten zijn, deze toch maar 1-3% van de totale hoeveelheid nutriënten uitmaken, die er voor de plantage nodig zijn. Het is dus in principe mogelijk om dus weliswaar gerecycled worden, maar maken dan toch weer deel uit van een heel systeem van meststoffen.

#### 4.4 Hergebruik van biomassa-assen als meststof

De behandeling van dit onderwerp valt onder de opdracht die NMI gekregen heeft, maar in deze paragraaf wordt een stuk onderzoek gepresenteerd dat ECN in het verleden heeft gedaan. Het kan als input dienen voor het werk wat NMI uit gaat voeren.

Assen van landbouwresiduen kunnen niet op dezelfde manier gerecycled worden als houtas of as van residuen afkomstig van plantages. Wel kunnen ze ingezet worden als meststof, waarbij de volgende condities gelden:

1. Bij assen van landbouw residuen is het lastig om een directe link naar de oorspronkelijke grond te maken.
2. Er is niet zozeer sprake van onttrekking van mineralen, die weer gecompenseerd worden. Er is eerder sprake van het opbrengen van mineralen om de oogst te maximaliseren. Het gros van de mineralen die geoogst worden komt niet in de assen terecht, maar in voedsel of veevoer.
3. Op dezelfde grond worden in het algemeen verschillende gewassen gekweekt in opeenvolgende jaren, zodat de behoefte aan mineralen anders kan zijn dan de mineralen die beschikbaar zijn in de assen van de oogst van vorig jaar.
4. De cyclus is normaliter 1 jaar. Hier is wet- en regelgeving voor kunstmest ook op afgestemd, zodat die onverkort van toepassing kan worden geacht. Bij recycling kan hier van afgeweken worden, zowel tav. beschikbaarheid van nutriënten als t.a.v. de maximaal toelaatbare concentraties van contaminanten, omdat de cyclus meerdere jaren beslaat, bv. 20 jaar voor bomen.

Toepassing van schone biomassa-assen voor landbouwkundige toepassingen is in 2004 onderzocht binnen het project BIOAS. De resultaten zijn neergelegd in een vertrouwelijke rapportage van NMI [Moolenaar en De Haas, 2004], waarvan de publiceerbare delen zijn overgenomen in het eindrapport [Pels et al., 2004]. Hieronder een samenvatting van de stand van zaken, zoals aan ECN bekend. Het is echter beter om een recentere evaluatie te laten doen door een expert, die ook rekening houdt met aanpassingen van de meststoffenwetten, die sindsdien hebben plaatsgevonden. Dit zal gedaan worden in een vervolgstudie uit te voeren door het Nutriënten Management Instituut (NMI).

In Nederland is alleen het gebruik van kunstmest toegestaan voor de meststoffen, die op de meststoffenlijst staan, of waarvoor een ontheffing is verleend [NMI, 2000]. Goedkeuring kan verleend worden op basis van een afweging tussen de gehalten nutriënten en contaminanten. De beschikbaarheid van nutriënten zoals N, P, K, Ca en S resulteert in een minimale hoeveelheid die opgebracht mag worden, uitgedrukt in kg per hectare per jaar. De milieubelasting wordt berekend aan de hand van de gehalten Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn en As. Hiervoor zijn maxima vastgesteld, zodat dit resulteert in een maximale hoeveelheid die opgebracht mag worden, eveneens uitgedrukt in kg per hectare per jaar. Alleen wanneer de maximaal toelaatbare dosis hoger is dan de minimaal benodigde dosis kan een ontheffing verkregen worden.

#### **Indirect gebruik als grondstof voor kunstmest**

Bij hergebruik van biomassa-assen als meststof moet er duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen het direct toepassen op de bodem en het gebruik als grondstof in de productie van kunstmest. In dat laatste geval staat het in Nederland een producent van kunstmest vrij biomassa-assen al of niet te gebruiken. Alleen het eindproduct wordt getoetst aan de wetgeving. Bepaalde biomassa-assen kunnen aantrekkelijke grondstoffen zijn. Te denken valt hierbij aan de assen van cacao-doppen, olijfpitten en koffieschillen. Ook assen van de verbranding van meststoffen biedt kansen. In Nederland wordt kippenmest verbrand in de BMC Moerdijk. De assen daarvan worden niet direct als kunstmest ingezet, maar dienen als grondstof voor de fabricage van kunstmestmengsels. Ook rioolslib en diervoer bieden ook mogelijkheden omdat ze o.a. een hoog gehalte fosfor bevatten. Het is voor toepassing niet van belang dat veel van deze brandstoffen niet als biomassa maar als afval te boek staan. De assen zijn sowieso afval en de kunstmestproducent dient een vergunning te hebben voor het verwerken van afval tot een product.

#### **Directe toepassing als meststof**

In Nederland is er voor zover bekend nog geen ontheffing voor directe toepassing van biomassa-as als kunstmest. Het is dus niet toegestaan, maar het direct toepassen van biomassa-assen zonder nadere specificatie is ook technisch niet mogelijk. De samenstellingen zijn te divers om als zodanig toegelaten te worden. Wel zijn er technisch gezien mogelijkheden voor specifieke, goed gedefinieerde asstromen, maar ook daarvan is geen ontheffing bekend.

