



Energy research Centre of the Netherlands

# **Inzet van biomassa in centrales voor de opwekking van elektriciteit**

## **Berekening van de onrendabele top**

### **Eindrapport**

**H.J. de Vries (ECN)  
A.E. Pfeiffer (KEMA)  
J.W. Cleijne (KEMA)  
X. van Tilburg (ECN)**



ECN-C--05-088

November 2005

## Verantwoording

Dit rapport is door ECN en KEMA geschreven in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. Dit rapport is geschreven onder ECN-projectnummer 7.7676. Contactpersoon bij ECN voor het bovengenoemd project en dit rapport is H.J. de Vries, telefoon: 0224-564851, e-mail: devries@ecn.nl. Contactpersoon bij KEMA voor dit rapport is A.E. Pfeiffer, telefoon: 026-3566024, e-mail: Edward.Pfeiffer@kema.com.

Dit rapport is een ge-update versie. Voor het vergassen van biomassa in kolencentrales is een range toegevoegd, daar waar de vorige versie van dit rapport een puntschatting gaf.

## Abstract

The Ministry of Economic Affairs has requested ECN and KEMA to answer two questions.

1. Are the costs and benefits of projects in which wood-pellets are co-fired in a coal fired power plant representative for those of bio-oil fueled co-firing projects in a gas fired plant?
2. Are new projects representative for existing projects?

To answer these questions, ECN and KEMA have calculated the financial gaps in six different situations:

- co-firing bio-oil in a gas fired power plant,
- co-firing bio-oil in a coal fired power plant,
- gasification of solid biomass,
- co-firing wood pellets in a coal fired power plant,
- co-firing agro residues in a coal fired power plant,
- co-firing waste wood (A- and B-grade) in a coal fired power plant.

The financial gaps are given in the table below.

### *Overview financial gaps*

	Financial gap	
	Range [ct/kWh <sub>e</sub> ]	Reference case [ct/kWh <sub>e</sub> ]
<i>Bio-oil</i>		
Bio-oil gas fired	2,4-6,8	4,5
Bio- oil coal fired	5,2-9,8	7,6
<i>Solid biomass</i>		
Gasification of solid biomass	5,3-6,5	5,3
Wood pellets coal fired	6,1-7,0	6,3
Agro-residues coal fired	2,5-9,4	4,2
Waste wood coal fired	2,1-6,4	4,3
<i>Reference case new projects, November 2004</i>		
Wood pellets coal fired	n.a.	6,6

The ranges and reference cases show that co-firing bio-oil on average has a smaller financial gap than the solid biomass reference case. On average it can also be concluded that when using waste wood or agro-residues, the financial gaps are smaller.

Based on these findings it is concluded that:

1. The reference case of co-firing wood pellets in a coal fired power plant are not representative for bio-fuel options. A new category for bio-oil options seems appropriate.
2. The financial gap of new projects as calculated in November 2004, is often higher than the ranges for existing projects indicate.



# Inhoud

Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	5
Samenvatting	6
1. Inleiding	8
2. Uitgangspunten en opdracht	9
3. Werkwijze en aanpak	10
4. Ontwikkeling brandstofprijzen	11
4.1 Prijsontwikkeling bio-olie	11
4.2 Prijsontwikkeling ruwe olie	11
4.3 Relatie olie en gasprijzen	12
4.4 Prijsontwikkeling aardgas	12
4.5 Prijsontwikkeling kolen	13
4.6 Prijsontwikkeling CO <sub>2</sub> -credits	13
4.7 Waardering mogelijkheid brandstofswitch	14
5. Factsheet bio-olie in een gasgestookte centrale	15
5.1 Toelichting bio-olie gasgestookte centrale	15
6. Factsheet bio-olie in een kolengestookte centrale	17
6.1 Toelichting bio-olie kolencentrale	17
7. Factsheet vergassing biomassa kolengestookte centrale	19
7.1 Toelichting vergassing kolencentrale	19
8. Factsheet houtpellets in een kolengestookte centrale	21
8.1 Toelichting houtpellets kolencentrale	21
9. Factsheet agro-residu in een kolengestookte centrale	22
9.1 Toelichting agro-residu kolencentrale	22
10. Factsheet houtafval in een kolengestookte centrale	24
10.1 Toelichting houtafval kolencentrale	24
11. Conclusies en aanbevelingen	25
11.1 Meestoken van bio-olie in centrales	25
11.2 Meestoken van vaste biomassa in centrales	26
Referenties	28
Bijlage A Uitkomsten marktconsultatie	29
A.1 Algemeen	29
A.2 Ontwikkeling brandstofprijzen	31
A.3 Factsheet bio-olie in een gasgestookte centrale	31
A.4 Factsheet bio-olie in een kolengestookte centrale	32
A.5 Factsheet houtpellets in een kolengestookte centrale	32
A.6 Factsheet agro-residu in een kolengestookte centrale	33
Bijlage B Gevoeligheidsanalyse	34
B.1 Bio-olie gasgestookt	34
B.2 Bio-olie kolengestookt	35
B.3 Biomassavergassing	35
B.4 Houtpellets kolengestookt	36
B.5 Agro-residuen kolengestookt	37
B.6 Afvalhout kolengestookt	38

## Lijst van tabellen

Tabel S.1	<i>Overzicht rendabele toppen van techniek/brandstofcombinatie bij bestaande centrales</i>	6
Tabel 4.1	<i>Prijs van ruwe olie als functie van de beschouwde periode</i>	12
Tabel 4.2	<i>Prijs van aardgas als functie van de beschouwde periode</i>	13
Tabel 4.3	<i>Prijs van kolen als functie van de beschouwde periode</i>	13
Tabel 5.1	<i>Technisch-economische parameters bio-olie gasgestookt</i>	15
Tabel 6.1	<i>Technisch-economische parameters bio-olie kolengestookt</i>	17
Tabel 7.1	<i>Technisch-economische parameters vergassing in kolencentrale</i>	19
Tabel 8.1	<i>Technisch-economische parameters houtpellets kolengestookt</i>	21
Tabel 9.1	<i>Technisch-economische parameters agro-residu kolengestookt</i>	22
Tabel 10.1	<i>Technisch-economische parameters houtafval kolengestookt</i>	24
Tabel 11.1	<i>Overzicht onrendabele toppen</i>	25

## Lijst van figuren

Figuur B.1	<i>Bio-olie gasgestookt</i>	34
Figuur B.2	<i>Bio-olie kolengestookt</i>	35
Figuur B.3	<i>Biomassavergassing</i>	36
Figuur B.4	<i>Houtpellets kolengestookt</i>	36
Figuur B.5	<i>Agro-residuen kolengestookt</i>	37
Figuur B.6	<i>Afvalhout kolengestookt</i>	38

## Samenvatting

Het Ministerie van EZ heeft, naar aanleiding van de snelle en omvangrijke ontwikkeling die zich voordoet op het gebied van lopende projecten, waarbij bio-olie als brandstof in gas- of kolencentrales ingezet wordt, de vraag gesteld of de waardering van de kosten en baten van biomassa-projecten op basis van *vaste* biomassastromen in kolencentrales representatief is voor de kosten en baten van biomassa-projecten op basis van *bio-olie*.

Daarnaast heeft het Ministerie van EZ de vraag gesteld of de kosten en baten van *nieuwe* projecten op basis van vaste biomassastromen in kolencentrales (zoals in november 2004 berekend) representatief zijn voor kosten en baten van *bestaande* projecten.

ECN en KEMA hebben om deze vragen te kunnen beantwoorden de onrendabele top van het meestoken van bio-olie en vaste biomassa in elektriciteitscentrales bij bestaande projecten berekend, waarbij specifiek gekeken is naar de volgende techniek/brandstofcombinaties:

- meestoken van bio-olie in gasgestookte centrales,
- meestoken van bio-olie in kolengestookte centrales,
- biomassavergassing,
- meestoken van houtpellets in kolengestookte centrales,
- meestoken van agro-residuen in kolengestookte centrales,
- meestoken van afvalhout (A- en B-kwaliteit) in kolengestookte centrales.

De gebruikte onrendabele topberekeningen zijn overeenkomstig de methodiek zoals deze normaliter toegepast wordt, met dien verstande dat de eerste drie jaar alleen meetellen voor de kapitaalslasten.

De volgende onrendabele toppen zijn berekend:

Tabel S.1 *Overzicht rendabele toppen van techniek/brandstofcombinatie bij bestaande centrales*

	Onrendabele top	
	Range [ct/kWh <sub>e</sub> ]	Referentiecasi [ct/kWh <sub>e</sub> ]
<i>Bio-olie</i>		
Bio-olie gasgestookt	2,4-6,8	4,5
Bio-olie kolengestookt	5,2-9,8	7,6
<i>Vaste biomassa</i>		
Biomassavergassing	5,3-6,5	5,3
Houtpellets kolengestookt	6,1-7,0	6,3
Agro-residuen kolengestookt	2,5-9,4	4,2
Afvalhout kolengestookt	2,1-6,4	4,3
<i>Referentiecasi nieuwe projecten, november 2004</i>		
Houtpellets kolengestookt	n.v.t	6,6

Op basis van het onderzoek kan geconcludeerd worden dat het meestoken van bio-olie in gas- en kolencentrales een andere dynamiek heeft dan het meestoken van vaste biomassa in kolengestookte centrales. Daarnaast valt uit de berekende range op te maken dat de onrendabele top nu vrijwel altijd lager ligt dan de onrendabele top op basis van de berekeningen van november 2004. Een aparte categorie in de MEP voor het meestoken van bio-olie in centrales lijkt daarom verantwoord.

Voor het meestoken van minder schone, goedkopere vaste biomassaströmen in kolengestookte centrales zoals afvalhout en agro-residuen, is altijd aangenomen dat de meerkosten als gevolg van gestegen onderhoudskosten opwegen tegen de minderkosten voor de biomassa. Dit blijkt niet geheel terecht te zijn. De invloed van lagere biomassaprijzen weegt harder dan de invloed van gestegen onderhoudskosten. Projecten met minder schone brandstoffen zijn daardoor goedkoper dan projecten waarbij houtpellets worden meegestookt.

Op basis van de berekende ranges kan geconcludeerd worden dat de kosten en baten van *nieuwe* projecten (zoals berekend in november 2004) op basis van vaste biomassaströmen in kolencentrales hoger kunnen uitvallen dan de kosten en baten van *bestaande* projecten, waarin een verscheidenheid aan brandstoffen meegestookt kunnen worden.

## 1. Inleiding

Per brief van 10 mei 2005 heeft de Minister van Economische Zaken de Tweede Kamer laten weten per direct (tijdelijk) de MEP voor het meestoken van biomassa in centrales voor nieuwe projecten op 0 ct/kWh te zetten. Voor projecten waarvoor EnerQ reeds een beschikking heeft afgegeven is een overgangsregeling in de voorhangprocedure van de Tweede Kamer gebracht, maar deze is nog niet officieel gepubliceerd. De overgangsregeling is gebaseerd op de onrendabele top berekeningen van projecten voor het meestoken van vaste biomassa in centrales<sup>1</sup>, die in 2006/2007 van start zouden gaan.

Het Ministerie van EZ heeft, naar aanleiding van de snelle en omvangrijke ontwikkeling die zich voordoet op het gebied van lopende projecten<sup>2</sup> waarbij bio-olie als brandstof in gas- of kolencentrales ingezet wordt, de vraag gesteld of de waardering van de kosten en baten van biomassaprojecten op basis van *vaste* biomassastromen in kolencentrales representatief is voor de kosten en baten van biomassaprojecten op basis van *bio-olie*.

Daarnaast heeft het Ministerie van EZ de vraag gesteld of de kosten en baten van *nieuwe* projecten op basis van vaste biomassastromen in kolencentrales representatief zijn voor kosten en baten van *bestaande* projecten.

