

# Rentabiliteit van WKK

Second opinion op conclusies  
modelberekeningen ECN en Ministerie EZ,  
ten behoeve van de Tweede Kamer

**Rapport**  
Delft, september 2009

**Opgesteld door:**  
A. (Ab) de Buck  
M.J. (Martijn) Blom  
B. (Benno) Schepers  
F.J. (Frans) Rooijers



# Colofon

## Bibliotheekgegevens rapport:

A. (Ab) de Buck, M.J. (Martijn) Blom, B. (Benno) Schepers, F.J. (Frans) Rooijers  
Rentabiliteit van WKK

Second opinion op conclusies modelberekeningen ECN en Ministerie EZ, ten behoeve van de  
Tweede Kamer

Delft, CE Delft, september 2009

Warrnte kracht koppeling / Rendement / Economische factoren / Beleidsinstrumenten /  
investeringsen / Subsidies / Analyse

Publicatienummer: 09.3068.47

Opdrachtgever: Tweede Kamer der Staten Generaal.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Ab de Buck.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft  
Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



# Voorwoord

Het onderzoek naar de rentabiliteit van Warmtekracht Koppeling (WKK) is uitgevoerd door CE Delft voor de Tweede Kamer der Staten Generaal. Dit rapport is de eindrapportage en aangeboden aan de vaste commissie voor Economische Zaken op dinsdag 29 september 2009.





# Inhoud

|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
|                  | <b>Samenvatting</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1</b>         | <b>Inleiding</b>   | <b>10</b> |
| 1.1              | Achtergrond  | 10        |
| 1.2              | Vraagstelling Tweede Kamer   | 10        |
| 1.3              | Werkwijze  | 11        |
| <b>2</b>         | <b>Ontwikkeling WKK-vermogen; weerstanden in de markt</b>  | <b>12</b> |
| 2.1              | Huidige situatie en potentieel   | 12        |
| 2.2              | Realisatie van industriële WKK vanuit investeerdersperspectief.<br>Weerstanden en transactiekosten | 17        |
| 2.3              | Toekomstperspectief industriële WKK  | 18        |
| <b>3</b>         | <b>ECN model rentabiliteit</b>   | <b>20</b> |
| 3.1              | Modelberekeningen ECN  | 20        |
| 3.2              | Beoordeling CE Delft   | 22        |
| 3.3              | Raming onrendabele top op basis van huidige marktcondities en<br>herziene uitgangspunten           | 26        |
| 3.4              | Samenvattend   | 27        |
| <b>4</b>         | <b>Warmtekorting</b>   | <b>30</b> |
| 4.1              | Warmtekorting  | 30        |
| 4.2              | Warmtekorting in onrendabele top berekeningen ECN  | 31        |
| 4.3              | Beleidsstheorie stimulering WKK en warmtekorting   | 32        |
| 4.4              | Alternatieve instrumenten voor warmtekorting   | 33        |
| 4.5              | Empirie warmtekorting: wordt de warmtekorting daadwerkelijk<br>toegepast?                          | 33        |
| 4.6              | Conclusie  | 34        |
| <b>5</b>         | <b>Beoordeling conclusies ministerie van EZ</b>  | <b>36</b> |
| 5.1              | Brief minister van Economische Zaken   | 36        |
| 5.2              | Beoordeling CE Delft   | 37        |
| 5.3              | Vergelijking conclusies ministerie EZ met rekenresultaten ECN                                      | 39        |
| <b>6</b>         | <b>Conclusies</b>  | <b>40</b> |
|                  | <b>Referenties</b>   | <b>44</b> |
| <b>Bijlage A</b> | <b>Brief minister EZ 23 februari 2009 (28 665, nr. 100)</b>  | <b>46</b> |



|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Bijlage B | Motie Vendrik/Zijlstra   | 50 |
| Bijlage C | Opgesteld WKK-vermogen 2007<br>(gasmotoren, STEG's en gasturbines) | 52 |
| Bijlage D | Parameters in model ECN. Voorbeeld Grote STEG                      | 54 |



# Samenvatting

Het ministerie van Economische Zaken heeft in de brief van 23 februari 2009 (28665, nr. 100) vastgesteld dat “in alle categorieën nieuw te realiseren warmtekrachtkoppeling (WKK) rendabel kan worden geëxploiteerd” en om die reden geen financiële ondersteuning vanuit de overheid nodig hebben<sup>1</sup>. Het ministerie gebruikt cijfers van het ECN (Onrendabele Top Berekeningen voor nieuw WKK-vermogen 2009) om deze conclusie te onderbouwen. Vanuit verschillende sectoren waar warmtekrachtkoppeling wordt toegepast is geprotesteerd tegen de conclusie van het ministerie en het besluit om geen exploitatiesubsidie te verlenen aan nieuw te bouwen WKK-installaties.

De Tweede Kamer heeft op basis van de motie Vendrik/Zijlstra, aan CE Delft de opdracht gegeven om een second opinion te geven voor het model en de cijfers die ECN heeft gehanteerd en de manier waarop het ministerie tot de conclusie is gekomen dat (vrijwel) alle categorieën WKK rendabel geëxploiteerd kunnen worden.

De centrale vraagstelling van dit onderzoek is:

*‘In hoeverre is sprake van rendabele exploitatie van WKK en wat betekent dit voor de legitimiteit van subsidie vanuit de SDE-regeling?’*. Specifieke aandacht is daarbij besteed aan twee aspecten: de zogenaamde ‘warmtekorting’ en het ECN-rekenmodel.

Dit rapport spitst zich toe op Warmte-krachtkoppeling in de industrie (inclusief Joint-Ventures met energiebedrijven), omdat de toepassing van WKK in deze sector achterblijft bij die in glastuinbouw en afvalverbranding.

De belangrijkste conclusies van CE Delft zijn:

Het ECN hanteert een technisch economische rentabiliteitsberekening. Deze houdt geen rekening met weerstanden bij bedrijven die overwegen om in een WKK-installatie te investeren. De warmtekorting is een manier om in een onrendabele topberekening rekening te houden met die weerstanden. Bij een WKK-investering moeten extra drempels worden overwonnen en bestaan extra risico’s, in sommige gevallen zijn er extra transactiekosten (samenwerking, joint ventures). Het ECN heeft in zijn rapport wel een beschouwing opgenomen over de warmtekorting, maar die gaat voorbij aan het punt in hoeverre vanuit investeerdersperspectief een extra (financiële) impuls nodig is om investeringen in WKK aantrekkelijker te maken dan het alternatief. Op basis van gesprekken met potentiële investeerders komt CE Delft tot de conclusie dat ten onrechte in de ECN-studie de warmtekorting achterwege is gelaten en ook niet op een andere manier de weerstand is verwerkt.

Verder constateert CE Delft dat de gehanteerde energieprijzen in de ECN-studie verdedigbaar zijn als gemiddelde voorspelling voor de periode 2008-2020. Maar dat het zeker mogelijk is dat de energieprijzen ongunstiger zullen zijn dan die uit het scenario, zoals nu feitelijk het geval is.

---

<sup>1</sup> Een uitzondering is de ‘kleine STEG’, maar deze is volgens de brief vergelijkbaar met de grote gasturbine, waarmee wel een aantrekkelijk rendement gehaald kan worden.



Samenvattend geldt dat de door ECN uitgevoerde modelberekeningen niet geschikt zijn om voor de periode 2009-2020 vast te stellen of de diverse opties rendabel zijn. Daarbij geven ze een te gunstig beeld van de marktpositie WKK omdat weerstanden voor realisatie niet zijn meegenomen.

Daar bovenop heeft het ministerie enkele WKK-categorieën samengevoegd en daarvan de meest gunstige WKK-installatie bepalend laten zijn. Deze samenvoeging sluit niet aan bij de feitelijke marktsituatie: de diverse WKK-categorieën hebben elk hun eigen toepassingsgebieden en zijn niet onderling uitwisselbaar.

Verder heeft het ministerie, gebruik makend van de ECN-rapportage een van het model afwijkende rendementsberekening gemaakt en komt voor een STEG-WKK op 7% op eigen vermogen). Dit rendement is niet realistisch: voor dit soort investeringen stellen industriële bedrijven rendementseisen in de orde van tenminste 15%.

De conclusie van het ministerie van EZ dat alle vormen van WKK kunnen concurreren met andere vormen van energie-opwekking, geeft een veel rooskleuriger beeld dan in de praktijk het geval is. Dit geldt met name voor de industrie en aanverwante sectoren, waar het grootste deel van het WKK-potentieel is.

Met de huidige energieprijzen (forwards 2009) en verdiscontering warmtekorting liggen de rentabiliteiten ongunstiger dan cf. de model berekeningen van het ECN, waarbij 3 van de 6 categorieën een onrendabele top hebben (grote en kleine STEG en kleine gasturbine). Op dit moment zijn de werkelijke energieprijzen zodanig ongunstig voor WKK dat zelfs bestaande WKK-installaties worden stilgezet omdat de marginale kosten hoger zijn dan de prijs van elektriciteit.

De positie van WKK glastuinbouw was in de afgelopen jaren aanzienlijk beter dan die in de industrie. Reden hiervan is dat in de glastuinbouw WKK flexibel ingezet kan worden tijdens piekuren, met hoge tarieven voor geleverde stroom. Echter, ook voor de glastuinbouw gaan de modelberekeningen voorbij aan de sterke fluctuaties in energieprijzen en weerstanden voor realisatie.

## Toelichting

### 1. Berekende onrendabele top houdt onvoldoende rekening met investeerdersperspectief

ECN hanteert in de berekening een technisch-economische aanname van het ministerie van Economische Zaken, waarbij warmte uit een WKK-installatie op eenzelfde manier behandeld wordt als warmte uit een stoomketel. De impliciete aanname is dat, wanneer er een normaal rendement, zonder warmtekorting, kan worden behaald uit een WKK-installatie ten opzichte van zijn referentie (stoomketel), een investeerder zal kiezen voor de eerste.

Uit gesprekken met potentiële investeerders en literatuur blijkt dat het relevant is om niet alleen vanuit de technisch-economische aannames naar de WKK-markt te kijken, maar deze te beoordelen vanuit de afwegingen die een investeerder maakt. De vraag is dan 'wat is daadwerkelijk nodig om investeerders te bewegen tot realisatie van WKK-vermogen?' Bij de industrie blijken weerstanden te bestaan tegen het gebruik van warmtekrachtkoppeling, die overwonnen moeten worden. In de kern richt die zich tegen de extra inspanningen die nodig zijn (groter kapitaalbeslag, bedrijfsvreemde apparatuur) en financiële risico's in een sterk veranderende omgeving (wijzigingen in de energieprijzen).