In geval van de verbrandingsassen van schoon hout kunnen bepaalde vliegassen significante hoeveelheden nutriënten bevatten, bv. Ca (12-15 %) and K (over 30%). De meeste andere elementen komen in die assen in te lage concentraties voor om mee te tellen. De toetsing uit het BIOAS project [Pels et al., 2004] gaf aan dat noch de assen van wervelbedinstallaties, noch de assen van roosterovens in aanmerking komen voor een ontheffing, zelfs al worden ze gestookt met schoon hout. Er zitten simpelweg te veel contaminanten in t.o.v. de nutriënten. Vaak – en ook in dit geval – is Cd het element wat het eerste over de grens gaat.

De beste kansen zijn er voor toepassing van assen van de verbranding van specifieke agrarische residuen, die een substantieel gehalte nutriënt (P, K, Ca, etc.) bevatten. Dit zijn dezelfde assen die ook voor indirecte toepassing in aanmerking komen, dus bv. as van cacao-doppen, olijfpitten en koffieschillen, kippenmest, diervoer, etc. In het buitenland zijn er wel gevallen bekend. Dit zijn o.a. assen van de verbranding van kippenmest in Engeland (FibroWatt) en assen van de verbranding van stro in Denemarken.

De nationale wetgeving bepaalt of direct gebruik van biomassa-assen is toegestaan. In Oostenrijk is het wel toegestaan, maar in Nederland niet.

Voor de technische geschiktheid als (grondstof voor) kunstmest is de beschikbaarheid voor planten van belang, als het effect op de pH van de grond. Kalium is in alle gevallen direct beschikbaar. Fosfaat kan tijdens het verbrandingsproces omgezet worden in slecht oplosbaar apatiet, wat bij toepassing in de bodem wel 20 jaar erover kan doen om volledig beschikbaar te komen. Overigens hoeft langzame beschikbaarheid geen probleem te zijn. Er is een markt voor slow-release kunstmest.

Recent onderzoek, o.a. door de Universiteit van Rostock [Eichler et al., 2010] heeft duidelijk gemaakt, dat voor de meeste verbrandingsassen fosfaat toch wel beschikbaar is; in tegenstelling tot de algemeen gangbare gedachte. Proeven tonen aan dat fosfaat niet alleen beschikbaar is (citroenzuurtest), maar dat de effectiviteit als fosfaatmeststof ook meetbaar is in veldtesten. De auteurs geven in een persoonlijke communicatie aan, dat de fosfaat van rooilslibas en diermeelas wel een beperkte fosfaatbeschikbaarheid heeft.

## 4.5 Hergebruik van assen als bouwstof

Hergebruik van “pure” biomassa-assen als bouwstof staat nog in de kinderschoenen, maar heeft wel de grootste diversiteit aan mogelijkheden; iets wat aansluit bij de grote diversiteit aan assen. Vaak zijn er verhoogde concentraties van zouten (vooral K en Cl), die bestaande toepassingen onaantrekkelijk of simpelweg onmogelijk maken. Toepassing van biomassa-assen verhoogt de risico's op uitloging en corrosie vergeleken met assen van steenkool.

Voor alle toepassingen als bouwstof geldt, dat er met betrekking tot duurzaamheid een vraagteken gezet kan worden bij de onttrekking van nutriënten aan de biosfeer. Er zijn echter op dit moment vele asstromen, waarschijnlijk de meerderheid, die vanwege hun samenstelling niet voor recycling of voor toepassing als meststof in aanmerking komen. Hiervoor is hergebruik als bouwstof een duurzamer alternatief dan storten.

### 4.5.1 Directe toepassing als bouwstof

Voor toepassing als bouwstof moet onderscheid gemaakt worden tussen directe toepassing en toepassing als grondstof voor de vervaardiging van bouwstoffen. De mogelijkheden tot directe toepassing worden bepaald door de uitloging van ongewenste elementen. In Nederland wordt dat bepaald door het Besluit Bodemkwaliteit [[www.besluitbodemkwaliteit.nl](http://www.besluitbodemkwaliteit.nl)]. De uitloging wordt bepaald in gestandaardiseerde testen, bv. CEN/EN-12457, die vervolgens via modelberekeningen worden getoetst aan de criteria van het Besluit Bodemkwaliteit. In de toekomst zal de European Construction Products Directive van kracht gaan worden.

De regelgeving voor directe toepassing is complex en het is niet de bedoeling in dit rapport hier diep op in te gaan. Tot voor kort was het Bouwstoffenbesluit [Bouwstoffenbesluit, 1995] van toepassing en in de afgelopen tien jaar zijn een aantal biomassa-assen daaraan getoetst. Hieruit is een algemeen beeld ontstaan, wat door invoering van nieuwe wetgeving waarschijnlijk niet essentieel zal veranderen:

- Vliegassen van verbranding van “pure” biomassa voldoen in geen enkele test en kunnen dan ook niet worden toegepast. Er zijn ook geen gevallen bekend; wel van meestookvliegassen met een hoog gehalte biomassa-as.
- Sommige bodemassen van “pure” biomassa voldoen en kunnen in onbeperkte mate direct worden toegepast. Dit is doorgaans de wegenbouw of andere infrastructuurle werken in tussenlagen onder wegen of als versterking van taluds. Dit zijn over het algemeen de bodemassen van wervelbedinstallaties.
- Voor andere bodemassen gelden beperkingen of is directe toepassing niet toegestaan. In de meeste gevallen voldeden de bodemassen niet direct, maar was er sprake van overschrijding van enige elementen, zoals Mo, Se, Pb en/of Zn.

