



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

# *Ombouw van afval en gasgestookte centrales naar biomassa*

*In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat*

*>> Duurzaam, Agrarisch, Innovatief  
en Internationaal Ondernemen*

OMBOUW VAN AFVAL EN GASGESTOOKTE CENTRALES NAAR  
BIOMASSA

# Inventarisatie van technische en marktervaringen voor ombouw naar biomassa

— Rijkdienst voor Ondernemend Nederland

Rapport nr. 18-0435

Datum: 09-05-2018



Projectnaam: Ombouw van afval en gasgestookte centrales naar biomassa DNV GL - Energy  
DNV GL Netherlands B.V.  
Rapport titel: Inventarisatie van technische en marktervaringen voor ombouw naar biomassa Postbus 9035  
6800 ET ARNHEM  
Klant: Rijkdienst voor Ondernemend Nederland, The Netherlands  
Croeselaan 15, 3521 BJ Utrecht, The Netherlands  
Contactpersoon: S. Peeters Tel: +31 26 356 9111  
Datum: 09-05-2018 KvK 09006404  
Project nr.: 10073146  
Organisatie unit: Energy Markets & Technology  
Rapport nr.: 18-0435

Geschreven door:	Beoordeeld door:	Goedgekeurd door:
F. Lamers	M. Cremers	R. Meijer
Principal consultant	Business Lead Emerging Energy Technologies	Team Lead Energy Markets & Technology

Copyright © DNV GL 2018 All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distributie: Trefwoorden:  
 Onbeperkte distributie (intern en extern) [Trefwoorden]  
 Onbeperkte distributie binnen de DNV GL Groep  
 Onbeperkte distributie binnen DNV GL Netherlands  
 Geen distributie (vertrouwelijk)

Versie	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
Concept	15-03-2018	Eerste concept uitgave	F. Lamers	M. Cremers	R. Meijer
0	11-04-2018	Eerste definitieve uitgave	F. Lamers	M. Cremers	R. Meijer

DNV GL Netherlands B.V.

## Inhoud

1	SAMENVATTING .....	2
2	INLEIDING.....	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Gevolgde aanpak	6
3	TECHNISCHE ASPECTEN VAN OMBOUW VAN CONVENTIONELE INSTALLATIES NAAR BIOMASSA .....	7
3.1	Algemene aanpak	7
3.2	Biomassa in gasgestookte installaties	7
3.3	Ombouw van lijnen van Afval Energie Centrales (AEC's) naar biomassa	17
3.4	Referenties	20
4	BIOMASSAMARKT IN NEDERLAND .....	21
4.1	Algemeen	21
4.2	Vrij beschikbaar biomassapotentieel in Nederland	22
4.3	Biogas en groen gas	24
4.4	Digestaat en eindslib	24
4.5	ONF fracties uit Nascheidingsoperaties	25
4.6	Hout	25
4.7	Totaal op termijn beschikbaar biomassapotentieel	26
4.8	Referenties	27
5	PERCEPTIE BIOMASSA OMBOUW .....	28
5.1	Vergunbaarheid	28
5.2	Perceptie bij de omgeving	28
5.3	Perceptie bij de industrie	28
6	DISCUSSIE EN CONCLUSIES.....	30
6.1	Ervaringen in het buitenland	30
6.2	Nederlandse potentie voor ombouwtrajecten	31
6.3	Beschikbare biomassastromen	32
6.4	Conclusies	33
BIJLAGE A Interviews		

# 1 SAMENVATTING

Het ombouwen van energiecentrales die warmte en/of elektriciteit produceren uit gas of afval naar installaties die warmte en/of elektriciteit opwekken uit verantwoord geoogste dan wel afval biomassa kan bijdragen aan de verduurzaming en decarbonisering van de energievoorziening. In dat geval kan mogelijk met een relatief beperkte investering een bestaande inrichting verduurzaamd worden.

De focus van de onderhavige studie ligt op het in kaart brengen van technologische en marktmogelijkheden voor de ombouw van gascentrales en AEC lijnen. In het buitenland bestaan voorbeelden van dergelijke ombouwprojecten.

De scope van de vraagstelling behelst:


1. De ervaringen met de ombouw van centrales voor warmte en/of elektriciteit te inventariseren en te analyseren, en
2. De marktaspecten en –ontwikkelingen m.b.t. grootschalig gebruik van biomassa als brand- en grondstof in beeld te brengen en te analyseren en
3. De invloed van de publieke en politieke opinie op de investering in beeld te brengen.

Deze 3 aspecten samen geven een beeld wat het perspectief is voor ombouw van zulke energieopwekkingsinstallaties in Nederland.

De bevindingen van de studie worden hieronder weergegeven.

## **Van gas naar biomassa**

- Het direct gebruik van vaste biomassa, maar ook biogas als brandstof voor gasturbines wordt uitgesloten in verband met schadelijke effecten op de gasturbine. De ombouw van STEG-eenheden naar biomassa kan alleen door biomassa verbrandingseenheden met een stoomketel stoomzijdig in te koppelen op de turbine van de afgassenketel van de STEG, waarmee door het oververhitten een optimaal rendement wordt behaald.
- Grootschalige buitenlandse ervaringen met de omschakeling van gasgestookte elektriciteitsinstallaties naar vaste biomassa (bijvoorbeeld in Denemarken) blijken vrijwel zonder uitzondering te gaan om stoomketels die in eerste instantie zijn ontworpen voor vaste brandstoffen (met name steenkool) en die vervolgens zijn herontworpen of omgebouwd tot gasgestookte installaties. Dat neemt met zich mee dat in het vuurhaardontwerp al rekening is gehouden met multifuel gebruik met voldoende verblijftijd van de vaste brandstofdeeltjes om voldoende uitbrand te creëren.
- Introduceren van biomassa als vervanging van gas neemt met zich mee dat er op de locatie grote additioneel ruimtevraag ontstaat voor biomassa opslag en (voor)behandeling, en voor aanvullend noodzakelijke ontstopping en rookgasreiniging.
- De ervaringen tonen aan dat de ombouw naar biomassa van gasgestookte ketels die van oorsprong gebouwd zijn als multifuel ketel technisch haalbaar is. De business case wordt in Denemarken en Zweden bepaald door de energiebelasting en CO<sub>2</sub> belasting op fossiele brandstoffen die 3 - 4 eurocent per kW thermisch bedraagt.
- Zweedse ervaringen tonen aan dat kleinere gas en HFO gestookte installaties geschikt te maken zijn voor de verwerking van biomassa. Er zijn daarbij voorzieningen getroffen om voldoende verblijftijd van de biomassa te creëren. Daarbij moet bovendien in ogenschouw worden genomen dat er op die specifieke locaties voldoende ruimte was voor de opslag en logistiek van biomassa en er ruimte was



voor het toevoegen dan een rookgasreiniging. Voor de Nederlandse situatie is dat in industriële omgeving vaak niet mogelijk.

- Bij ketels die oorspronkelijk alleen gebouwd zijn als gasketels is een ombouw van de vuurhaard en ketel nodig om voldoende verblijftijd van vaste biomassa te creëren. Gezien de noodzaak tot additionele biomassa logistiek en rookgasreiniging dient de haalbaarheid in dat geval zorgvuldig te worden vastgesteld.
- Onderzoek naar toepassing van pyrolyseolie (tweede generatie biomassa) in bestaande gasketels gaf aan dat dit technisch gemakkelijker is vergeleken met de inzet van vaste biomassa. De beschikbaarheid van pyrolyseolie is afhankelijk van de mate waarin pyrolysecapaciteit wordt gebouwd. Ook hierbij is overigens rookgasreiniging nodig.
- Bij maximale vervanging (theoretisch, praktisch onrealistisch) en een rendement van 45% betekent dat 400 PJ aan biomassa input. Door de bovengenoemde beperkingen schatten wij in dat maximaal 20-25% van dit vermogen vervangen kan worden (dus tot circa 100 PJ aan biomassa input).

### **Van afval naar biomassa**

- Buitenlandse ervaringen tonen aan dat het gebruik van AEC lijnen voor biomassaverwerking technisch goed haalbaar is. Op dit moment is biomassa inzet in AEC installaties niet competitief met het verstoken van afval en er is daarom geen business driver voor ombouw.
- Voor de Nederlandse AEC's komt het overwegen van het gebruik van oude AEC lijnen voor de verwerking van biomassastromen alleen in aanmerking als reststromen met een negatieve waarde toegepast kunnen worden en daarnaast speelt een rol als de lijnen waar het over gaat een functie vervullen bij het leveren van redundantie voor warmtelevering. Per lijn van 200000 ton per jaar die daarvoor geschikt wordt gemaakt is sprake van een biomassastroom van orde grootte 2 PJ.
- Een additionele specifieke stroom voor verwerking in AEC lijnen, die nu nog niet als biomassastroom wordt toegerekend, maar die 70 – 80% biomassa kan bevatten, is ONF uit afvalnascheidingsinstallaties.
- Het toekomstpotentieel voor verwerking van ONF uit afvalnascheidingsinstallaties in AEC lijnen kan in de toekomst oplopen tot circa 6 PJ; op dit moment gaat het om een beschikbare stroom van circa 1,6 PJ.
- Daarmee is het totaal potentieel voor biomassa in AEC's (oplopend tot circa 10 PJ) aanmerkelijk kleiner dan het gereduceerd potentieel voor de vervanging van gas (100 PJ).

### **Biomassapotentieel**

- Het in Nederland beschikbare potentieel aan biomassa tussen nu en 2030 is 69 PJ, waarvan 10,8 PJ schoon hout uit bossen en 28,2 PJ uit biogas. Deels zullen deze een andere bestemming vinden dan elektriciteits- en warmte opwekking. Daarmee sluit deze hoeveelheid wel ruim aan bij de potentie in de AEC sector, maar is ontoereikend als er sprake is van grootschalige vervanging van gascapaciteit.
- Het benodigd potentieel aan duurzaam geproduceerde biomassapelleten kan volgens marktdeskundigen gemakkelijk door de internationale markt tot stand worden gebracht.



## Vergunningen en perceptie

- Het proces voor het verkrijgen van een vergunning voor de ombouw van afvalcentrales naar biomassa is relatief eenvoudig en leidt naar verwachting niet tot bezwaarprocedures
- Het proces voor het verkrijgen van een vergunning voor de ombouw van gasgestookte installaties naar biomassa is relatief eenvoudig. Voor projecten binnen de bebouwde kom kunnen bezwaarprocedures verwacht worden vanuit twijfels over de duurzaamheid van biomassa
- Het overtuigen van industriële investeerders om hun gasgestookte installaties om te bouwen op biomassa is gecompliceerd. Er is vaak een voorkeur voor decommissioning van bestaande gasinstallaties en nieuwbouw.

## 2 INLEIDING

### 2.1 Algemeen

Het ombouwen van energiecentrales die warmte en/of elektriciteit produceren uit gas of afval naar installaties die warmte en/of elektriciteit opwekken uit verantwoord geoogste dan wel afval biomassa kan bijdragen aan de verduurzaming en decarbonisering van de energievoorziening. In dat geval kan mogelijk met een relatief beperkte investering een bestaande inrichting verduurzaamd worden.

Om als Nederland te kunnen voldoen aan de Doelstellingen van Parijs 2015 (COP 21) dient de volledige potentie uitgenut te worden. Onderdeel hiervan is het omschakelen van de Nederlandse energie-infrastructuur naar CO<sub>2</sub>-arme productie. Daarbij speelt het maximaal benutten van de inzet van biomassa in bestaande thermische infrastructuur, ter vervanging van fossiele bronnen, een belangrijke rol.

De grootschalige ombouw van bestaande hoog rendement energiecentrales op basis van vaste brandstoffen zal ook een rol spelen om te kunnen voldoen aan de COP-21 doelstellingen; de technologie daarvoor is evenwel bekend en dit blijft daarom buiten de scope van de aangevraagde studie. In de praktijk zijn veel van origine vaste brandstofcentrales (kolen) omgebouwd naar biomassa. De grootste uitdaging is evenwel de ombouw van gascentrales naar biomassacentrales.

De focus van de onderhavige studie ligt daarom op het daarbovenop in kaart brengen van technologische en marktmogelijkheden voor de ombouw van gascentrales en AEC lijnen. Hierbij gaat het om de grote stookinstallaties of IPPC/IED inrichtingen, als zodanig aangeduid in het Activiteitenbesluit. In het buitenland bestaan voorbeelden van dergelijke ombouwprojecten.

RVO heeft DNV GL verzocht een overzicht te geven van de mogelijkheden welke in Nederland bestaan voor de ombouw van conventionele gas and afvalgestookte energiecentrales en industriële ketels naar biomassagestookte inrichtingen. Hierbij gaat de aandacht uit naar configuraties waarbij zowel elektriciteitsproductie alsook uitkoppeling van warmte naar de industriële processen en/of de gebouwde omgeving plaatsvindt.

De scope van de vraagstelling behelst daarmee:

1. De ervaringen met de ombouw van centrales voor warmte en/of elektriciteit te inventariseren en te analyseren, en
2. De marktaspecten en –ontwikkelingen m.b.t. grootschalig gebruik van biomassa als brand- en grondstof in beeld te brengen en te analyseren en
3. De invloed van de publieke en politieke opinie op de investering in beeld te brengen.

Deze 3 aspecten samen geven een beeld wat het perspectief is voor ombouw van zulke energieopwekkingsinstallaties in Nederland.

Tevens dient het rapport aan te geven hoe dergelijke ombouwprojecten aansluiten op de vier transitiepaden die momenteel door het Ministerie van Economische Zaken (EZ) worden uitgewerkt; deze transitiepaden behelzen 'Kracht en licht', 'Hoge T-warmte', 'Lage T-warmte' en 'Vervoer'. Er wordt vanuit gegaan dat minder kan worden aangesloten bij het transitiepad 'Vervoer'.