Een heroriëntering van de onrendabele toppen van de inzet van biomassa in centrales voor bestaande projecten is daarom gewenst.

---

<sup>1</sup> Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties, Advies ten behoeve van de vaststelling van de MEP-subsidies voor de periode juli tot en met december 2006 en 2007; Sambeek, E.J.W. van et al. November 2004.

<sup>2</sup> Zie onder andere Status en voortgang energiewinning uit biomassa in E-centrales en AVI's 2004, J.G. Cuperus et.al, 30 december 2004 en IEA Bioenergy Task 40-Country report for the Netherlands; Martin Junginger en André Faaij; juli 2005.



## 2. Uitgangspunten en opdracht

Het Ministerie van EZ heeft aan ECN en KEMA gevraagd de onrendabele top van het meestoken van bio-olie in elektriciteitscentrales te berekenen, waarbij specifiek gekeken dient te worden naar de volgende techniek/brandstofcombinaties:

- meestoken bio-olie in gasgestookte centrales,
- meestoken bio-olie in kolengestookte centrales.

Ook heeft het Ministerie van EZ gevraagd de onrendabele top van bestaande projecten met vaste biomassa als brandstof te berekenen, waarbij specifiek gekeken dient te worden naar de volgende techniek/brandstofcombinaties:

- meestoken van houtpellets in kolengestookte centrales,
- meestoken van agro-residuen in kolengestookte centrales,
- meestoken van afvalhout (A- en B-kwaliteit) in kolengestookte centrales.

Naar aanleiding van de consultatie van marktpartijen is daarnaast gekeken naar een het vergas-sen van biomassa bij kolencentrales.

De onrendabele top dient te gelden voor centrales die reeds een MEP-beschikking hebben. Deze projecten hebben nog recht op MEP voor zeven of meer jaren en vallen onder het in de brief van de Minister van EZ van 10 mei 2005 aangekondigde overgangstarief.

Het Ministerie van EZ heeft bepaald dat de onrendabele top berekend dient te worden op basis van de prijzen van fossiele brandstoffen en elektriciteit volgens de laatste inzichten, waarbij rekening wordt gehouden met de duur van de MEP voor een periode van totaal tien jaar. De periode die geanalyseerd dient te worden heeft betrekking op de laatste zeven jaar van de projecten. De eerste drie jaar worden als afgesloten beschouwd. Op <http://www.renewable-energy-policy.info> is een voorbeeld van dit model te downloaden.

Gevraagd is om inzicht te geven in de range die kan optreden in de onrendabele top onder invloed van variaties in de berekeningsaannames. Met betrekking tot projectfinanciering worden de uitgangspunten gehanteerd zoals die voor de inzet van zuivere biomassa in centrales zijn vastgelegd in het eindadvies over de onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties van november 2004. Deze financieringsparameters zijn toentertijd tot stand gekomen in samenwerking met onder andere banken.

### 3. Werkwijze en aanpak

De berekening van de onrendabele top van een duurzame energieoptie wordt normaliter volgens een vast proces opgezet. ECN en KEMA doen onderzoek naar de onrendabele top van deze optie. Het onderzoek resulteert in een concept rapport, dat vervolgens aan stakeholders ter consultatie wordt voorgelegd. Het commentaar uit de stakeholderconsultatie wordt getoetst en meegewogen in het eindadvies aan het Ministerie van EZ. In het voorliggende eindrapport is het resultaat van de eerste stap en tweede stap in dit proces. De consultatie heeft geleid tot enkele wijzigingen ten opzichte van het conceptrapport. In bijlage A wordt het commentaar van de consultatie op hoofdlijnen weergegeven. Daarnaast is per opmerking aangegeven op welke wijze omgegaan is met het commentaar.

Bij de uitvoering van de werkzaamheden is gebruik gemaakt van interne notities die in 2005 zijn opgesteld om de situatie rond de inzet van bio-olie nader te verkennen. Ook is gebruik gemaakt van de inzichten die verkregen zijn uit interviews met marktpartijen over de ontwikkelingen die rond bio-olie voor de opwekking van elektriciteit plaatsvinden. ECN en KEMA hebben deze interviews gedurende juli en augustus 2005 uitgevoerd. Aanvullende inzichten uit de marktconsultaties zijn tevens meegenomen in dit eindrapport.

De analyse van projecten waarbij bio-olie en vaste biomassa meegestookt wordt in centrales heeft geresulteerd in factsheets, waarin de technisch-economische parameters voor de berekening van de onrendabele toppen zijn vastgelegd. Daarbij is steeds per parameter een bandbreedte gehanteerd. Deze bandbreedte is deels een gevolg van onzekerheden die optreden rond toekomstige prijsontwikkelingen en deels het gevolg van variaties tussen bij KEMA en ECN bekende initiatieven. Vanuit deze bandbreedte is een waarde afgeleid die als representatief wordt aangemerkt. Ter vergelijking is in de factsheets steeds per parameter de waarde vermeld die gold voor de berekening van de onrendabele top van vaste biomassa in kolencentrales in het MEP-advies van november 2004. In de toelichting op de factsheets is vermeld welke informatie geleid heeft tot wijzigingen ten opzichte van het MEP-advies van november 2004.

Voorafgaand aan het opstellen van de factsheets per brandstof/techniek combinatie zijn de ontwikkelingen in de brandstoffenmarkt geanalyseerd die in hoge mate bepalen of, en in welke mate, in projecten bio-olie en vaste biomassa worden ingezet.

## 4. Ontwikkeling brandstofprijzen

De rentabiliteit van het meestoken van bio-olie in centrales wordt met name bepaald door de hoogte van de brandstofprijzen (zowel gas- als bio-olieprijs) en hoe die zich tot elkaar verhouden. Dit is anders dan bij bio-energie projecten die kapitaalsintensief zijn (de investeringskosten domineren dan de rentabiliteit) en projecten waarbij een vaste biobrandstof ingezet wordt ter vervanging van kolen. Bij de inzet van bio-olie in centrales worden de kasstromen bijna geheel bepaald door de brandstofkosten. De inzet van bio-olie vindt plaats op momenten waarop de gasprijs zo hoog is, dat het rendabeler is om bio-olie in te zetten. De inzet van bio-olie vindt dan niet symmetrisch over het jaar plaats, zoals bij basislastcentrales het geval is, maar asymmetrisch, in situaties waarbij de marginale kosten lager zijn dan de baten.

Wat geldt voor bio-olie, geldt in mindere mate ook voor bepaalde categorieën vaste biomassa. Ook hier speelt de waarde van de verdrongen primaire brandstof een rol bij de inzet van de biomassa. In dit geval kunnen echter de kapitaalslasten en de operationele kosten ook aanzienlijk zijn.

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de (verwachte ontwikkeling van de) brandstofprijzen. Hierbij is gekeken naar de huidige ontwikkelingen van fossiele brandstofmarkten, en naar toekomstige ontwikkelingen en trends. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan de meerwaarde die de mogelijkheid tot brandstofswitch heeft ten opzichte van de situatie waarin dat niet het geval is.

### 4.1 Prijsontwikkeling bio-olie

Er zijn verschillende soorten bio-olie die in centrales kunnen worden meegestookt. Als referentiebrandstof voor bio-olie wordt palmolie aangemerkt. Deze vorm van bio-olie is de goedkoopste soort bio-olie in de markt. Historisch gezien ligt het prijsniveau structureel lager dan van bijvoorbeeld sojaolie, koolzaadolie en zonnebloemolie. Het prijsniveau van palmolie schommelt als gevolg van vraag en aanbod en de wijze waarop met voorraden wordt omgegaan door enkele grote marktpartijen.

Verwacht wordt dat palmolie voor een gelijke tot structureel lagere prijs kan worden ingekocht dan hetgeen uit de wereldmarktprijzen volgt, omdat inkopende partijen meestal beschikken over opslagmogelijkheden en de schaalgrootte van de aangekochte partijen aanzienlijk is. De prijzen van palmolie in de haven van Rotterdam variëren in het laatste jaar tussen de 300 en 350 Euro per ton (Uniqema, Soeterboek, 1 juli 2005). Verwacht mag worden dat wanneer de palmolie prijzen sterk stijgen, de interesse om palmolie als biobrandstof in te zetten voor de opwekking van elektriciteit snel zal afnemen. Eén en ander is echter sterk afhankelijk van de prijs van de te vervangen brandstof en van de hoogte van de MEP.

### 4.2 Prijsontwikkeling ruwe olie

Door het doorbreken van de 50 US\$/barrel<sup>3</sup> grens heeft de olieprijs sinds enige tijd de volle aandacht. Op dit moment ligt de prijs rond de 66,70 US\$/barrel (9,30 €/GJ, Nymex.com, week 35, 1 september 2005, koers €1=1,25 US\$). Voor de te beschouwen techniek/ brandstofcombinaties heeft de aardolieprijs geen direct belang. Indirect is de aardolieprijs wel van belang, omdat de aardgasprijs wordt afgeleid uit de aardolieprijs.

---

<sup>3</sup> Barrel olie equivalent, circa 159 liter ruwe olie, 5,736 GJ.

Bij de inzet van bio-olie in centrales wordt vaak de inzet van aardgas verdrongen. De huidige onderlinge verhouding tussen de aardgasprijs en bio-olie prijs bepaalt in hoge mate de rentabiliteit van de bio-olie inzet. Duidelijke verwachtingen voor de lange termijn olieprijs ontbreken op dit moment, maar indicaties zijn wel te geven. Zo heeft Fugro (Technische Weekblad, 2 september 2005) aangegeven dat een structurele olieprijs tussen de 40 en 50 US\$/barrel het best zou zijn voor de markt. Hogere prijzen zijn op de lange termijn fnuikend voor de wereldeconomie. Vanaf een prijs van 22 US\$/barrel gaan oliemaatschappijen investeren in nieuwe velden. Dit zal naar verwachting in de huidige situatie versneld gebeuren waarna op een termijn van meerdere jaren een normalisatie van de ruwe olieprijs mogelijk wordt. Tabel 4.1 geeft de gehanteerde ontwikkeling van de olieprijs als functie van de tijd. De tabel geeft de ontwikkeling van de prijzen weer op basis van de huidige hoge olieprijs, teruglopend naar de lange termijn olieprijs zoals die in de Referentieramingen 2005 gehanteerd zijn, van ongeveer 30 US\$/barrel.

Tabel 4.1 *Prijs van ruwe olie als functie van de beschouwde periode*

Beschouwde periode	Prijs ruwe olie	
	[US\$/barrel]	[€GJ]
2005-2006	55	7,7
2007-2008	50	7,0
2009-2010	40	5,6
2011-2012	35	4,9
2012-2015	30	4,2

### 4.3 Relatie olie en gasprijzen

De prijs van aardgas is in belangrijke mate, zij het vertraagd, gekoppeld aan de prijs van ruwe olie. De historische samenhang over de afgelopen jaren is lineair volgens de formule (gasprijs in  $\text{ct/m}^3$ ) =  $0,41 \times$  (prijs ruwe olie in US\$/barrel) (KEMA, 2005, database prijsontwikkeling fossiele brandstoffen, spot OPEC reference basket price versus gas commodity price). Uit deze correlatie blijkt dat, bij behoud van de koppeling, de aardgasprijs naar  $20 \text{ ct/m}^3$  gaat bij het langdurig aanhouden van een ruwe olie prijs van 50 US\$/barrel. Op dit moment staat de Gasunieprijs op 19,5 cent per  $\text{m}^3$  bij een aardolieprijs van 66,70 US\$/barrel (6,15 €GJ, Nymex.com, week 35). Op grond van de bovengenoemde relatie is een prijs van  $27 \text{ ct/m}^3$  te verwachten. Voor de op dit moment geldende forwardprijs van aardgas in 2006 geldt een waarde van rond de  $22,5 \text{ ct/m}^3$  (Nymex.com, week 35). Of de correlatie blijft bestaan is overigens zeer de vraag. Zo is in de VS waarneembaar dat aardgas veel sneller in prijs toeneemt (+90% sinds 1 januari 2005) dan aardolie (+60% sinds 1 januari 2005) (Wall Street Journal, 5 september 2005) Ook de liberalisatie van de gasmarkt zal ervoor zorgen dat op termijn de gasprijs in zekere mate ontkoppeld zal worden van de olieprijs, hoewel de relatie zich in een bepaalde bandbreedte zal blijven bewegen voor die toepassingen waarbij gas en olie met elkaar uitwisselbaar zijn (site Gasunie, veelgestelde vragen, koppeling aardolie en gasprijzen).