De fluctuaties in samenstelling en dus in uitloogbaarheid van biomassa-assen maakt directe toepassingen lastig. Zeker als bepaalde elementen dicht op de limiet zitten.

De uitloogbaarheid van assen kan vaak verlaagd worden door ze enige tijd aan de lucht bloot te stellen. De assen absorberen dan kooldioxide en worden minder basisch. Dat verlaagt de uitloogbaarheid van bepaalde kritische elementen, zoals Pb en Zn.

### 4.5.2 Indirecte toepassingen bodemas

In praktijk voldoen bodemassen vaak net niet aan criteria voor directe toepassing. In dat geval kunnen ze samen met andere reststromen verwerkt worden tot granulaat. Het eindproduct, een

mengsel van o.a. gemalen beton, stenen en bodemas voldoet dan wel en kan direct toegepast worden of als grondstof voor beton dienen.

### 4.5.3 Indirecte toepassingen vliegias

De biomassavliegassen vormen voor de toekomst de grootste uitdaging. Hieronder worden een paar bekende en mogelijke bulktoepassingen nader toegelicht.

#### **Cement en beton**

De reguliere toepassing voor vliegassen van het meestoken van biomassa in steenkoolcentrales is in beton en cement. De standaarden CEN/EN-450 en CEN/EN-197 zijn van toepassing. De vliegassen hebben puzzolane werking en vervangen (een deel van) Portland cement in de toepassing. Operators van meestookcentrales waken ervoor dat de vliegassen aan deze standaarden voldoen en het levert beperkingen op voor het meestookpercentage.

Vliegassen van "pure" biomassa-assen voldoen doorgaans niet aan deze standaarden. In het algemeen gaan vrij CaO (2-3 wt%), K<sub>2</sub>O (4-8 wt%) en/of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (3-6 wt%) over de grens. Dit wil overigens niet zeggen, dat ze niet in cement of beton verwerkt kunnen worden. De kwaliteit wordt echter minder en de toepassingen zijn beperkt. Het probleem zit vooral in corrosie van de het staal in gewapend beton. Er wordt echter ook op grote schaal ongewapend beton toegepast, o.a. betontegels, en dan is biomassavliegias wel een realistische optie. Vanzelfsprekend is de waarde minder dan van vliegassen die wel voldoen aan de standaarden.

#### **Light-weight Aggregates (LWA)**

Van alle opties uit de lijst in paragraaf 4.2 is de productie van Light-weight Aggregates (LWA) is het dichtste bij economisch succes. LWA's kunnen beschouwd worden als kunstgrind en lijken op geëxpandeerde kleikorrels, zie Figuur 4.1. De processtappen bestaan uit het nat agglomereren van de grondstof die uit poeder en/of zand bestaat. Deze worden koud of warm gebonden. Koude binding is gebaseerd op een chemische reactie waarbij calcium silicaat hydraat wordt gevormd, net zoals in beton; bijvoorbeeld het Aardelite proces. Hete binding vindt plaats door middel van sintering; bijvoorbeeld Trefoil of Lytag. Afhankelijk van de procescondities kunnen LWA's gemaakt worden met een hogere of lagere dichtheid.



Figuur 4.1 Kunstgrind (Light-weight Aggregates, LWA) gemaakt van een mengsel van steenkoolvliegias en biomassavliegias

Gebruik van LWA's is doorgaans in beton ter vervanging van grind. De standaard CEN/EN-13055 geeft criteria voor deze toepassing. Met LWA's met een lage dichtheid is het mogelijk om lichtere betonconstructies te bouwen. Het is op zich een aantrekkelijke bouwstof en er is voldoende markt voor maar de productiekosten zijn relatief hoog. Het is ook mogelijk om LWA's te gebruiken op andere plaatsen, zoals in kruipruimtes onder gebouwen.

Proeven met LWA's hebben zich tot nu toe beperkt tot steenkoolassen en meestookassen die door steenkool worden gedomineerd. Hieruit is telkens gebleken, dat uitloging van het beton waarin ze toegepast worden niet noemenswaardig afwijkt van beton met andere grondstoffen. Hoewel niet bewezen, ligt het voor de hand dat ook LWA's gemaakt van "pure" biomassa-assen bij toepassing in cement ook zullen voldoen. De contaminanten zijn grotendeels geïmmobiliseerd.

### **Opvulling in mijnen**

Een bestaande toepassing voor biomassabodemassen (en vliegassen) is als opvulling van verlaten mijnen. De assen moeten hiervoor naar Duitsland worden geëxporteerd. Het wordt beschouwd als een nuttige toepassing omdat bijvoorbeeld het risico van instorten van mijn gangen vermindert. De mogelijkheden hiervoor zijn beperkt ook door de competitie door andere materialen (bv. van huisvuilverbranding) maken dit een minder aantrekkelijke optie.