De studie reikt aangrijpingspunten aan voor de ontwikkeling van maatregelen ter beperking van eventuele omgevingseffecten door de overgang op vaste biomassa als brandstof, voor zover niet reeds voorzien in het Activiteitenbesluit.



Daarbij wordt opgemerkt dat de huidige stimuleringsinstrumenten zoals SDE+ geen onderdeel van de rapportage uitmaken.

## 2.2 Gevolgde aanpak

Voor het project zijn de in Bijlage A genoemde partijen benaderd, teneinde een beeld te krijgen van de ontwikkelingen en mogelijkheden op het gebied van de verwerking van biomassa in gasgestookte of afvalgestookte lijnen. Gezamenlijk met RVO zijn de partijen benaderd voor een kick off. Tijdens de kick-off is het projectplan gepresenteerd en zijn ervaringen en suggesties van deelnemende partijen geïnterviewd.

Na de kick-off zijn tevens een aantal buitenlandse partijen benaderd en geïnterviewd aangaande hun ervaringen.

Bij aanvang van de studie is aangegeven dat in ieder geval de volgende projecten – inclusief bijbehorende partijen – geïnterviewd zouden worden

Tabel 1 Overzicht relevante buitenlandse projecten

<b>Bedrijf</b>	<b>Installatie</b>
<b>Ørsted</b>	Avedøre Power Plant Unit 2 (Aardgas/oliegestookt naar biomassa)
<b>Ørsted</b>	Herning Power Plant (Aardgas/olie/houtchips gestookt naar houtstof/houtsnippers)
<b>Ørsted</b>	Skaerbaek Power Plant Aardgas/oliegestookt naar houtsnippers coverbranding
<b>Babcock Wilcox / Vølund</b>	Harboøre Varmeværk - Houtsnipper vergasser + gasgestookte WKK
<b>Propellets Austria</b>	Biomassa markt (pellets)
<b>A2A</b>	Parallel afvalverbrandingslijn en biomassaverbranding in AEC Brescia

De totale inventarisatie heeft zich gestoeld op de interviews met boven genoemde partijen en op review van publiek bekende literatuur.

De gegevens uit deze inventarisatie zijn weergegeven in onderhavig rapport, dat als volgt is georganiseerd:

Hoofdstuk 2 – Technische opties en ervaringen met de verwerking van biomassa in gasgestookte lijnen en AEC-lijnen

Hoofdstuk 3 - Marktaspecten beschikbaarheid biomassa

Hoofdstuk 4 - Perceptie en vergunningverlening

Hoofdstuk 5 - Discussie

Hoofdstuk 6 - Discussie en conclusies

## 3 TECHNISCHE ASPECTEN VAN OMBOUW VAN CONVENTIONELE INSTALLATIES NAAR BIOMASSA

### 3.1 Algemene aanpak

De inzet van biomassa in gasgestookte installaties dan wel in AEC-lijnen is wezenlijk verschillend.

- De business case van gasgestookte lijnen wordt voor een groot deel bepaald door het rendement en de beschikbaarheid van de installatie. Daarom worden hoge kwaliteitseisen gesteld aan de biomassa, om sterke vervuiling en ongeplande verlaging van de beschikbaarheid te voorkomen. De focus voor biomassa inzet in gasgestookte installaties ligt daarom op schone biomassastromen en vloeibare biomassastromen. Aanvullend aan de benodigde aanpassingen in het verbrandingssysteem / de ketel, zijn aanpassingen aan de rookgasreinigingstrein daarbij een randvoorwaarde.
- De business case van afvalenergiecentrale (AEC) lijnen wordt voor een groot deel bepaald door de poorttarieven van het afval. Daarom is de installatie zodanig uitgevoerd dat er een hoge flexibiliteit is voor input kwaliteit. Dat betekent dat voor de verwerking van biomassa a priori gezocht naar biomassa afvalstromen met een negatieve waarde;

Deze beide routes worden daarom separaat behandeld in de paragrafen 3.2 en 3.3. Telkens wordt een algehele introductie gegeven en daarna worden een aantal ervaringen behandeld. Aan het einde van de paragraaf volgt een aantal technische waarnemingen en conclusies.

### 3.2 Biomassa in gasgestookte installaties

#### 3.2.1 Algehele introductie

Bij de inzet van biomassa moet onderscheid gemaakt worden tussen vaste biomassa (voornamelijk pellets en chips, maar ook bijvoorbeeld stro en gras), vloeibare biomassa (pyrolyseolie), biogas en syngas (uit vergassing)..

Voor de inzet van biomassa in gasgestookte installaties moet onderscheid gemaakt worden in de volgende scenario's:

- Inzet in een gasketel (zowel WKK als "heat only")
- Inzet in een warmtekrachtcentrale (WKK) op basis van een gasmotor of gasturbine (vloeibare of gasvormige biomassa)
- Stoomzijdige inkoppeling in een STEG (Stoom en Gascentrale, ook wel bekend als Combined Cycle)

In de Nederlandse praktijk zijn er bij de energieproductiebedrijven voor grootschalige energieopwekking geen gasgestookte stoomketels; in de industrie zijn er evenwel grotere aantallen gasgestookte ketels beschikbaar. Bij de grootschalige energieopwekking is voornamelijk sprake van STEGs.

In Europa is met name Denemarken vergevorderd op het gebied van de inzet van biomassa bij de energieopwekking en in Zweden / Finland is er ervaring in het verwerken van biomassa in industriële ketels. In de volgende paragrafen een kort overzicht van ervaringen.

## 3.2.2 Deense ervaringen

### 3.2.2.1 Algemeen

In Denemarken is er een grote focus op het verminderen van de inzet van fossiele energiebronnen. De Energiebelasting en CO<sub>2</sub> belasting van gezamenlijk circa 3 Eurocent/kWh thermische input op fossiele energiebronnen is een driver voor de inzet van duurzame energiebronnen. Denemarken heeft als doelstelling om voor zijn elektriciteitsproductie steenkoolvrij te zijn in 2030. Orsted (voormalig Dong Energy) heeft aangegeven uiterlijk 2023 steenkool uit te faseren. Een aantal oudere installaties in Denemarken zijn reeds omgebouwd van steenkool naar gas/olie en later naar biomassa.

Burmeister and Wain Energy, één van de leidende equipment manufacturers (OEM) op dit vlak geeft aan dat de omschakeling van gas naar biomassa gepaard gaat met aanpassing van brandstoflogistiek en brandstofopwerking en dat een review gedaan moet worden van de geschiktheid van de bestaande ketel/brander configuratie voor biomassa.

Op basis van ervaringen vanuit Orsted (het voormalige Dong Energy) worden 3 strategieën gehanteerd voor de ombouw van gas naar biomassa, te weten:

1. Verstoken van biomassa in een bestaande gasketel (al dan niet superkritisch) paragraaf 3.2.2.2
2. Verstoken van biomassa in een biomassaketel en de stoom uit de biomassaketel inbrengen in de stoomturbine van een STEG, (paragraaf 3.2.2.3) en
3. volledig vervangen van een gasketel door een biomassaketel. (paragraaf 3.2.2.4)

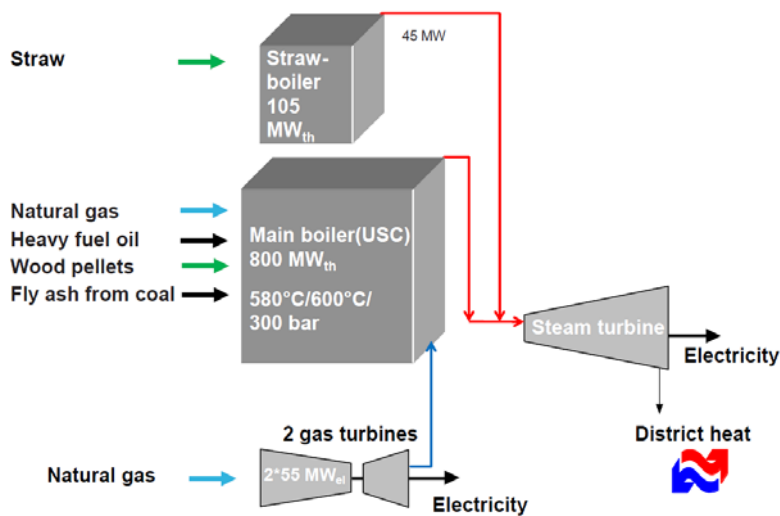
Bij elk wordt een typisch voorbeeld gegeven. Vanuit Orsted wordt aangegeven dat het vergassen van biomassa en doorleiden van gas over een gasturbine te veel kwaliteitseisen met zich meebrengt om succesvol te kunnen worden ingezet.

### 3.2.2.2 *Directe inzet biomassa in een oorspronkelijk gasgestookte ketel* *Voorbeelden: Avedøre 2 Installatie en Herning Installatie*

Voor het direct inbrengen van biomassa in een gasgestookte ketel is het van belang dat de ketel en de branders beide geschikt zijn voor de gevraagde flexibiliteit. Voor wat betreft de ketelconfiguratie betekent dat dat de onderlinge pijpafstand (inclusief invloed van vinnen) zodanig is dat de ketel niet vervuilingsgevoelig is en dat de verblijftijd in de ketel lang genoeg is om voldoende uitbrand van biomassa te realiseren. In het algemeen vergt dat een ingrijpende aanpassing van de ketelconfiguratie omdat in een gasketel de uitbrandtijd geen issue is en deze daarop dan ook niet ontworpen is. Daarnaast dient bij het overgaan van gas naar biomassa een rookgastrein te worden toegevoegd.

#### **Avedøre 2**

De Avedøre 2 elektriciteitsinstallatie is oorspronkelijk gebouwd (in 2001) als een mixed fuel power plant, waarbij zowel aardgas, zware olie (HFO, heavy fuel oil) biomassapellets en stro verwerkt konden worden in dezelfde installatie. Oorspronkelijk werd de installatie mede ontwikkeld voor de verbranding van poederkool, maar reeds voordat de installatie definitief gebouwd werd, werd het ontwerp aangepast voor biomassa/multifuel zonder gebruik van poederkool (ten gevolge van het moratorium op steenkool vanuit de Deense overheid in 1996). Dit betekent wel dat het ontwerp reeds in de uitgangssituatie geschikt was voor het verbranden van vaste brandstoffen.



Figuur 1 Overzicht operations in Averdore 2

De totale outputcapaciteit van de oorspronkelijke WKK-STEG installatie, is 585 MW elektriciteit en 570 MW warmte. Zonder de gasturbines is dat 355 MW elektriciteit en 495 MW warmte.

De elektriciteitsinstallatie is opgebouwd uit een superkritische ketel (stoomcondities 590°C 300 Bar) die in principe geschikt was voor vaste poedervormige brandstoffen, waar oorspronkelijk gas en olie in werd verstoekt maar waar schone houtpellets (na vermalen) kunnen worden bijgestookt, een stoomzijdig aangeschakelde biomassaketel waarin stro wordt verbrand (110.000 ton per jaar), een stoomturbine generatorset en 2 afzonderlijke gasturbines met een capaciteit van 55 MW per stuk, die gebruikt kunnen worden voor piekvermogen. Avedore 2 is gebouwd door het Deense bedrijf Burmeister & Wain Energy.

De installatie was oorspronkelijk bedoeld om ten opzichte van de totale energie-input in de Avedore 2 installatie circa 10% stro in te brengen, geheel via de aangeschakelde biomassaketel (die uitgerust was met roosterverbranding) en de superkritische ketel voornamelijk te stoken op gas (85%) met een klein percentage pellets. Mede door de hoge gasprijzen is al meteen vanaf in gebruik name in 2001 de inzet van pellets veel hoger geworden. Momenteel wordt er opgeschaald om de superkritische ketel geheel te bedienen op houtpellets (in 2027 moet 100% biomassa worden bereikt). Kritisch daarin was dat de branders in de superkritische ketel en ook de ketel zelf ontworpen waren voor "multifuel gebruik".



Figuur 2 – Overzicht Avedore installatie

Momenteel kan de installatie elektriciteit en warmte leveren door in de superkritische ketel 100% houtpellets te verstoken. In 2014 zijn aanpassingen gedaan waardoor de pellet inzet op energiebasis kon worden verhoogd van 80 naar 100%. Daarbij kan per uur maximaal 170 ton pellets worden verstoekt. Op basis van alleen biomassa (stro en pellets) heeft de installatie nu een capaciteit van 394 MW elektrisch en 497 MW warmte.

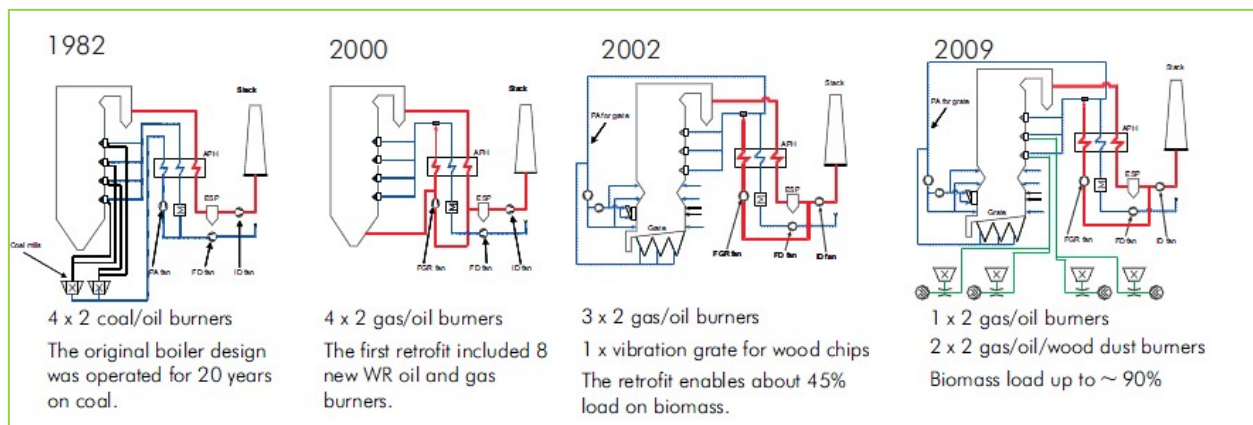
De belangrijkste bottleneck voor de inzet van 100% houtpellets is de beschikbaarheid van voldoende aanvoer. Recent is er kraancapaciteit gebouwd voor de overslag van 800 ton per uur aan pellets vanuit het schip naar de wal.