### 4.4 Prijsontwikkeling aardgas

Tot nu toe is de aardgasprijs gekoppeld aan de prijs voor ruwe olie. De verwachting is dat binnen de zichttermijn van tien jaar de aardgasprijs ontkoppeld zal worden. Voor 2006 wordt op dit moment een gasprijs verwacht van  $22,5 \text{ ct/m}^3$  (Endex.nl, week 35). Voor de lange termijn is de waarde uit de ECN Referentieramingen 2005 van  $11,3 \text{ ct/m}^3$  het uitgangspunt. Net als bij aardolie wordt op termijn een normalisatie van de prijzen verwacht. Dit zal naar verwachting, gezien de huidige situatie in de markt en de vooruitzichten, meerdere jaren duren. Tabel 4.2 geeft de gehanteerde ontwikkeling van de gasprijs in de tijd. Ook voor de gasprijzen zijn de huidige gasprijzen als uitgangspunt genomen, vervolgens zijn de forwards voor de komende drie jaar weer-

gegeven en is vanaf 2009 teruggerekend naar de gasprijs zoals deze in de Referentieramingen is gehanteerd.

Tabel 4.2 *Prijs van aardgas als functie van de beschouwde periode*

Beschouwde periode	Aardgasprijs	
	[ct/m <sup>3</sup> ]	[€GJ]
2005-2006	22,5	7,1
2007-2008	20	6,3
2009-2010	17	5,4
2011-2012	14	4,4
2012-2015	11,3	3,6

#### 4.5 Prijsontwikkeling kolen

De kolenprijzen zijn de laatste jaren sterk gestegen, van niveaus onder de 40 US\$/ton SKE<sup>4</sup> in 1998 en 1999 tot 84 US\$/ton SKE (2,3 €GJ) in 2004. De prijs ligt op dit moment rond de 71 US\$/ton SKE (1,94 €GJ, CIF ARA). De prijs over de eerste 7 maanden van 2005 ligt gemiddeld op 76,50 US\$/ton SKE (2,08 €GJ). In vergelijking met vorig jaar liggen de prijzen lager, vanwege een daling in zowel de kolenprijs als in de transportkosten. De transportkosten vanuit Colombia en Zuid Afrika liggen nu rond de 20 US\$/ton SKE, na een piek op 28 US\$/ton SKE in 2004. De transportkosten uit Australië liggen nu rond de 30 €/ton SKE, na een piek op 43 €/ton SKE in 2004 (Verein Kohlenimporteure, annual report 2004). De forward prijs voor 2006 staat op 71 US\$/ton SKE en voor 2007 op 71,20 US\$/ton SKE (1,95 €GJ). (Markupdate Electrabel, week 35). Tabel 4.3 geeft de gehanteerde ontwikkeling van de kolenprijs in de tijd.

Tabel 4.3 *Prijs van kolen als functie van de beschouwde periode*

Beschouwde periode	Kolenprijs	
	[US\$/ton SKE]	[€GJ]
2005-2006	73	2,0
2006-2007	71	1,95
2008-2012	65	1,8
2012-2015	60	1,65

#### 4.6 Prijsontwikkeling CO<sub>2</sub>-credits

Voor het meestoken van biomassa in installaties zijn voor een groot gedeelte van de in het kolenconvenant afgesproken meestookvermogen geen CO<sub>2</sub>-credits gealloceerd. Hierdoor heeft de prijsontwikkeling van CO<sub>2</sub>-credits afkomstig van de in het kolenconvenant afgesproken meestookcapaciteit nagenoeg geen invloed op de hoogte van de onrendabele top die kan optreden bij de inzet van bio-olie in centrales. Wanneer producenten echter meer meestoken dan de in het kolenconvenant opgenomen capaciteiten, worden CO<sub>2</sub>-credits opgebouwd die een waarde vertegenwoordigen. Voor gascentrales geldt dat alle productie gealloceerd is.

Momenteel ligt de waarde van CO<sub>2</sub> rond de 22 €/ton CO<sub>2</sub>. Over toekomstige ontwikkelingen zijn de meningen verdeeld. Enerzijds wordt de stelling aangehouden dat de huidige waarde het gevolg is van hoge handelsmarges en administratieve kosten, terwijl de werkelijke kosten van de marginale optie tussen de 0 en 11 €/ton zouden liggen. De verwachting is dat in de volgende allocatieperiode (na 2007) de reeds bestaande productie geen CO<sub>2</sub>-emissierechten gealloceerd

<sup>4</sup> SKE: Steenkolenequivalent, 29,31 GJ, vaak vindt vermelding plaats in ton, verrekening naar stookwaarde is dan nodig.

krijgt. Daarmee zouden eventuele inkomsten uit CO<sub>2</sub> alleen gedurende de periode 2006-2007 gegenereerd worden. Deze zijn in de berekeningen niet meegenomen.

#### 4.7 Waardering mogelijkheid brandstofswitch

Indicatieve analyses laten zien dat het hebben van de mogelijkheid om in een centrale brandstof te switchen een economische waarde vertegenwoordigt. De exploitant van de centrale heeft de optie om bio-olie in te zetten op momenten dat dit (inclusief MEP) rendabel is, en te stoppen met de inzet wanneer dit onrendabel is. In dual-fuel installaties, die de mogelijkheid hebben om zowel gas of kolen en stookolie in te zetten, bestaat deze optie al. In het geval van bestaande dual fuel centrales zou de onrendabele top van de inzet van bio-olie daarom eigenlijk berekend moeten worden ten opzichte van de vermeden kosten van de inzet van stookolie. Echter, uit zowel de marktconsultatie als de milieu jaarverslagen van verschillende dual-fuel installaties blijkt dat het inzetpatroon van bio-olie tot nu toe significant anders is dan dat van stookolie. Er wordt meer bio-olie ingezet dan stookolie, waardoor dus meer gasinzet vermeden wordt dan wanneer enkel stookolie als switchoptie gebruikt wordt. De (huidige) hoogte van de MEP maakt de inzet van bio-olie dus eerder aantrekkelijk dan het inzetten van stook-olie. Hierdoor ontstaat bovendien een extra voordeel: doordat structureel minder gas kan worden ingezet, kunnen de basis gascontracten met Gasunie verlaagd worden. Hierdoor dalen de kosten van het vastrecht.

Deze baten zijn echter niet meegenomen in de onrendabele top berekeningen. De reden hiervoor is dat wanneer deze extra baten zouden worden meegewogen in de berekening, de onrendabele top afneemt. Het inzetpatroon wordt onder andere geoptimaliseerd op de hoogte van de MEP. Bij een lagere MEP wordt bio-olie minder vaak ingezet. Hierdoor wordt ook minder gas vermeden, waardoor de baten als gevolg van verlaging van de vastrechtkosten lager zijn. Deze aanpassing van de inzet van bio-olie aan de hoogte van de MEP kan niet in het onrendabele top model worden meegenomen.

Voor bestaande centrales die geen dual-fuel mogelijkheid hebben, is het in de huidige systematiek van de onrendabele topberekening ook niet mogelijk de waarde van deze optie te verdisconteren. Op momenten dat de gasprijs (of kolenprijs) opweegt tegen de biomassaprijs minus de MEP-premie zal een producent meestoken, terwijl niet wordt meegestookt als de biomassaprijs minus de MEP-premie hoger is dan de gas- of kolenprijs. De MEP wordt gebaseerd op gemiddelde brandstofprijzen over een periode van tien jaar. Wanneer de gas- of kolenprijs op een zeker moment (bij gegeven biomassaprijs) hoger is dan de gemiddelde aangenomen gas- of kolenprijs in de OT berekening, kan de producent overschakelen naar biomassa en zo voorkomen dat hij de extra kosten ten opzichte van de aangenomen kosten voor gas of kolen moet betalen. Er wordt op dat moment door de inzet van biomassa in de centrale tegen een hogere vermeden gasprijs geproduceerd, waardoor op dat moment de onrendabele top lager is dan de MEP-vergoeding die is berekend op basis van de gemiddelde gas- of kolenprijs. In de situatie waarin de gas- of kolenprijs lager is dan de voor de OT berekening aangenomen gemiddelde prijs, heeft de producent de keuze om de centrale volledig op gas of kolen te bedrijven, en zal hij geen biomassa meestoken. Een producent zal dus bij voorkeur biomassa meestoken op het moment dat de geldende gas- of kolenprijs gelijk of hoger is dan de in de OT berekening gebruikte gas-of kolenprijs. Hierdoor zal de MEP in geval van tijdelijk hogere gas- of kolenprijzen dan de aangehouden referentieprijzen op dat moment leiden tot een overstimulering.

Om dit effect te kunnen kwantificeren is een nadere bestudering van de marktdynamiek van de gas-, kolen- en biomassaprijzen, en de gevolgen van deze dynamiek op de OT noodzakelijk.

## 5. Factsheet bio-olie in een gasgestookte centrale

In het advies MEP 2006-2007 valt de inzet van bio-olie in gasgestookte centrales in de categorie 'zuivere biomassa in centrales'. In november 2004 werd nog geen significant verschil in ORT geconstateerd tussen de inzet van bio-olie of vaste biomassa in centrales waardoor een separate beschouwing niet nodig was. De inzet van houtpellets in een kolengestookte centrale werd als representatief beschouwd, temeer daar deze brandstof grootschalig werd ingezet en als basis kon dienen voor een lange termijn ontwikkeling van de brandstofprijs.

Hieronder wordt eerst het overzicht van de uitgangspunten voor het meestoken van bio-olie in gascentrales gegeven. Ook is in de tabel het overzicht gegeven waarop het advies van ECN en KEMA van november 2004 is gebaseerd, zodat de verschillen duidelijk worden. Onder het overzicht is een toelichting op bepaalde parameters gegeven.

Tabel 5.1 *Technisch-economische parameters bio-olie gasgestookt*

		Uitgangspunten		Advies t.b.v.	
		bio-olie in gascentrales	Referentie	MEP-tarieven november 2004	
		Range		2006	2007
Investeringskosten	[€kW <sub>th</sub> ]	2-10	5	220	220
Installatiegrootte	[MW <sub>th</sub> ]		500	500	500
Bedrijfstijd	[uren/jr]	1450-2000	1800	7000	7000
Variabele O&M-kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,05	0,25	0,25
Overige operationele kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,20	0,95	0,95
Energie-inhoud sec. brandstof	[GJ/ton]	Palmolie	36,7	17,5	17,5
Brandstofkosten bruto	[€GJ]	8,2-9,5	8,9	n.v.t.	n.v.t.
Brandstofkosten af Rotterdam	[€ton]	300-350	325	n.v.t.	n.v.t.
Toeslag brandstof transport	[€ton]	20	20	n.v.t.	n.v.t.
Brandstofkosten netto	[€GJ]	8,7-10,1	9,4	6,0	6,0
Elektrisch rendement	[%]	35-40	36,7	37,5	37,5
Energie-inhoud primaire brandstof	[MJ/m <sup>3</sup> ]	Aardgas	31,65	24,1 GJ/ton	24,1 GJ/ton
Economische levensduur	[jr]		10	10	10
Vermeden brandstofkosten	[ct/m <sup>3</sup> ]	14-22,5	18	40 €/ton	40 €/ton
Effectiviteit brandstofsubstitutie	[%]		90,4	93,3	93,3
Onrendabele top	[ct/kWh <sub>e</sub> ]	2,4-6,8	4,5	6,6	6,6

### 5.1 Toelichting bio-olie gasgestookte centrale

De inzet van bio-olie vindt plaats of wordt overwogen in de gasgestookte centrales te Maasbracht en Harculo. Op grond van de huidige omvang van de bio-olie inzet zijn de kengetallen voor de centrale Maasbracht, voor zover beschikbaar, als maatgevend beschouwd.