### **Kunstriffen**

Een meer exotische toepassing voor biomassa-assen is in de vorm van kunstriffen. De uitloging van alkalimetalen en chloor is voor die toepassing geen belemmering. De kunstriffen bestaan uit betonnen constructies, die geen dragend functie hebben. Na verloop van tijd zullen de blokken begroeid raken en mogelijk uit elkaar vallen. De toepassing van steenkoolassen is onderzocht in Japan, Engeland en de Verenigde Staten. Onderzoek geeft aan dat de zware metalen in het beton geen merkbare invloed hebben op de organismes die erop groeien. Ook is er geen bewijs gevonden voor merkbare overdracht van zware metalen aan roofdieren en epifauna. Ook in Nederland zijn experimenten gedaan voor de kust van Zeeland.



Figuur 4.2 Kunstriffen (Reefballs) gemaakt van voorgevormd beton, nabij Dreischor in Zeeland (© Reefball International) [[www.reefball.org](http://www.reefball.org)]

In het algemeen kan gesteld worden dat de uitloging van zouten op weinig bezwaren zal stuiten bij toepassingen in zee, terwijl uitloging elders juist als een verhoogd risico geldt bij het toepassen van biomassa-assen in beton. Speciaal voor Nederland ligt hier een kans, omdat bij verhoging van de zeespiegel de kustverdediging geïntensiveerd zal worden. Concrete initiatieven om juist biomassa-assen toe te passen zijn echter niet bekend, mogelijk bij gebrek aan grote hoeveelheden as, terwijl er toch enorme hoeveelheden materiaal gebruikt zou kunnen worden.

### **C-fix**

In het BIOAS project [Pels et al, 2004] kwam toepassing als vulstof in C-fix [[www.c-fix.com](http://www.c-fix.com)] als een technische haalbare optie naar voren. Het is op dit moment nog niet duidelijk of C-fix ooit een bulktoepassing gaat worden. Het bitumen dat als bindmiddel gebruikt wordt verhindert zo goed als elk contact tussen water en mineralen. Dit betekent dat ze niet of zeer langzaam uitlogen. In C-fix kunnen echter ook andere sterk uitlogende materialen toegepast worden zoals vliegassen uit afvalverbrandingsinstallaties, die nog veel minder perspectief hebben voor toepassing dan biomassavliegassen en een (nog) lagere economische waarde vertegenwoordigen.

## Bakstenen

Onlangs is gebleken [Moedinger, 2010] dat toepassing van biomassa-assen in baksteen een veel groter potentieel heeft dan tot nu toe aangenomen. Er worden in Europa grote hoeveelheden bakstenen gemaakt. Hierin kunnen grote hoeveelheden biomassa-assen verwerkt worden en de industrie kan deze goed gebruiken. Het zijn niet de fabrieken waar bakstenen gebakken worden, noch de verkopende kanalen die de biomassa-assen graag zien komen, maar de fabrieken waar ruwe materialen voorgemengd worden, voordat ze naar een steenbakkerij vervoerd worden. Een beetje onverbrand koolstof is geen bezwaar, maar eerder een voordeel omdat er een groeiende vraag is naar lichte en poreuze bakstenen. Ook verlaging van de sintertemperatuur door de aanwezigheid van kalium wordt eerder beschouwd als een voordeel dan als een nadeel.

Op dit moment is nog niet duidelijk wat precies de perspectieven zijn, maar er zijn goede kansen vanwege de volgende redenen:

- De markt is zeer groot en verspreid binnen Europa.
- De samenstelling van de biomassa-assen lijkt niet erg kritisch te zijn, dus fluctuaties zijn minder problematisch dan in vele andere toepassingen.
- Problemelementen worden in het proces geïmmobiliseerd en vormen weinig risico bij toepassing en verwerking.
- De industrie wil deze bron graag aanboren ter vervanging van de steeds duurder wordende primaire grondstoffen.

## 4.6 Hergebruik van biomassa-assen als brandstof

Bepaalde assen bevatten een hoog gehalte aan koolstof en ander brandbaar materiaal. Wanneer een as tenminste 35% koolstof bevat kan het uitstekend als brandstof ingezet worden [Pels et al., 2006]. Technisch is het zelfs mogelijk om assen met slechts 10% koolstof effectief mee te stoken in kolencentrales.

Bij toepassing als brandstof zal er rekening mee moeten worden gehouden dat in veel assen een accumulatie van schadelijke stoffen heeft plaatsgevonden, zodat een adequate rookgasreiniging noodzakelijk zal zijn. Daarnaast geldt, dat assen in principe afvalstoffen zijn en de installaties die assen als brandstof innemen moeten dan ook aan de BVA voldoen. Een uitzondering is een geïntegreerde vergasser, waarbij een naverbrandingssysteem gekoppeld is aan de vergasser die de koolstofrijke assen produceert en als zodanig als één installatie geldt.

Verbranding van assen zal zelf wederom assen produceren, waarvoor alsnog een toepassing gezocht kan worden. Deze assen zijn echter zo goed als identiek aan assen uit verbrandingsinstallaties en kunnen als zodanig beschouwd worden. In de praktijk zal het vooral moeilijk zijn om een koper voor de assen te vinden.

## 4.7 Samenvatting

Voor bodemassen zal het in het algemeen mogelijk zijn om deze in te zetten als bouwstof. De bodemassen bevatten ook relatief weinig nutriënten. Mogelijk dat de bodemassen gemalen en/of gezeefd moeten worden. Directe toepassing in de wegenbouw en toepassing als granulaat 0-40 zijn voorbeelden van bestaande routes voor bodemassen.

