



Energy research Centre of the Netherlands

# **Inzet van biomassa in zelfstandige kleinschalige installaties voor de opwekking van elektriciteit**

## **Berekening van de onrendabele top**

**X. van Tilburg (ECN)**

**H.J. de Vries (ECN)**

**A.E. Pfeiffer (KEMA)**

**M. Beekes (KEMA)**

**J.W. Cleijne (KEMA)**



ECN-C--05-016

September 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 7.676. 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.

## Abstract

The Ministry of Economic Affairs has requested ECN and KEMA to review a number of new initiatives in which bio oil is used in stand-alone plants for power generation. The question posed, is whether the reference case for stand alone biomass projects based on burning of wood chips can still be considered representative for the costs and benefits in this category.

To answer this question, ECN and KEMA have determined the financial gap between the costs and benefits of projects in which bio oil is used in stand alone plants for power generation.

The financial gap is given in the table below.

### *Financial gap small scale stand alone biomass*

|                                   | Financial gap                   |                                     |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|                                   | Range<br>[ct/kWh <sub>e</sub> ] | Reference<br>[ct/kWh <sub>e</sub> ] |
| Bio-oil CHP (50 MW <sub>e</sub> ) | 4.1-7.4                         | 5.4                                 |

The ranges and reference case for bio oil in stand alone applications show that these projects have a substantially lower financial gap than the current reference case based on wood chips.

# Inhoud

|   |    |
|---|----|
| Lijst van tabellen                      | 4  |
| Lijst van figuren                       | 4  |
| Samenvatting                            | 5  |
| 1. Inleiding                            | 6  |
| 2. Uitgangspunten en opdracht           | 7  |
| 3. Werkwijze en aanpak                  | 8  |
| 4. Ontwikkeling brandstofprijzen        | 9  |
| 4.1 Prijsontwikkeling bio-olie          | 9  |
| 4.2 Prijsontwikkeling ruwe olie         | 9  |
| 4.3 Relatie olie en gasprijzen          | 10 |
| 4.4 Prijsontwikkeling aardgas           | 10 |
| 5. Techniek/brandstof combinaties       | 12 |
| 5.1 Bio-olie in dieselmotoren           | 12 |
| 5.2 Bio-olie in gasmotoren              | 12 |
| 5.3 Dual fuel motoren                   | 12 |
| 5.4 Hout- of gasketels                  | 12 |
| 6. Bio-olie in zelfstandige installatie | 13 |
| 6.1 Investeringskosten                  | 13 |
| 6.2 Operationele kosten                 | 13 |
| 6.3 Energetisch rendement               | 13 |
| 6.4 Bedrijfstijd                        | 14 |
| 7. Conclusies en aanbevelingen          | 15 |
| Referenties                             | 16 |
| Bijlage A      Gevoeligheidsanalyse     | 17 |

## Lijst van tabellen

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabel S.1 | <i>Onrendabele top van bio-olie in een zelfstandige installatie &lt;50 MW<sub>e</sub></i> | 5  |
| Tabel 4.1 | <i>Prijs van ruwe olie als functie van de beschouwde periode</i>                          | 10 |
| Tabel 4.2 | <i>Prijs van aardgas als functie van de beschouwde periode</i>                            | 11 |
| Tabel 6.1 | <i>Technisch-economische aannames bio-olie zelfstandig &lt;50 MW<sub>e</sub></i>          | 13 |

## Lijst van figuren

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figuur A.1 | <i>Bio-olie zelfstandige biomassa-installaties</i> | 17 |
|------------|--|----|

## Samenvatting

Naar aanleiding van recente initiatieven op het gebied van bio-olie in kleinschalige installaties, heeft het Ministerie van Economische Zaken de vraag gesteld of de waardering van de kosten en baten van het verbranden van houtsnippers, zoals deze in het eindadvies over de onrendabele toppen van de inzet van de productie van elektriciteit uit duurzame bronnen van november 2004 is gebruikt, representatief is voor kleinschalige biomassa-projecten die bio-olie verstoken.