## 2. Warmtekorting

De warmtekorting is een methode in de markt om middels een extra financiële tegemoetkoming weerstanden te overwinnen, er wordt in feite een hoger rendement vereist.

De omvang van de warmtekorting is een terugkerend discussiepunt. Een van de problemen daarbij is dat deze risicofactoren en weerstanden niet op een normale economische markt worden geprijsd, maar in vertrouwelijke contracten tussen warmteafnemers en -leveranciers uitonderhandeld worden.

De gedeelde warmteopbrengsten (afnemers kiezen voor goedkopere energieleveranciers) vormen derhalve reële economische kosten voor WKK-exploitanten die voor derden produceren. Het gegeven dat de hoogte van de 'warmtekorting' niet via openbare statistieken is vast te stellen, is geen reden om er van af te zien. Om deze redenen komt CE Delft tot de conclusie dat de warmtekorting (of een vergelijkbare methode) wel opgenomen dient te worden in de rentabiliteitsberekeningen voor WKK-installaties.

## 3. Onrendabele top berekeningen gebaseerd op een scenario.

### Onzekerheden niet gekwantificeerd

De onrendabele top is het verschil tussen exploitatiekosten van een WKK-installatie en het alternatief: gescheiden productie van warmte/ stoom en elektriciteit. De gemiddelde onrendabele top berekeningen zoals uitgevoerd door ECN, zijn afhankelijk van een aantal variabelen, die een groot effect hebben op de rentabiliteit: de prijzen van energiedragers, investeringskosten, CO<sub>2</sub>-rechten en de rendementseisen op vermogen. Bij de berekeningen van de onrendabele top is het ECN slechts van één scenario voor gas- en elektriciteitsprijzen tot 2020 uitgegaan. Ook voor de andere variabelen zijn vaste waarden gehanteerd. De onzekerheden van de inputvariabelen zijn weliswaar kwalitatief en onomwonden benoemd door ECN, maar het ECN-rapport geeft geen kwantificering van de mogelijke bandbreedte van de onrendabele top. Hierdoor heeft het ministerie geen inzicht gekregen in de onzekerheden rondom de rentabiliteit van WKK. Het ministerie van Economische Zaken heeft te weinig rekening gehouden met de door het ECN genoemde onzekerheden. Nu de brandstofprijzen afwijken van het model blijkt dat de berekeningen zich niet lenen voor een harde voorspelling over de rentabiliteit van WKK voor de gekozen lange looptijd.

## 4. Clustering categorieën

Het ministerie heeft de 6 typen uit de ECN-studie samengevoegd tot drie categorieën: groot, midden en klein, met de volgende onrendabele toppen:

| Indeling EZ  | Groot      | Midden      |                  |                   | Klein          |                 |
|--------------|------------|-------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Indeling ECN | Grote STEG | Kleine STEG | Grote gasturbine | Kleine gasturbine | Grote gasmotor | Kleine gasmotor |

Van belang is hierbij met name dat in de categorie 'midden' de 'grote gasturbine' bepalend is voor de onrendabele top. De onrendabele top van de laatste is veel gunstiger dan die van de eerste. Beide installaties zijn zeker niet zonder meer uitwisselbaar, want leveren andere hoeveelheden warmte, met andere temperatuur en druk.



Vanwege de veel ongunstiger ORT van de kleine STEG valt deze via deze indeling buiten het zichtveld. Dit is van belang in het licht van realisatie van het WKK-potentieel: toekomstig potentieel ligt met name in sectoren (industrie, gebouwde omgeving) waar vooral STEG's worden toegepast.

5. Verdere doorlichting ECN model

CE Delft heeft het model van ECN doorgelicht. CE Delft concludeert dat het model deugdelijk is opgebouwd. Een beperking is dat het model zich beperkt tot zes gangbare categorieën WKK-installaties, en dat een nieuw type (WKK geïntegreerd met een proces-fornuis) niet is meegenomen. Dit type wordt elders in Europa al toegepast en heeft mogelijk ook in Nederland een groot potentieel.

De parameters die relevant zijn voor exploitatie van WKK zijn in het model verdisconteerd, en in de meeste gevallen worden hiervoor realistische waarden gehanteerd. Een uitzondering is dat in het model de CO<sub>2</sub>-prijs op '0' is gesteld. Vanaf 2013 geldt de derde fase van het Europese CO<sub>2</sub>-emissiehandelssysteem. Hierbij hoort wel met een CO<sub>2</sub>-prijs gerekend te worden, waarbij gedacht kan worden in de orde van € 15,00 (huidige prijs) tot € 30,00 per ton CO<sub>2</sub>.



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Warmte-Kracht Koppeling (WKK) wordt breed gezien als een belangrijk principe om te komen brandstofbesparing en tot vermindering van CO<sub>2</sub>-emissies. De afgelopen decennia is er op verschillende manieren ondersteunend beleid gevoerd voor deze techniek. Door verandering van de markt-omstandigheden is in de Tweede Kamer bij regelmaat de vraag aan de orde geweest of en in welke mate steun voor WKK nodig is. Ook afgelopen voorjaar is deze discussie gevoerd.

Het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) heeft onrendabele top berekeningen uitgevoerd voor de periode 2009 - 2020. Deze richten zich op nieuw te realiseren vermogen, onderverdeeld naar zes technische categorieën WKK<sup>2</sup>. De minister van Economische Zaken heeft op grond van dit onderzoek geconcludeerd dat vrijwel alle vormen van WKK in deze periode rendabel te exploiteren zijn, en geconcludeerd dat geen subsidie nodig is. Dit heeft veel commotie opgeroepen bij de sector. De Tweede Kamer heeft twijfels geuit bij de uitgangspunten en conclusies van het ECN-rapport en de conclusies van de minister van EZ. Met de motie Vendrik/Zijlstra, heeft de Tweede Kamer zijn Presidium gevraagd een second opinion uit te laten voeren naar de conclusie van het kabinet dat (vrijwel) alle categorieën WKK rendabel geëxploiteerd zouden kunnen worden. CE Delft heeft opdracht gekregen deze second opinion uit te voeren.

## 1.2 Vraagstelling Tweede Kamer

Vanuit de volgende onderzoeksvraag is het onderzoek uitgevoerd: *'In hoeverre is sprake van rendabele exploitatie van WKK en wat betekent dit voor de legitimiteit van subsidie vanuit de SDE-regeling?'*. Specifieke aandacht is daarbij besteed aan twee aspecten: de zogenaamde *'warmtekorting'* en het *ECN-rekenmodel*.

Het Presidium heeft daarbij zeven specifieke deelvragen geformuleerd:

- Over welke WKK-varianten gaat de discussie en wat zijn de huidige markt-condities waaronder deze varianten moeten opereren?
- Wat zijn de veronderstellingen en uitgangspunten van het op dit moment door het kabinet gehanteerde berekeningsmodel voor de onrendabele top van de WKK-varianten?
- Welke rol speelt de zogenaamde warmtekorting in het berekeningsmodel voor de onrendabele top van de WKK?
- Hoe wordt de opzet van het nu gehanteerde berekeningsmodel beoordeeld, in ieder geval in termen van validiteit en betrouwbaarheid?
- Hoe wordt de uiteindelijke toepassing van dit model voor het bepalen van de onrendabele top van WKK-varianten in het algemeen en voor 2009 in het bijzonder beoordeeld?
- Hoe wordt de rol die de zogenaamde warmtekorting heeft gespeeld bij de berekening van de onrendabele top van de WKK-varianten beoordeeld?

---

<sup>2</sup> Onrendabele top berekeningen voor nieuw WKK-vermogen 2009, ECN, februari 2009.



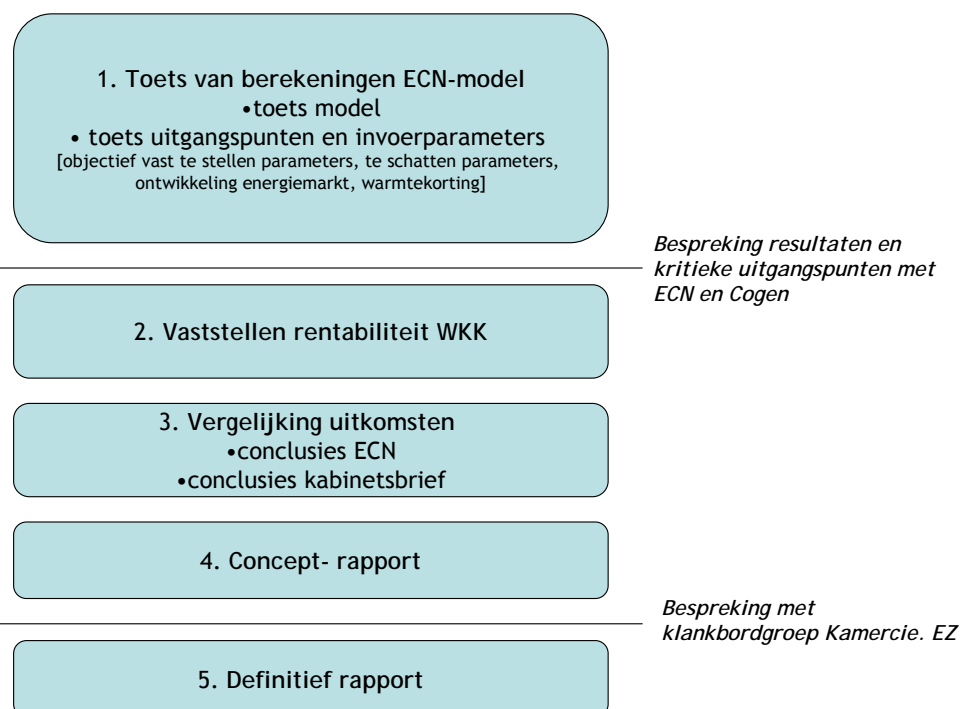
- In hoeverre sluiten de conclusies die het kabinet trekt over de onrendabele top van de verschillende WKK-varianten aan bij uitkomsten van het gebruikte berekeningsmodel?

De bovenstaande vragen worden in deze rapportage en komen expliciet terug in de conclusies.

### 1.3 Werkwijze

Het onderzoek is in de volgende vijf stappen opgepakt:

Figuur 1 Schematisch overzicht van de projectaanpak



Tijdens het onderzoek zijn ‘schaduwberekeningen’ uitgevoerd. ECN heeft hier- toe welwillend het gehanteerde model ter beschikking gesteld aan CE Delft.