Voor vliegassen is het onmogelijk om één of twee aantrekkelijke opties voor hergebruik aan te geven. Wel zijn er voor specifieke assen soms aantrekkelijke opties. De volgende conclusies kunnen hierbij getrokken worden):

- De assen van de verbranding van schoon hout kunnen inzetbaar zijn voor recycling, eventueel na export. Er zal ten opzichte van de huidige praktijk iets zorgvuldiger gestookt moeten worden.
- De assen van de verbranding van schone landbouwresiduen komen in aanmerking voor toepassing als meststof of als grondstof voor kunstmestproductie.
- Een grote diversiteit aan biomassa-assen is in principe toepasbaar voor een grote diversiteit aan bouwstoffen. In bulk zijn de productie van kunstgrind en bakstenen het meest kansrijk, maar dit is nog geen praktijk.

- Vergassingsassen met een hoog koolstof gehalte zijn inzetbaar als secundaire brandstof. Daarbij moet wel aan de BVA voldaan worden, dus is dit pas aantrekkelijk bij grotere hoeveelheden. Onder de gebruikers zouden naast energieproducenten ook de cementindustrie, smelterijen en hoogovens kunnen vallen.
- De verbandingsassen van diermeel en bepaalde mest zijn geschikt voor de productie van fosfor (als element).

## 5. Economische factoren

### 5.1 Economische data

#### **Verwerkingskosten voor biomassa-assen**

Voor het hergebruik van biomassa-assen zijn de kosten voor verwerking van groot belang. Gezien het feit dat het om bulkmaterialen gaat is logistiek (transport en opslag) een aanzienlijke kostenpost in elke toepassing. Inpassen in bestaande routes is de goedkopere optie, maar technisch zelden haalbaar. Assen van verbranding van kippenmest en papierslib zijn inzetbaar als grondstof voor respectievelijk kunstmest en cement. Nieuwe verwerkingsroutes ontwikkelen is kostbaar. Ze worden alleen bij een grotere schaalgrootte overwogen, al zijn uitzondering denkbaar.

#### **Indicatie van kosten verwerking biomassa-assen**

De grootschalige verwerking van biomassavliegassen tot kunstgrind kost ongeveer € 45 per ton [Pels en Sarabèr, 2010]. Deze optie is in de KEMA/ECN studies naar voren gekomen als de meest aantrekkelijke voor co-firing vliegassen en ook voor bepaalde assen van "pure" biomassa. Alle andere opties (zie paragraaf 4.2) zijn ofwel duurder ofwel hebben om andere reden geen economisch perspectief. Er moet nl. ook een afzetmarkt zijn die de producten kan opnemen.

De hoogste kosten voor verwerking van assen zijn voor processen waarin de assen gesmolten worden tot synthetisch basalt of een vergelijkbaar product. De kosten hiervoor zijn ten minste € 200 [Pels et al., 2006]. Zeer optimistische schattingen komen uit op € 75 voor koolstofvrije assen, waarbij de calorische waarde wordt ingezet om in een smelter de vereiste temperatuur te halen en op die manier aardgas uit te sparen.

De kosten voor het recyclen van houtassen in de Zweedse bossen ligt op ongeveer € 60 per ton (uitgaande van verstrooiing op de grond; niet van gebruik van helikopters).

De kosten voor het kraken en zeven van bodemassen tot granulaat liggen op enkele euro's tot enkele tientjes per ton.

#### **Economische waarde van assen**

De prijzen waarvoor biomassa-assen afgenomen worden kunnen niet goed gebruikt worden om te dienen als indicatie voor de kosten. Er zijn andere economische factoren die hierin een rol spelen.

- Het gaat om relatief kleine hoeveelheden assen en er zijn maar weinig spelers op de markt, die elkaar bovendien goed kennen.
- De waarde van de producten die uit de assen gemaakt worden.
- De prijzen voor alternatieve grondstoffen of van andere reststromen die in dezelfde route terechtkomen, bv. residuen uit afvalverbrandingsinstallaties.
- De prijs van de brandstof. Contracten omvatten vaak meer dan alleen de afname van assen. Bijvoorbeeld: Van Werven Recycling levert de brandstof aan de WKC Lelystad en neemt de assen in. Dit is één contract. Vervolgens verwerkt Van Werven de bodemassen tot granulaat 0-40.

Betreffende partijen zijn weinig bereid om informatie te verstrekken over de prijzen die zij betalen/ontvangen voor de assen.

Inzet in de kunstmestindustrie is op dit moment in beweging. De kosten voor verwerking kunnen vergelijkbaar zijn met die voor verwerking van ertsen, mits de assen alleen simpele bewerkingen hoeven te ondergaan, zoals zeven en malen. De assen kunnen een waarde hebben op basis van de gehaltes nutriënten, P en K. Prijzen zijn niet bekend, maar wel is bekend dat fosfaatrijke assen van rioolslib tot kunstmest verwerkt wordt.