Om deze vraag te beantwoorden zijn de technische mogelijkheden bekeken voor het inzetten van bio-olie in zelfstandige installaties. Op basis hiervan zijn de onrendabele toppen berekend voor de optie die als meest rendabele kan worden aangemerkt.

Tabel S.1 Onrendabele top van bio-olie in een zelfstandige installatie <50 MW<sub>e</sub>

|                                 | Onrendabele top                 |                                     |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
|                                 | Range<br>[ct/kWh <sub>e</sub> ] | Reference<br>[ct/kWh <sub>e</sub> ] |
| Bio-olie WKK 50 MW <sub>e</sub> | 4,1-7,4                         | 5,4                                 |

Op basis van het onderzoek en de berekeningen kan worden geconcludeerd dat de onrendabele top voor de toepassing van bio-olie in zelfstandige installaties lager ligt dan de onrendabele top van de huidige referentiecasse op basis van het verbranden van houtsnippers. Het verschil is dermate groot, dat een aparte categorie voor zelfstandige biomassa installaties op basis van bio-olie te verantwoorden is.

## 1. Inleiding

Het Ministerie van Economische Zaken heeft ECN en KEMA verzocht een uitspraak te doen over de rentabiliteit van de inzet van bio-olie in zelfstandige installaties voor de opwekking van elektriciteit. Dit in het kader van de MEP (Milieukwaliteit ElektriciteitsProductie).

Aanleiding is de snelle en omvangrijke ontwikkeling die zich voordoet op het gebied van initiatieven waarbij bio-olie als brandstof ingezet gaat worden. Het betreft de inzet van bio-olie in nieuw te bouwen WKK installaties, gebaseerd op dieselmotoren met een nageschakelde stoomcyclus en met een vermogen van bijna 50 MW<sub>e</sub>. Deze ontwikkeling maakt een heroriëntatie gewenst van bio-olie projecten die binnen de categorie zelfstandige bio-energie installaties vallen.

Bij het eindadvies MEP 2006-2007 voor zelfstandige biomassa installaties is onderscheid gemaakt in twee categorieën: kleinschalige installaties <5 MW<sub>e</sub> en grootschalige zelfstandige installaties van ca. 30 MW<sub>e</sub>. Voor beide installaties is het verbranden van schone houtsnippers als referentie gebruikt. De onrendabele toppen van de referentiecasses waren respectievelijk 14,5 voor kleine en 10,5 voor grote installaties. Door de aftopping van de maximale tarieven op het niveau van het tarief voor wind offshore, bedraagt de MEP-vergoeding voor de categorieën 9,7 ct/kWh<sub>e</sub>. Omdat beide onrendabele toppen boven het maximale tarief van wind offshore lagen, zijn geen aparte categorieën gespecificeerd (Van Sambeek, et al, 2004a en 2004b).

## 2. Uitgangspunten en opdracht

Naar aanleiding van bovengenoemde ontwikkeling, heeft het Ministerie van EZ de vraag gesteld of het verbranden van schone houtsnippers als de referentie-brandstof/techniek combinatie ook maatgevend is voor de kosten en baten van de inzet van bio-olie in zelfstandige installaties.

De onrendabele top dient te worden berekend voor zelfstandige bio-energie-installaties die vanaf 2006 in bedrijf kunnen komen. Voor de berekening dient gebruik gemaakt te worden van de elektriciteits- en fossiele brandstofprijzen volgens de laatste inzichten. De analyse dient rekening te houden met de duur van de MEP voor een periode van 10 jaar. Bij het advies dienen die projecten als uitgangspunt te worden gehanteerd die aangemerkt kunnen worden als *meest rendabel* in de markt.