De installatie is ten behoeve van biomassaverbranding uitgerust met ontzwaveling, ontstoffing en DeNOx. Voor alleen het verstoken van gas zou dat niet nodig zijn geweest.

### **Herning**

De Herning installatie behelste in 2002 de ombouw van een gas / olie gestookte installatie naar biomassa. Omdat het hier origineel ging om een kolengestookte installatie was de ketel al zodanig geconfigureerd dat de benodigde verblijftijd voor uitbrand van de biomassadeeltjes gemakkelijk gerealiseerd kon worden -

De Herning installatie is gebouwd in 1982 als een kolengestookte WKK installatie die naast elektriciteit stadsverwarming levert, met een vermogen van 88 MW elektrisch en 171 MW warmte. In 2000 is Herning omgebouwd tot een gasgestookte ketel en 2 jaar later is de installatie geschikt gemaakt voor het verstoken van houtchips, via een trillend rooster. Sinds een verdere ombouw in 2009, waarin rijen poederbranders voor verpoederde houtpellets zijn toegevoegd (totale ombouwkosten 110 Miljoen DKK) draait de installatie grotendeels op biomassa (45 MW chips, 45 MW houtpellets). De installatie draait op stoomparameters van 525°C en 115 Bar. Het jaarlijks chip verbruik is 285.000 ton en het jaarlijks pellet gebruik 75.000 ton (meting 2010). Er wordt momenteel (2012) een ombouw gepleegd om het rendement van de installatie met 20% te verhogen (investering 200 Miljoen DKK).



Figuur 3 – successievelijk ombouw operaties Herning installatie

### 3.2.2.3 Verbranden van biomassa in een aparte ketel die zijn stoom direct levert aan de stoomturbine van de gasgestookte installatie Voorbeeld: Skaerbaek power plant

Dit behelst het stoomzijdig inkoppelen van een biomassagestookte ketel in een gasgestookte ketel (die oorspronkelijk kolengestookt was). Hierbij is er sprake van directe verbranding van de biomassa in een voor dat doel gebouwde ketel, inclusief aangeschakelde rookgasreiniging. Stoom uit die biomassaketel wordt gevoed in de stoomturbine van de gasketel. Dat neemt met zich mee dat er op biomassa meer flexibiliteit van productkwaliteit is. Dit omdat de verbranding plaatsvindt op een rooster of in een wervelbed en de bestaande gasketel niet hoeft te worden aangepast op de rookgaskwaliteit uit biomassaverbranding.

#### **Skaerbaek Power plant (WKK)**

De Skaerbaek installatie behelste in 2014 het geschikt maken van een gasgestookte superkritische ketel voor het verwerken van stoom uit aangekoppelde biomassalijnen. Hoewel origineel de Skaerbaek installatie een kolengestookte installatie behelste was de ketel zodanig ingrijpend omgebouwd dat direct verstoken van biomassa in deze ketel door branderaanpassing niet als een optie beschouwd werd.

De Skaerbaek installatie is oorspronkelijk gebouwd in 1951 als een kolengestookte installatie. In 1997 vond ombouw naar een superkritische gasgestookte ketel plaats (Stoomcondities 580°C, 290 Bar). De Skaerbaek installatie levert ongeveer 2/3 van de stadsverwarming in de stedendriehoek met de steden Frederica, Kolding, Middelfart en Felle.

TVTVIS, het stadsverwarmingsbedrijf in deze driehoek heeft in de ombouw naar biomassa van de Skaerbaek installatie geïnvesteerd met het doel de stadsverwarming meer CO<sub>2</sub> neutraal te maken en uiteindelijk onafhankelijk van fossiele brandstoffen. De huidige ombouw levert een reductie op van CO<sub>2</sub> emissies met circa 83%. (79000 ton per jaar)

In 2014 is aan de bestaande gasgestookte Skaerbaek WKK een tweetal biomassaketels gekoppeld (geleverd door B&W Volund). Hierbij wordt de stoom die door de biomassaketels wordt geproduceerd, toegevoerd aan de bestaande stoomturbine. De stoomdruk en -temperatuur die aan de turbine wordt toegevoerd ligt lager dan de originele stoomdruk en -temperatuur. De gasketel wordt nu

alleen nog gebruikt voor "piekbedrijf" en voor leveren van de basisbelasting van het hoge druk gedeelte van de turbine.

De biomassaketels (stoomcondities 540°C, 82 Bar) hebben een vermogen van 280 MW. De stoom wordt via een stoompijp geleverd aan de turbine (middendruk gedeelte, over de herverhitter) van de gasgestookte installatie. Het biomassavermogen wordt gebruikt als het "basisvermogen" en gas wordt nog gebruikt voor piekvermogen. Totaal wordt op full load 156 ton/uur aan houtchips gebruikt. In dat geval is er een elektrisch vermogen van 92 MW en een warmtevermogen tot 320MW.

De biomassaketels zijn uitgerust met een rookgasreiniging (doekenfilters) geleverd door Bilfinger Duro Drakovic. De totale investering voor het ombouwtraject bedroeg DKK 1,8 Miljard.

#### *3.2.2.4 Volledige vervanging van een gasketel door een biomassaketel*

In kleinschalige energieopwekking voor warmtenetwerken is een alternatieve aanpak van Ørsted om de bestaande oude gasgestookte installatie uit bedrijf te nemen en te vervangen door een biomassaketel, met in het algemeen een lager vermogen. Deze conversie leidt volgens Ørsted tot de hoogste kosten per MW aan vermogen.

#### *3.2.2.5 Biomassavergassing en verbranding van het syngas in een gasketel Voorbeeld Harboøre Varmeværk*

Bij het Harboøre Varmeværk is vanaf 1996 een biomassavergasser (ontwerp B&W Volund) in bedrijf. De vergasser heeft een thermisch vermogen van 3,5 MW. Het syngas uit de "updraft" vergasser wordt gevoed aan een conventionele gasgestookte gasketel, die het syngas verbrandt en stoom opwerkt die in een stoomturbine wordt omgezet tot een vermogen van 1 MW elektrisch en 1,9 MW warmte.

De biomassavergasser heeft van 1996 tot 2011 een gemiddelde beschikbaarheid gehad van 8000 uur per jaar.

Om het elektrisch vermogen vanuit de vergasser te verhogen zijn optimalisaties gedaan om het teergehalte in de gassen te verlagen teneinde het gas te kunnen toevoeren naar een gasmotor. Dat is momenteel mogelijk.

#### *3.2.2.6 Algeheel technische ervaringen Ørsted*

- Voor de inzet van biomassa in bestaande gasketels, dient de brandstoflogistiek aangepast te worden en dienen geschikte biomassamolens te worden geïnstalleerd om de biomassa als poeder in te kunnen blazen (voor biomassapellets) of dient een rooster te worden geïnstalleerd om in kwaliteit meer variabele biomassachips in te brengen. De benodigde brandstofvoorbereiding (opslag en verkleining) is een extra "bewerkingstrein". Op de locatie van de installatie moet voldoende additionele ruimte beschikbaar zijn om deze te kunnen installeren
- Hoewel niet als zodanig gedeeld tijdens het interview, leren de gedeelde voorbeelden dat er bij directe ombouw naar biomassa (directe invoer in de ketel van biomassa via de branders) in geen geval sprake is van de ombouw van een van origine alleen gasgestookte ketel. De verblijftijd in een alleen gasgestookte ketel is te kort om biomassadeeltjes te laten uitbranden. In dat geval is een ingrijpende ombouw van de vuurhaard / ketel nodig.
- De ervaringen van Ørsted geleerd dat de integratie van een nieuwe biomassaketel in een bestaande gascentrale met een stoomturbine (ok deze instrallatie een omgebouwde kolencentrale) mogelijk is en bewezen technologie. De integratie van de stoom van de biomassaketel in de turbine van de bestaande centrale is technisch wel gecompliceerd door lagere stoomdrukken en -temperaturen vanuit de biomassa.
- Bij ketels die gestookt worden op zowel hout als gas is de optimalisatie van de temperatuur- en drukregeling een belangrijk aandachtspunt. Avedore 2 is een superkritische ketel met een

stoomtemperatuur van 583 °C en 310 bar die succesvol flexibel ingezet wordt met voornamelijk houtpellets.

- Bij de ombouw van gas naar houtchips is de vervuiling van oververhitters een aandachtspunt. Ook de uitbrand is vaak niet voldoende door de variërende grootte van de houtsnippers. Chips zijn dermate wisselend in kwaliteit dat deze via een rooster horen te worden verbrand en niet via poederverbranding.
- Houtpellets zijn stabiel in kwaliteit en kunnen verwerkt worden via nieuwe poederbranders die in de gasketel kunnen worden aangebracht.
- Bij de omschakeling van aardgas naar biomassa dient ontstopping en ontzwaveling te worden geïnstalleerd, die voor aardgas niet nodig is.
- De biomassaketels halen een hoge beschikbaarheid in de winter (95%). De warmtevraag is dan groot. Onderhoud wordt in de zomer gepland.
- Grootschalige gasturbines draaiend op biogas worden in Denemarken niet toegepast. Orsted beschouwt het voldoende grootschalig opwerken van biogas tot aardgaskwaliteit op dit moment als niet haalbaar, zowel vanuit logistiek oogpunt als vanuit kostenooipunt.
- Gasmotoren kunnen wel toegepast worden voor biogas. De eisen die aan het gas worden gesteld liggen veel lager dan bij gasturbines.

### 3.2.3 Zweedse ervaringen

Op basis van literatuur ervaringen en van een reisverslag van ENECO met betrekking tot de mogelijkheden tot ombouw van gasgestookte installaties naar biomassa (uit 2005) kunnen de volgende ervaringen worden samengevat:

#### ***Algehele ervaringen***

In Zweden werd al vanaf 1980 omgeschakeld van fossiele brandstoffen naar biomassa, met name voor stadsverwarming, waarbij in het begin in Mora en Växjö (1978 / 1979) warmteketels omgebouwd werden van oliegestookt naar biomassa gestookte installaties. Enkele jaren later werd in Växjö een WKK ketel omgebouwd naar biomassa.

In Zweden zijn er grofweg 3 technologische ontwikkelingen geweest:

1. In het verleden werden veelal bestaande ketels omgebouwd naar vaste biomassa: inmiddels is de trend om nieuwe installaties te bouwen voor het verstoken van vaste biomassa
2. Overgang van het bijstoken van biomassa met fossiele brandstoffen naar het stoken van 100% biomassa
3. In het verleden werden met name "heat only boilers" (warm water ketels) omgebouwd naar biomassa, in verband met de duurzaamheidsvoordelen die wel telden voor warmte maar niet voor elektriciteit. De latere omschakeling van Zweedse bedrijven om de ketels van WKK's om te bouwen om deze geschikt te maken voor biomassa is erop gebaseerd dat pas begin 1990 in Zweden de hoge CO2 belasting op fossiele brandstoffen ten behoeve van elektriciteitsproductie is ingevoerd.

De Zweedse ervaring is dat de ombouw van fossiele ketels (olie) naar biomassa technisch haalbaar is. Recent zijn, bij einde levensduur van oudere WKK's of heat only installaties telkens nieuwe installaties voor de verbranding van biomassa gebouwd. Daar waar nog gas of oliegestookte WKK's aanwezig zijn, zijn die wel geschikt voor ombouw.



### **ENECO reisverslag:**

ENECO bezocht een zestal Zweedse bedrijven die hun installaties hadden omgebouwd van gas / olie naar biomassa (Zie onderstaande Tabel 1). Daarvan waren 4 energiebedrijven, één papierfabriek en één afvalbedrijf. Van de energiebedrijven leverden er 2 alleen stadsverwarming en 2 stadsverwarming en elektriciteit; de papierfabriek leverde stadsverwarming, processtoom en elektriciteit en de afvalverbrander leverde stadsverwarming en processtoom. Gezamenlijk hadden deze 6 bedrijven 8 biomassalijnen geïnstalleerd, waarvan 5 op basis van de houtpoederbranders, 1 op basis van circulerend wervelbed (CFB) met chips en 2 uitgerust met roosterverbranding. Het vermogen van de installaties varieerde van 14 MW thermisch tot 250 MW elektrisch (thermische vermogens 14, 16, 25, 75, 80 en 100 MW, elektrische vermogens 50 en 240 MW). Onder de bedrijven die bezocht zijn waren zowel vrij nieuwe installaties als oudere installaties.