Als meest voor de hand liggende brandstof wordt *palmolie* aangemerkt. Deze vorm van bio-olie is de goedkoopste soort plantaardige bio-olie in de markt. Een toeslag van 20 Euro per ton is toegepast voor de overslag in de haven van Rotterdam en vervoer per binnenvaartschip (Uniqema, 1 juli 2005). In de NTA 8003:2003 NL valt bio-olie onder de categorie 540 (inclusief subcategorieën). Zuivere palmolie valt onder categorie 541.

De *investeringskosten* zijn betrokken op het nominaal vermogen waarop bio-olie kan worden ingezet (811 MW<sub>e</sub>, 2210 MW<sub>th</sub>, berekend bij 8760 draaiuren en een (op basis van de milieuvergunning) maximale inzetbaarheid van 1600 kton bio-olie per jaar). Uitgegaan is van een investeringsniveau van 10 mln Euro. Bekend is dat met name de infrastructurele voorzieningen (opslag, transportleidingen, pompen) geschikt moeten worden gemaakt voor de inzet van bio-olie. De verbranding kan geschieden met de bestaande installatie omdat deze als dual fuel installatie is uitgevoerd bestemd voor het verstoken van aardgas en aardolie. Opslag is al aanwezig.

De *bedrijfstijd* wordt ingezet op 1800 uur. Dit is gebaseerd op de verwachting dat de inzet alleen plaatsvindt op momenten dat de sparkspread tussen de aardgasprijs en de palmolieprijs gunstig is en op momenten dat de verhouding van de kostprijs van de elektriciteitsproductie en de te verkrijgen elektriciteitsprijs gunstig is (inzet onder pieklast). Overigens heeft de bedrijfstijd in deze berekening weinig invloed op de hoogte van de onrendabele top.

Als *primaire brandstof* wordt aardgas aangemerkt. Verondersteld is dat vigerende contracten een index bevatten waarbij de aardgasprijs is afgeleid van de Gasunieprijs en is gekoppeld aan de prijs voor aardolie. Daarnaast is het, gezien de flexibele inzetmogelijkheden van de referentiecentrale, niet onwaarschijnlijk dat juist op momenten van hoge aardgas spotprijzen, de inzet van aardgas wordt vermeden door de inzet van bio-olie. Het voordeel voor de bedrijver is op dat moment het grootst. Waar het kantelpunt ligt is in sterke mate afhankelijk van de hoogte van de MEP. Hoe hoger de MEP, des te lager kan de aardgasprijs zijn om een rendabele inzet van bio-olie mogelijk te maken. Tevens geldt bij een hoge MEP en een hoge gasprijs dat het risico van overstimulering navenant toeneemt. Het kantelpunt in de aardgasprijs waarbij geen MEP meer nodig is, bedraagt bij de referentiecase 34 ct/m<sup>3</sup>. Voor de onderkant van de range ligt dit kantelpunt bij 31 ct/m<sup>3</sup>. De in de factsheet opgenomen aardgasprijs betreft voor de referentie het verwachte gemiddelde over de periode 2006 tot en met 2012. Voor de range zijn de verwachte uitersten aangehouden voor deze periode.

De *effectiviteit* van de vermeden brandstofsubstitutie volgt uit de berekeningen die in 2002 zijn uitgevoerd door KEMA als onderdeel van de ontwikkeling van de MEP. Deze waarde geeft aan in welke mate het rendement van de centrale als gevolg van de inzet van de secundaire brandstof zal dalen ten opzichte van de gangbare primaire brandstof.



## 6. Factsheet bio-olie in een kolengestookte centrale

De inzet van bio-olie in een gasgestookte centrale is reeds gangbare praktijk. Signalen uit de markt geven aan dat dit ook te verwachten is in kolencentrales. Omdat in de MEP tot nu toe geen onderscheid wordt gemaakt naar vloeibare en vaste biobrandstof is een nadere analyse op dit punt gewenst.

Tabel 6.1 *Technisch-economische parameters bio-olie kolengestookt*

		Uitgangspunten bio-olie in kolencentrales		Advies t.b.v. MEP-tarieven november 2004	
		Range	Referentie	2006	2007
Investeringskosten	[€kW <sub>th</sub> ]	2-10	5	220	220
Installatiegrootte	[MW <sub>th</sub> ]		500	500	500
Bedrijfstijd	[uren/jr]	1450-2000	1800	7000	7000
Variabele O&M-kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,05	0,25	0,25
Overige operationele kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,20	0,95	0,95
Energie-inhoud sec. brandstof	[GJ/ton]	Palmolie	36,7	17,5	17,5
Brandstofkosten bruto	[€GJ]	5,4-6,8	6,1	n.v.t	n.v.t
Brandstofkosten af Rotterdam	[€ton]	250- 350	325	n.v.t	n.v.t
Toeslag brandstof transport	[€ton]	20	20	n.v.t	n.v.t
Brandstofkosten netto	[€GJ]	7,4-10,1	9,4	6,0	6,0
Elektrisch rendement	[%]	35-40	37,8	37,5	37,5
Energie-inhoud primaire brandstof	[GJ/ton]	Kolen SKE	29,3	24,1	24,1
Economische levensduur	[jr]		10	10	10
Vermeden brandstofkosten	[€ton]	32-57	53,5	40	40
Effectiviteit brandstofsubstitutie	[%]		96,8	93,3	93,3
Onrendabele top	[ct/kWh <sub>e</sub> ]	5,2-9,8	7,6	6,6	6,6

### 6.1 Toelichting bio-olie kolencentrale

In het *advies MEP 2006-2007* valt de inzet van bio-olie in kolengestookte centrales in de categorie 'zuivere biomassa in centrales'. Onder normale omstandigheden is het niet te verwachten dat bio-olie wordt ingezet in een kolengestookte centrale aangezien de brandstofkosten per GJ aanzienlijk hoger zijn. Echter bij de centrale in Nijmegen is vergunning verstrekt om 50 kton palmolie per jaar te mogen verstoken. De centrale in Nijmegen is een dual fuel installatie, oorspronkelijk geschikt voor het verstoken van aardolie en kolen. De branders zijn geschikt om olie te kunnen verstoken. Dit maakt dat de investerings- en operationele kosten naar verwachting op hetzelfde niveau zullen liggen als bij de centrale Maasbracht. Ook wordt uitgegaan van een zelfde inzetpatroon. Het beschikbaar vermogen is dusdanig groot dat het aantal vollasturen beperkt zal zijn.

Als meest voor de hand liggende brandstof worden *palmolie* of palmoliederivaten aangemerkt, omdat hiervoor vergunning is aangevraagd. Echter, de aard van de centrale leent zich in het bijzonder voor de inzet van oliën en vetten met een hoog asgehalte en heeft in dit opzicht een grotere brandstofflexibiliteit. Verwacht wordt dan ook dat op termijn de brandstofkosten lager uit kunnen vallen. Hierop is geanticipeerd bij het vaststellen van de range. Een toeslag is toegepast voor de overslag in de haven van Rotterdam en vervoer per binnenvaartschip van 20 €ton. In de NTA indeling vallen deze bredere brandstoffen onder categorie 540, inclusief de subcategorieën.

Als *primaire brandstof* wordt kolen aangemerkt. De in de factsheet opgenomen kolenprijs betreft voor de referentie het gemiddelde over de periode 2006 tot en met 2012. Voor de range zijn de verwachte uitersten aangehouden voor deze periode. Ten opzichte van het advies in 2004 stijgt de kolenprijs hiermee van 1,66 €/GJ naar 1,82 €/GJ<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> De waarden zijn genormeerd op SKE bij 29,3 MJ/kg en een koers van 1,00 Euro tegen 1,25 US\$.

## 7. Factsheet vergassing biomassa kolengestookte centrale

De meeste biomassa die wordt ingezet bij centrales wordt verbrand. Echter, bij een tweetal centrales wordt biomassa eerst vergast, waarna verbranding van het geproduceerde stookgas plaatsvindt in respectievelijk een kolengestookte ketel en een gasturbine. In vergelijking tot de directe inzet van biomassa in kolencentrales zijn dergelijke installaties relatief kapitaalsintensief. Ook de operationele kosten zijn aanzienlijk, vanwege het feit dat het hier om relatief nieuwe technologie gaat die nog niet volledig is uitontwikkeld. Bij het samenstellen van Tabel 7.3 is gebruik gemaakt van de parameters die gelden voor de twee bestaande projecten. Tevens is geverifieerd of de onrendabele top van de individuele projecten afwijkt van de samengestelde referentie case. Voor een van de projecten is dit het geval. Op basis van de financiële gegevens waar ECN en Kema inzicht in hebben gekregen, is onrendabele top voor beide projecten berekend. De range van de onrendabele top wordt bepaald door de twee projecten, met als onderkant de onrendabele top van het referentieproject. De bovenkant is berekend op 6,5 ct/kWh.

Tabel 7.1 *Technisch-economische parameters vergassing in kolencentrale*

		Uitgangspunten		Advies t.b.v.	
		Vergassing kolencentrales		MEP-tarieven november 2004	
		Range	Referentie	2006	2007
Investeringskosten	[€/kW <sub>th</sub> ]		310	220	220
Installatiegrootte	[MW <sub>th</sub> ]		100	500	500
Bedrijfstijd	[uren/jr]		6600	7000	7000
Variabele O&M-kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,7	0,25	0,25
Overige operationele kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		1,3	0,95	0,95
Energie-inhoud secundaire brandstof	[GJ/ton]		13	17,5	17,5
Brandstofkosten netto	[€/ton]		40	102	102
Brandstofkosten netto	[€/GJ]		3,1	6,0	6,0
Elektrisch rendement	[%]		38	37,5	37,5
Energie-inhoud primaire brandstof	[GJ/ton]		29,3	24,1	24,1
Economische levensduur	[jr]		10	10	10
Vermeden brandstofkosten	[€/ton]		53,5	40	40
Effectiviteit brandstofsubstitutie	[%]		92	93,3	93,3
Onrendabele top	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		5,3-6,5	6,6	6,6

### 7.1 Toelichting vergassing kolencentrale

De referentie betreft een set parameters die is samengesteld uit de gegevens die gelden voor de twee vergassingsprojecten van biomassa in Nederland, die met een kolencentrale geïntegreerd zijn. De projecten zijn eveneens afzonderlijk doorgerekend. De onrendabele top is nagenoeg gelijk voor beide projecten en gelijk aan de referentie. Bij het bepalen van de onrendabele top van biomassa vergassing in een kolencentrale is geen sprake van een range op de wijze zoals in voorgaande hoofdstukken is opgenomen. De range wordt bij vergassing gevormd door de twee beschouwde projecten, ieder met zijn eigen specifieke kenmerken.

In vergelijking met de parameters die zijn gehanteerd bij het advies voor de inzet van zuivere biomassa in centrales in 2004 treden de volgende markante verschillen op:

- het investeringsniveau per kW<sub>th</sub> ligt hoger,
- de bedrijfstijd is lager,
- de kosten van onderhoud en de operationele kosten zijn hoger,
- de secundaire brandstof is goedkoper doordat de vergasser een grotere variëteit aan vaste biomassa stromen kan verwerken.