### 3. Werkwijze en aanpak

De gangbare werkwijze bij het uitbrengen van een advies over de onrendabele top van duurzame energie opties is dat door KEMA en ECN een concept advies wordt opgesteld welke vervolgens ter consultatie aan betrokken marktpartijen wordt voorgelegd. Het commentaar volgend uit de consultatie wordt uiteindelijk door ECN en KEMA meegewogen in het eindadvies. Aangezien het hier een categorie betreft waar nog niet eerder berekeningen zijn uitgevoerd, is de aanpak iets anders geweest. Door ECN en KEMA zijn in augustus en september 2005 interviews gehouden met partijen uit de markt. Deze interviews zijn uitgewerkt in interviewverslagen, die door de partijen zijn gecontroleerd. Samen met interne notities die in 2005 zijn opgesteld om de situatie rond de inzet van bio-olie nader te verkennen is de in de interviews verkregen informatie gebruikt voor het berekenen van de onrendabele toppen. Terugkoppeling met de markt heeft dus al plaats gevonden bij de interviews en de uitwerking daarvan.

De resultaten van de analyse zijn vastgelegd in een factsheet met alle informatie die nodig is om een onrendabele top berekening te kunnen maken. Daarbij is steeds per parameter een bandbreedte gehanteerd. De bandbreedte is deels een gevolg van onzekerheden die kunnen optreden en deels van een variatie die tussen bij KEMA en ECN bekende initiatieven optreedt. Het is nadrukkelijk niet mogelijk om elke combinatie van parameterwaarden in de praktijk te bereiken, omdat factoren elkaar onderling beïnvloeden. Binnen de bandbreedte is een referentiewaarde gekozen die door ECN en KEMA gezien de opdracht als representatief wordt aangemerkt.

Voorafgaand aan het opstellen van de factsheet, is een overzicht opgenomen van de technieken die kunnen worden gebruikt met bio-olie en is een analyse uitgevoerd van de ontwikkelingen in de brandstoffenmarkt. In de factsheet is ter vergelijking de waarde vermeld van de parameters in het MEP-advies in 2004 voor de periode 1 juli 2006 tot en met 31 december 2007. In de toelichting is vermeld waarom afwijkingen optreden, inclusief de daarbij behorende achtergrondinformatie.

## 4. Ontwikkeling brandstofprijzen

Het opwekken van elektriciteit met behulp van biomassa in zelfstandige centrales is relatief kapitaalintensief. Als gevolg hiervan zijn naast de brandstofkosten ook de investerings- en onderhoudskosten van aanzienlijke invloed op de rentabiliteit van dergelijke projecten. Dit in tegenstelling tot meestoken van biomassa in bestaande elektriciteitscentrales, waarbij de rentabiliteit vooral wordt bepaald door de verhouding en hoogte van de brandstofprijzen.

Een zelfstandige biomassa-installatie wordt doorgaans niet alleen gebruikt voor inzet bij piekbelasting (peak shaving) maar zal zoveel mogelijk uren onder basislast draaien om het initiële investeringsbedrag terug te verdienen. Wanneer de installatie ook warmteopbrengst heeft die nuttig ingezet kan worden, zal ook de vermeden brandstofinzet worden gewaardeerd.

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.

### 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>1</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.

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 funest voor de wereldeconomie.

---

<sup>1</sup> Barrel olie equivalent, circa 159 liter ruwe olie, 5,736 GJ.

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 olieprijsen 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 terugerekend 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   |

## 5. Techniek/brandstof combinaties

Bio-olie kan op een aantal verschillende manieren worden ingezet voor de productie van elektriciteit. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de technische mogelijkheden van de inzet voor bio-olie in zelfstandige installaties.

### 5.1 Bio-olie in dieselmotoren

Bio-olie wordt op dit moment nog niet op grote schaal ingezet in dieselmotoren. Mede vanwege de corrosieve eigenschappen van bio-olie, zijn de meeste leveranciers van dieselmotoren terughoudend bij het geven van garanties. Er zijn wel experimenten gedaan met bio-olie in scheepsdieselmotoren en sinds vorig jaar is de eerste elektriciteitscentrale op basis van palmolie in dieselmotoren in Italië in gebruik genomen.

Voor gebruik in scheepsdieselmotoren is kwalitatief goede palmolie nodig, zonder vetzuren. Ook is een zuiveringsstap nodig om het fosfor uit de palmolie te halen, hetgeen belangrijk is voor NO<sub>x</sub>-filters.