Tabel 1 Overzicht bezochte bedrijven

<b>Bedrijf</b>	<b>Type</b>	<b>Installatie</b>	<b>Opwekking</b>
Vattenfall Drefviken Jordbro	Energiebedrijf	Houtpoederketel 75 MW <sub>th</sub>	Stadsverwarming
Norrenergi Solna	Energiebedrijf	Houtpoederkool 100 MW <sub>th</sub>	Stadsverwarming
Maelarenergi Vaesteras	Energiebedrijf	Houtpoederketel 240 MW <sub>e</sub> CFB Houtchips 50 MW <sub>e</sub>	Stadsverwarming Elektriciteit
Enkraft Enkoeping	Energiebedrijf	Houtpoederketel 16 MW <sub>th</sub> Grid Houtchips 80 MW <sub>th</sub>	Stadsverwarming Elektriciteit
Nordic Paper/Fortum Saeflle	Papierfabriek	Houtpoederbrander 25 MW <sub>th</sub> (black liquorketel)	Stadsverwarming Processtoom Elektriciteit
Fortum / Oerebro Kartong Oerebro	Afvalverwerker	Papier/plastic rooster ketel 14 MW <sub>th</sub>	Stadsverwarming Processtoom

Een belangrijke ervaring is dat de voorbereiding van de biomassa zeer belangrijk is, vooral de juiste selectie van de hamermolens voor het verpoederen van de biomassa.

De bedrijfsvoerders en leveranciers bij de 6 bezochte bedrijven gaven een positief beeld over de technische mogelijkheden om bestaande stoomketelinstallaties op basis van gas en olie om te bouwen naar bio-energie installaties. De ervaringen van deze bedrijven zijn wat betreft het verbrandingsproces goed. De beschikbaarheid is hoog en zowel gas- als oliegestookte installaties zijn op basis van het technisch concept (poederwolkverbranding) om te bouwen. De installaties zijn in multy fuel uitvoering verkrijgbaar. Indien de vuurhaard van een bestaande ketel te klein is (max vuurhaardbelasting < 350 kW<sub>th</sub>/m<sup>3</sup>) kan gebruik gemaakt worden van een voorkamer.

De omgebouwde installaties zijn in principe op afstand regelbaar en onbemand te bedrijven. De handling van biomassa is arbeidsintensiever dan het gebruik van stookolie of aardgas.

Als grondstof voor de brandstof wordt hout gebruikt wat samengeperst is tot pellets (kleine staafjes) of briketten. De benodigde extra ruimte voor handling en opslag van de biomassa is in de Zweedse context in het algemeen voldoende beschikbaar.

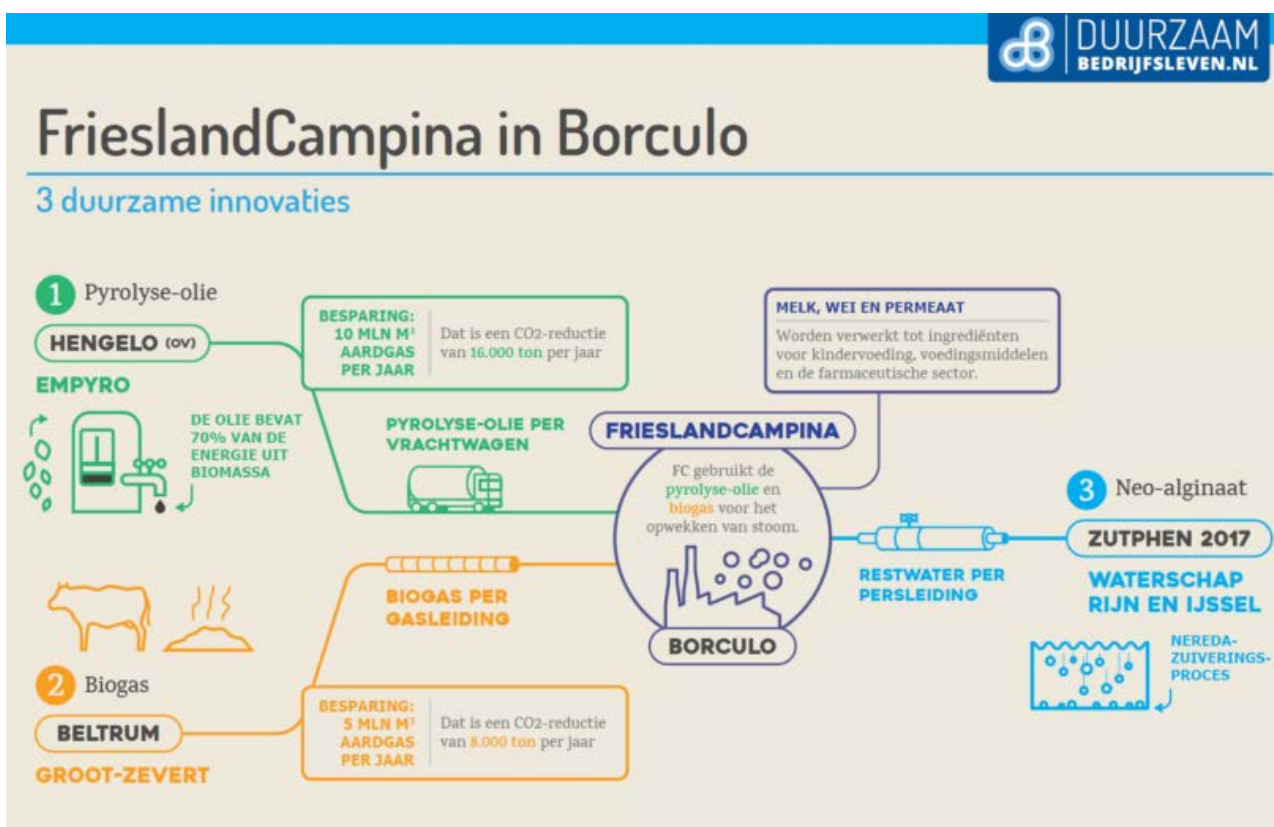
### 3.2.4 Potentie voor vloeibare biomassaverbranding

Deze paragraaf is mede gebaseerd op de informatie die vanuit BTG is aangeleverd.

In Nederland is op dit moment één installatie die vloeibare biomassa – pyrolyseolie verbrandt, namelijk de Friesland Campina WKK in Borculo. Het totale schema van ingaande en uitgaande stromen binnen deze installatie wordt op de volgende pagina weergegeven.

Empyro levert al zijn pyrolyse-olie (20 – 24 kton per jaar) aan de installatie van Friesland Campina en levert daarmee ongeveer een vermogen van circa 13 MW thermische input op basis van 7500 uur. Een additioneel vermogen van 6,66 MW thermische input komt uit de levering van biogas.

De Friesland Campina installatie is speciaal ontworpen voor vloeibare biomassa en de business case van Empyro was mede afhankelijk van het contract met Friesland Campina.



Figuur 4 overzicht Friesland Campina installatie en voeding

In Nederland bestaan er geen verdere installaties voor de verbranding van vloeibare biomassa maar er zijn meerdere projecten in discussie. Telkens is er een onderlinge afhankelijkheid tussen het sluiten van een langjarig afnamecontract voor pyrolyse olie, de investering in een pyrolyse installatie en het investeren in een installatie die pyrolyse-olie kan verwerken. Er is studie uitgevoerd naar de mogelijkheden om zogenaamde cilindrische gasketels om te bouwen naar pyrolyse-olie gestookte ketels (referentie: Interview met Dhr Toussaint, BTG). De conclusies daaruit waren dat er een aantal uitdagingen zijn:

- Er is nog geen praktijkervaring.
- De economizer van dergelijke cilindrische ketels is uitgevoerd met gevinde pijpen, die voor schoon aardgas zeer geschikt zijn. De ketel is daarmee zeer "nauw". Echter iedere andere brandstof dan aardgas zal zorgen voor sterke vervuiling via de vinnen. Dit wil zeggen dat bij ombouw naar pyrolyseolie, de economizer zal moeten worden omgebouwd.
- De eis voor vaste stofdeeltjes in de rookgassen is  $< 5 \text{ mg/m}_0^3$ . Dit kan alleen bereikt worden met de verbranding van aardgas. Bij pyrolyseolie zal 100 – 150 mg stof in de rookgassen achterblijven dus verdere maatregelen voor stofafvangst zijn noodzakelijk.
- Het leidingwerk in een ketel met pyrolyseolie zal moeten worden uitgevoerd in rvs (roestvrijstaal) in verband met de pH VAN 2,5 van de pyrolyseolie.

### 3.2.5 Overige bevindingen voor de Nederlandse situatie

In de grootschalige elektriciteitsopwekking in Nederland is het gasgestookt vermogen van de elektriciteitsproductiebedrijven gebaseerd op gasturbines en STEGs. Directe verwerking van biomassa via de gasturbine is niet mogelijk en ook de verwerking van biogas – los van de beschikbaarheid van voldoende capaciteit- wordt afgeraden in verband met vervuiling.

Er is wel ervaring met het verstoken van gas uit sloophout in een kolencentrale (Amercentrale) De houtvergasser produceert uit B-hout synthesesegas dat na zuivering wordt bijgestookt in de verbrandingsketel. Dit valt in principe buiten de scope van deze studie

Een optie voor de verwerking van biomassa is om de gasturbines te gebruiken als combined cycle waarbij de gasturbine zelf als piekvermogen geldt en de biomassaverbrandingsinstallatie zijn hoge druk stoom levert aan de afgassenketel (vergelijkbaar met de levering van hoge druk stoom van AZN aan de CCGT Moerdijk) (zie ook paragraaf 3.2.2.3).

Voor industriële stoomketels (olie / gasgestookt) is ombouw op biomassa onder voorbehoud te overwegen, evenwel zijn daarbij de volgende grote uitdagingen:

- Biomassalogistiek: er moet op de locatie voldoende ruimte zijn om noodzakelijke biomassaopslag en biomassavoorbehandeling te kunnen doen
- biomassavoorbereiding (opslag, verpoederen dan wel roosterverbranding, afhankelijk van de biomassa kwaliteit, inbrengen in de ketel);
- brander aanpassingen;
- noodzakelijke ketel aanpassingen om verblijfsduur te garanderen en overmatige vervuiling te voorkomen;
- ontstopping en rookgasontzwaveling.

Het voordeel van ombouw kan zijn dat het bestaande stoomsysteem inclusief de bestaande infrastructuur toegepast kan worden; er zal dan wel geïnvesteerd moeten worden in aanpassingen om de verblijftijd te garanderen, om ketelvervuiling te voorkomen en in rookgasreiniging. Afgewogen moet worden of investeringen in biomassacapaciteit alsnog zodanig lager kunnen zijn dan bij nieuwbouw dat kapitaalvernietiging wordt voorkomen.

## 3.3 Ombouw van lijnen van Afval Energie Centrales (AEC's) naar biomassa

### 3.3.1 Algemeen

In Nederland zijn 12 AEC-installaties opgesteld met in totaal 40 AEC lijnen, waarvan enkele het eind van hun geplande levensduur naderen. Hoewel op dit moment – en naar inschatting ook voor de komende 5 jaar - de Nederlandse AEC-capaciteit volledig benut wordt, mede ten gevolge van de import van circa 1,5 miljoen ton aan afval uit het Verenigd Koninkrijk, is er de voorzichtige verwachting dat het afvalaanbod aan Nederlandse AEC's langzaam zal dalen. Dit heeft te maken met een aantal trends:

- Toenemende afvalscheiding aan de bron dringt de primaire hoeveelheid huishoudelijk restafval terug
- Toenemende inzet van nascheidingsinstallaties, die plastics, drankenkarton en metalen uit het integraal restafval verwijderen, leidt tot een lagere beschikbaarheid voor de AEC's van restafval - met bovendien een lagere stookwaarde.
- Langzame aanbouw van capaciteit in het Verenigd Koninkrijk kan op termijn (5 – 10 jaar) leiden tot terugloop van de import in Nederland.

In verband met een mogelijk vrijkomen van capaciteit is vanuit de markt aangegeven dat het in sommige omstandigheden mogelijk zin kan hebben om bestaande capaciteit te gebruiken voor het verwerken van biomassa. Daarbij zijn door de markt een aantal startpunten genoemd:

- Bestaande AEC-lijn/lijnen die het eind van hun geplande levensduur naderen en op de nominatie staat/staan gesloten te worden
- In verband met lokale leververplichtingen van warmte en stoom is de capaciteit van deze lijn/lijnen noodzakelijk voor redundantie (openhouden van capaciteit kan zinvol zijn als deze nodig is voor het waarborgen van de onder contract staande warmteleveringscapaciteit).
- De ombouw van een afvalgestookte lijn naar een biomassa (houtsnipper/B-hout??) gestookte lijn kan met geringe meerkosten gedaan worden. Daarmee is ombouw in principe een alternatief voor decommissioning en bouw van een peak power plant op basis van een gasturbine of gasmotor. De mogelijke meerkosten per kWh aan duurzame energie moet in dat geval worden afgewogen tegen de duurzaamheidsvoordelen.
- Ten opzichte van het business model van AEC's, waarbij een substantieel deel van de inkomsten wordt gevormd door de poorttarieven is de ombouw naar biomassa niet competitief. Voor biomassa gelden in alle gevallen lagere poorttarieven of zelfs betaling en bovendien heeft biomassa in de regel een hogere stookwaarde, waardoor er bij dezelfde thermische input geringere hoeveelheden vaste biomassa kunnen worden verwerkt in de AEC lijn, met een negatieve invloed op de totale inkomsten.
- In het kader van de energietransitie, is er wel een wens om de hoeveelheid biomassa als warmtebron voor steden en als CO2 bron richting afnemers in bijvoorbeeld de tuinbouw te verhogen. Er is een trend van centraal naar decentraal en dat past bij de gemiddelde capaciteiten van AEC-lijnen.
- Technisch gezien is een AEC-lijn evenwel geschikt voor de verwerking van biomassa, waarbij de capaciteit van de rookgasreinigingsstrein en van de asverwerkingstrein ruim voldoende is.