Bij de vergassing van biomassa in centrales moet worden gedacht aan een mix van biomassa-stromen bestaande uit houtpellets, afvalhout, kippenmest en slibachtige stromen.

## 8. Factsheet houtpellets in een kolengestookte centrale

Deze techniek brandstofcombinatie is in 2004 als maatgevend beschouwd voor de bepaling van de onrendabele top van de inzet van zuivere biomassa in centrales. Tabel 8.1 geeft een overzicht van de wijzigingen die zich in het afgelopen jaar hebben voorgedaan.

Tabel 8.1 *Technisch-economische parameters houtpellets kolengestookt*

		Uitgangspunten		Advies t.b.v.	
		houtpellet	kolencentrales	MEP-tarieven	november 2004
		Range	Referentie	2006	2007
Investeringskosten	[€kW <sub>th</sub> ]		220	220	220
Installatiegrootte	[MW <sub>th</sub> ]		500	500	500
Bedrijfstijd	[uren/jr]	7000-7500	7250	7000	7000
Variabele O&M-kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,20	0,25	0,25
Overige operationele kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,80	0,95	0,95
Energie-inhoud sec. brandstof	[GJ/ton]	Houtpellets	17,5	17,5	17,5
Brandstofkosten netto	[€/ton]		102	102	102
Brandstofkosten netto	[€/GJ]		6,0	6,0	6,0
Elektrisch rendement	[%]		37,5	37,5	37,5
Energie-inhoud primaire brandstof	[GJ/ton]	Kolen SKE	29,3	24,1	24,1
Economische levensduur	[jr]		10	10	10
Vermeden brandstofkosten	[€/ton]	32-57	53,50	40	40
Effectiviteit brandstofsubstitutie	[%]		93,3	93,3	93,3
Onrendabele top	[ct/kWh <sub>e</sub> ]	6,1-7,0	6,3	6,6	6,6

### 8.1 Toelichting houtpellets kolencentrale

Inmiddels is met de inzet van houtpellets in centrales ruime ervaring opgedaan. Hoewel de inzet van houtpellets in vergelijking met kolen met grote zorg omgeven is in aanvoer, opslag en verwerking is inmiddels een stadium bereikt waarin de bedrijfsvoeringkosten beheersbaar zijn en de bedrijfstijd toe kan nemen, wanneer dit betrokken wordt op de periode voor de komende zeven jaar. Om deze reden zijn een aantal parameters die direct gerelateerd zijn aan de bedrijfsvoering bijgesteld. Zo is de bedrijfstijd op het niveau gebracht van hetgeen gangbaar is bij bio-energie installaties kleiner dan 50 MW<sub>e</sub>. Ook zijn de variabele en operationele kosten neerwaarts bijgesteld met circa 20%.

Er zijn geen aanwijzingen dat de wereldmarktprijs van *houtpellets* verandert. Het kostenniveau voor de grootschalige inzet van houtpellets ligt nog steeds rond de 102 €/ton. De kosten van intercontinentaal transport zijn enigszins genormaliseerd (zie ook toelichting bij kolen in Hoofdstuk 4). Omdat het kostenaandeel voor transport bij houtpellets kleiner is dan bij kolen leidt dit niet tot significante wijzigingen.

Als *primaire brandstof* worden kolen aangemerkt. De in de factsheet opgenomen kolenprijs betreft voor de referentie het gemiddelde over de periode 2006 tot en met 2012. Voor de range zijn de verwachte uitersten aangehouden voor deze periode. Ten opzichte van het advies in 2004 stijgt de kolenprijs hiermee van 1,66 €/GJ naar 1,82 €/GJ<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> De waarden zijn genormeerd op SKE bij 29,3 MJ/kg en een koers van 1,00 Euro tegen 1,25 US\$.

## 9. Factsheet agro-residu in een kolengestookte centrale

Naast de inzet van houtpellets als vaste biomassa in kolengestookte centrales komt de inzet van agro-residuen steeds meer in de belangstelling. De verwachting is dat de meestookpercentages in de komende jaren zullen stijgen en dat daarmee een grotere hoeveelheid van deze biomassa zal worden ingezet. Dit zal met name gebeuren in centrales die zich daar nu reeds op hebben toegelegd. Onder agro-residu wordt verstaan restproducten uit de voedings- en genotsmiddelen industrie en restproducten die vrijkomen bij het oogsten en bewerken van agro grondstoffen. Het betreft vaste biomassa. Hierbij moet gedacht worden aan olijfcake, residuen die vrijkomen bij de oogst en productie van bijvoorbeeld palmolie, cacao, maar ook stro.

Tabel 9.1 *Technisch-economische parameters agro-residu kolengestookt*

		Uitgangspunten agro residu kolencentrales		Advies t.b.v. MEP-tarieven november 2004	
		Range	Referentie	2006	2007
Investeringskosten	[€kW <sub>th</sub> ]		220	220	220
Installatiegrootte	[MW <sub>th</sub> ]		500	500	500
Bedrijfstijd	[uren/jr]	7000-7500	7250	7000	7000
Variabele O&M-kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]	0,3-0,6	0,4	0,25	0,25
Overige operationele kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,80	0,95	0,95
Energie-inhoud secundaire brandst.	[GJ/ton]	10-15	12	17,5	17,5
Brandstofkosten netto	[€ton]	30-80	42	102	102
Brandstofkosten netto	[€GJ]		3,5	6,0	6,0
Elektrisch rendement	[%]		37,5	37,5	37,5
Energie-inhoud primaire brandstof	[GJ/ton]	Kolen SKE	29,3	24,1	24,1
Economische levensduur	[jr]		10	10	10
Vermeden brandstofkosten	[€ton]	32-57	53,50	40	40
Effectiviteit brandstofsubstitutie	[%]		93,3	93,3	93,3
Onrendabele top	[ct/kWh <sub>e</sub> ]	2,5-9,4	4,2	6,6	6,6

### 9.1 Toelichting agro-residu kolencentrale

Inmiddels is met de inzet van agro-residu in centrales ervaring opgedaan. Steeds wordt daarbij gezocht naar biomassa stromen met een gunstige prijs/kwaliteit verhouding waarbij het risico voor de centrale minimaal blijft. Om deze reden vindt bijvoorbeeld de inzet van olijfcake wel op grote schaal plaats, maar stro niet. De inzichten rond olijfcake zijn dan ook leidend geweest bij het afleiden van de referentie voor agro-residuen. Voor het bepalen van de range is gekeken naar verschillende brandstoffen. In vergelijking tot de inzet van houtpellets zullen de *variabele O&M kosten* hoger liggen. De range in deze kosten wordt bepaald door de kwaliteit van het agro-residu. Zo zullen de kosten hoog zijn bij de inzet van stro. De *overige operationele kosten* zijn vergelijkbaar met houtpellets omdat hier evenals bij houtpellets een learning curve is doorlopen die het mogelijk maakt dat in de komende zeven jaar deze kosten beter beheerst kunnen worden dan in de eerste drie jaar.

In de *brandstofkosten* kunnen grote variaties optreden afhankelijk van vraag en aanbod wereldwijd en de aard van de biomassa. Voor de referentiecasse wordt een prijs van ruim 40 Euro per ton als uitgangspunt gehanteerd. In de marktconsultatie is aangegeven dat er ook brandstoffen gebruikt worden met hogere prijzen dan de hier gebruikte range.

Als *primaire brandstof* worden kolen aangemerkt. De in de factsheet opgenomen kolenprijs betreft voor de referentie het gemiddelde over de periode 2006 tot en met 2012. Voor de range zijn

de verwachte uitersten aangehouden voor deze periode. Ten opzichte van het advies in 2004 stijgt de kolenprijs hiermee van 1,66 €/GJ naar 1,82 €/GJ<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> De waarden zijn genormeerd op SKE bij 29,3 MJ/kg en een koers van 1,00 Euro tegen 1,25 US\$.

## 10. Factsheet houtafval in een kolengestookte centrale

Naast de inzet van houtpellets als vaste biomassa in kolengestookte centrales komt de inzet van houtafval (A- en B-kwaliteit) hernieuwd in de belangstelling. De verwachting is dat de meestookpercentages in de komende jaren zullen stijgen en dat daarmee een grotere hoeveelheid van deze biomassa soort zal worden ingezet. Dit zal met name gebeuren in centrales die zich daar nu reeds op hebben toegelegd.

Tabel 10.1 *Technisch-economische parameters houtafval kolengestookt*

		Uitgangspunten		Advies t.b.v.	
		Range	Referentie	2006	2007
Investeringskosten	[€kW <sub>th</sub> ]		220	220	220
Installatiegrootte	[MW <sub>th</sub> ]		500	500	500
Bedrijfstijd	[uren/jr]	7000-7500	7250	7000	7000
Variabele O&M-kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,4	0,25	0,25
Overige operationele kosten	[ct/kWh <sub>e</sub> ]		0,80	0,95	0,95
Energie-inhoud secundaire brandst.	[GJ/ton]		14	17,5	17,5
Brandstofkosten netto	[€ton]	20-70	50	102	102
Brandstofkosten netto	[€GJ]		3,5	6,0	6,0
Elektrisch rendement	[%]		37,5	37,5	37,5
Energie-inhoud primaire brandstof	[GJ/ton]	Kolen SKE	29,3	24,1	24,1
Economische levensduur	[jr]		10	10	10
Vermeden brandstofkosten	[€ton]	32-57	53,50	40	40
Effectiviteit brandstofsubstitutie	[%]		93,3	93,3	93,3
Onrendabele top	[ct/kWh <sub>e</sub> ]	2,1-6,4	4,3	6,6	6,6

### 10.1 Toelichting houtafval kolencentrale

Inmiddels is met de inzet van houtafval in centrales ervaring opgedaan. In vergelijking tot de inzet van houtpellets zullen de *variabele O&M kosten* hoger liggen, immers de kwaliteit houtafval varieert sterker. De *overige operationele kosten* zijn vergelijkbaar met houtpellets omdat hier evenals bij houtpellets een learning curve is doorlopen die het mogelijk maakt dat in de komende zeven jaar deze kosten beter beheerst kunnen worden dan in de eerste drie jaar.

In de *brandstofkosten* kunnen grote variaties optreden afhankelijk van vraag en aanbod en A- of B-kwaliteit. Voor de referentiecasse wordt een waarde van 50 Euro per ton als uitgangspunt gehanteerd, zijnde een jaargemiddelde prijs voor een mix van A- en B-hout.

Als *primaire brandstof* worden kolen aangemerkt. De in de factsheet opgenomen kolenprijs betreft voor de referentie het gemiddelde over de periode 2006 tot en met 2012. Voor de range zijn de verwachte uitersten aangehouden voor deze periode. Ten opzichte van het advies in 2004 stijgt de kolenprijs van 1,66 €GJ naar 1,82 €GJ<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> De waarden zijn genormeerd op SKE bij 29,3 MJ/kg en een koers van 1,00 Euro tegen 1,25 US\$.



## 11. Conclusies en aanbevelingen

In Tabel 10.1 worden de onrendabele toppen weergegeven zoals deze berekend zijn op basis van de in dit rapport genoemde technisch-economische parameters.

Tabel 11.1 *Overzicht onrendabele toppen*

	Onrendabele top	
	Range [ct/kWh <sub>e</sub> ]	Referentiecasi [ct/kWh <sub>e</sub> ]
<i>Bio-olie</i>		
Bio-olie gasgestookt	2,4-6,8	4,5
Bio-olie kolengestookt	5,2-9,8	7,6
<i>Vaste biomassa</i>		
Biomassavergassing	5,3-6,5	5,3
Houtpellets kolengestookt	6,1-7,0	6,3
Agro-residuen kolengestookt	2,5-9,4	4,2
Afvalhout kolengestookt	2,1-6,4	4,3
<i>Referentiecasi nieuwe projecten, november 2004</i>		
Houtpellets kolengestookt	n.v.t	6,6

### 11.1 Meestoken van bio-olie in centrales

Het meestoken van bio-olie in gas- en kolen centrales blijkt een andere dynamiek te hebben dan het meestoken van vaste biomassa in kolencentrales. Op basis van de berekeningen kan geconcludeerd worden dat onder de huidige aannames de verschillen tussen de kosten en baten zoals die gelden voor het meestoken van vaste biomassa in (kolen)centrales en voor de kosten en baten van het meestoken van bio-olie in (gas- of kolen)gestookte centrales dusdanig groot zijn, dat een aparte categorie voor het meestoken van bio-olie in centrales te verantwoorden is.