Het elektrisch rendement van bio-olie in een grote dieselmotor ligt met 40-45% vrij hoog. Wanneer een afgassenketel met een stoomturbine wordt nageschakeld, kan met de 'combined cycle' een elektrisch rendement van rond de 50% worden gehaald.

### 5.2 Bio-olie in gasmotoren

Het is technisch mogelijk om (bio)olie als brandstof te gebruiken in een gasmotor, maar dan alleen na een relatief kostbare vergassingsstap. Het rendement van de elektriciteitsproductie zal in dit geval met zo'n 20% afnemen ten opzichte van direct gebruik in een dieselmotor.

### 5.3 Dual fuel motoren

Het is mogelijk om in een dieselmotor (bio)gas bij te mengen, of de motor helemaal op (bio)gas te laten draaien. In de praktijk levert dit echter technische problemen op<sup>2</sup>, waardoor motorleveranciers geen garanties willen geven voor dual fuel gebruik. Er bestaan wel zogenaamde bi-fuel motoren, die gebruik maakt van óf gas óf diesel.

### 5.4 Hout- of gasketels

Het is mogelijk om bio-olie te gebruiken in hout- of gasketels met een stoomturbine. Bio-olie in gasketels wordt op momenteel in de glastuinbouw niet ingezet om elektriciteit te genereren, maar alleen voor peak shaving van gas. Het is niet de verwachting dat dit in de nabije toekomst verandert, omdat het elektrisch rendement van een dergelijke installatie met 25-35% achterblijft bij andere goedkopere mogelijkheden.

---

<sup>2</sup> Bijvoorbeeld aan de brandstofinlaat (nozzle) - deze wordt door het gas onvoldoende gekoeld en vervormd.

## 6. Bio-olie in zelfstandige installatie

Voor de referentiecasse en de factsheet gebruiken we projecten op een schaalgrootte die net onder de MEP-grens van 50 MW<sub>e</sub> voor zelfstandige bio-energie installaties ligt. Het gaat hierbij om een combinatie van dieselmotoren op basis van palmolie met een stoomturbine op de afgas-senketel. Door de schaalgrootte en de brandstof/technologie combinatie hebben deze installaties een hoog rendement.

Tabel 6.1 *Technisch-economische aannames bio-olie zelfstandig <50 MW<sub>e</sub>*

|                          |                        | Uitgangspunten<br>Heroriëntatie |        | Advies t.b.v.<br>MEP-tarieven |        |
|--------------------------|------------------------|---------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
|                          |                        | Range                           | Waarde | 2006                          | 2007   |
| Investeringskosten       | [€kW <sub>e</sub> ]    | 800-1000                        | 850    | 2900                          | 2900   |
| Bedrijfstijd             | [uren/jaar]            | 7000-8000                       | 7500   | 7500                          | 7500   |
| Vaste O&M-kosten         | [€kW <sub>e</sub> ]    | 80-120                          | 100    | 250                           | 250    |
| Energie-inhoud           | [GJ/ton]               | Palmolie                        | 36,7   | 10                            | 10     |
| Brandstofkosten per GJ   | [€GJ]                  | 8,17-9,53                       | 8,85   | 4,0                           | 4,0    |
| Brandstofkosten per ton  | [€ton]                 | 300-350                         | 325    | 40                            | 40     |
| Elektrisch rendement     | [%]                    | 45-50                           | 48     | 30,0                          | 30,0   |
| Thermisch rendement      | [%]                    | 10-15                           | 10     | 0                             | 0      |
| Economische levensduur   | [jaar]                 | 10                              | 10     | 10                            | 10     |
| Vermeden brandstofkosten | [ct/m <sup>3</sup> ]   | 14-22,5                         | 18     | n.v.t.                        | n.v.t. |
| Netto stroomprijs        | [ct/kWh <sub>e</sub> ] | 3,2-3,7                         | 3,6    | 3,2                           | 3,2    |
| Onrendabele top          | [ct/kWh <sub>e</sub> ] | 4,1-7,4                         | 5,4    | 10,7                          | 10,7   |

De initiatieven die het meest rendabel zijn en ten grondslag liggen aan deze factsheet betreffen projecten die aan de kust kunnen worden gerealiseerd in combinatie met verwerkingsinstallaties van plantaardige oliën. Hierdoor kunnen de brandstofkosten relatief laag zijn, hoeven geen additionele kosten te worden gemaakt voor overslag en binnenlandstransport en kan een deel van de restwarmte worden aangewend in bedrijfsprocessen, waardoor de inzet van aardgas gedeeltelijk wordt vermeden.