# 2 Ontwikkeling WKK-vermogen; weerstanden in de markt

## 2.1 Huidige situatie en potentieel

Met het gecombineerd opwekken van warmte en elektriciteit (WKK) kunnen substantiële CO<sub>2</sub>-reducties gerealiseerd worden. Er is in Nederland relatief veel WKK gerealiseerd, maar er is ook nog een aanzienlijk verder potentieel.

### 2.1.1 Huidig opgesteld vermogen

In Nederland staat momenteel ca. 10.000 MW aan WKK vermogen opgesteld, met name in de industrie, in de glastuinbouw, in de 'gebouwde omgeving' (met name stadsverwarming) en bij afvalverbranders.

In de CBS-statistieken wordt een onderscheid gemaakt tussen 'centraal' WKK-vermogen en WKK's bij bedrijven. 'Centraal' WKK-vermogen levert aan het hoogspanningsnet van Tennet, en wordt doorgaans bedreven door energiebedrijven. Van het 'centraal' opgestelde vermogen bestaat ca. 2.000 MW uit energiecentrales die stadsverwarming leveren en ca. 1.500 MW betreft 'joint-ventures'<sup>3</sup> tussen industriële bedrijven en energiebedrijven.

Bij de WKK-cijfers is er geen eenduidige definitie van het rendement van WKK. Daardoor zijn in de cijfers ook elektriciteitscentrales opgenomen met een zeer geringe warmtelevering<sup>4</sup>.

Verschillende typen WKK worden toegepast. De belangrijkste zijn de STEG (Stoom- en Gasturbine), de gasturbine en de gasmotor. Deze hebben elk hun eigen specificaties. Factoren zijn onder andere de te leveren Warmte/Kracht-verhouding<sup>5</sup>, temperatuur en druk van de geproduceerde stoom<sup>6</sup>.

Figuur 2 laat het huidig opgestelde vermogen zien, met uitsplitsing naar de toegepaste typen.

---

<sup>3</sup> Samenwerkingsverbanden tussen een diverse marktpartijen, vaak een energiebedrijf en een industrieel bedrijf.

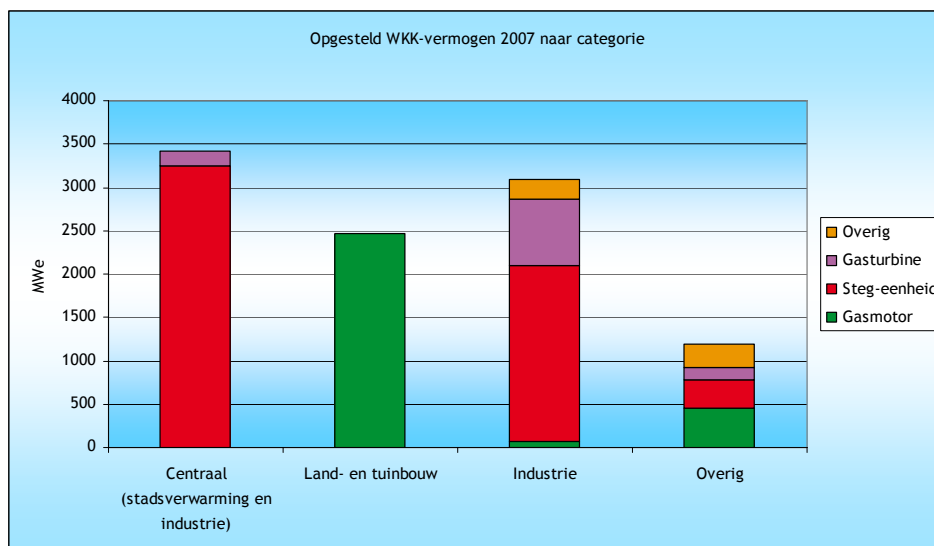
<sup>4</sup> De graadmeter daarvoor is de zgn. W/K-verhouding (de verhouding tussen geleverde warmte en elektriciteit). Voor bijv. een grote STEG is een verhouding van 0,7 haalbaar, maar staan in de CBS-cijfers ook installaties met een W/K-verhouding in de orde van 0,1.

<sup>5</sup> Dit is de verhouding tussen de door de WKK-installatie geleverde hoeveelheid elektriciteit en warmte.

<sup>6</sup> Daarnaast worden ook nog andere typen WKK's toegepast, zoals stoomturbines (o.a. in afvalverbranders). Een nieuwe ontwikkeling zijn WKK's geïntegreerd in procesfornuizen.



Figuur 2 Opgesteld WKK-vermogen in Nederland, onderverdeeld naar typen WKK-installaties 2007



Bron: CBS, 2007.

### 2.1.2 Potentieel WKK en beleidsdoelen

ECN schat in de studie 'Instrumenten voor energiebesparing' (ECN, 2006) dat met toepassing van WKK in totaal 101 PJ<sup>7</sup> bespaard kan worden, hoofdzakelijk in industrie en glastuinbouw. Dit komt overeen met een reductie van ca. 4,5 Mton CO<sub>2</sub>.

Het Kabinetsdoel van Schoon & Zuinig (Rijk, 2007) richt zich op realisatie van een energiebesparing van 50 PJ/jaar door groei van het opgestelde WKK-vermogen in 2011, met een CO<sub>2</sub>-reductie van ca. 3 Mton.

Het Regieorgaan Energietransitie een toename van WKK-vermogen van 10 GW tot 14 GW in 2020 haalbaar, uitgesplitst naar de sectoren industrie, gebouwde omgeving en glastuinbouw (Regieorgaan Energietransitie, 2008). Dit is weer gegeven in Tabel 1. Deze tabel geeft ook de typen WKK's die in de betreffende sectoren hoofdzakelijk worden toegepast.

Tabel 1 Potentie WKK 2020 (Regieorgaan Energietransitie Nederland)

| Sector            | Toegepaste typen WKK |       |      |            |          |                         |
|-------------------|----------------------|-------|------|------------|----------|-------------------------|
|                   | 2007                 | 2020  | STEG | Gasturbine | Gasmotor | Overig                  |
| Industrie         | 3.700                | 5.700 | X    | X          |          | Procesgeïntegreerde WKK |
| Gebouwde omgeving | 3.800 <sup>8</sup>   | 5.300 | X    |            | X        | μ-WKK <sup>9</sup>      |
| Glastuinbouw      | 2.500                | 3.000 |      |            | X        |                         |

<sup>7</sup> Primair energiegebruik, 85 Pj op het eindgebruik.

<sup>8</sup> Deze raming ligt hoger dan ramingen in dit onderzoek (ca. 2.600 MW WKK opgesteld vermogen in de gebouwde omgeving).

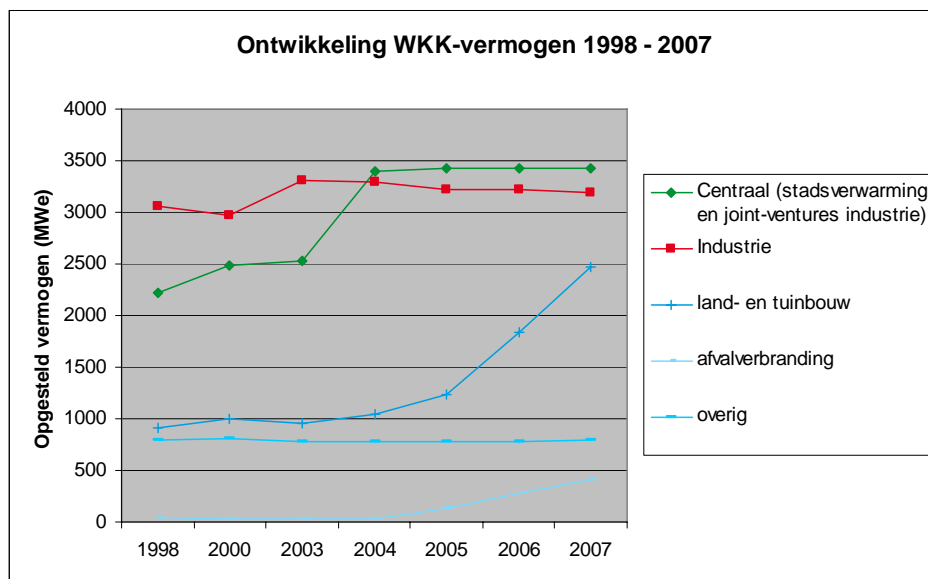
<sup>9</sup> Het regieorgaan neemt onder WKK ook μ-WKK (micro-WKK) mee. Dit zijn kleine WKK-installaties in woningen of andere gebouwen. Deze toepassing valt buiten het bestek van de ECN ORT-berekeningen.



### 2.1.3 Ontwikkeling WKK-vermogen 1998 - 2007

Figuur 3 (CBS/PBL, 2009) geeft een overzicht van de ontwikkeling van het opgestelde WKK-vermogen in Nederland in zes sectoren: elektriciteitsproducenten, industrie, land- en tuinbouw, afvalverbranding en overig. Er is een duidelijk onderscheid tussen de verschillende sectoren: In de glastuinbouw en bij de afvalverbranders is er sprake van een forse groei. In de industrie en overige sectoren is sprake van stagnatie. Bij elektriciteitsbedrijven is sprake van een sterke groei in 2004. Deze betreft de ingebruikname van een gasgestookte elektriciteitscentrale (840 MW STEG) met een geringe warmtelevering.

Figuur 3 Ontwikkeling vermogen WKK in Nederland 1998-2006

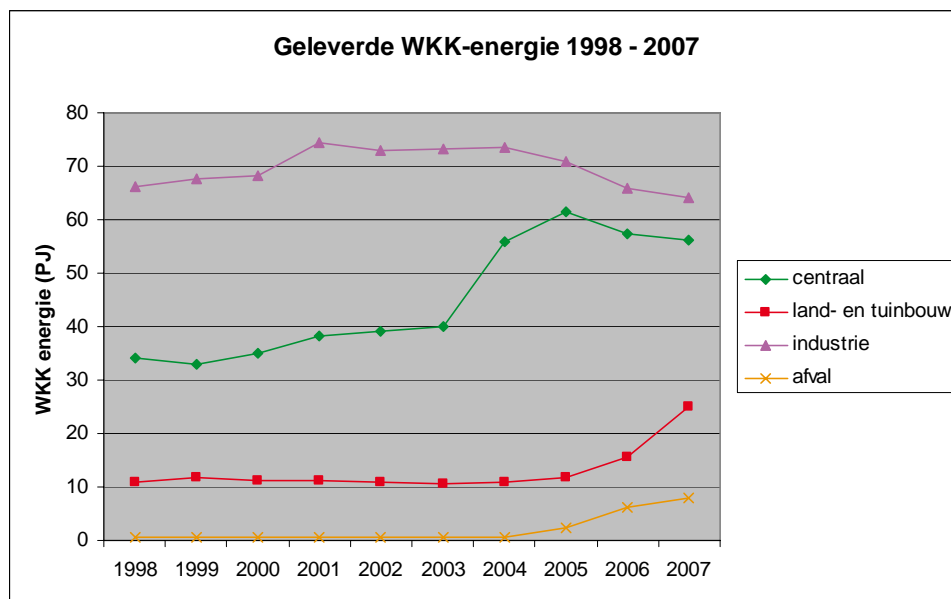


Bron: CBS/PBL, 2009.