- In verband met het rendement van conversie naar elektriciteit (bij een AEC relatief laag ten opzichte van een biomassa energiecentrale) is een ombouw naar biomassa met name interessant wanneer er additioneel sprake is van levering van warmte en/of stoom; het totaal rendement is dan vergelijkbaar.

In komende paragrafen wordt een aantal buitenlandse ervaringen benoemd met het gebruik van de ombouw van een AEC lijn ten behoeve van biomassa.

### 3.3.2 Ervaring in Italië

#### **AEC Brescia**

A2A heeft in Italië een portfolio van 6 AEC's op verschillende locaties. In De A2A AEC in Brescia – Noord Italië – bestaat uit 3 identieke lijnen, alle met een Martin rooster, een SCR en een droge rookgasreiniging. Alle 3 de lijnen werden gebruikt voor elektriciteitsopwekking en warmtelevering aan de stadsverwarming van Brescia.

De derde lijn is bij de bouw in 2004 gericht ingezet voor afvalhoutstromen. Dit was rendabel bij de toen in Italië gangbare feed in tarieven van 220 EUR per MWh (de feed in tarieven in Italië zijn inmiddels meer in lijn met wat in Europa gangbaar is). Gezien het overschot aan brandbaar afval in Italië is in 2010/11 de vergunning verleend de derde lijn alsnog te gebruiken voor restafval en sindsdien wordt de derde lijn met dat doel gebruikt.

De ervaringen in de jaren dat lijn 3 wel volledig werd ingezet op biomassa waren:

- De biomassalijn had een veel lagere vervuilingsgraad en minder last van corrosie dan de 2 afvallijnen, wat erop wijst dat bij de verwerking van biomassa de OPEX kosten lager kunnen zijn.
- Het bleek moeilijk om verschillende typen biomassa (variërend van extreem nat tot relatief droog) goed te mengen in de bunker. Dit leidde tot problemen bij de verbranding. Wanneer de biomassa te nat was moest regelmatig de steunbrander met gas worden aangeschakeld.
- Een aandachtspunt bij te natte biomassa was ook dat de doekenfilters – met opvang van de assen – gevoelig waren voor verstopping (relatief natte asdeeltjes die het doekenfilter verstopten).

### 3.3.3 Ervaring in Duitsland

#### **AEC Kempten**

In Kempten, Duitsland heeft ZAK Kempten in 1997 een afvalverbrandingslijn (17 MWth) omgebouwd naar biomassa. Het gaat om een Von Roll lijn uit 1983 die in 1996 gesloten is in verband met de invoering van het 17<sup>e</sup> BImSchv (Bundes immissionsschutzverordnung). In 1997 werd deze lijn 3 uitgerust met rookgasreiniging in overeenstemming met BImSchv 17 en opnieuw in gebruik genomen voor het verstoken van hout. Het hogere doel was het leveren van duurzaam gegeneerde warmte voor de stadsverwarming.

Om de bestaande afvalverwerkingslijn in te kunnen zetten voor hout werden aanpassingen gedaan in de roosterkoeling. De eerste zones werden watergekoeld om te voorkomen dat door de stralingsbelasting ten gevolge van veel lagere as belading het rooster snel zou beschadigen.

Om de verblijftijd te beheersen werden aanpassingen gedaan in de eerste en tweede trek van de oven. Tevens zorgt de verbranding van (droge) biomassa voor een hogere vlamtemperatuur en daarmee hogere NOx emissies. Kempten heeft daarvoor langdurig een ontheffing gehad van de vergunningverlener.

Conform wat beschreven is voor A2A Brescia was ook bij ZAK Kempten de mate van corrosie van de ketel bij de verbranding van biomassa aanmerkelijk lager.

Naast aanpassingen in de installatie waren aanzienlijke aanpassingen nodig voor de opslag en voeding van de biomassa. Er werd geïnvesteerd in een aparte hal met walking floors, in separate voorraadbunkers voor de verschillende biomassaströmen, en in stof- en brandbestrijding. De kosten van de totale ombouw bedroegen DM 12,5 miljoen.

Zoals bovenbeschreven bij Brescia is ook bij ZAK Kempten additioneel afval beschikbaar gekomen. De installatie wordt nu voor 50% gedraaid op biomassa (resthout en zeefoverloop) en voor 50% op restafval.


### 3.3.4 Marktvraag vanuit Nederlandse bedrijven.

Bovenstaande internationale beschrijvingen tonen aan dat AEC lijnen technisch geschikt zijn voor de verwerking van biomassa en dat ook lijnen die aan het eind van hun levensduur zijn met beperkte aanpassingen kunnen worden omgebouwd voor biomassa. De belangrijkste vraag is dan ook of de ombouw van AEC lijnen naar biomassa bedrijfsmatig leidt tot een haalbare business case.

De vraag of – en wanneer - ombouw van AEC lijnen naar biomassa zinvol gewenst zal zijn wordt bepaald door een aantal aspecten:

- Aanbod van restafval uit Nederland en internationaal. Indien de bestaande AEC lijnen volledig kunnen draaien op restafval is er geen noodzaak om capaciteit om te buigen naar biomassa. Als er evenwel een snelle afname optreedt zal er sprake zijn van redundancy van één of enkele AEC lijnen
- De gewenstheid van vervanging van afgeschreven AEC lijnen die aan het einde zijn van hun geplande levensduur door nieuwe moderne capaciteit. Indien daarvoor gekozen zou worden zou dit ertoe kunnen leiden dat deze “redundante” AEC lijnen mogelijk beschikbaar komen voor levensduurverlenging en omschakelen naar biomassa. In dat geval zullen de kapitaalslasten voor een biomassa-installatie relatief laag zijn.
- In dat geval is er een afweging nodig van de kosten van ombouw van capaciteit vergeleken met de kosten van decommissioning van de bestaande installaties en bouwen van nieuwe biomassa lijnen (met een hoger elektrisch rendement) dan wel andere energiebronnen.
- Voldoende aanbod van biomassa afvalströmen met een negatieve waarde om het financiële gat ten opzichte van het poorttarief van afval deels te kunnen overbruggen
- Een ander aspect wordt gevormd door de zuiverheidsregels voor biomassa. Een aantal nieuwe biomassaströmen (zoals ONF strömen uit de afvalscheiding) voldoet niet aan het zuiverheidseisen, maar deze hebben wel een aanzienlijk hoger biomassagehalte dan afval. Het risico bestaat dat deze biomassaströmen worden beschouwd als integraal afval met een biomassagehalte in lijn met de jaarlijkse afval sorteeranalyses. Om de CO<sub>2</sub> doelstelling uit het Energieakkoord of komende klimaatakkoord te kunnen halen is het noodzakelijk om de CO<sub>2</sub> besparingen ten gevolge van deze biomassaströmen goed te kunnen toerekenen.

Het is bekend dat één van de Nederlandse AVI's (HVC) actief de mogelijkheden overweegt om AEC lijnen die aan het eind zijn van hun geplande levensduur (Lijn 1 en 4 in Dordrecht) om te bouwen voor de toepassing van biomassaströmen. Dit heeft tot doel om te voldoen aan de wens om afvalverbrandingscapaciteit te saneren maar toch te kunnen blijven voldoen aan de redundancy eisen voor levering van warmte en stoom aan Dordrecht en aan haar burens (Dupont de Chemours).



Een tweede aspect van de ombouw van AEC lijnen naar biomassa wordt voor de toekomst gevormd door de toenemende stroom aan “organische natte fractie” uit nascheidingsinstallaties. Deze stroom bevat 70-80% biomassa maar blijft te boek staan als afval. Specifieke verwerking van deze stromen dient beoordeeld te worden als biomassaverwerking.

### 3.4 Referenties

Babcock & Wilcox Volund (2017), Project Case history Skaerbaek Power Plant / 2 x 154 MW Biomass-Fired Boilers

Dong Energy (2014), Brochure Welcome to Avedore Power plant

Dong Energy (), Brochure Herstedt Power plant

ENECO (2005 - intern), verslag bezoek Zweden

Ericsson, K. and Werner, S. (2016), The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems; Biomass and Bioenergy 94 pp 57-65

Friesland Campina. Nieuwsitem website; <https://www.frieslandcampina.com> > Home > Nieuws - 20 okt. 2016

HVC (2016 - intern) Verslag bezoek ZAK te Kempton

Pedersen B. – BWE (2011), Conversion of a traditional coal fired boiler to a multi fuel biomass unit Technology: Vibration grate & dust burners, Plant: Herning/Denmark/Dong Energy. Power Gen Europe 2011.

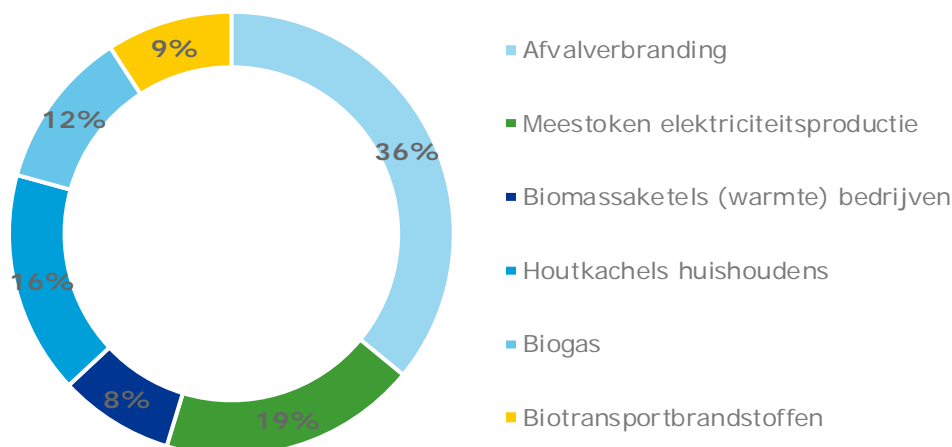
Interviews met:

- A2E – Lorenzo Zaniboni
- AEB – Peter Simoes
- AVR – Hans Wassenaar
- BTG – Ardy Toussaint
- Babcock & Wilcox Volund – Ole Hedegard Madsen
- Eneco – Silvan de Boer
- HVC – Paul van Esdonk
- Orsted – Anders Nordstrom / Hannes Reuter

## 4 BIOMASSAMARKT IN NEDERLAND

### 4.1 Algemeen

Biomassa wordt op verschillende manieren toegepast en benut als energiebron. **Figuur 5** geeft een overzicht naar finaal gebruik. Voor het doel van dit rapport ligt de focus op de toepassingen 'Afvalverbranding', 'Meestoken' en 'Biogas'.



Figuur 5 Gebruik biomassa naar toepassing, 2016, TJ primair (CBS, 2017)

Voor de switch en ombouw van gasgestookte centrales en afvalverbrandingsinstallaties naar biomassa komen verschillende soorten biomassa in aanmerking. Voor een positieve business case ligt het voor de hand om de alternatieve brandstof (biomassa) te vergelijken met de huidige brandstof (respectievelijk aardgas en afval). Voor de inzet in de afvalverbrandingsinstallaties zijn daarom laagwaardige biomassastromen van belang (zoals slib of digestaat), terwijl voor de inzet in gascentrales ook biomassa met een hogere waarde in aanmerking kan komen (zoals biogas uit cosubstraat of houtpellets). Voor inzet in een gascentrale zal de biomassa meer bewerkingen moeten ondergaan, waardoor de kosten en dus de prijs ook hoger zijn.

Daar waar verschillende soorten droge biomassa min of meer onbewerkt de afvalverbrandingslijn of afgassenketel in kan, is dat niet mogelijk bij gasturbines. Biomassa kan niet rechtstreeks in een gasturbine worden gebracht en zal dus eerst een bewerking moeten ondergaan: via vergisting of vergassing naar biogas of groen gas, of via pyrolyse naar bio-olie. Overigens geldt ook voor de afgassenketel dat er bewerkingen aan de biomassa nodig zijn, met name als het om houtpellets gaat. Tabel 2 geeft een overzicht van de relevante biomassa stromen voor dit rapport.