### 6.1 Investeringskosten

De investeringskosten liggen in de range van 800 tot 1000 €kW<sub>e</sub>, inclusief gebouwen en alle infrastructuur die nodig is om de installatie te laten draaien. Deze kosten gelden voor installaties net onder de 50 MW<sub>e</sub>, kleinere installaties hebben relatief veel hogere investeringskosten.

### 6.2 Operationele kosten

Er bestaat nog veel onzekerheid over de hoogte van de operationele kosten en het onderhoud. De ervaring specifiek met de inzet van palmolie is nog beperkt, zeker op deze schaalgrootte. De ervaring met de eerste installatie zal dan ook leren op welk niveau de kosten uiteindelijk uit zullen komen. Zeker bij de eerste installatie is het risico van aanlooppromblemen het grootst waardoor 120 €kW<sub>e</sub> per jaar een realistische waarde kan blijken te zijn.

### 6.3 Energetisch rendement

Het elektrisch rendement is specifiek toegesneden op installaties met een schaalgrootte net onder de 50 MW<sub>e</sub>.

Door deze omvang hebben niet alleen de gebruikte dieselmotoren een hoog rendement, maar is het ook mogelijk om een stoomcyclus na te schakelen waarbij in een afgassenketel stoom wordt opgewekt. De combinatie van deze twee technieken maakt een elektrisch rendement tot 50% mogelijk. Merk op dat wanneer een maximaal elektrisch rendement wordt gehaald, dit ten koste zal gaan van het thermisch rendement. De inkomsten uit warmteverkoop worden in het model voor 50% toegerekend aan de producent.

## 6.4 Bedrijfstijd

De afzonderlijke motoren zijn opgebouwd om gedurende ruim 8000 uur in vollast te draaien op basis van reguliere dieselolie. Omdat er nog maar beperkte ervaring is met het langdurig draaien van motoren op basis van bio-olie, en bovendien niet alleen de draaiuren van de motoren het bedrijfsproces bepalen, is het aannemelijk dat de bedrijfstijd eerder in de range 7000-8000 uur per jaar ligt, waarbij 7500 als referentie wordt genomen.

Wanneer er ook een vergunning is voor het gebruik van zware stookolie, kan de dynamiek meer in de richting van het meestoken in centrales komen, waarbij bio-olie stookolie verdringt. Er komt dan een situatie waarin bio-olie (met MEP) wordt gebruikt in de gevallen dat stookolie te duur is, of omgekeerd, stookolie wordt ingezet als bio-olie met MEP-subsidie te duur is. In dit geval zou de onrendabele top afnemen.

## 7. Conclusies en aanbevelingen

Bij het gebruik van bio-olie in zelfstandige installaties op basis van dieselmotoren in combinatie met een stoomturbine is een hoog elektrisch rendement te halen van 45-50%. Dit is alleen mogelijk wanneer de installatie een voldoende grote omvang heeft. Daarom is als referentie case voor bio-olie in zelfstandige installaties een dergelijke constructie genomen met een grootte van net onder de 50 MW<sub>e</sub>.

De onrendabele top voor bio-olie in een zelfstandige installatie bevindt zich bij gegeven aannames in een range van 4,1-7,4 ct/kWh<sub>e</sub>, waarbij de referentiecasi ligt op 5,4 ct/kWh<sub>e</sub>. Dit is een lagere waarde dan de onrendabele top van de huidige referentiecasi op basis van het verbranden van houtsnippers. Het verschil is dermate groot, dat een aparte categorie voor zelfstandige biomassa installaties op basis van bio-olie te verantwoorden is.