Figuur 4 geeft ontwikkeling van de door WKK-installaties geleverde energie (elektriciteit en warmte) per sector. Uit de grafiek valt af te lezen dat de levering van WKK's uit de industrie daalt vanaf 2004. Productie vanuit glastuinbouw en de afvalverwerking) vertoont juist een stijgende lijn (bron: CBS Statline, Elektriciteit en productiemiddelen). Voor centraal vermogen (geleverd door energiebedrijven) is er een forse groei in 2004, en een lichte daling vanaf 2005. De groei in 2004 wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de ingebruikname van de eerder genoemde elektriciteitscentrale (met beperkte warmtelevering). Ook in deze statistiek speelt dat bedrijven met een geringe warmtelevering worden meegenomen.



Figuur 4 Ontwikkeling geleverde energie WKK's 1998-2007



Uit Figuur 4 blijkt dat de ontwikkeling per sector verschilt. In grote lijnen kan deze als volgt worden geschetst:

#### 2.1.4 Industrie en elektriciteitscentrales (joint ventures)

Binnen industriële bedrijven zijn sinds 1996 vrijwel geen WKK-installaties bij gebouwd, en is er min of meer sprake van een stilstand in de ontwikkeling van het opgestelde vermogen.

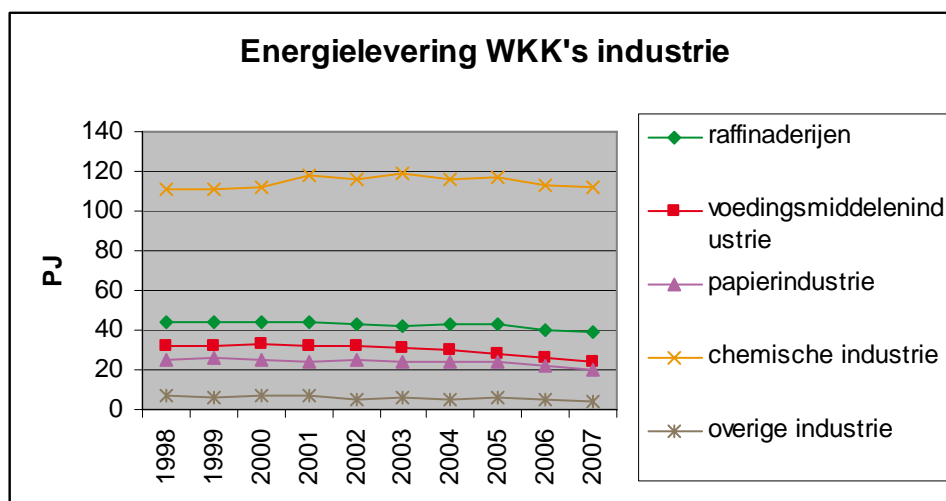
Naast het gegeven dat er weinig vermogen is bijgebouwd, geldt dat bij enkele bedrijven, bestaande installaties aan het einde van de levensduur worden vervangen door stoomketels. Verder worden in laatste jaren diverse installaties in de industrie alleen tijdens piekuren ingezet, en uitgeschakeld tijdens de daluren. Het netto resultaat is een afname van de door industrie en elektriciteitssector geproduceerde hoeveelheid WKK-energie. Van 2005 tot 2007 is deze gedaald van 176,6 PJ naar 165,8 PJ.

Aan de andere kant zijn op dit moment enkele initiatieven bekend voor nieuw te bouwen WKK-installaties in de industrie. Dit betreft situaties waar de bedrijven uit eigen processen 'gas' ter beschikking hebben (raffinaderijgas, hoogovengas). Daardoor zijn ze dan niet afhankelijk van afname van gas uit de markt met de daarbij behorende fluctuaties in prijzen.

Overall kan de laatste jaren gesproken worden van een min of meer stagnerende tot dalende ontwikkeling van WKK in de industrie. Achterliggende reden is dat WKK's in de industrie vaak een continue warmtevraag hebben. De geïnstalleerde WKK-installaties zijn daarom primair gericht op levering van een constante stroom warmte en elektriciteit. In de daluren blijkt de geleverde stroom doorgaans echter niet rendabel, wat ten koste gaat van de rentabiliteit van installaties.

Figuur 5 geeft voor diverse industriële sectoren een verdere uitsplitsing naar de ontwikkeling van de geleverde WKK-energie.

Figuur 5 Levering WKK-energie industriële sectoren



Uit de grafiek valt op te maken dat vooral in de voedingsmiddelenindustrie en de papierindustrie sprake is van een verminderde inzet van WKK.

In joint-ventures met elektriciteitsbedrijven zijn in de afgelopen jaren nog wel enkele grote investeringen gepleegd in industriële WKK's. In 2004 is de Intergen 840 MW centrale in gebruik genomen, die een relatief beperkte hoeveelheid warmte levert aan de nabijgelegen raffinaderij van Shell Pernis. Vanwege het feit dat er geen definitie bestaat van WKK (met minimale verhouding tussen te leveren hoeveelheden warmte en elektriciteit), telt deze mee in de statistieken. Bij Shell Pernis is verder in 2008 in een joint venture een 300 MW WKK STEG-installatie in gebruik genomen (PerGen).

Grosso modo geldt dat in de industrie sprake is van stagnatie/achteruitgang van opgesteld vermogen en levering van WKK-vermogen. Er wordt slechts incidenteel geïnvesteerd in nieuw vermogen. Anderzijds wordt in enkele situaties bestaand WKK-vermogen uit gebruik genomen.

### 2.1.5 Glastuinbouw

In de glastuinbouw is sprake van een zeer sterke groei, in de periode 2000-2006 een verdubbeling van het opgestelde vermogen. Deze groei heeft zich daarna doorgezet in 2007 en 2008.

Het betreft vooral gasmotoren. Deze produceren op piekuren (wanneer de tarieven hoog zijn) stroom en slaan zo nodig geproduceerde warmte op in buffertanks. Doordat de installaties zeer flexibel ingezet kunnen worden op momenten met een hoge stroomprijs (piekuren) zijn ze in veel gevallen rendabel te exploiteren.

Signalen uit de markt geven aan dat in de glastuinbouw, als gevolg van de economische crisis, sinds 2008 sprake is van stagnatie in oplevering van WKK-installaties.

### 2.1.6 Afvalverbrandingsinstallaties

Afvalverbrandingsinstallaties worden in toenemende mate uitgerust met elektriciteitsopwekking, de bij de verbranding geproduceerde warmte wordt gebruikt voor elektriciteitsproductie. In deze sector staan vooral stoomturbines opgesteld. Uit Figuur 2 en Figuur 3 valt op te maken dat zowel het opgestelde vermogen als de levering van energie vanuit afvalverbrandingsinstallaties sterk is gegroeid.



Voor deze installaties geldt hiervoor min of meer een juridische verplichting: AVI's vallen vanuit de Europese IPPC-Richtlijn onder een BREF (BAT-Reference Document) die verplicht dat AVI's voldoen aan een minimum rendement voor energielevering. Deze eisen werken door in vergunningen op grond van de Wet milieubeheer<sup>10</sup>.

### 2.1.7 Gebouwde omgeving en overige sectoren

In overige sectoren blijft het opgestelde vermogen constant. Er zijn weinig nieuwe installaties bijgebouwd.

Samenvattend geldt dat in de glastuinbouw en in de afvalverbranding sprake is van een sterke groei van opgesteld WKK-vermogen. Knelpunten doen zich dus vooral voor in de industrie en aanverwante sectoren. De onderhavige studie focust zich verder op deze sectoren.

## 2.2 Realisatie van industriële WKK vanuit investeerdersperspectief. Weerstanden en transactiekosten

Om een aantal redenen staan investeringen in WKK's laag op de prioriteitenlijst van grote industriële bedrijven en energiebedrijven:

- **WKK is geen core business van industrie**  
Voor de industrie gaat het om zogenaamde defensieve investeringen die niet tot de kernactiviteit behoren. WKK is niet van strategisch belang voor de productie van staal, voeding, papier, zout, etc.
- **Onzekerheden op de energiemarkt**  
Met WKK begeeft een bedrijf zich, naast de gasmarkt, ook op de elektriciteitsmarkt. Er moet extra gas worden gekocht, en elektriciteit worden afgezet (of concurreren met elektriciteit op de markt). In hoeverre dit rendement oplevert is afhankelijk van de marktprijzen voor gas en elektriciteit. Deze vertonen in de afgelopen jaren zeer forse fluctuaties, waardoor er aanzienlijke onzekerheden zijn verbonden aan investeringen in deze markt. Daarbij geldt dat de meeste WKK's (industrie) vanwege het continue karakter ('must run'), minder geschikt zijn om op fluctuaties in de markt in te spelen. Tot slot geldt dat industriële bedrijven over deze markt niet altijd de benodigde kennis in huis hebben.
- **Kapitaal voor extra investeringen**  
Het alternatief voor WKK, bijvoorbeeld het investeren in ketels en elektriciteit inkopen, vraagt een veel lagere investering (circa 10-20% van WKK-investering). De benodigde grotere investeringen in WKK betekenen dat bedrijven hiervoor extra kapitaal beschikbaar moeten stellen. Hierbij geldt dat kapitaal, zeker het afgelopen jaar, beperkt beschikbaar is. Daarbij komt dat de mogelijkheden voor off-balance financiering door veranderde boekhoudregels eveneens zeer sterk zijn beperkt.
- **WKK is te weinig flexibel voor energiebedrijven**  
Voor de energiebedrijven is de kernactiviteit de productie/verkoop van elektriciteit. Daarbij staat de flexibele inzet van elektriciteit producerende eenheden voorop, waarmee zij op korte termijn prijsontwikkelingen kunnen inspelen. Nieuwe joint ventures tussen industrie en energiebedrijven komen op dit moment daardoor vrijwel niet tot stand.