Tabel 2 In aanmerking komende biomassa stromen

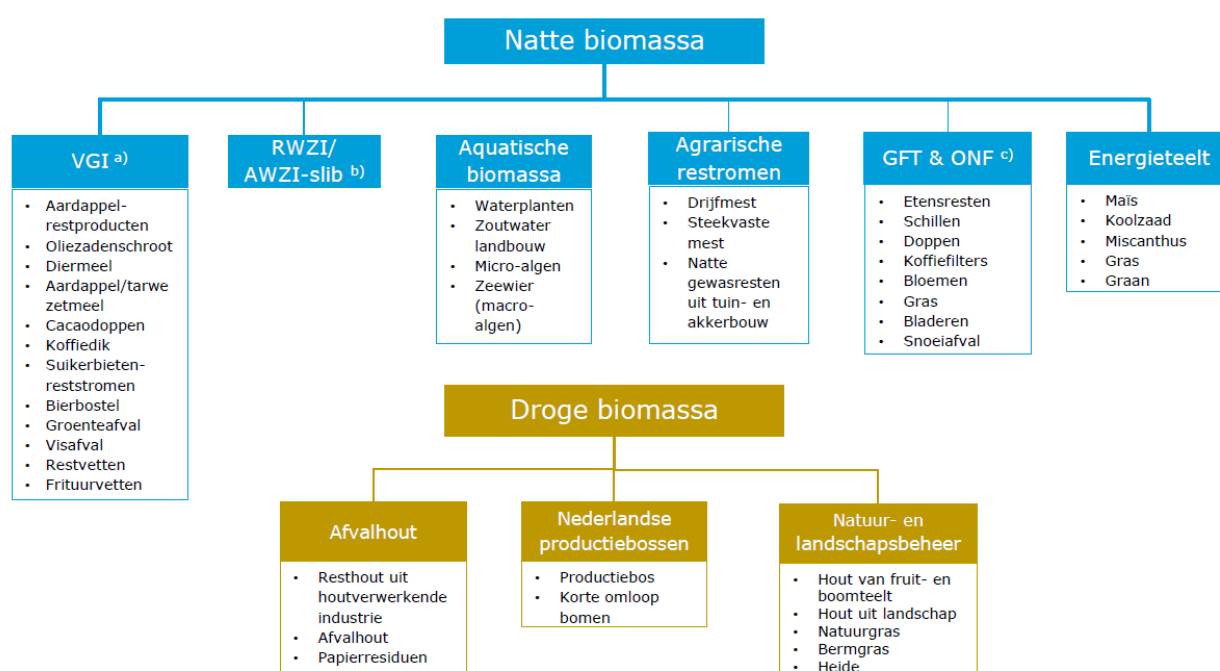
Afgassenketel	Gasturbine	Afvallijn
Houtpellets	Biogas uit vergisting	Digestaat (uit vergisting)
Afvalhout	Groen gas (opgevaardeerd biogas)	Zuiveringsslib (eindslib)
Resthout (schoon)	Biogas uit vergassing	Droge biomassa (afval en reststromen)
	Bio-olie uit pyrolyse	



Alvorens in sectie 4.3 tot en met 4.6 in te gaan op de markt voor specifieke biomassastromen zoals genoemd in bovenstaande tabel, geven we in sectie 4.2 eerst een overzicht van het beschikbare biomassapotentieel in Nederland.

## 4.2 Vrij beschikbaar biomassapotentieel in Nederland<sup>1</sup>

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste biomassastromen in Nederland geïdentificeerd en ingedeeld in de hoofdcategorieën “droge biomassa” of “natte biomassa”. Vervolgens zijn per hoofdcategorie verschillende subcategorieën gedefinieerd, zie **Figuur 6**. Op basis van een inventarisatie van eerder uitgevoerde biomassa- en/of groengaspotentieelstudies is er voor elke subcategorie een inschatting gemaakt van het “vrij beschikbare” biomassapotentieel voor de jaren 2023 en 2035 en is er een vergelijking gemaakt met de huidige inzet van deze biomassastromen. Dit rapport richt zich op Nederlandse biomassa; geïmporteerde biomassa valt buiten de scope.



a) Voedings- en genootmiddelindustrie

b) Rioolwaterzuiveringsinstallatie en Afvalwaterzuiveringsinstallatie

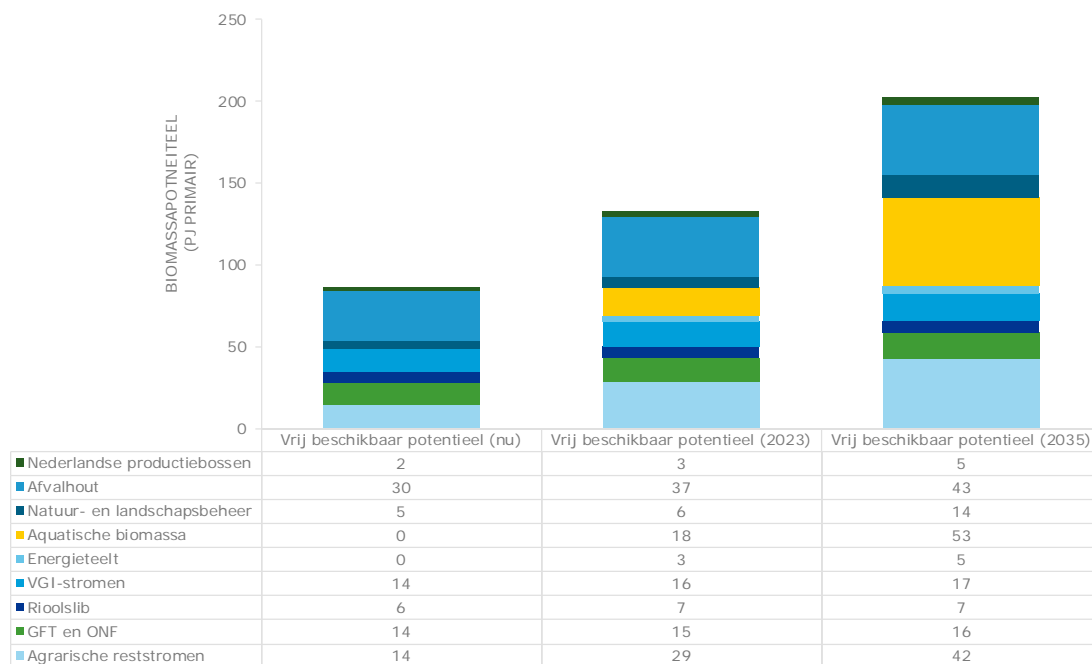
c) Groente-, Fruit- en Tuinafval & Organische Natte Fractie

Figuur 6 Categorisering biomassastromen (Schulze, et al, 2017)

Het vrij beschikbare biomassapotentieel is het deel van het totale potentieel dat overblijft na aftrek van biomassa dat in concurrerende routes (niet-energie toepassingen) naar verwachting gebruikt zal gaan worden. Binnen het vrij beschikbare potentieel kunnen verschillende vormen van energieopwekking met elkaar concurreren (bijvoorbeeld vergisting en verbranding, evenals vergassing en verbranding).

Het gerapporteerde potentieel aan biomassa is aangegeven in PJ primaire energie (HHV) van de biomassa (dus niet van eventueel geproduceerd biogas).

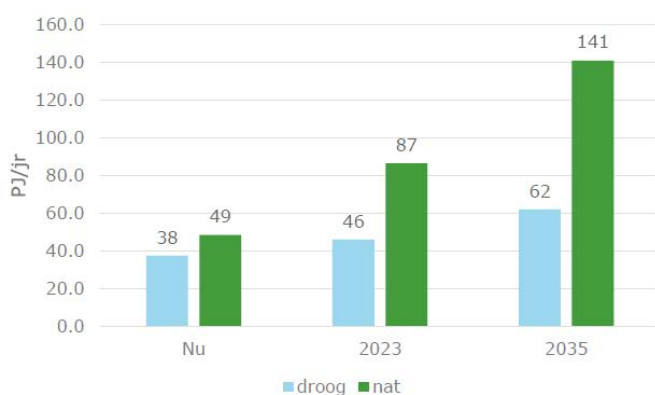
<sup>1</sup> Deze sectie is gebaseerd op Schulze, et al, 2017.



Figuur 7 Vrij beschikbare potentieel biomassa in Nederland voor energetische toepassing

Het vrij beschikbare potentieel aan biomassa in Nederland bedraagt op dit moment ongeveer 86 PJ en bestaat voornamelijk uit afvalhout (30 PJ), VGI-stromen (14 PJ), GFT & ONF (14 PJ), en agrarische reststromen (14 PJ). Naar de toekomst is in een studie aangegeven dat het potentieel aan aquatische biomassa zou kunnen groeien (18 PJ in 2023 en 53 PJ in 2035); dit is evenwel sterk afhankelijk van relevante ontwikkelingen <sup>2</sup>; ook voor afvalhout (43 PJ in 2035) en agrarische reststromen (42 PJ in 2035) wordt groei verwacht.

Het vrij beschikbare potentieel van Nederlandse biomassa zal groeien in de tijd, maar dan voornamelijk voor natte biomassa, zie **Figuur 8**. Deze natte biomassa is geschikt om verwerkt te worden middels een vergistingsroute en minder geschikt voor verbrandings- of vergassingsprocessen. Het vrij beschikbare potentieel van droge biomassa neemt slechts in beperkte mate toe.



Figuur 8 Vrij beschikbaar biomassa potentieel naar droge en natte stromen

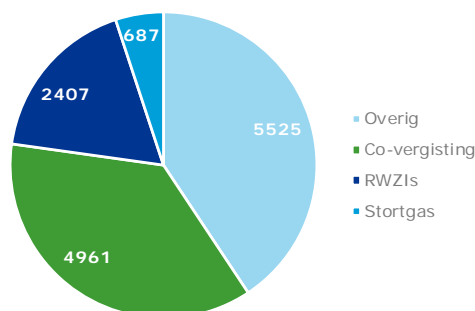
<sup>2</sup> De verwachting is dat slechts een fractie van het vrij beschikbare potentieel aan aquatische biomassa daadwerkelijk voor energieopwekking toegepast gaat worden.

De mate waarin het vrij beschikbare potentieel aan biomassa daadwerkelijk gebruikt gaat worden voor de ombouw van gasgestookte centrales en afvalverbrandingsinstallaties naar biomassa is afhankelijk van concurrerende inzetmogelijkheden van biomassa. Biogas of groen gas, maar ook plantaardige en dierlijke oliën en vetten, kunnen bijvoorbeeld ook als biobrandstof in de transportsector worden toegepast.

### 4.3 Biogas en groen gas

Biogas is het eindproduct van anaerobe vergisting van organisch materiaal en bestaat hoofdzakelijk uit methaan en koolstofdioxide. De energie-inhoud van biogas wordt vooral bepaald door het methaan gehalte dat, afhankelijk van de vergistingstechniek en het inputmateriaal, nogal kan variëren. Voor de omrekening van m<sup>3</sup> biogas naar PJ primaire energie van biomassa is aangenomen dat 1 m<sup>3</sup> biogas 55% methaan bevat, dus een energie-inhoud van 21 MJ (HHV) heeft. Verder is bij het terugrekenen van gerapporteerde potentiëlen (PJ) biogas een omzetrendement van 60% gebruikt.

Biogas wordt hoofdzakelijk geproduceerd in co-vergistingsinstallaties op ongeveer 100 locaties in Nederland en uit afvalwater en natte reststromen afkomstig van de voedingsmiddelenindustrie (categorie 'overig' in de figuur). Daarnaast vindt winning van biogas plaats in RWZIs en nog een klein deel op stortplaatsen. In 2016 werd in totaal 13,6 PJ aan biogas geproduceerd, zie **Figuur 9**.



Figuur 9 Biogas productie in Nederland, 2016, TJ primair (CBS, 2017)

Het grootste deel van het biogas wordt ingezet voor de productie van elektriciteit en warmte in WKKs. Het resterende biogas (met name uit de categorie overig en uit stortplaatsen) wordt opgewerkt tot groen gas van aardgaskwaliteit, dat in het Nederlandse aardgasnetwerk wordt geïnjecteerd. Omzetting van biogas naar aardgas vindt vooral plaats bij afvalverwerkingsbedrijven, stortplaatsen en enkele RWZIs.

Het groeipotentieel voor de productie van biogas via vergisting is niet eenduidig. Op basis van de inschatting van het vrij beschikbare potentieel van agrarische restromen (natte gewasresten, stro en mest) is 42 PJ beschikbaar in 2035. (Schulze, et al, 2017).

De totale capaciteit voor opwerking en invoeding van groen gas was in 2015 ca. 110 mln m<sup>3</sup> per jaar.

### 4.4 Digestaat en eindslib

Het materiaal dat overblijft na het vergistingsproces is digestaat. De massa is ongeveer 90% van het uitgangsmateriaal en het digestaat is vloeibaarder dan de inputstromen. De samenstelling is afhankelijk van het gebruikte uitgangsmateriaal. De eigenschappen van digestaat zijn globaal vergelijkbaar met die van dierlijke mest.

Digestaat kent verschillende toepassingen (in het algemeen na scheiding van de vaste en vloeibare fractie):

- Als bemestingsmateriaal, eventueel na compostering of droging van het digestaat. Het digestaat wordt dan lokaal aangewend of op eigen grond. Mestkorrels worden veelal geëxporteerd.
- Als diervoeder (alleen bij toegestaan inputmateriaal).
- Elektriciteitsproductie door verbranding van het digestaat, eventueel met nuttig gebruik van de warmte (bijv. voor droging van het inputmateriaal).

Cijfers over de 'productie' en het gebruik van digestaat zijn niet beschikbaar. Voor een grove inschatting van het gebruik en potentieel rekenen we hier met 90% van het potentieel aan biogas en de aanname dat de helft daarvan voor elektriciteitsproductie beschikbaar komt. Het huidige gebruik komt dan op 6,1 PJ en het potentieel in 2035 op 19 PJ.

Eindslib is een overblijfsel van anaerobe slibvergisting van afvalwater en rioolwater door AWZIs en RWZIs. Na de slibvergisting wordt het zuiveringsslib verder ontwaterd tot een droge stofgehalte van ~25% voordat de slibeindverwerking plaats vindt. Het ingedikte zuiveringsslib van de RWZIs wordt 100% (3,6 PJ) verbrand, met name in cementovens of in afvalverbrandingsinstallaties. Vanuit AWZIs blijft een relatief klein deel over als eindslib; 32 kton droge stof wordt verbrand (<0,4 PJ).

## 4.5 ONF fracties uit Nascheidingsoperaties

Een nieuwe stroom wordt gevormd door de organische natte fracties (ONF) uit nascheidingsinstallaties. De ONF fractie uit de nascheider is circa 30% van de input in de nascheider. De ONF heeft een geschatte stookwaarde van 6 MJ / kg. De huidige capaciteit aan nascheidingsinstallaties (in 2017 sterk uitgebreid) is circa 900,000 ton, bestaand uit HVC (150 kton), AEB (300 kton), OMRIN (200 kton en Attero (250 kton). Op korte termijn zal daar nog een installatie vanuit AVR (150 kton) aan toegevoegd worden. Dit betekent dat er een extra biomassa-stroom met een biomassagehalte van 60-80% beschikbaar komt met op dit moment een energie inhoud van (1,6PJ) . Op termijn kan dit verder oplopen tot circa (6 PJ) indien de door Afvalfonds bepleitte overschakeling van bronscheiding naar nascheiding volledig wordt geëffectueerd.