Het langdurig gebruik van bio-olie in zelfstandige installaties is nog geen uitontwikkelde technologie. Het is onbekend wat de middellange- en lange-termijn emissie-eigenschappen zijn van de motoren die op bio-olie draaien. Het starten van een gemonitorde pilot-omgeving, eventueel met aangepaste afspraken omtrent emissie-eisen kan helpen deze techniek te verder te ontwikkelen.

## Referenties

- ECN en MNP/RIVM (2005): *Referentieramingen energie en emissies 2005-2020*. ECN-C--05-018, ECN, Petten.
- ENDEX: *website European Energy Derivatives Exchange*. <http://www.endex.com>, laatst bezocht 30 september 2005.
- Gasunie: *website Gasunie*. <http://gasunie.nl>, laatst bezocht 30 september 2005
- NYMEX: *website New York Mercantile Exchange*. <http://nymex.com>, laatst bezocht 30 september 2005.
- Sambeek, E.J.W. 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. 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.
- 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.

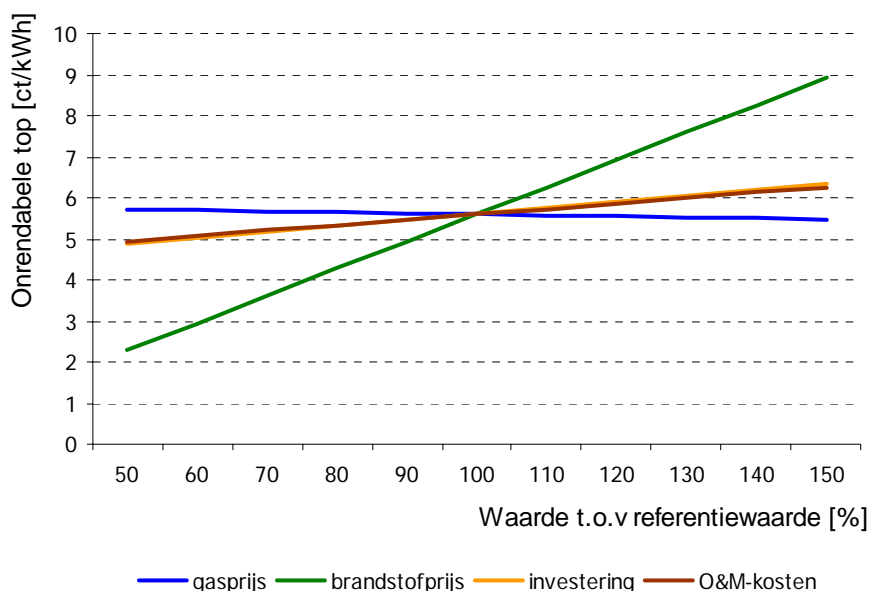
## Bijlage A Gevoeligheidsanalyse

In dit rapport is voor een aantal parameters een range gegeven en een waarde die hoort bij de referentiecasse. 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, worden de gevoeligheden in deze bijlage grafisch gepresenteerd.

De zogenaamde ‘spider chart’ geeft 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*).

Het is in onderstaande grafiek duidelijk te zien dat de onrendabele top voor bio-olie in een zelfstandige installatie sterk afhankelijk is van de brandstofprijs (palmolieprijs). Bij een stijging van de palmolieprijs met 10%, zal de onrendabele top met meer dan 10% toenemen. De gasprijs heeft veel minder invloed, omdat gas niet wordt verdrongen als primaire brandstof maar als leverancier van warmte. In de berekening is met een thermisch rendement van 10-15% gerekend, waarbij de vermeden brandstofkosten slechts voor de helft ten bate van het project komen. Als gevolg zal een stijging van de gasprijs met 10%, slechts een afname van 0,5% van de onrendabele top als gevolg hebben.

Omdat zelfstandige installaties op basis van bio-olie relatief kapitaalintensief zijn, is er een significant effect op de onrendabele top bij een verandering in investerings- of onderhoudskosten. Een stijging van 10% in de investerings- of onderhoudskosten zal een stijging in de onrendabele top van ongeveer 2,5% als gevolg hebben.



Figuur A.1 Bio-olie zelfstandige biomassa-installaties