---

<sup>10</sup> AVI's vallen buiten het EU-ETS. Daarmee vallen zij buiten de bepaling van de Wet milieubeheer dat in Wm-vergunningen aan EU-ETS bedrijven geen eisen t.a.v. energie mogen worden opgenomen. Gevolg hiervan is dat bij AVI's, in tegenstelling tot andere industriële bedrijfstakken, de bepalingen t.a.v. energie uit de BREF in Wm-vergunningen moeten worden opgenomen.



- Risico's en afhankelijkheid productieproces  
Voor industriële (proces-)bedrijven is een zekere en continue beschikbaarheid van stoom vaak van groot belang. De referentie voor WKK, het investeren in stoomketels en elektriciteit inkopen, biedt een hogere leveringszekerheid. Ook is de onzekerheid die ontstaat door de mogelijke ongelijke ontwikkeling van gas- en elektriciteitsprijzen kleiner.
- Risico's samenwerking  
Samenwerking met derde partijen kan tot extra risico's leiden vanwege een grotere kans op gestoorde levering. In 35 à 40 % van de gevallen is er sprake van een samenwerkingsverband tussen de warmteafnemer en exploitant van WKK.

Deze weerstanden betekenen dat in de praktijk binnen projecten een vorm van (financiële) compensatie of verplichting nodig is om investeerders wel over de streep te trekken om te investeren in nieuw WKK-vermogen, de zogenaamde 'transactiekosten'. Reële kosten moeten worden gemaakt om hindernissen te nemen c.q. te compenseren voor gedeelde economische voordelen.

Bovengenoemde weerstanden betekenen in de praktijk dat marktpartijen alleen in industriële WKK zullen investeren bij 'extra' gunstige marktperspectieven, bijvoorbeeld in de vorm van een extra hoog te verwachten rendement op geïnvesteerd vermogen. De propositie van een WKK moet duidelijk gunstiger zijn dan die van de referentie van gescheiden opwekking. Dit vormt dan een compensatie voor de weerstanden en risico's die verbonden zijn met investeringen in WKK. De marktconditie voor WKK wordt daarbij vooral bepaald door de prijzen in gas en elektriciteit: WKK scoort gunstig bij hoge prijzen voor (geproduceerde) elektriciteit en lage prijzen voor (ingekocht) gas.

In de afgelopen jaren was dit in de markt echter niet het geval. Dit heeft geleid tot het eerdergenoemde beeld van stagnatie in het opgestelde vermogen van WKK.

## 2.3 Toekomstperspectief industriële WKK

Industriële WKK concurreert in belangrijke mate met basislastvermogen van kolen- en kerncentrales. In beide gevallen gaat het om installaties die in beginsel continue werken. De toekomstige positie van industriële WKK wordt daarom bepaald door de positie van WKK ten opzichte van die opties. Op de lange termijn zijn daarbij met name de volgende ontwikkelingen van groot belang voor de positie van industriële WKK.

### 2.3.1 Het EU ETS

Energiebedrijven zullen vanaf 2012 hun emissierechten via een veiling moeten aankopen. Dit geldt ook voor de elektriciteitsproductie van WKK-installaties. De CO<sub>2</sub>-emissies van WKK-installaties zijn lager dan die van bijvoorbeeld kolengestookte installaties. Enerzijds doordat de installaties veelal op gas draaien (met een relatief lage CO<sub>2</sub>-emissie/GJ), anderzijds vanwege het hoge rendement van installaties. Veel industriële WKK moet in de daluren wedijveren met basislast kolenstroom. De brandstofkosten van kolenstroom zijn echter fors lager dan aardgas. De huidige EU ETS-prijzen (€ 15/ton CO<sub>2</sub>) zorgen er niet voor om industriële WKK te laten concurreren met andere vormen van basislastvermogen.



- 2.3.2 **Geplande bouw van nieuw basislastvermogen (kolen, kern)**  
Een belangrijke ontwikkeling in de markt is de geplande bouw van nieuw basislastvermogen in kolencentrales en een kerncentrale<sup>11</sup>. Bij realisatie hiervan ontstaat naar verwachting een overschot aan productie van elektriciteit, met name in de daluren. Dit kan leiden tot lagere prijzen voor stroom, waardoor de concurrentiepositie van WKK verder verslechtert.

---

<sup>11</sup> Kolencentrales in de Eemshaven (NUON en RWE) en in Rotterdam (E-ON, Electrabel) en de voorgenomen kerncentrale in Borssele.



# 3 ECN model rentabiliteit

## 3.1 Modelberekeningen ECN

### 3.1.1 Inleiding

Het ECN geeft in de rapportage 'Onrendabele top berekeningen nieuw WKK-vermogen 2009' (ECN, 2009) een raming van de rentabiliteit van nieuw WKK-vermogen voor de periode 2009-2020. Dit is gebeurd met een bestaand model dat al enkele jaren wordt toegepast voor deze berekening. De rapportage uit 2009 is een update van berekeningen uit 2008 (ECN, 2008). Ten opzichte van de berekeningen uit 2008 zijn wijzigingen doorgevoerd in de gehanteerde energieprijzen en investeringskosten. Dit is gebeurd op basis van een update van investerings- en beheers/onderhoudskosten (Jacobs Consultancy, 2008 en Jacobs Consultancy, 2009). Bij de berekening wordt een onderverdeling gemaakt naar zes typerende WKK-cases. In voorgaande jaren is het model gebruikt om voor één jaar de onrendabele toppen van WKK-installaties vast te stellen. In (ECN, 2009) en (ECN, 2008) is het model gehanteerd om voor een lange periode de onrendabele toppen te voorspellen (2009-2020).

Op basis van een aantal veronderstellingen wordt met een model berekend wat de in de toekomst te verwachten onrendabele toppen zullen zijn. Zo wordt bij de berekening van het gemiddelde onrendabele top voor de periode 2009-2020 uitgegaan van een set gemiddelde scenarioprijzen behorend bij de Actualisatie van de Referentieramingen (Daniels e.a., 2009<sup>12</sup>). Als gevolg hiervan heeft de analyse in feite het karakter van een toekomstverkenning gebaseerd op één scenario van mogelijke toekomstige ontwikkeling van de energiemarkt. De resultaten van de berekeningen zijn dus als zodanig omgeven door onzekerheden. Het ECN formuleert dit als volgt in de rapportage (laatste alinea conclusie):

*'Bovenstaande berekeningen zijn gebaseerd op scenario's en andere aannames, die uiteraard met onzekerheden zijn omgeven. Bij de interpretatie van de numerieke resultaten dient men met het bestaan van mogelijk omvangrijke onzekerheden rekening te houden. De achtergrond van de keuze van scenario's en overige aannames zijn in dit rapport aangegeven. Een analyse van de onzekerheden maakt geen onderdeel uit van dit rapport.'*

Daarbij geldt tevens dat het zeer lastig is om een aantal structurele trends van de elektriciteitsmarkt in het model tot hun recht te laten komen, zoals de gevolgen van nieuwe centrales, interconnecties, etc. Dit soort ontwikkelingen komt maar ten dele terug in de uitkomsten van het scenario.

In het model is geen kwantificering van de onzekerheid gemaakt door middel van het aanhouden van een bandbreedte. Het gaat om een gemiddelde inschatting van de onrendabele top voor de periode 2009-2020, uitgedrukt in een centrale waarde.

---

<sup>12</sup> Overigens zijn wel twee varianten gehanteerd voor de ontwikkeling van brandstofprijzen: Primes 2007 Baseline en het World Energy Outlook 2008. Uiteindelijk wordt gekozen voor de brandstofprijzen van Primes 2007 (de minder gunstige variant). Hiermee wordt vermeden om een te optimistisch beeld te geven over de ORT. De gehanteerde prijzen zijn: elektriciteit piek: 80,2 €/MWh, elektriciteit dal: 62,2 €/MWh en gas: 21,8 €/m<sup>3</sup>.



### 3.1.2 Categorieën installaties in model

Het model kent een onderverdeling naar 6 typerende installaties. Deze zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Installaties in model ECN rentabiliteit WKK

| Type installatie  | Vermogen (MW <sub>e</sub> ) | Rendement (%) (elektrisch/thermisch) |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Grote STEG        | 250                         | 43/27                                |
| Kleine STEG       | 60                          | 41/34                                |
| Grote gasturbine  | 45                          | 28/61                                |
| Kleine gasturbine | 8                           | 25/64                                |
| Grote gasmotor    | 2                           | 41/49                                |
| Kleine gasmotor   | 0,4                         | 34/52                                |

De zes typen installaties zijn in het verleden gedefinieerd in overleg tussen ECN, ministerie EZ en Cogen. Ze zijn ontstaan uit een clustering van een groter aantal typen WKK-installaties.

In deze indeling zijn bepaalde nieuwe toepassingen van WKK niet meegenomen. Belangrijk is met name de toepassing van WKK in de directe ondervuring van ketels. De met WKK geproduceerde warmte wordt dan niet toegepast voor productie van stoom maar direct gebruikt in een productieproces, bijv. in een destillatiefornuis van een raffinaderij. Deze technologie wordt in het buitenland (o.a. Denemarken) al op diverse locaties toegepast en zou voor Nederlandse productieprocessen ook een groot potentieel hebben (voor de raffinagesector komen uit op ca. 790 MWe en een vermeden CO<sub>2</sub>-emissie van ca. 1,9 Mton (CE, 2008)).

Door deze, en andere nieuwe toepassingen van WKK, niet mee te nemen in het model, ontstaat een gat in de sturingsmogelijkheden voor het stimuleren van nieuwe innovaties op het gebied van WKK. Gezien de tijdshorizon van het model (2020), lijkt dit een belangrijk verbeterpunt voor de modelberekeningen.

### 3.1.3 Resultaten modelberekeningen

De modelberekeningen voor nieuw WKK-vermogen 2009 van het ECN (ECN,2009) geven, voor de zes onderzochte categorieën WKK's, de volgende onrendabele toppen (Tabel 3).

Tabel 3 Onrendabele top categorieën WKK's in modelberekeningen

|                         | Grote STEG | Kleine STEG | Grote gasturbine | Kleine gasturbine | Grote gasmotor | Kleine gasmotor |
|-------------------------|------------|-------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Onrendabele top (€/kWh) | 0,3        | 1,0         | -1,9             | -0,3              | -2,0           | -0.7            |

### 3.1.4 Kritische parameters in het model

Het ECN-model bevat een groot aantal parameters. Als voorbeeld zijn voor de cases grote STEG de gehanteerde parameters opgenomen in bijlage C.