### **Kleine stromen**

Voor kleine hoeveelheden assen zal storten eigenlijk de enige optie zijn. Mogelijk is een recyclingbedrijf bereid om meerdere stromen bodemassen te verzamelen en tot bouwstof te verwerken, maar voor vliegassen zal het uitzonderlijk zijn als er toevalligerwijs een nuttige toepassing bestaat die precies deze stroom kan gebruiken.

Er zijn hoge kosten aan verbonden, zowel bij het ontwikkelen als bij het uitvoeren. Voor kleine stromen kunnen die redelijkerwijs niet terugverdiend worden.

Een deel van deze problemen wordt veroorzaakt doordat installatiebeheerders datgene verstoken wat goedkoop is. Hierdoor fluctueert de askwaliteit en wordt toepassing van de assen nog lastiger. Dit is een beetje een kip-ei-probleem, omdat er vanuit de installatiebeheerders weinig motivatie is om prioriteit te geven aan het bewaken van de askwaliteit als de as toch gestort gaat worden.

### **Storten als alternatief**

Momenteel zijn de kosten voor het storten van biomassa-assen vaak lager dan de kosten voor hergebruik, ondanks dat er ook nog ca. € 100 stortbelasting betaald moet worden. Stortkosten bedragen:

- gevaarlijk afval: €85 euro per ton
- niet-gevaarlijk afval: €30 euro per ton

Aangezien de meeste biomassa-assen onder niet-gevaarlijk afval vallen, zal een alternatieve verwerking dus goedkoper moeten zijn dan € 30. Zelfs de grootschalige productie van kunstgrind, de meest aantrekkelijke optie uit de evaluatie, is te duur.

### **Vooruitzicht tot 2020**

Voor recycling en alle vormen van hergebruik, bulk en niche, geldt dat een consistente, kwaliteit en kwantiteit essentieel zijn voor de technische en economische haalbaarheid. Dit houdt in dat de samenstelling en andere specificaties voorspelbaar moeten zijn binnen een bepaalde bandbreedte en dat er een contante toevoer van materiaal moet zijn. Onder de huidige omstandigheden wordt hier veelal niet aan voldaan, met als gevolg dat veel assen ongebruikt blijven en gestort worden. Het is in veel gevallen, met name voor de zeer kleine asstromen, niet realistisch om recycling of hergebruik na te streven.

Het ontwikkelen van nieuwe toepassingen is bijna onmogelijk omdat het investeringen vraagt die redelijkerwijs niet terug te verdienen zijn, uitgaande van de geringe omvang van de individuele asstromen. Het gevolg is dat veel vliegassen worden gestort en dit zal in de nabije toekomst niet gaan veranderen.

Een stortverbod of een zeer sterke verhoging van de storkosten zijn waarschijnlijk de enige manier waarop alternatieve verwerkingsroutes tot ontwikkeling kunnen komen.

## **5.2 Bottlenecks**

### **Algemeen**

In het algemeen is de grootste bottleneck voor toepassing van assen afkomstig van de thermische conversie van biomassa, dat het om een groot aantal stromen gaat, die relatief gering van omvang zijn en die een grote variatie in samenstelling vertonen. Als gevolg hiervan is het onder de huidige omstandigheden (economisch) aantrekkelijker om deze te storten, dan ze nuttig toe te passen. Het ontwikkelen van een nieuwe toepassing is al helemaal een kostbare zaak.

Voor nuttig hergebruik van bodemassen afkomstig van de verbranding of vergassing van biomassa zijn er eigenlijk geen bottlenecks. Toepassing als (bulk) bouwstof is mogelijk en als het een volume is van enige omvang, wordt het ook gedaan.

Voor nuttig hergebruik van vliegassen afkomstig van de verbranding of vergassing van biomassa zijn er wel belemmeringen en bedreigingen. Bij directe toepassing als bouwstof zijn er – in geval van vliegassen in Nederland – in alle gevallen wel een paar elementen die te veel uitlogen. Vaak zijn dit Cd, Mo en Se, maar ook sulfaat en chloride zijn regelmatig spelbreker, zelfs als er biomassa wordt verstoekt zonder verontreinigingen. Het is uiteraard aan

bodemkundigen om vast te stellen welke normen moeten gelden, maar gezien het feit dat deze elementen doorgaans aan de bodem onttrokken zijn, kun je je afvragen of die normen niet te streng zijn. In het geval van sloophout zijn ook Pb en Zn elementen die snel over de limieten gaan, maar een versoepeling van de normen kan hier niet worden verlangd met het argument dat deze elementen uit de bodem komen. Ze zijn afkomstig van verontreinigingen, zoals verforesten.

Bij toepassing als grondstof voor bouwmaterialen of voor kunstmest geldt uiteraard dat het eindproduct moet voldoen aan de daarvoor geldende normen. Hier liggen de belemmeringen eerder op het gebied van de logistiek en inconsistente askwaliteit, die voortvloeien uit het feit dat er vele kleine stromen zijn met variabele samenstelling. Fabrikanten van bouwstoffen en kunstmest vragen om grote stromen met een gegarandeerde kwaliteit voordat ze bereid zijn om hun productieproces daarop in te richten.

In het algemeen is het lastig dat er geen uniforme regels zijn in de EU. Voor bouwmaterialen zijn deze in de maak, maar voor meststoffen is het erg onoverzichtelijk..