## 4.6 Hout

### 4.6.1 Resthout en afvalhout

Jaarlijks wordt er in Nederland ongeveer 400 kton droge stof aan vers en droog resthout (zaagsel, krullen, afkorthout etc.) geproduceerd door de Nederlandse houtverwerkende industrie. Zo'n 30% wordt toegepast als grondstof voor de productie van energiepellets. De overige 70% wordt vooral niet-energetisch toegepast, bijvoorbeeld als strooisel voor de dierhouderij of gebruikt in de platenindustrie en papierindustrie. Een klein deel wordt gebruikt voor warmte en energieopwekking, bijvoorbeeld in de houtsector zelf.

Naast het resthout komt in Nederland jaarlijks ca. 1.300 kton ds gebruikt hout (afvalhout) vrij: bouw- en slooafval, houten verpakkingen die het eind van hun gebruiksduur hebben bereikt en afgedankte houten meubels. Het gebruikte hout wordt voor 60% in Nederland gebruikt, de rest wordt geëxporteerd. De toepassing in Nederland bestaat voor 80% uit brandstof en de rest wordt met name gebruikt voor de productie van geperste palletklossen en pallets. Het geëxporteerde afvalhout wordt voor 60% ingezet als brandstof en de rest vormt de grondstof voor de productie van spaanplaat.

In totaal komen er jaarlijks in Nederland 1.700 kton rest- en afvalhout vrij (ca. 32,3 PJ). Ongeveer 880 kton ds rest- en afvalhout (ca. 16,5 PJ) wordt ingezet voor energieproductie in Nederland en ca. 480 kton ds is geëxporteerd voor energieopwekking in het buitenland. Overigens vindt het overgrote deel van het rest- en afvalhout zijn oorsprong in geïmporteerd materiaal.

De groei in het vrij beschikbaar potentieel van rest- en afvalhout wordt vooral veroorzaakt door de veronderstelde toenemende toepassing van afvalhout in Nederland in plaats van export naar het buitenland. In dat geval is het potentieel in 2035 ongeveer 29 PJ.

#### 4.6.2 Energiehout uit productiebossen en snoei- en dunningshout

In 2014 werden er in totaal ca. 1,1 miljoen m<sup>3</sup> rondhout (580 kton ds) geoogst. Daarvan is 75% ingezet voor de primaire houtverwerking; 25% is ingezet voor energieproductie (86% in Nederland, 14% in het buitenland), dit is equivalent aan 2,4 PJ houtinzet voor energie in Nederland. Door bewerking (verkleinen, drogen, verwijderen van niet-houtdelen en zand of grond, en verdichten) kunnen eigenschappen van hout worden veranderd, zodanig dat daardoor een geschikte brandstof ontstaat. Uit vers hout kunnen door bewerking in hoofdlijn vijf typen houtbrandstof worden geproduceerd: brandhout, houtchips, houtshreds, pellets, en briketten.

Biomassastromen uit natuur- en landschapsbeheer bestaan voornamelijk uit snoei- en dunningshout (fruit- en boomteeltsector en hout uit landschap), natuur- en bermgras, en heidemaaisel. Jaarlijks komt hieruit ongeveer 1.962 kton droge stof vrij (ca. 35 PJ/jr), waarvan op dit moment 15% (5,4 PJ) gebruikt wordt voor energiedoeleinden (excl. productie van biogas of groen gas). De resterende hoeveelheid worden gedeeltelijk ingezet in composteringsinstallaties en als veevoer. Een groot gedeelte blijft echter onbenut.

Het ligt binnen de mogelijkheden om het potentieel aan energiehout uit te breiden naar ca. 19 PJ in 2035.

### 4.7 Totaal op termijn beschikbaar biomassapotentieel

Tabel 2 een samenvatting van het huidig gebruik en potentieel aan biomassa en biogas relevant voor de ombouw van elektriciteitsproductie installaties in dit rapport.

Het rapport licht toe dat het huidig gebruik voor energietoepassingen reeds gedekt is met bestaande installaties en initiatieven. Daarmee is van belang om te kijken naar het potentieel dat mogelijk beschikbaar gemaakt kan worden.

Tabel 3 geeft de indicatie dat er in Nederland in 2030 een potentieel is van circa 69 PJ aan additionele biomassa, waarvan 41,3 PJ wordt uitgemaakt door biogas en ONF uit vergistingsinstallaties

Tabel 3 Biomassa en biogas gebruik en potentieel voor energiedoeleinden (PJ primair)

Type biomassa	Huidig gebruik	2023	2035
Biogas	13,6	29	42
Digestaat	6,1	13	19
Eindslib	4	4	4
ONF uit nascheiding	1,6	2,5	6
Rest- en afvalhout	16,5	23	29
Productiebossen	2,4	3,1	4,6
Natuur en landschap	5,4	8	14



## 4.8 Referenties

CBS (2017), Hernieuwbare energie in Nederland 2016.

ECN en DNV GL (2017), Eindadvies basisbedragen SDE+ 2018.

IEA Bioenergie (2017), Global Wood Pellet Industry and Trade Study 2017.

Lensink, S.A. et al (2014), Verkenning van biomassamarkten en hernieuwbare-energiebeleid. ECN-E-14-019.

Schulze, P. et al (2017), Biomassapotentieel in Nederland GCS 17.R.10032629.1 in opdracht van Gasunie.

Smekens, K. et al (2017), Kostenonderzoek verbranding en vergassing van biomassa SDE+ 2018. ECN-N-17-009.

Uslu, A. en P. Schulze (2017), Kostenonderzoek vergisting SDE+ 2018. ECN-N-17-008.

## 5 PERCEPTIE BIOMASSA OMBOUW

Voor wat betreft de perceptie van de omschakeling van gas / afval op biomassa is een aantal aspecten beoordeeld:

1. Vergunbaarheid van dergelijke ombouw
2. Perceptie van de omgeving
3. Perceptie bij de industriële partijen

### 5.1 Vergunbaarheid

Voor wat betreft de vergunbaarheid dient bij alle thermische installaties te worden voldaan aan het Activiteitenbesluit.

Bij de ombouw van afval naar biomassa wordt niet verwacht dat dit problemen zal opleveren. Er is ofwel een melding bij het bevoegd gezag nodig (verandering op bestaande vergunning, maar zonder milieu impact) ofwel er moet een revisie op de vergunning worden aangevraagd.

Normaal gesproken dient er bij de vergunningverlening van biomassaprojecten rekening gehouden te worden met transportbewegingen, additionele activiteit voor verwerking, opslag en handling en met brandgevaar. Transport van schone of afvalbiomassa is minder intensief dan voor restafval. Brandbeheersing dient in de melding / revisievergunning te worden vastgelegd. Voor de extra activiteiten voor verwerking en opslag dient tenminste een bouwvergunning worden aangevraagd

Voor de ombouw van gascentrales naar biomassa dient een revisievergunning te worden aangevraagd waarbij de nieuwe activiteit beschreven dient te worden. Voor de extra voorbehandeling en opslagcapaciteit dient minimaal een bouwvergunning te worden aangevraagd en met name de additionele rookgasreiniging dient in de revisievergunning aanvraag beschreven en gemotiveerd te worden.

### 5.2 Perceptie bij de omgeving


Voor wat betreft de perceptie bij de omgeving dient onderscheid te worden gemaakt tussen projecten in de bebouwde kom en projecten in een industriële omgeving. Tevens dient er vanuit te worden gegaan dat bij de ombouw van afval naar biomassa er minder opmerkingen zullen zijn dan bij de ombouw van gas naar biomassa (in verband met mogelijke twijfels over de finale duurzaamheid van biomassa).

In de praktijk zullen met name bij de omschakeling van gas op biomassa er mogelijk bezwaren komen die worden ingegeven door twijfels aan de duurzaamheid van de keuze van biomassa vergeleken met wind, zon en opslag. ENECO heeft aangegeven dat zij met name bij ombouwprojecten en biomassaprojecten binnen het kader van de energielevering van stadsverwarming veel vragen krijgen over de definitieve duurzaamheid van de oplossing.

### 5.3 Perceptie bij de industrie

Bij de beoordeling van de haalbaarheid van nieuwe energieprojecten zijn industriële partijen in het algemeen aan de voorzichtige kant. Dit betekent dat bij projecten waar gedeeltelijk gebruik gemaakt wordt van bestaande technologie al snel een afweging wordt gemaakt over de restlevensduur en betrouwbaarheid van oudere installatiedelen en dat er een voorkeur is voor een volledig nieuwbouwproject in vergelijking met gebruiken van een groot deel van bestaande installaties.

Daarbij spelen bovendien de volgende aspecten een rol:

- 
- Bedrijfszekerheid van de energievoorziening. Beschikbaarheid is van groot belang
  - Is er op site überhaupt ruimte voor de bijbehorende logistiek
  - Er zal voor deze “nieuwe business” een voorkeur zijn voor externe contractors die de industriepartij ontzorgen; is er ruimte op site om deze partijen een locatie te geven.

Daar waar bovendien nieuwe biomassa installaties volledig SDE gerechtigd zijn, is dat niet het geval bij installaties waarbij een aanzienlijk deel van de “oude” technologie wordt gebruikt. Daardoor wordt vaak de afweging gemaakt dat zonder externe financiële prikkels de risico's van falen van de oude installatiedelen zwaarder wegen dan de voordelen van de veel lagere out of pocket investering voor een biomassaplant met gebruik van bestaande infrastructuur (bijvoorbeeld de turbine, afgassenketel, utilities etcetera).

Daarnaast

Voor de afvalverwerkende industrie zal omschakelen van afval naar biomassa leiden tot wegvallen van (een aanzienlijk deel van) de inkomsten uit poorttarieven. Zonder ondersteuning is er geen rendabele business case en zal het animo binnen de AEC sector voor bio-energie laag blijven.



## 6 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

### 6.1 Ervaringen in het buitenland

Review van ervaringen in het buitenland heeft het volgende geleerd:

#### *Technische haalbaarheid ombouw AEC's naar biomassa*

- Gebruik van bestaande AEC-lijnen voor de thermische verwerking van biomassa is technisch mogelijk maar alleen bij de juiste randvoorwaarden (hoge feed in tarieven of commitment vanuit de (lokale) overheid voor zekerstelling van afname) ook financieel haalbaar. Daarbij moet gesteld worden dat een AEC voor de verwerking van biomassa een relatief laag elektrisch rendement oplevert, vanwege de stoomcondities in de ketel van een AEC. Bij WKK gebruik van een AEC vervalt dat nadeel grotendeels omdat het lagere elektrisch rendement wordt aangevuld met een hogere beschikbaarheid van nuttige warmte.
- Aandachtspunten bij de omschakeling van afval naar biomassa worden gevormd door de logistiek van aanvoer en voeding, menging van verschillende stromen, roosterkoeling (waarschijnlijk mede afhankelijk van de vuurhaarconfiguratie), NO<sub>x</sub>, verblijftijd en verstopping van het doekenfilter. Afhankelijk van het type biomassa is soms alternatieve opslag nodig. Bij de vervanging van afval door biomassa neemt in het algemeen het aantal verkeersbewegingen af en kan de bestaande bunkercapaciteit gebruikt worden voor de opslag
- Een voordeel bij omschakeling van afval naar biomassa is de veel lagere corrosie en vervuiling, leidend tot lagere onderhoudskosten.
- Er hebben in het buitenland slechts een klein aantal van deze ombouwtrajecten plaatsgevonden en inmiddels zijn de meeste van de biomassalijnen weer geheel of gedeeltelijk omgeschakeld naar afval (in verband met toenemende afvalhoevelheden en afbuigen van afval vanuit de stortplaatsen naar AEC lijnen).

#### *Technische haalbaarheid ombouw gasgestookt vermogen naar biomassa*

- Direct verstoken van vaste biomassa in gasturbines is technisch niet mogelijk; ook de kwaliteit van biogas is onvoldoende voor het verstoken in een gasturbine (los van de vraag of er voldoende beschikbaarheid van biogas is voor verwerken in een grootschalige gasturbine)
- Direct verstoken van biomassa via poederverbranding in een gasketel vergt grote technische ingrepen en is in het buitenland grootschalig alleen haalbaar gebleken bij zogenaamde multifuel ketels die al voorbereid waren op voldoende verblijftijd van de biomassa in de ketel.
- .
- Deze projecten werden gerealiseerd na het instellen van de juiste prikkels qua regelgeving (moratorium op steenkool) en na het instellen van financiële prikkels (CO<sub>2</sub> belastingen).
- In vrijwel alle gevallen was na de ombouw van de gas/olie installatie het beschikbare vermogen lager.
- Voor de ombouw van een gasketel naar verbranding van biomassa moeten op de volgende vlakken investeringen gedaan worden:
  - Biomassa logistiek en opslag, waarbij rekening gehouden moet worden met voldoende ruimte

- Malen / verkleinen en inbrengen van de biomassa in de ketel
- Brander configuratie in de ketel / control system
- De geschiktheid van de bestaande ketel dient beoordeeld te worden in verband met:
  - i. Langere verblijftijd biomassa vergeleken met olie en gas teneinde de benodigde uitbrand te genereren
  - ii. hogere vervuiling vanuit biomassa (is er genoeg ruimte in de ketel om de invloed van vervuiling beperkt te kunnen houden of moet de ketel ruimer worden gemaakt?)