Het model heeft een aantal 'kritische parameters/veronderstellingen'. Voor deze parameters zouden ook andere waarden kunnen worden gehanteerd, met andere uitkomsten. De belangrijkste zijn:

- energieprijzen;
- investeringskosten;
- CO<sub>2</sub>-prijs EU ETS;
- rendementen op geïnvesteerd vermogen (eigen en vreemd).

Tabel 4 geeft de waarden die voor deze parameters in het model zijn gehanteerd, en de mogelijke variatie daarin, zoals die door CE Delft wordt ingeschat op basis van ontwikkelingen in de afgelopen jaren.

Tabel 4 Waarden kritische parameters in model, en mogelijke variatie

| Variabele                                 | Waarde in model           | Indicatie variatie         |
|---|---------------------------|----------------------------|
| Elektriciteitsprijs piek                  | 0,08022 €/kWh             | 0,05-0,2 €/kWh             |
| Elektriciteitsprijs dal                   | 0,06224 €/kWh             | 0,04-0,14 €/kWh            |
| Gasprijs                                  | 0,2179 €/m <sup>3</sup>   | 0,1-0,3 €/m <sup>3</sup>   |
| CO <sub>2</sub> -prijs                    | 0 €/ton CO <sub>2</sub>   | 0-30 €/ton CO <sub>2</sub> |
| Rendement op geïnvesteerd eigen vermogen  | 15%                       | 10-18%                     |
| Rendement op geïnvesteerd vreemd vermogen | 6%                        | 6-10%                      |
| Investeringskosten                        | Varieert per variant      | +/-25%                     |
| Warmtekorting                             | 0% prijs geleverde warmte | 0-15% geleverde warmte     |

Opmerking: Elektriciteitsprijzen op basis van forwards (min/max, stand Exdex 21 augustus 2009).  
Aardgasprijzen op basis van forwards (min/max, stand TTF 21 augustus 2009).

## 3.2 Beoordeling CE Delft

### 3.2.1 Deugdelijkheid model

CE Delft heeft het model van ECN doorgelicht. De opzet van het model is betrouwbaar en valide. Alle parameters die relevant zijn voor exploitatie van WKK zijn in het model opgenomen, en in de meeste gevallen worden hiervoor realistische waarden gehanteerd.

### 3.2.2 Berekeningen gebaseerd op scenario. Geen bandbreedtes voor onzekerheden

Doel van de analyses van ECN is te kijken naar de langetermijn rentabiliteit van WKK. Een belangrijk aspect van de berekeningen is dat deze gebaseerd zijn op toekomstscenario's voor een lange termijn. Vanwege mogelijke variaties in de onderliggende parameters, met name de energieprijzen, zitten hier grote onzekerheden in. ECN benoemt dit duidelijk in de rapportage kwalitatief, zonder kwantitatief aan te geven binnen welke bandbreedte het rendement van WKK-installaties naar verwachting kan variëren.

Voor het doel van de analyse is het echter wenselijk om ook een indicatie te geven van de grootte van de onzekerheden, en duidelijk aan te geven in welke bandbreedtes de onrendabele toppen waarschijnlijk zullen liggen. Dat past bij het uiteindelijke doel van de berekeningen: het vaststellen of, en zo ja: hoeveel, ondersteuning nodig is voor nieuw WKK-vermogen.

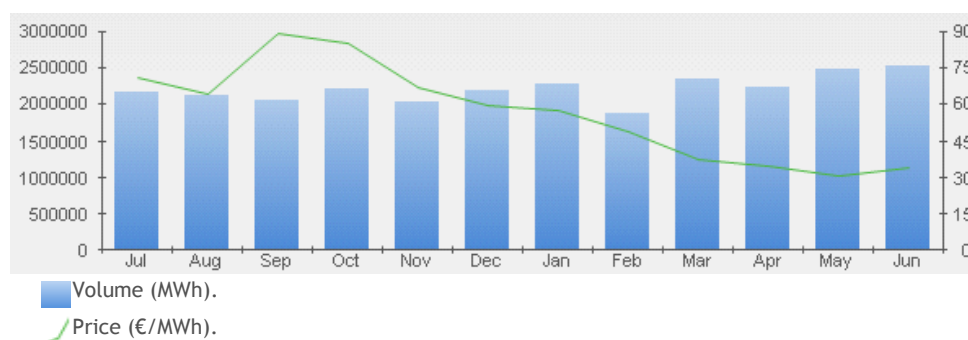


### 3.2.3 Energieprijzen

De prijzen van de belangrijkste energiedragers zijn voor een groot deel bepalend voor de rentabiliteit van WKK-opties. Met name gaat het daarbij om de verhouding tussen de gasprijs en de elektriciteitsprijs. In de markt wordt daarbij gesproken over de zogenaamde 'spark-spread', dit is de verhouding tussen de prijs van het gas benodigd om een bepaalde hoeveelheid elektriciteit te produceren en de prijs van deze elektriciteit. Bij lage gasprijzen en hoge elektriciteitsprijzen heeft WKK een gunstige positie, bij hoge gasprijzen en lage elektriciteitsprijzen een ongunstige positie.

In de afgelopen periode hebben de prijzen van gas en elektriciteit echter fors gefluctueerd, en ook voor de komende jaren zijn de onzekerheden groot. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 6, voor de prijs van base-load elektriciteit<sup>13</sup> in de periode juli '08 tot juni '09. De prijs heeft zich in deze twaalf maanden bewogen tussen € 30 en € 90/kWh. Analooq zijn er ook sterke fluctuaties geweest in de prijzen van gas.

Figuur 6 Ontwikkeling prijs elektriciteit base-load juli '08-juni '09.



De verhouding tussen gas en elektriciteitsprijzen heeft in deze periode ook schommelingen ondergaan, zij het minder sterk dan die van de energiedragers afzonderlijk.

Hogere gas/lagere elektriciteitsprijzen dan gehanteerd in het model leiden tot een lagere rentabiliteit, lagere gas/hogere elektriciteitsprijzen juist tot een hogere rentabiliteit.

### 3.2.4 Berekening met 'forward-prijzen' 2010-2012

Met het model heeft CE Delft de te verwachten onrendabele toppen berekend voor 2010, 2011 en 2012 op basis van de feitelijke prijzen die, op basis van de huidige noteringen<sup>14</sup> van 'forwards' voor gas en elektriciteit<sup>15</sup>. De andere variabelen zijn in deze berekeningen gelijk gehouden.

De berekeningen zijn gemaakt op basis van 'forward-noteringen' op een peildatum (28 augustus 2009). Hierbij moet aangetekend worden dat de 'forward-noteringen' sterk kunnen variëren in de tijd. Als berekeningen worden gemaakt op een andere peildatum, zal dit dus resulteren in andere onrendabele toppen. Resultaten zijn weergegeven in Tabel 5.

<sup>13</sup> Base-load elektriciteit is elektriciteit geleverd in op tijdstippen met een lage vraag naar stroom (de zgn. base-load uren, met name in de nacht).

<sup>14</sup> Peildatum is daarbij 28 augustus 2009.

<sup>15</sup> Dit zijn de marktprijzen voor toekomstige aanschaf van elektriciteit en warmte. Zie [www.endex.nl](http://www.endex.nl).



Tabel 5 Verwachtingen onrendabele toppen o.b.v. forward-noteringen energieprijzen (noot: excl. warmtekorting, in €ct/kWh)

|               | Grote<br>STEG | Kleine<br>STEG | Grote<br>gasturbine | Kleine<br>gasturbine | Grote<br>gasmotor | Kleine<br>gasmotor |
|---------------|---------------|----------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| ECN Model     | 0,26          | 0,96           | -1,84               | -0,29                | -2,03             | -0,71              |
| Forwards 2010 | 0,40          | 1,15           | -1,48               | 0,08                 | -1,76             | -0,49              |
| Forwards 2011 | 0,38          | 1,07           | -1,71               | -0,15                | -2,14             | -0,77              |
| Forwards 2012 | 0,35          | 1,01           | -1,85               | -0,29                | -2,33             | -0,91              |

Uit de cijfers valt af te leiden dat de forward-prijzen in de zelfde orde van grootte liggen als die in het ECN-model.

Voor 2010 is de situatie op basis van de feitelijke forwards voor alle varianten wat ongunstiger (hogere onrendabele toppen) dan op basis van het ECN-model. In 2011 en 2012 dalen de onrendabele toppen op basis van de forwards licht (met andere woorden: de positie van WKK wordt wat beter), en kruipen de ORT's meer in de richting van de met het ECN-model berekende waarden. Achterliggende reden is dat forward-noteringen voor elektriciteit stijgen. Bij deze resultaten past de kanttekening dat deze berekeningen zijn gemaakt op basis van forwards van een bepaalde peildatum. Op een ander tijdstip kunnen forwards fors anders liggen, leidend tot andere (hogere/lagere) onrendabele toppen.

### 3.2.5 CO<sub>2</sub>-prijs

Het model hanteert een CO<sub>2</sub>-prijs van 0€/ton CO<sub>2</sub>. Dit is opmerkelijk, omdat in het EU ETS in de periode vanaf 2013 CO<sub>2</sub>-rechten voor elektriciteitsproductie volledig zullen worden geveild. Dit geldt ook voor elektriciteitsproductie uit WKK. Reëel zou zijn om vanaf 2013 een CO<sub>2</sub>-prijs te hanteren. Huidige prijzen liggen op € 15/ton CO<sub>2</sub>. Een stijging tot € 30 is een verwachting die bij veel betrokkenen leeft.

Discussie is mogelijk of het verstandig zou zijn om kosten voor CO<sub>2</sub>-rechten te subsidiëren. Een belangrijke overweging is hierbij hoe goed het EU ETS functioneert. In een goed werkend CO<sub>2</sub>-emissiehandelssysteem hoeft er geen specifiek beleid meer te worden gevoerd om WKK een marktperspectief te bieden. Door het CO<sub>2</sub>-voordeel van WKK-stroom kan WKK met andere elektriciteitsproductietechnieken concurreren zonder specifieke feed-in subsidie. Het is echter de vraag of de prikkel vanuit CO<sub>2</sub>-emissiehandel voldoende is om WKK op eigen kracht in de elektriciteitsmarkt te concurreren. Met name in de base-load is er een sterke druk op de marginale elektriciteitsprijzen door bestaande en de vier geplande nieuw te bouwen kolencentrales. Daarmee dreigt WKK-inzet uit de basislast te worden gedrukt.