De huidige systematiek voor het berekenen van de onrendabele top voor meestoken van bio-olie in gascentrales, en in mindere mate voor bio-olie in kolencentrales, leidt tot onrendabele toppen waarin geen rekening wordt gehouden met een aantal zaken waaraan zeer waarschijnlijk wel een waarde kan worden toegerekend.

1. Ten opzichte van de situatie waarin een centrale alleen de mogelijkheid heeft om op basis van één brandstof te opereren, heeft een centrale die de mogelijkheid heeft zowel bio-olie als gas in te zetten een voordeel. De inzet van bio-olie biedt de mogelijkheid om de inzet van gas bij hoge prijzen te vermijden. De waarde van dit voordeel is afhankelijk van de volatiliteit van de gas- en bio-olieprijzen en de frequentie waarmee dit voordeel zich voordoet. Bij dual-fuel centrales bestaat deze mogelijkheid al, en kan dus alleen tot meerwaarde leiden wanneer er structureel meer wordt meegestookt dan zou gebeuren op basis van de normaal ingezette vervangende brandstof (stookolie). Indien dit structureel gebeurt, is naast het vervangen van gas ook een additioneel voordeel te behalen uit het niet hoeven inkopen van gas, hetgeen resulteert in lagere vastrecht kosten.
2. De mogelijkheid tot het méér meestoken dan de in het kolenconvenant afgesproken capaciteit leidt tot een extra inkomen uit CO<sub>2</sub>-credits. Dit zou dus als extra inkomsten meegenomen moeten worden. Bovendien kan dit extra inkomen een rol spelen bij de timing van een brandstofswitch.

De inzet van bio-olie wordt vooral gestuurd door de marktdynamiek. De MEP zorgt voor het verkleinen van het verschil tussen bio-olieprijs en gasprijs, en vervroegt daarmee het moment van inzet van bio-olie.

Deze marktdynamiek is niet in het onrendabele topmodel verwerkt. Het onrendabele topmodel is een model dat uitgaat van *gemiddelde* gas- en bio-olieprijzen over een periode van tien jaar, waarbij de inzet van bio-olie symmetrisch wordt verondersteld.

Hierdoor worden de voordelen die hierboven genoemd zijn niet in het model meegenomen. Hoewel de omvang van deze effecten is zonder een nadere bestudering van de marktdynamiek niet af te schatten, is het reëel te veronderstellen dat de onrendabele toppen voor het meestoken van bio-olie in centrales hierdoor overschat worden. Hoe groot deze overschatting is, is op voorhand niet aan te geven.

Met deze kanttekeningen in gedachten hebben ECN en KEMA de onrendabele toppen berekend voor het meestoken van bio-olie in gas- en kolencentrales.

De onrendabele top van het meestoken van bio-olie in gascentrales bevindt zich bij gegeven aannames in een range van 2,4-6,8 ct/kWh, afhankelijk van de gasprijs die gehanteerd wordt. De onrendabele top voor het meestoken van bio-olie in kolencentrales bevindt zich in een range van 5,2-9,8 ct/kWh.

## 11.2 Meestoken van vaste biomassa in centrales

De onrendabele top voor het meestoken van vaste biomassastromen in centrales is tot nu toe altijd berekend ten opzichte van de referentiebrandstof houtpellets. De ervaring, opgedaan met het meestoken van houtpellets in kolencentrales, heeft ertoe geleid dat het bedrijfsproces beter is te sturen. Dit resulteert in een hogere bedrijfstijd, en gemiddeld lagere onderhoud- en operationele kosten. Daarnaast zijn de kolenprijzen gestegen. Dit resulteert in een onrendabele top voor de referentiecasse van 6,3 ct/kWh (tegen 6,6 ct/kWh in november 2004), die zich bevindt binnen een range van 6,1-7,0 ct/kWh. De onrendabele top zoals deze in november 2004 is berekend valt goed binnen deze range.

De meerkosten van onderhoud voor minder schone biomassa stromen (agro-residuen, afvalhout van A- en B-kwiteit) ten opzichte van houtpellets, blijken niet volledig op te wegen tegen de lagere kosten van de minder schone biobrandstof. Dit resulteert in een onrendabele top die voor de referentiecasses op 4,2 resp. 4,3 ct/kWh ligt. Door de grote verscheidenheid aan brandstoffen is de range waarbinnen de onrendabele top voor het meestoken van agro-residuen in kolencentrales zich beweegt groter, namelijk 2,5-9,4 ct/kWh. De range voor het meestoken van afvalhout in kolencentrales is 2,1-6,4 ct/kWh.

Op grond van deze berekeningen is het aannemelijk dat de meeste projecten bij voldoende brandstofkeuzevrijheid, de mogelijkheid hebben om tegen lagere kosten biomassa mee te stoken dan bij de inzet van houtpellets. Daarbij moet worden aangetekend dat ook voor de berekeningen van de onrendabele toppen van vaste biomassaprojecten, geen rekening is gehouden met eventuele opbrengsten uit de verkoop van CO<sub>2</sub>-certificaten, wanneer meer dan de in het kolenconvenant toegewezen meestookcapaciteit wordt ingevuld.

Op basis van deze ranges kan geconcludeerd worden dat de kosten en baten van *nieuwe* projecten (zoals berekend in november 2004) op basis van vaste biomassastromen in kolencentrales hoger kunnen uitvallen dan de kosten en baten van *bestaande* projecten, waarin een verscheidenheid aan brandstoffen meegestookt kunnen worden.

Voor drie van de vijf berekende ranges bevindt de onderkant van de range zich onder het huidige tarief voor het verwerken van mengstromen in centrales van 2,9 ct/kWh. De kans is reëel dat projecten met een onrendabele top beneden de 2,9 ct/kWh zich als onzuivere biomassaprojecten zullen aanmelden bij EnerQ, om door bijmenging van een klein aandeel anorganische stof in aanmerking te komen voor een hogere MEP-subsidie. Dit zou een oneigenlijk gebruik van schone biomassastromen opleveren.

## Referenties

- Cuperus, J.G. et. al. (2004): *Status en voortgang energiewinning uit biomassa in E-centrales en AVI's 2004*, Tauw/Ecofys, Deventer
- Economische Zaken (2005): *Brief aan de Tweede Kamer inzake MEP*, 10 mei 2005, Den Haag
- ENDEX: *website European Energy Derivatives Exchange*. <http://www.endex.com>, laatst bezocht 30 september 2005
- Faaij, A. en M. Junginger (2005): *IEA Bioenergy task 40 - Country report for the Netherlands*, NWS-E-2005-48, Universiteit Utrecht - Copernicus Instituut, Utrecht.
- Gasunie: *website Gasunie*. <http://www.gasunie.nl>, laatst bezocht 30 september 2005.
- NYMEX: *website New York Mercantile Exchange*. <http://www.nymex.com>, laatst bezocht 30 september 2005.
- Pfeiffer, A.E. en H.J. de Vries (2004a): *Long-term prices of solid biofuels for application in Dutch power plants, draft for review purposes only*. KEMA, 20 September 2004.
- Pfeiffer, A.E. en H.J. de Vries (2004b): *Long-term prices of solid biofuels for application in Dutch power plants*. KEMA, November 2004.
- Sambeek, E.J.W. van et. al. (2004a): *Technisch-economische parameters van duurzame elektriciteitsopties 2006-2007: Concept advies inzake de aannames voor de onrendabele topberekeningen ten behoeve van de vaststelling van de MEP-subsidies voor de tweede helft 2006 en 2007*, ECN-C- -04-075, ECN, Petten
- Sambeek, E.J.W. van, et. al. (2004b): *Onrendabele toppen van duurzame elektriciteitsopties: Advies ten behoeve van de vaststelling van de MEP-subsidies voor de periode juli tot en met december 2006 en 2007*, ECN-C--04-101, ECN, Petten
- Seebregts A. J. et. al. (2004): *Baseload elektriciteitsprijzen en brandstofprijzen 2005 tot en met 2020, Onderbouwing van de elektriciteitsprijs in het advies technisch-economische parameters van duurzame elektriciteitsopties 2006-2007*. ECN-I--04-002, ECN, Petten
- Vries, H.J. de, et. al. (2005): *Inzet van biomassa in centrales voor de opwekking van elektriciteit, berekening van de onrendabele top*, ECN-C- -05-082, ECN, Petten
- Technisch Weekblad (2005): *Fugro heeft het tij mee*, 2 september 2005, VNU Business Publications, Haarlem
- Wall Street Journal (2005): *Oil speculators bailed too soon*, 5 september 2005, Dow Jones & Company, Washington DC

## Bijlage A      Uitkomsten marktconsultatie

Naar aanleiding van het conceptrapport zijn opmerkingen gekomen van de volgende partijen (in alfabetische volgorde):

- Electrabel
- Essent
- Nuon
- SenterNovem
- Uniqema.

Met Nuon en Essent zijn aanvullende gesprekken gevoerd. Met Electrabel is telefonisch overleg geweest.

Het commentaar dat is ontvangen, zal hieronder geanonimiseerd en algemeen gesteld worden weergegeven. In *cursief* zijn de opmerkingen geplaatst.

### A.1 Algemeen

*Opmerking:*

*De milieueffectiviteit van de opties zou moeten worden meegewogen in de toekenning van de subsidies. Elke duurzaam geproduceerde kilowattuur die uit een kolencentrale komt heeft immers een grotere impact op de reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot dan een duurzaam geproduceerde kilowattuur uit een gascentrale. Hierdoor kan bij eenzelfde budget met kolencentrales meer CO<sub>2</sub> gereduceerd worden dan met gascentrales. Er zou daarom rekening gehouden moeten worden met de ‘eenheidsmilieu effectiviteit per uitgegeven Euro MEP-budget’. Dit is in het belang van de overkoepelende milieudoelstelling en stimuleert ontwikkeling van nieuwe milieu-efficiënte technologieën.*

Commentaar ECN/KEMA:

Deze opmerking is bij deze integraal opgenomen, maar leidt niet tot veranderingen in de technisch-economische parameters voor het berekenen van de onrendabele toppen. Overigens is de relatie niet één op één, maar afhankelijk van de onrendabele top van de inzet van biomassa in kolen en gascentrales, en van de emissiefactor van de centrales.

*Opmerking:*

*Met het invoeren van eventuele nieuwe MEP-vergoedingen dient rekening gehouden te worden met een overgangperiode. Omdat exploitanten op basis van reeds gepubliceerde vergoedingen brandstofposities hebben ingenomen voor 2006/2007 (zowel voor het contracteren van biomassa als voor het niet contracteren van de te vervangen brandstof) zouden lagere tarieven zonder overgangperiode tot kosten leiden. Over deze kosten zou in het rapport een opmerking gemaakt moeten worden.*

Commentaar ECN/KEMA:

Bij deze is de opmerking integraal opgenomen.