### **Recycling van houtassen**

De recycling van houtassen naar bossen en energieplantages zou apart van de reguliere meststoffenregelgeving moeten worden geregeld. De tijdshorizon is verschillend, wat van belang is voor de beschikbaarheid van fosfaat. Ook kan het op deze manier mogelijk worden hogere gehalten zware metalen in uitgestrooide assen toe te staan, mits deze b.v. slechts eenmaal in de 20 jaar worden verstrooid. Tenslotte speelt bij deze vorm van recycling het contact met recreanten een rol, wat in de landbouw minder relevant is.

### **Export van biomassa-assen**

Grensoverschrijdend transport van assen is in principe mogelijk. Afval mag geëxporteerd worden als aangetoond kan worden dat het op de plaats van bestemming nuttig gebruikt wordt. Voor biomassa-assen is dat aannemelijk te maken wanneer de assen daadwerkelijk gebruikt gaan worden als bouwstof of meststof, of voor recycling naar het bos. De procedures hiervoor zijn echter niet eenvoudig.

## **5.3 Fosfaatkringloop**

De inzet van biomassa-assen is van bijzonder belang voor de fosfaatkringloop. Een deel van de fosfor die in Nederland wordt ingevoerd in de vorm van voedsel, veevoer en biomassa brandstof, met name de brandstof gemaakt uit landbouwresiduen, komt uiteindelijk in de assen van biomassaverbrandingsinstallaties terecht. Een eerste schatting geeft aan dat dit voornamelijk zal zijn in de assen van:

- rioolslib (DRSH, SNB en anderen die rioolslibkorrel verstoken)
- mest (kippenmest in BMC Moerdijk)
- diermeel (Maasvlakte Centrale)

Rioolslib en mest worden vooral in wervelbedcentrales verstoekt. Fosfor komt dan voor het grootste deel terecht in de vliegassen. De bodemassen van dergelijke centrales bestaan voornamelijk uit zand en bevatten weinig andere nutriënten (N en K). Voor het sluiten van de fosfaatkringloop is het dus zaak om de vliegassen in te zetten voor de productie van kunstmest, of mogelijk direct als meststof. Op dit moment worden de vliegassen van rioolslib die in Nederland geproduceerd worden als bouwstof ingezet. ICL Fertilizers (Amsterdam) gebruikt wel de as van rioolslib als grondstof voor kunstmest, maar importeert dit vanuit Engeland [Ehlert, 2010].

Diermeel wordt voor het grootste deel meegestoekt met steenkool en fosfor eindigt in de vliegassen. Deze worden ingezet voor cementproductie, zodat fosfor wat hierin zit ook onttrokken is aan de fosfaatkringloop.

Het is aan te bevelen om de fosfaatproblematiek integraal met NMI op te nemen. ECN zal daartoe samenstellingen van assen van rioolslib, kippenmest en diermeel ter beschikking stellen.

## Conclusies

Uit de voorgaande hoofdstukken kan geconcludeerd worden dat er in Nederland in de periode 2010-2020 een toename wordt verwacht van het aantal installaties, dat uitsluitend biomassa gebruikt voor de opwekking van energie. Dit zullen vooral installaties voor verbranding zijn.

De volgende conclusies hebben betrekking op verbrandingsassen:

1. De hoeveelheden assen uit verbrandingsinstallaties met uitsluitend biomassa als input zal naar verwachting groeien tot in totaal ongeveer 130 kton per jaar in 2020.
2. De "pure" biomassa-assen die in Nederland geproduceerd worden en in het komende decennium geproduceerd gaan worden zullen divers van aard zijn. Ten eerste bestaan deze uit bodemassen en vliegassen. Ten tweede produceren verschillende typen installaties verschillende assen. Ten derde is de keuze van de brandstoffen bepalend voor de kwaliteit van de assen. Het gevolg is dat er een groot aantal kleinere asstromen zal komen met een ruime variatie in samenstelling/kwaliteit.
3. Veel biomassa-assen zullen verontreinigd zijn omdat er geen schone biomassa gestookt wordt. Dit geldt o.a. voor sloophout (N.B. volgens de CEN/TS 14691 norm is sloophout geen biomassa brandstof, maar een afval).
4. Voor vrijwel elk type vliegass of bodemas is een nuttige toepassing denkbaar en technisch haalbaar. Of zo'n toepassing realistisch is hangt af van het prijskaartje wat er aan verwerking gehangen mag worden. Productie van kunstgrind zal ca. € 45 per ton kosten. In het ergste geval kunnen assen worden omgesmolten tot synthetisch basalt. Deze toepassing kost meer dan € 200 per ton en kost bovendien veel energie.
5. Recycling van biomassa-assen naar de bossen in Nederland is geen realistische optie. Niet alleen zijn er geen of weinig assen die traceerbaar afkomstig zijn van hout uit Nederlandse bossen, maar ook hebben bossen in Nederland een recreatieve functie, die in gevaar komt bij het uitstrooien van assen. Op basis van de Zweedse normen zouden sommige assen van schone biomassa voldoen en mogelijk geëxporteerd kunnen worden.
6. Bestaande vormen van hergebruik die zijn ontwikkeld voor steenkoolvliegassen, zijn niet zondermeer toepasbaar voor "pure" biomassa-assen, omdat deze laatste meer zouten bevatten en dus niet voldoen aan de normen voor toepassing in cement en beton.
7. Bodemassen en bedassen zijn over het algemeen geen probleem. Deze worden momenteel al ingezet als secundaire bouwstof, o.a. in granulaat 0-40 of als bouwzand. Hierin hoeft geen verandering te komen.
8. Voor vliegassen zijn er toepassingen denkbaar, waarbij de verschillen en fluctuaties in samenstelling minder relevant zijn. Dit zijn o.a. toepassing als vulstof in asfalt, als grondstof in bakstenen, als grondstof voor kunstmestfabricage.
9. Biomassa-assen uit de kleinste installaties (particulieren en kleine bedrijven) gaan met het huisvuil of bedrijfsafval mee. Inzamelen hiervan is niet praktisch (lees: onbetaalbaar). Ook zal de samenstelling onvoorspelbaar zijn.
10. Voor alle vormen van hergebruik geldt, dat consistente kwaliteit en kwantiteit noodzakelijk zijn voor economisch rendabele toepassingen. Dit is momenteel problematisch en dit zal naar verwachting in de nabije toekomst niet veranderen. De omvang van elke asstroom is gering; zelden meer dan 3 kton/jr. Deze omvang maakt het niet aantrekkelijk om een specifieke nieuwe toepassing te ontwikkelen.