Als echter wordt gekozen om WKK met specifiek beleid te stimuleren, vanwege imperfecties in EU ETS, dan is het ook redelijk de CO<sub>2</sub>-emissieprijzen op te nemen in de rentabiliteitsberekening.



### 3.2.6 Rendement op geïnvesteerd vermogen

Het model hanteert een rendementseis van 6% op geïnvesteerd vreemd vermogen en 15% op geïnvesteerd eigen vermogen, bij een verhouding van 80% vreemd vermogen en 20% eigen vermogen. De rendementseis van 15% op eigen vermogen ligt redelijk in lijn met wat industriële bedrijven hanteren. De 6% op vreemd vermogen lijkt aan de lage kant: gelet op de onzekerheden verbonden met WKK, hanteren banken doorgaans een hogere rendementseis voor investeringen in WKK.

De verhouding 80% vreemd en 20% eigen vermogen is gebaseerd op criteria in de Europese regels voor Staatssteun. In de praktijk zullen verhoudingen vaak anders liggen, en kan het zeker voorkomen dat financiers een hoger aandeel eigen vermogen verlangen.

Dit geldt versterkt in de huidige economische situatie: externe financiers zijn nu voorzichtiger met het verstrekken van kapitaal en stellen daar hogere eisen aan. Dat leidt tot een hogere rendementseis op vreemd vermogen en een groter aandeel eigen vermogen.

Verhoging van het aandeel eigen vermogen en verhoging van de rendementseis op vreemd vermogen zullen leiden tot een lagere rentabiliteit van WKK.

In het ECN-rapport wordt in paragraaf 3.2 ook een berekening gemaakt van 'haalbaar rendement op eigen vermogen'. Hierbij wordt de bovengenoemde 15% losgelaten en gekeken welk rendement op geïnvesteerd eigen vermogen overeenkomt met een berekende onrendabele top van 0. Uit deze berekening volgt een voor de grote STEG een 'haalbaar rendement' van 7%. CE Delft acht deze berekening verwarrend, omdat hiermee de eerdere uitgangspunten (wat is nodig om een WKK rendabel te laten draaien?), worden losgelaten.

### 3.2.7 Investeringskosten

Het model hanteert ramingen voor investeringskosten op basis van marktanalyses van Jacobs Engineering. Die investeringskosten blijken in de afgelopen jaren aanzienlijk te kunnen variëren, onder andere door fluctuaties in de prijzen van grondstoffen (staal, koper). Daarnaast zijn de investeringskosten sterk afhankelijk van de specifieke situatie op locatie, afhankelijk van inpassingmogelijkheden van WKK (eisen aan druk en temperatuur stoom). ECN geeft aan dat voor de investeringskosten een bandbreedte van 25% op zijn plaats is.

Bij lagere investeringskosten verbetert de rentabiliteit, bij hogere investeringskosten wordt deze slechter.

### 3.2.8 Warmtekorting

In het model is geen warmtekorting verdisconteerd. Er zijn redenen om wel een warmtekorting te hanteren. Dit wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 4. Het wel hanteren van een warmtekorting leidt tot een hogere ORT.

Het rapport geeft in bijlage A een verdere uitwerking over de warmtekorting, onder andere in relatie tot het 'Niet Meer dan Anders' beginsel. Deze tekst gaat voorbij aan het punt van marktweerstand rondom realisatie van WKK, en onderscheid tussen een technisch-economische rentabiliteitsbenadering (wanneer is de investering rendabel?) en een benadering uit investeerdersperspectief (wat is nodig om investeren in WKK aantrekkelijk te maken?). Het is een abstracte verantwoording dat het achterwege laten van de warmtekorting past binnen het Niet-Meer-Dan-Anders-principe. Dat is echter niet de kwestie. Het gaat om de warmtekorting binnen de onrendabele top berekening.



### 3.3 Raming onrendabele top op basis van huidige marktcondities en herziene uitgangspunten

#### 3.3.1 Mogelijke spreiding

Met het model heeft CE Delft schaduwberekeningen uitgevoerd naar maximale en minimale waarden van de kritische parameters. Dit geeft een indruk van de mogelijke spreiding in de onrendabele top. Tabel 6 geeft de resultaten. Geconcludeerd kan worden dat door spreiding in de diverse parameters de onrendabele top aanzienlijk af kan wijken. De bandbreedte ligt in de orde van ca. 2-4 €/kWh. Variaties in de energieprijzen hebben de grootste impact, maar ook de fluctuaties andere parameters hebben een duidelijk effect.

Tabel 6 Afhankelijkheid Onrendabele toppen (ORT's) berekend met ECN-model afhankelijk van variatie in kritische parameters (€/kWh)

|                          | Grote STEG  |             | Kleine STEG |             | Grote gasturbine |             | Kleine gasturbine |             | Grote gasmotor |             | Kleine gasmotor |             |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|
|                          | Lage waarde | Hoge waarde | Lage Waarde | Hoge waarde | Lage waarde      | Hoge Waarde | Lage waarde       | Hoge waarde | Lage waarde    | Hoge waarde | Lage waarde     | Hoge waarde |
| Energieprijzen           | -0,8        | 1,6         | -0,3        | 2,0         | -2,2             | -0,7        | -0,8              | 1,2         | -1,5           | -3,9        | -2,3            | 0,1         |
| CO <sub>2</sub> -prijzen | 0,3         | 1,1         | 1,1         | 1,8         | -1,9             | -1,2        | -0,3              | 0,4         | -2,0           | -1,4        | -0,4            | 0,0         |
| Fin. rendementen         | 0,1         | 0,8         | 0,7         | 1,6         | -2,0             | -1,5        | -0,5              | 0,3         | -2,2           | -1,7        | -0,9            | -0,1        |
| Investeringskosten       | -0,4        | 0,9         | 1,0         | 1,8         | -2,4             | -1,3        | -1,1              | 0,5         | -2,5           | -1,5        | -1,6            | 0,2         |
| Warmtekorting            | 0,3         | 0,4         | 1,0         | 1,2         | -1,9             | -0,9        | -0,3              | 0,4         | -1,7           | -1,4        | -0,3            | 0,1         |

Opmerking: Variaties ORT o.b.v. energieprijzen zijn afkomstig uit MKM Consultancy (2008).

Fin. rendementen zijn de rendementen op EV en VV. De combinaties van resp. 10/6% en 18/10%.

De investeringskosten zijn de originele kosten +/- 25%.

Warmtekorting wordt gevarieerd op 0-10% (STEG en gasturbine)/15% (gasmotoren).

#### 3.3.2 Onrendabele top 2009

CE Delft heeft een herberekening uitgevoerd naar de onrendabele top voor 2009. Ten opzichte van de berekeningen van het ECN (ECN, 2009) zijn hierbij de volgende uitgangspunten gewijzigd:

- feitelijke forward-prijzen 2009 (op basis van het gemiddelde van de handelsprijzen in de periode oktober 2007-oktober 2008). Deze 'forwards' betreffen de prijzen van gas, piek- en dalelektriciteit<sup>16</sup>;
- een warmtekorting is meegenomen (10% voor STEGs en gasturbines, 15% voor gasmotoren).

Resultaten zijn weergegeven in Tabel 7. Voor de volledigheid zijn hierin ook de berekeningen meegenomen zonder warmtekorting. Ter vergelijking zijn hierin de ramingen van ECN weergegeven.

Uit de resultaten blijkt dat de onrendabele top over de hele linie hoger ligt dan overeenkomstig de ECN berekeningen 2009-2020. Dit betekent dat de marktomstandigheden voor WKK feitelijk ongunstiger zijn dan ECN met het model én de invoerparameters heeft berekend.

<sup>16</sup> Forwards 2009: Aardgas 0,296 €/m<sup>3</sup>; Elektriciteit piek 0,0981 €/kWh; Elektriciteit dal 0,0539 €/kWh. De forward-prijzen zijn het gemiddelde voor de handelsperiode oktober 2007 tot oktober 2008.



Tabel 7 Onrendabele top 2009 op basis van feitelijke energieprijzen + warmtekorting

| Type installatie  | ORT op basis van feitelijke energieprijzen 2009 (€ct/kWh) |                      | Berekening ECN 2009 - 2020 |
|-------------------|---|----------------------|----------------------------|
|                   | Met warmtekorting   | Zonder warmtekorting |                            |
| Grote STEG        | 1,14  | 0,91                 | 0,26                       |
| Kleine STEG       | 1,81  | 1,50                 | 0,96                       |
| Grote gasturbine  | -0,64   | -1,46                | -1,84                      |
| Kleine gasturbine | 1,06  | 0,11                 | -0,29                      |
| Grote gasmotor    | -1,88   | -2,51                | -2,03                      |
| Kleine gasmotor   | -0,11   | -0,92                | -0,71                      |

### 3.4 Samenvattend

#### 3.4.1 Eén scenario

De gemiddelde berekende onrendabele top berekeningen zoals uitgevoerd door ECN zijn afhankelijk van een aantal kritische variabelen, met name de prijzen van energiedragers, investeringskosten, CO<sub>2</sub>-rechten, rendementen op vermogen en warmtekorting. ECN heeft bij de berekening van de gemiddelde onrendabele top gebruik gemaakt van één scenario voor gas- en elektriciteitsprijzen. Ook voor de andere variabelen zijn vaste waarde gehanteerd. De onzekerheid van de inputvariabelen is weliswaar kwalitatief en onomwonden aangeduid, maar het ontbreekt aan een kwantificering van de mogelijke bandbreedte van de onrendabele top. De mogelijke bandbreedte is weergegeven in Tabel 7 en is aanzienlijk. Deze ligt in de orde grootte van 2-4 €ct/kWh.

#### 3.4.2 Energieprijzen

Ten aanzien van de energieprijzen geldt dat de werkelijke situatie in de periode tot 2020 fors kan (en waarschijnlijk zal) afwijken van de in de berekeningen aangenomen waarden. Wel geldt dat de forward-noteringen voor energieprijzen 2010-2012 redelijk in lijn liggen met de waarden in het model, waarbij in de tijd de prijzen zich in gunstige richting voor WKK ontwikkelen, zodat 'onrendabele toppen geleidelijk omlaag gaan.

#### 3.4.3 Rendementseisen

ECN heeft in het model voor de langere termijn reële rendementseisen gehanteerd (15% op eigen vermogen; 6% op vreemd vermogen), met de kanttekening dat in de huidige economische crisis externe financiers hogere rendementseisen stellen.

In de rapportage is verwarrend dat ook andere rendementen zijn berekend. Dit suggereert dat ook lagere rendementseisen dan 15% op geïnvesteerd eigen vermogen marktconform zouden zijn, hetgeen niet het geval is.