*Opmerking:*

*Wanneer op basis van dit rapport een aantal MEP-categorieën zou worden ingevoerd met verschillende vergoedingen, leidt dit tot marktversnippering. Dit heeft een negatieve invloed op de marktwerking. Doordat er lagere vergoedingen worden gegeven, worden de keuzemogelijkheden voor brandstoffen verkleind, waardoor de onderhandelingspositie van de producent vermindert. Ook het zoeken naar nieuwe alternatieve brandstoffen wordt zo beperkt. Het is ondoen-*

*lijk en ongewenst om voor elke soort biomassa een 'eigen' MEP-vergoeding vast te stellen rekening houdend met de langjarige marktdynamiek.*

Commentaar ECN/KEMA:

Bij deze is de opmerking integraal opgenomen.

*Opmerking:*

*Door de MEP-regeling opnieuw aan te passen komt er van de oorspronkelijke bedoeling, namelijk het bieden van langdurige zekerheid voor investeerders, weinig terecht.*

Commentaar ECN/KEMA:

Bij deze is de opmerking integraal opgenomen.

*Opmerking:*

*Er wordt geen rekening gehouden met risico's als gevolg van (dollar)koersontwikkelingen.*

Commentaar ECN/KEMA:

Dit is niet bio-energie specifiek en is onderdeel van het ondernemersrisico, ongeacht de brandstof die gebruikt wordt. Een dollarkoers van 1,25 is gehanteerd. Deze koers is hoger dan nu gangbaar (1,19 op 5 oktober 2005) waardoor inkoop van in USD afgerekende brandstoffen koerstechnisch gezien gunstig uitvalt.

*Opmerking:*

*Door het rekenen over een 7-jarige periode dwingt u producenten langjarige contracten af te sluiten, hetgeen een substantieel risico met zich meebrengt voor de betreffende bedrijven.*

Commentaar ECN/KEMA:

De zekerheid voor bedrijven komt juist voort uit deze langjarige periode. Bovendien staat het de ondernemer vrij deze risico's af te dekken.

*Opmerking:*

*Vergassing behoeft een aparte berekening, vanwege een geheel eigen dynamiek.*

Commentaar ECN/KEMA:

Een nieuwe factsheet is toegevoegd aan het rapport, zie hoofdstuk 7.

*Opmerking:*

*Door een (te) hoge MEP, die kan ontstaan doordat er gerekend wordt met gemiddelde prijzen over een lange periode, terwijl de werkelijke brandstofprijzen volatiel zijn, kunnen negatieve bij-effecten optreden. Zowel voor de overheid, in de vorm van oversubsidiering, als voor de industrie die plantaardige en dierlijke vetten en oliën verwerken, in de vorm van een ongelijk speelveld op de inkoopmarkt. Het zou daarom beter zijn met een variabele MEP te werken, die regelmatig (kwartaal/halfjaar/jaarlyks?) wordt aangepast aan de ontwikkelingen op de brandstof- en grondstofmarkten.*

Commentaar ECN/KEMA:

Het probleem dat gemiddelde prijzen over een lange periode kunnen leiden tot een onderschatting van de onrendabele top, wordt in het rapport onderkend. Het aanpassen van de methodiek staat in dit rapport niet ter discussie, wel wordt de opmerking bij deze opgenomen.

*Opmerking:*

*Zouden jullie de gevoeligheden kunnen laten zien voor met name de biomassaprijzen en brandstofprijzen?*

Commentaar ECN/KEMA:  
Zie bijlage B.

*Opmerking:*

*Dierlijke vetten en oliën zouden moeten worden uitgezonderd van de MEP, omdat deze al 150 jaar worden gerecycled in de oleochemische industrie. Verbranding in een elektriciteitscentrale leidt niet tot een overall verbetering van het milieu. Bovendien treedt er een grote marktverstoring op.*

Commentaar ECN/KEMA:

De opmerking is bij deze integraal opgenomen.

## A.2 Ontwikkeling brandstofprijzen

*Opmerking:*

*Er is geen rekening gehouden met de eisen van duurzaamheid die gesteld moeten worden aan de inzet van bio-olie en de kosten die daarmee samenhangen.*

Commentaar ECN/KEMA:

De eisen aan duurzaamheid waarop gedoeld wordt, zijn niet nader uitgewerkt. Ook de samenhangende kosten zijn niet nader onderbouwd en worden daarom niet meegenomen in de berekeningen. Op dit moment ontbreekt het kader waaraan toetsing plaats zou kunnen vinden.

## A.3 Factsheet bio-olie in een gasgestookte centrale

*Opmerking:*

*In de huidige systematiek wordt geen rekening gehouden met elektriciteitsprijzen, met non-commodity kosten en met inkomsten uit CO<sub>2</sub>. Hierdoor zouden de onrendabele toppen lager kunnen uitvallen.*

Commentaar ECN/KEMA:

Het is correct dat in de modellen voor het meestoken van biomassa geen rekening wordt gehouden met deze parameters. De non-commodity voordelen zijn afhankelijk van het inzetpatroon. Dit is op zijn beurt weer afhankelijk van de hoogte van de onrendabele top. De hoogte van de MEP en het inzetpatroon zijn dus verstrengeld. Naarmate de onrendabele top lager is, zal een centrale zich steeds meer gedragen als een echte pieklastcentrale en zijn de non-commodity voordelen steeds kleiner.

De elektriciteitsprijzen zijn ook van invloed op het inzetpatroon. Afhankelijk van de korte termijn marginale kosten (bestaande uit brandstof en operationele kosten) en de op een bepaald moment geldende elektriciteitsprijs, zal een centrale ingezet worden. Naarmate de MEP hoger is, zal de centrale eerder ingezet worden, hetgeen een waarde vertegenwoordigt. Deze waarde is van invloed op de onrendabele top: deze zou lager worden. Ook hierbij geldt dat dit tot een cirkelredenering leidt: de inzet van een centrale wordt geoptimaliseerd, rekening houdend met MEP en elektriciteitsprijzen. Naarmate de onrendabele top lager is, zal de centrale zich steeds meer gedragen volgens het voor die centrale normale inzetpatroon, en zijn de voordelen als gevolg van het hebben van een kunstmatige verlaging van de korte termijn marginale kosten steeds minder. Iedere hoogte van de MEP leidt aldus tot een bijbehorend evenwicht rond het inzetpatroon van bio-olie.

Voor de CO<sub>2</sub>-prijzen wordt verwezen naar Paragraaf 4.6.

*Opmerking:*

*In het rapport wordt gesteld dat bio-olie in gascentrales gas vervangt. In dual-fuel centrales is dit echter niet het geval, dan vervangt de bio-olie stookolie.*

Commentaar ECN/KEMA:

Dit is correct. Echter, afhankelijk van de hoogte van de MEP zal het inzetpatroon veranderen. Er kan dan een situatie ontstaan waarin meer bio-olie wordt ingezet dan wanneer er alleen stookolie gebruikt kan worden. In dat geval vervangt de bio-olie wel degelijk gas. De tekst is op dit punt aangepast. Inzicht in de ingezette brandstofmix zoals die volgt uit recente milieujaarverslagen geeft aan dat, gezien de omvang van de inzet van bio-olie in vergelijking tot stookolie, het aannemelijk is dat bio-olie de inzet van zowel stookolie als aardgas verdringt.

*Opmerking:*

*De operationele kosten lijken te laag.*

Commentaar ECN/KEMA:

Dit is niet nader onderbouwd en leidt daarom niet tot wijzigingen in de aannames.

*Opmerking:*

*Nieuwe stofnormen zouden het nodig maken een vliegvasvanger te installeren. Dit verhoogt de onrendabele top.*

Commentaar ECN/KEMA:

Dit is niet nader onderbouwd als zijnde specifiek noodzakelijk voor het meestoken van bio-olie en leidt daarom niet tot wijzigingen in de aannames.

#### A.4 Factsheet bio-olie in een kolengestookte centrale

*Opmerking:*

*De genoemde afslag op de prijs voor brandstoffen met een hoger asgehalte is onterecht en in de praktijk niet waarneembaar. Bovendien is de markt voor dit soort brandstoffen zeer klein.*

Commentaar ECN/KEMA:

Dit commentaarpunt is door verschillende partijen bevestigd en meegenomen. Wel is het zo dat kolencentrales in vergelijking tot gasgestookte centrales een grotere range aan bio-olie brandstoffen kunnen verstoken. Hierop is geanticipeerd in de prijsrange voor bio-olie.

#### A.5 Factsheet houtpellets in een kolengestookte centrale

*Opmerking:*

*De bedrijfstijd van de inzet van houtpellets (en andere vaste biomassastromen) in een kolengestookte centrale is te hoog (was 7500). Voor hetzelfde geld zou het naar een piekbedrijf kunnen gaan met bijvoorbeeld 4000 uur. Realistischer is het aanhouden van een range van 7000-7500, met als referentie 7250.*

Commentaar ECN/KEMA:

De laatste opmerking is overgenomen in de factsheets en de berekeningen van de onrendabele toppen.



## A.6 Factsheet agro-residu in een kolengestookte centrale

*Opmerking:*

*De referentiebrandstof zoals deze is gegeven in het rapport (olijfcake) had zoveel problemen dat deze inmiddels niet meer gebruikt wordt. Andere brandstoffen die meer kans maken zijn duurder. Voortdurend wordt gezocht naar agro-residuen die zijn mee te stoken zonder noemenswaardige negatieve bij-effecten en met een lage prijs per GJ. De praktijk geeft tot op heden aan dat deze twee criteria moeilijk met elkaar verenigbaar zijn.*

Commentaar ECN/KEMA:

Er is gerekend met een range voor de brandstofkosten.

*Opmerking:*

*Er is nog geen 'ruime ervaring' met de inzet van agro-residu zoals in het rapport gesuggereerd wordt.*

Commentaar ECN/KEMA:

De tekst is hierop aangepast.

## Bijlage B Gevoeligheidsanalyse

In dit rapport is voor een aantal parameters een range gegeven en een waarde die hoort bij de referentiecasi. Variaties in de waarde van de parameters heeft invloed op de hoogte van de onrendabele top. Om inzicht te krijgen in de richting en de omvang van het effect van de verschillende wijzigingen, wordt in deze bijlage een aantal grafieken gepresenteerd.

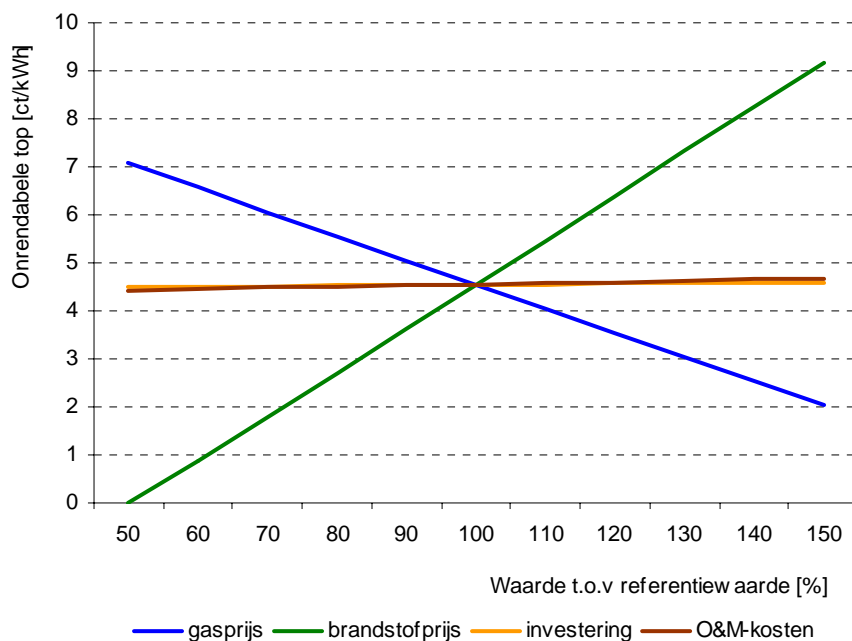
De zogenaamde ‘spider charts’ geven aan wat het effect is van een relatieve wijziging van verschillende parameters op de hoogte van de onrendabele top. Een groot voordeel van deze vorm van presentatie is dat verschillende grootheden in een grafiek kunnen worden gezet. De richtingscoëfficiënt van de bijbehorende lijn geeft het teken en de omvang van het effect.