In het merendeel van de gevallen zal een ingrijpende ombouw nodig zijn om een gas/olieketel geschikt te maken voor de verwerking van biomassa.

- Rookgasreiniging; een gasketel heeft geen rookgasreiniging nodig, een biomassaketel wel!
- In Denemarken hebben enkele van dergelijke ombouwtrajecten plaatsgevonden op installaties die oorspronkelijk al voor multi fuel waren ontworpen en die functioneren in de praktijk goed tegen investeringen van ordegrootte 450 – 500 EURO per kW (voorbeeld Power plant Herning)
- Op minder grote schaal zijn in Zweden een aantal gas/olie gestookte WKK installaties en warmwaterketels omgebouwd naar biomassa, met naar zeggen redelijk goede ervaringen Voor grootschalige STEG eenheden (voorbeeld Skaerbaek, circa 500 MW) is de optie uitgewerkt om een stoomzijdige koppeling te doen van de stoomturbine van de STEG met een separaat gebouwde biomassaketel. Dit functioneert goed. De investering in de biomassaketels en stoomkoppeling was in de orde van 800 EURO per kW thermische input.

## 6.2 Nederlandse potentie voor ombouwtrajecten

Op basis van het opgesteld vermogen en de bestaande marktvrage in de Nederlandse markt kunnen de volgende inschattingen gedaan worden:

### *Ombouw AEC Ketels*

- Op korte termijn (tot 2023) zijn alle Nederlandse AEC lijnen vol bezet en is er geen sprake van actieve interesse vanuit de markt. Biomassaverbranding in een AEC lijn heeft een lagere rentabiliteit dan restafvalverbranding
- Er is nu al interesse voor activiteiten na 2023, die te maken heeft met:
  - o HVC Dordrecht, die geïnteresseerd is in zekerstellen van redundante capaciteit voor warmtevermogen vanuit AEC Dordrecht, terwijl de lijnen 1 en 4 aan het einde van hun levensduur zijn. Dit leidt tot een capaciteitsvraag van ordegrootte 32 MW<sub>th</sub> (8-12 ton biomassa per uur afhankelijk van biomassabeschikbaarheid en van de gecontracteerde biomassakwaliteit – er wordt gekeken naar verschillende biomassa reststromen)
  - o Afname van het aanbod aan Nederlands afval ten gevolge van bron- en nascheiding en een mogelijke afname van het aanbod uit Engeland doordat in Engeland zelf het vermogen op peil wordt gebracht
  - o Verschillende AEC's staan positief tegenover de suggestie om de mogelijkheid na te gaan lijnen in te zetten voor de verwerking van ONF-stromen uit de nascheiding van afval. Deze ONF stromen hebben een veel hoger biomassagehalte dan restafval. Op basis van de huidige bestaande capaciteit nascheidingscapaciteit van 900,000 ton en een ONF-fractie van circa 30% lever dit een potentie voor de komende jaren van circa 300,000

ton. Als de door het Afvalfonds voorgestane omschakeling naar nascheiding volledig zou worden geïmplementeerd, spreekt met over ongeveer het drievoudige. Totaal zou het daarbij maximaal gaan om 30% van de huidige AEC capaciteit.

### *Ombouw gasgestookte installaties*

- Een directe inzet van vaste biomassa in de bestaande branders is niet van toepassing voor Nederlands grootschalig gasvermogen (STEG installaties).
- Stoomzijdige integratie van biomassaketels met de stoomturbine van STEG installaties is wel een optie. Daarbij zijn de kosten relatief hoog, maar lager dan volledige nieuwbouw. Per MW geïnstalleerd elektrisch vermogen wordt jaarlijks circa 4500 ton houtpellets gebruikt (stookwaarde 18 MJ/kg, elektrisch rendement 35%). Voor een centrale van 250 MW is dan 1,1 miljoen ton aan houtpellets nodig, die geïmporteerd moeten worden. Directe inzet van vaste biomassa in bestaande gasgestookte ketels is mogelijk toepasbaar (maar zeer moeilijk) voor een deel van de in Nederland opgestelde gasgestookte ketels. Met name in de industrie zijn gasgestookte ketels opgesteld, maar ook in bijvoorbeeld stadsverwarmingsnetten. Het vervangen van gas in totaal 500 MW aan gasgestookte ketels, leidt tot een jaarlijks verbruik aan biomassa van 2,2 miljoen ton. Er liggen evenwel een aantal belangrijke belemmeringen, die hieronder gecategoriseerd zijn:
  - o Ruimtebeslag van de biomassahandling (silo's, aanvoerroutes, eventuele opwerkinstallaties), op locaties die vaak krap bemeten zijn.
  - o De ketel moet geschikt worden gemaakt voor de langere verblijftijd van de biomassadeeltjes; dat vergt mogelijk een ingrijpende ombouw.
  - o Er moet een rookgasreiniging worden toegevoegd.
  - o Er kan bovendien – op basis van de grootschalige Deense ervaringen - vanuit worden gegaan dat bij het verstoken van biomassa het leverbaar vermogen achteruit gaat (derating) ten opzichte van het verstoken van gas
- De inzet van pyrolyseolie (tweede generatie biomassa) in bestaande branders is technisch gemakkelijker vergeleken met de inzet van vaste biomassa en is mogelijk toepasbaar voor een deel van de in Nederland opgestelde gas / oliegestookte ketels. De beschikbaarheid van pyrolyseolie is afhankelijk van de mate waarin pyrolysecapaciteit wordt gebouwd.
- In Nederland is er een opgesteld vermogen van 22 GW aan elektriciteitsinstallaties, waarvan in 2012 circa 50% gasgestookt is, hetgeen neerkwam op circa 50 TWh aan levering. Dat betekent dat er bij volledige vervanging van deze gaslevering door biomassa een maximale potentie is om circa 400 PJ, vergelijkbaar met 50 miljoen ton aan houtchips ofwel 22 miljoen ton houtpelletste verwerken. Dit is meer dan 10 keer meer dan op dit moment in Nederland wordt verwerkt. In de praktijk zal door de eerder genoemde beperkingen de potentie voor biomassavervanging in gasgestookte installaties aanmerkelijk lager zijn, wij schatten tot maximaal 20 - 25%.

## **6.3 Beschikbare biomassastromen**

Uit een eerste analyse van Nederlandse biomassastromen blijkt dat de huidige afvalbiomassa stromen B-hout en digestaat + slibben een omvang hebben van respectievelijk 16,5 en 10 PJ, wat neerkomt op ordegrrootte 1 miljoen ton afval- en resthout en ordegrrootte 2 miljoen ton aan slibben. Het afvalhout wordt op dit moment volledig verwerkt in de biomassacentrales van Bio Golden Raand, HVC, AVR en Twence, terwijl de slibben deels verwerkt worden bij SNB, BMC en HVC Dordrecht.


Kortweg gezegd zijn de beschikbare afval biomassastromen in Nederland vrijwel vastgelegd en om additionele stromen te contracteren zullen nu bekende stromen deels dienen te worden omgebogen.

De nu beschikbare stromen aan ONF behelzen ordegrrootte [1,6 PJ] (50 MW<sub>th</sub>), dit zou bij volledig overschakelen op nascheiden kunnen oplopen tot circa [6 PJ]. De op termijn gevraagde hoeveelheden biomassa voor een enkele AEC lijn van 100 kton per jaar (9 MJ/kg) behelzen 32 MW<sub>th</sub> input.

Voor wat betreft de beschikbare schone houtstromen in Nederland ten behoeve van de inzet bij gas vervanging, geldt dat een additionele stroom voor energiegebruik beschikbaar gemaakt kan worden van ongeveer 10,8 PJ = 600 kton, die bovendien niet van premium kwaliteit is. Bij volledige vervanging van gas door biomassa zou ordegrrootte 35 miljoen ton nodig zijn, hetgeen betekent dat bij vervanging van gas door biomassa de focus moet liggen op het contracteren van biomassastromen van de juiste kwaliteit in het buitenland. Naar het beeld van dhr Christian Rakos van Propellets Austria is de markt gemakkelijk in staat om de huidige productie van biomassapellets te voorzien, zonder aantasting van de biodiversiteit van de bossen waaruit dit wordt gewonnen.

## 6.4 Conclusies

- Buitenlandse ervaringen tonen aan dat de ombouw naar biomassa van gasgestookte ketels die van oorsprong gebouwd zijn als multifuel ketel technisch haalbaar is. De business case wordt in Denemarken en Zweden bepaald door de energiebelasting en CO<sub>2</sub> belasting op fossiele brandstoffen die 3 - 4 eurocent per kW thermisch bedraagt.
- Zweedse ervaringen tonen aan dat kleinere gas en HFO gestookte installaties geschikt te maken zijn voor de verwerking van biomassa. Er zijn voorzieningen getroffen worden om voldoende verblijftijd van de biomassa te creëren. Daarbij moet bovendien in ogenschouw worden genomen dat er op die specifieke locaties voldoende ruimte was voor de opslag en logistiek van biomassa en er ruimte was voor het toevoegen dan een rookgasreiniging. Voor de Nederlandse situatie is dat in industriële omgeving vaak niet mogelijk.
- Bij ketels die oorspronkelijk alleen gebouwd zijn als gasketels is een ombouw van de vuurhaard en ketel nodig om voldoende verblijftijd van vaste biomassa te creëren. Gezien de noodzaak tot additionele biomassa logistiek en rookgasreiniging dient de haalbaarheid in dat geval zorgvuldig te worden vastgesteld.
- De ombouw van STEG-eenheden naar biomassa kan alleen door biomassa verbrandingseenheden met een stoomketel stoomzijdig in te koppelen op de turbine van de afgassenketel van de STEG, waarmee door het oververhitten een optimaal rendement wordt behaald.
- Onderzoek naar toepassing van pyrolyseolie (tweede generatie biomassa) in bestaande gasketels gaf aan dat dit technisch gemakkelijker is vergeleken met de inzet van vaste biomassa. De beschikbaarheid van pyrolyseolie is afhankelijk van de mate waarin pyrolysecapaciteit wordt gebouwd.
- Bij maximale vervanging (theoretisch, praktisch onrealistisch) en een rendement van 45% betekent dat 400 PJ aan biomassa input. Door allerhande beperkingen schatten wij in dat maximaal 20-25% van dit vermogen vervangen kan worden (dus tot circa 100 PJ aan biomassa input).
- Buitenlandse ervaringen tonen aan dat het gebruik van AEC lijnen voor biomassaverwerking technisch goed haalbaar is. Op dit moment is biomassa inzet in AEC installaties niet competitief met het verstoken van afval en er is daarom geen business driver voor ombouw .

- 
- Voor de Nederlandse AEC's komt het overwegen van het gebruik van oude AEC lijnen voor de verwerking van biomassaströmen alleen in aanmerking als reststromen met een negatieve waarde toegepast kunnen worden en daarnaast speelt een rol als de lijnen waar het over gaat een functie vervullen bij het leveren van redundantie voor warmtelevering. Per lijn van 200000 ton per jaar die daarvoor geschikt wordt gemaakt is sprake van een biomassa-stroom van orde-grootte 2 PJ
  - Het toekomstpotentieel voor verwerking van ONF biomassa-reststromen in AEC lijnen kan oplopen tot circa 6 PJ; op dit moment gaat het om een beschikbare stroom van circa 1,6 PJ.
  - Daarmee is het totaal potentieel voor biomassa in AEC's (oplopend tot circa 10 PJ) aanmerkelijk kleiner dan het gereduceerd potentieel voor de vervanging van gas (100 PJ).
  - Het totaal additioneel potentieel aan biomassa in Nederland is circa 69PJ waarvan 28,4 PJ bestaat uit biogas, 12,9 PJ uit ONF van vergisting, 4,4 PJ uit ONF van nascheidingsinstallaties, 12,5 PJ rest en afvalhout en 10,8 PJ hout uit bossen en natuur. De hoeveelheid schoon hout en biogas is onvoldoende om het potentieel van gasinstallaties te dekken dus wordt verwacht dat import van pellets nodig is
  - Het proces voor het verkrijgen van een vergunning voor de ombouw van afvalcentrales naar biomassa is relatief eenvoudig en leidt naar verwachting niet tot bezwaarprocedures
  - Het proces voor het verkrijgen van een vergunning voor de ombouw van gasgestookte installaties naar biomassa is relatief eenvoudig. Voor projecten binnen de bebouwde kom kunnen bezwaarprocedures verwacht worden vanuit twijfels over de duurzaamheid van biomassa
  - Het overtuigen van industriële investeerders om hun gasgestookte installaties om te bouwen op biomassa is gecompliceerd. Er is vaak een voorkeur voor decommissioning van bestaande gasinstallaties en nieuwbouw.
  -



## BIJLAGE A INTERVIEWS

In Nederland zijn de volgende partijen geïnterviewd:

- AEB – Peter Simoes
- AVR – Hans Wassenaar
- BTG – Ardy Toussaint
- Eneco – Silvan de Boer
- HVC – Paul van Esdonk
- Jacobs – Erik Koolwijk en Edwin Goudappel
- Twinnovate - John Bouterse

In het buitenland zijn de volgende partijen geïnterviewd:

- A2E – Lorenzo Zaniboni; directeur AEC's
- Babcock & Wilcox Volund – Ole Hedegard Madsen; directeur technische ontwikkeling
- Orsted – Anders Nordstrom / Hannes Reuter; directeur commercieel en technisch directeur
- Propellets Austria –Christian Rakos; expert biomassa pellets



## ABOUT DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 14,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer,



Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland  
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht  
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht  
T +31 (0) 88 042 42 42  
E klantcontact@rvo.nl  
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het  
© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | September 2018  
Publicatienummer: RVO-162-1801/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.