De volgende conclusie hebben betrekking op vergassingsassen en pyrolyseassen"

11. Het is de vraag of het zinvol is om onderscheid te maken tussen verbrandingsassen enerzijds en vergassingsassen en pyrolyseassen anderzijds. Het enige verschil is het veel hogere koolstofgehalte van de laatste. Het is wel zinvol om onderscheid te maken tussen assen met een hoog en met een laag koolstofgehalte.
12. Veel vergassingsassen zullen een laag koolstof gehalte hebben en daarom niet wezenlijk verschillen van de assen van directe verbranding. Dit is o.a. het geval bij entrained-flow vergassing en indirecte vergassing. Ook wanneer de assen de assen van vergassing en pyrolyse worden naverbrand, zijn het lage-koolstof-assen.

13. De groei van de hoeveelheden hoge-koolstof-assen is naar verwachting gering. Er zijn wel sterk uiteenlopende schattingen van de hoeveelheden biomassa-assen van vergassing en pyrolyse, oplopend tot 250 kton per jaar, maar dit betreft dan lage-koolstof-assen.
14. Voor de hoge-koolstof-assen die geproduceerd worden ligt naverbranding voor de hand.
15. Lage-koolstof-assen hoeven niet apart beschouwd te worden van verbrandingsassen.

## 6. Referenties

Bouwstoffenbesluit (Dutch Building Materials Decree), Nr. 12689/165, Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM), 1995

ECN, Referentieramingen energie en emissies 2005-2020, herziene versie, mei 2005

Eichler, B. et al. "Phosphorus Fertilizing Effects of Biomass Ashes – An Overview", presented at the Ash Conference, 22-23 March 2010, Innsbruck, Austria

Ehlert, P., personal communication, 17 April 2010

Emilsson, S., International Handbook "From Extraction of Forest Fuels to Ash Recycling", Swedish Forestry Agency, ISBN 91-975555-1-7, 2006

Moedinger, F., personal communication, 23 March 2010

Moolenaar, S. W. and De Haas, M. J. G., "Landbouwkundige beoordeling biomassa-assen ECN" (Agricultural assessment of biomass ashes ECN)", Report 948.04, NMI, Wageningen, Netherlands, 2004 (in Dutch)

NMI (Nutriënten Management Instituut) "Handboek Meststoffen", ISBN 90 5439 096 4, NMI, Netherlands, 2000

Pels, J.R. et al. "Askwaliteit en toepassingsmogelijkheden bij verbranding van schone biomassa (BIOAS)", Report ECN-C—04-091, ECN, Petten, Netherlands, 2004 (in Dutch)

Pels, J.R. et al. "GASASH – Improvement of the economics of biomass/waste gasification by higher carbon conversion and advanced ash management.", Report ECN-C—06-038, ECN, Petten, Netherlands, 2006

Pels, J.R. and A.J. Sarabèr, "Management en Toepassing van Biomassa-assen", presented at Biomassa Meestook Symposium, 27 May 2010, Amsterdam, The Netherlands

Sarabèr, A.J. and Overhof, L.F.A.G., "Identification of bulk and niche applications of ashes derived from co-combustion, co-gasification and biomass combustion", Report 50780586.610-TOS/ECC 08-9280 (confidential), KEMA, Arnhem, Netherlands, 2009

Sarabèr, A.J. en Overhof, L.F.A.G., "Scenarios for ash volumes and origins in the Netherlands", 50780586.610-TOS/MEC 08-9086 Confidential DRAFT, KEMA, Arnhem, Nederland, 2010

Skogsstyrelsen, "Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling (Recommendations for the extraction of forest fuel and compensation fertilizing)", Swedish Forestry Agency, 2001 (in Swedish)

Skogsstyrelsen, "Skogsvårdslagen-Handbok (Silvicultural Act – Handbook)", Swedish Forstry Agency, 2001 (in Swedish)

[www.besluitbodemkwaliteit.info](http://www.besluitbodemkwaliteit.info)

[www.c-fix.com](http://www.c-fix.com)

[www.reefball.org](http://www.reefball.org)