Merk op dat de variatie in één van de factoren wordt bekeken, met de overige omstandigheden gelijkblijvend (*ceteris paribus*).

### B.1 Bio-olie gasgestookt

Onderstaande grafiek laat zien dat de onrendabele top voor bio-olie in een gasgestookte centrale sterk afhankelijk is van de gasprijs en de brandstofprijs (palmolieprijs). Bij een stijging van de gasprijs met 10%, zal de onrendabele top met meer dan 10% afnemen. Bij een stijging van de palmolieprijs met 10% ten opzichte van de referentiecasi, zal de onrendabele top met ongeveer 20% toenemen.

Vanwege de relatief lage investerings- en onderhoudskosten, heeft in wijziging in een van deze kosten slechts een zeer gering effect op de onrendabele top. De onrendabele top van de referentiecasi ligt op 4,5 ct/kWh<sub>e</sub>.



Figuur B.1 *Bio-olie gasgestookt*

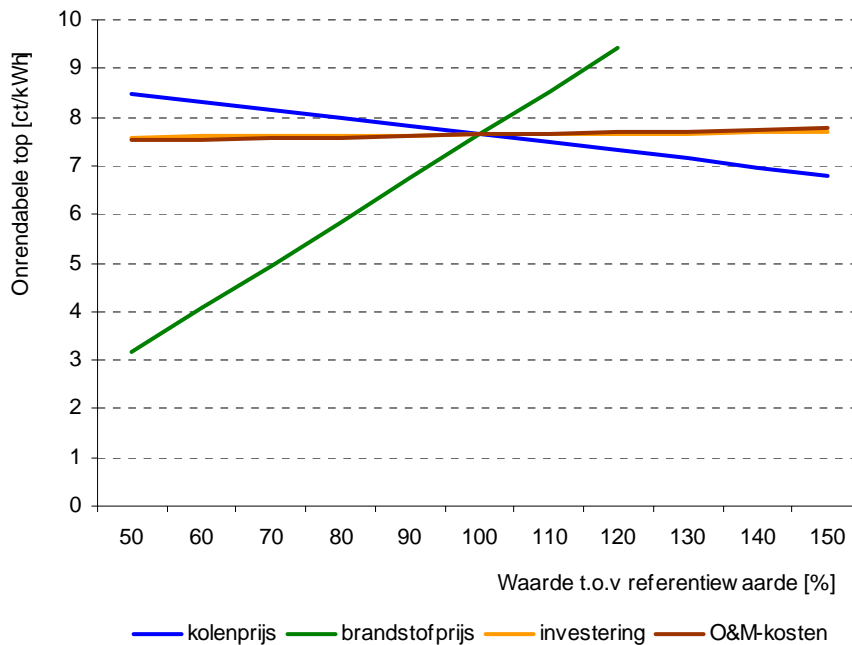
## B.2 Bio-olie kolengestookt

De onrendabele top voor het meestoken van bio-olie in een kolengestookte centrale is gevoelig voor zowel de prijs van de bio-olie (palmolie) alsook de verdrongen brandstof (kolen). Bij een stijging van de palmolieprijs met 10%, zal de onrendabele top met meer dan 10% toenemen. Een stijging van de kolenprijs met 10%, heeft een daling van de onrendabele top van rond de 2,5% als gevolg.

Het relatieve effect van veranderingen in de prijs van de vermeden brandstof is minder sterk dan bij meestook in een gascentrale. Dit is het gevolg van hogere brandstofprijs bij opgewekte kWh<sub>e</sub> bij gas t.o.v. kolen.

Ook bij meestook in kolencentrales is te zien dat veranderingen in de investerings- en onderhoudskosten relatief weinig invloed hebben op de hoogte van de onrendabele top.

De onrendabele top van de referentiecasse ligt op 7,6 ct/kWh<sub>e</sub>.

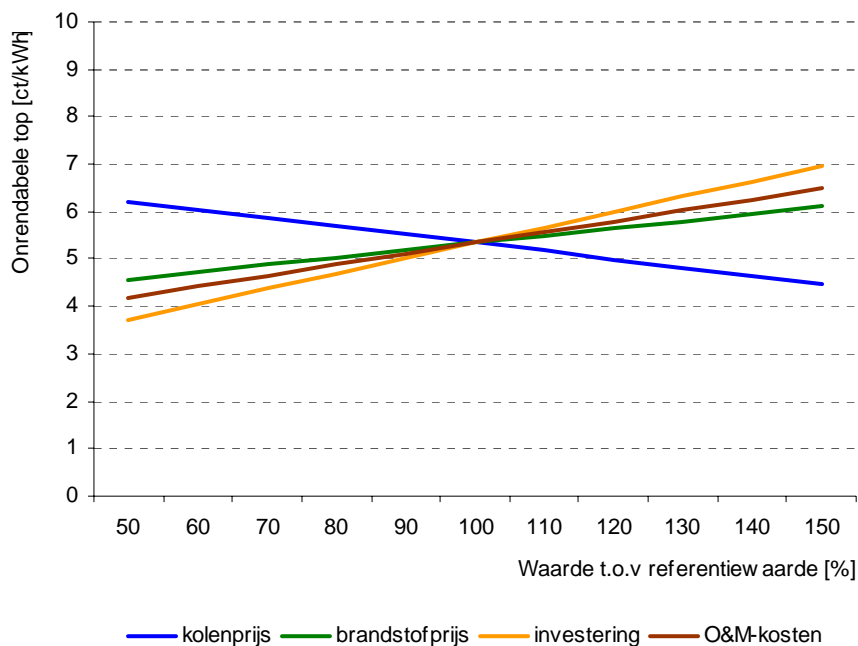


Figuur B.2 *Bio-olie kolengestookt*

## B.3 Biomassavergassing

Bij de vergassing van biomassa is te zien dat de effecten van een verandering in kosten van de biomassa minder groot zijn dan bij de twee hierboven beschreven opties. Een verandering in de investerings- of onderhoudskosten heeft daarentegen wel een groter effect. Dit is het gevolg van de relatief hoge investerings- en onderhoudskosten ten opzichte van relatief lage brandstofkosten.

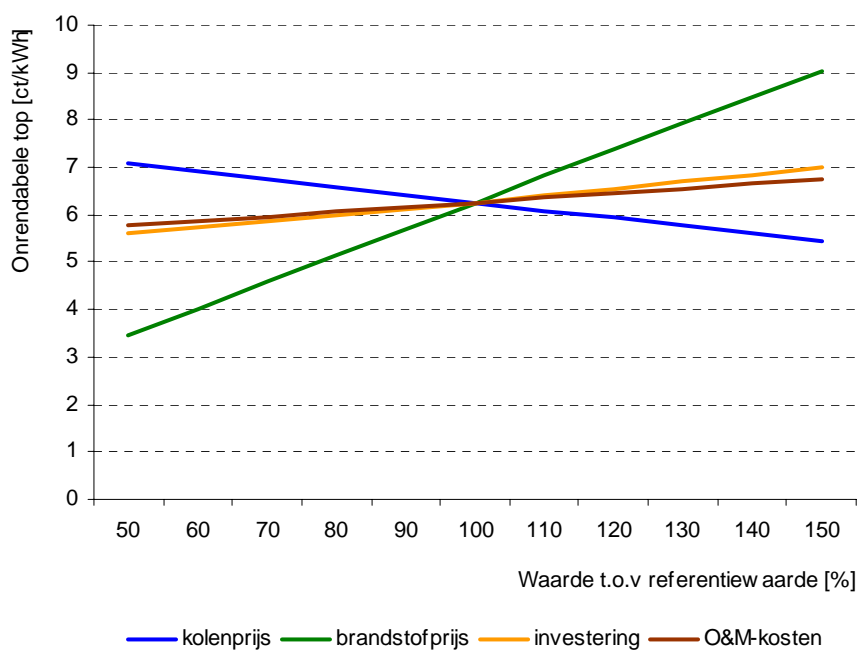
Een stijging van de kolenprijs met 10%, heeft een daling van de onrendabele top van rond de 3% als gevolg. De onrendabele top van de referentiecasse ligt op 5,3 ct/kWh<sub>e</sub>.



Figuur B.3 Biomassavergassing

## B.4 Houtpellets kolengestookt

Bij het verbranden van houtpellets in een kolengestookte centrale is te zien dat een verandering in brandstofkosten een duidelijk effect heeft op de hoogte van de onrendabele top. Een stijging van 10% in de prijs van houtpellets heeft een stijging van de onrendabele top met bijna 10% als gevolg. Wanneer de prijs van kolen met 10% stijgt, zal de onrendabele top met ruim 2,5% afnemen. De onrendabele top van de referentiecasieligt op 6,3 ct/kWh<sub>e</sub>.



Figuur B.4 Houtpellets kolengestookt

## B.5 Agro-residuen kolengestookt

Voor het meestoken van agro-residuen in een kolengestookte centrale, geldt dat de brandstofkosten en kosten van het vermeden kolen een dominant effect hebben op de onrendabele top. Een stijging van 10% in de biomassakosten, heeft een stijging van bijna 10% in de onrendabele top als gevolg. Een stijging van de kosten van de vermeden kolen met 10%, heeft een bijna 4% daling in de onrendabele top als gevolg.

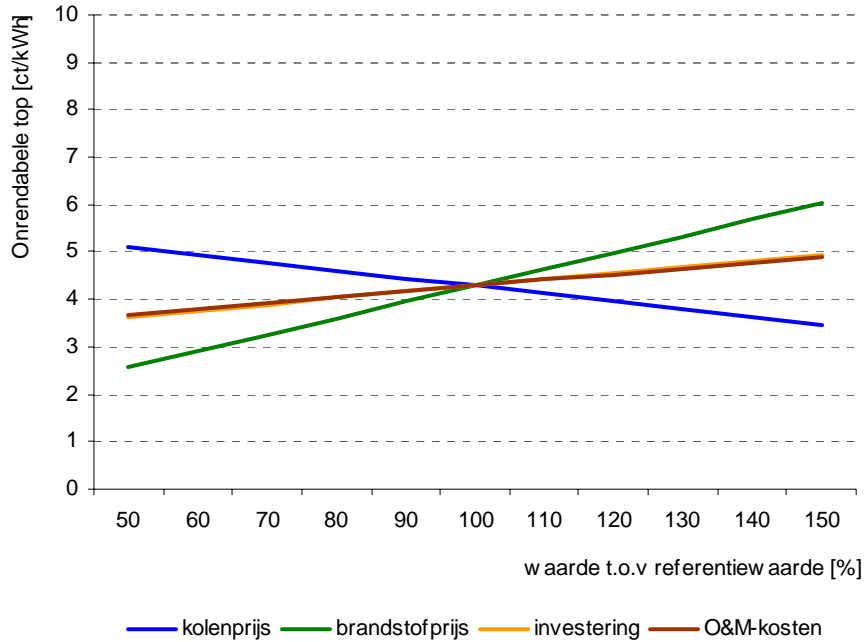
Een stijging van de investerings- en onderhoudskosten heeft een minder sterk effect op de hoogte van de onrendabele top; een stijging van 10% kosten heeft een stijging van rond de 3% als gevolg. De onrendabele top van de referentiecasse ligt op 4,2 ct/kWh<sub>e</sub>.



Figuur B.5 Agro-residuen kolengestookt

## B.6 Afvalhout kolengestookt

De gevoeligheden voor het meestoken van houtafval komen vrijwel overeen met die van het meestoken van agro-residuen. De onrendabele top van de referentiecasi ligt op 4,3 ct/kWh<sub>e</sub>.



Figuur B.6 Afvalhout kolengestookt