#### 3.4.4 Warmtekorting

Kritische kanttekeningen vallen te plaatsen bij het niet meenemen van een warmtekorting in de berekeningen. Dit is gedaan op verzoek van het Ministerie van EZ. In het rapport is een beschouwing opgenomen over de warmtekorting (bijlage A in het ECN-rapport). In de visie van CE Delft ontbreken hierin wezenlijke overwegingen t.a.v. het al dan niet betrekken van de warmtekorting in subsidiëring van WKK (hoofdstuk 4).

- 3.4.5 CO<sub>2</sub>-prijs**  
Een ommissie in het model is het ontbreken van een CO<sub>2</sub>-prijs voor CO<sub>2</sub>-rechten vanaf 2013.
- 3.4.6 Nieuwe WKK-concepten**  
Daarnaast ontbreekt in het model een doorkijk naar nieuwe WKK-technologieën, met name procesgeïntegreerde WKK. Deze hebben mogelijk een aanzienlijk potentieel voor de Nederlandse markt.





# 4 Warmtekorting

## 4.1 Warmtekorting

Tot 2008 werd binnen de onrendabele top berekening over productiekosten van bestaande WKK-installaties een korting gerekend, de zogenaamde warmtekorting.

Deze warmtekorting is gebaseerd op de veronderstelling dat een afnemer van warmte de keuze heeft tussen warmte afnemen van een WKK-exploitant enerzijds en plaatsing en inzet van een (eigen) referentieketel anderzijds. Vanuit het perspectief van de afnemer is daarbij sprake van bepaalde 'nadelen' van WKK t.o.v. inzet van een eigen ketel (zie ook paragraaf 2.4. WKK vanuit perspectief investeerder). Bij gelijke prijs van geleverde warmte, leidt dit er toe dat er niet gekozen wordt voor WKK. Er is een extra (financiële) prikkel nodig om de afnemer van warmte aan te zetten tot WKK in plaats van het alternatief.

Tabel 8 Casus warmtekorting

### Casus: investering in WKK met en zonder warmtekorting

Een bedrijf heeft voor het productieproces behoefte aan een bepaalde hoeveelheid stoom op een bepaalde druk en temperatuur. De stoom kan worden geleverd met een stoomketel of met een WKK-installatie. De investering voor de stoomketel ligt op € 1 miljoen, de WKK-installatie vergt een investering van € 5 miljoen. De WKK zal in bedrijf zijn gedurende 20 jaren. Het bedrijf hanteert standaard voor investeringen een rendementseis van 15% op geïnvesteerd eigen vermogen. De optie WKK heeft vanuit bedrijfs perspectief enkele nadelen ten opzichte de optie stoomketel:

- Kapitaal is binnen het bedrijf beperkt voorhanden, de WKK-investering moet wedijveren met investeringen in de core-business.
- Er is grote onzekerheid over de feitelijke ontwikkeling van de energieprijzen. Vanwege de procescondities is de installatie niet in staat flexibel in te spelen op fluctuaties. Daarbij heeft het bedrijf geen expertise in de energiemarkt.
- De installatie is complexer dan de stoomketel, met meer operationele risico's.

#### *Situatie 1. Geen warmtekorting*

De WKK levert warmte tegen dezelfde prijs als warmte geleverd door de stoomketel. In dit geval is het voor het bedrijf aantrekkelijker om te investeren in een stoomketel.

#### *Situatie 2. Wel warmtekorting*

De WKK levert de warmte met financieel voordeel. De WKK krijgt hiermee een commercieel voordeel ten opzichte van de stoomketel. Dit compenseert de nadelen. De WKK wordt hiermee een aantrekkelijk alternatief voor de stoomketel.



## 4.2 Warmtekorting in onrendabele top berekeningen ECN

In de berekening is de korting een vermindering van de inkomsten uit warmte waarmee de subsidie hoger wordt. De hoogte is afhankelijk van de onderhandelingen tussen samenwerkende partners. Tot 2008 werd de warmtekorting door ECN gemiddeld op 10-15% van de totale warmteproductiekosten geschat.

Vanaf 2008 zijn de onrendabele top berekeningen voor WKK dus uitgevoerd zonder warmtekorting (zie Tabel 9 voor een overzicht van de ECN-studies). Dit heeft op expliciet verzoek van het Ministerie van EZ (ECN, 2009d) plaatsgevonden.

Wel is in het ECN-rapport een bijlage over de warmtekorting opgenomen in relatie tot het 'Niet Meer dan Anders' principe (zie paragraaf 3.2.8 en paragraaf 3.4.4).

Tabel 9 Warmtekorting in ECN berekening

|                    | Afbakening        | Doel  | Warmtekorting | Toelichting  |
|--------------------|-------------------|---|---------------|--|
| ECN, mei 2008      | Bestaand vermogen | EZ informeren over de rentabiliteit van bestaande WKK-installaties. | Ja<br>10-15%  | Geen nadere toelichting.   |
| ECN, mei 2008      | Nieuw vermogen    | EZ informeren over de rentabiliteit van bestaande WKK-installaties. | Nee           | 'Op verzoek van EZ'  |
| ECN, februari 2009 | Nieuw vermogen    | EZ informeren over de rentabiliteit van bestaande WKK-installaties. | Nee           | 'Conform de berekeningen voor 2008 wordt in dit rapport gerekend zonder warmtekorting.' Bijlage A gaat in op de relatie tussen de warmtekorting en het niet-meer-dan-anders (NMDA) principe. |

De minister van EZ heeft zich op het standpunt gesteld dat het niet nodig is om een warmtekorting te subsidiëren (brief aan de Tweede Kamer 28 665, nr. 100<sup>17</sup>).

De analyse is namelijk dat WKK-exploitanten de prijs van warmte (moeten) baseren op de prijs van alternatieve opwekking. Daar past een warmtekorting niet bij. Het ministerie ziet de Warmtekorting niet als een instrument om de kosten goed te maken, maar als een door marktpartijen bedacht instrument waarbij WKK-exploitanten bij levering van warmte aan een afnemer een korting op de warmteprijs aanbieden om deze afnemer ertoe te bewegen te kiezen voor WKK-warmte. EZ vindt het niet wenselijk dat deze kortingen mee gesubsidieerd worden in de SDE.

<sup>17</sup> Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 ten behoeve van de stimulering van de milieukwaliteit van de elektriciteitsproductie.



De sector, vertegenwoordigd bij monde van Cogen, betwist deze opvatting en stelt dat zonder de warmtekorting er geen rendabele exploitatie van bestaande en nieuwe WKK-installaties mogelijk is.

#### 4.3 Beleidstheorie stimulering WKK en warmtekorting

Een van de belangrijke twistpunten in berekeningen van de onrendabele top is dus het al dan niet toepassen van een warmtekorting. De discussie is voor een belangrijk deel ingegeven door verschillende uitgangspunten over hoe een effectieve stimulering voor WKK in te richten. Twee beleidstheorieën hebben hier impliciet een belangrijke stempel op gedrukt:

- technisch-economische vergelijking;
- vergelijking vanuit investeerderperspectief.

##### Beleidstheorie 1: Technisch-economische vergelijking

De eerste beleidstheorie gaat uit van de prijs van de op de locatie geproduceerde/geleverde warmte. Deze beleidstheorie wordt door het ministerie van EZ gehanteerd. In de ‘warmtemarkt’ moet warmte uit een WKK-installatie op eenzelfde manier behandeld worden als warmte uit een stoomketel. De impliciete aanname is dat, wanneer er een normaal rendement, zonder extra warmtesubsidie, kan worden behaald uit een WKK-installatie ten opzichte van zijn referentie (stoomketel), de investeerder zal kiezen voor het laatste.

In de berekeningen is een normaal rendement gedefinieerd als 15% op eigen vermogen en 6% op basis van vreemd vermogen. Met deze rentabiliteitseis is al een reserve ingebouwd voor de commerciële marktrisico's die aan een project verbonden zijn. In dit principe van toetsing op de warmteprijs is geen plaats voor een extra korting op de veronderstelde warmteopbrengst<sup>18</sup>. Dat zou in deze theorie immers leiden tot extra winstgevendheid en is niet bedoeld om de kosten goed te maken.

##### Beleidstheorie 2: vergelijking vanuit investeerderperspectief

De tweede beleidstheorie gaat uit van de investeerder die overgehaald moet worden om te investeren in WKK: wat is daadwerkelijk nodig om marktpartijen te bewegen tot behoud of realisatie van WKK-vermogen? Dit vraagt om ook rekening te houden met ‘weerstand’ in de markt, zoals hogere kapitaalinvesteringen, extra risico's, commitment aan derde partijen/markten, etc. In deze beleidstheorie wordt bezien op welke wijze de drempels voor de investeerder kunnen worden beslecht waarbij de ‘klassieke’ technisch/economische investeringsvergelijking een basiscomponent is. Een mogelijkheid is een extra financiële tegemoetkoming onder het kopje ‘warmtekorting’. Dit hoeft overigens niet; andere instrumenten kunnen ook geschikt of geschikter zijn.

In de eerste (neoklassieke) theorie en daarop gebaseerde investeringscalculaties wordt aangenomen dat de transactiekosten van samenwerking geen rol van belang spelen bij de afweging om tot bepaalde investeringsopties te komen. Een investering die precies aan de interne rentevoet voldoet (15% op EV) is een positieve economische propositie. Er is dan echter nog geen belang gecreëerd bij de investeerder.

Transactiekosten dienen echter in een bredere investeringsanalyse wel opgenomen te worden. Deze passen in de beleidstheorie van wat

---

<sup>18</sup> Uitgangspunt voor de berekening is daarmee om te komen tot een gelijke prijs voor de met WKK geleverde warmte vs. alternatieve opties (stoomketel en levering van warmte vanuit het elektriciteitsnet).



daadwerkelijk nodig is een investeerder over de streep te trekken. Indien de beleidsdoelstelling is om het WKK-vermogen substantieel te laten toenemen, dan is toepassing van de bredere definitie van dit begrip warmtekorting noodzakelijk.

#### 4.4 Alternatieve instrumenten voor warmtekorting

Overigens is de vraag terecht in hoeverre een exploitatiesubsidie als de SDE-regeling de meest effectieve optie is om de investeringsdrempels voor WKK weg te nemen. Andere opties kunnen ook mogelijk zijn.

##### Beleidsinstrumenten gericht op industriële energie-efficiency

Een warmtekorting is een middel om in de financiële berekeningen de weerstand die aanwezig is bij potentiële investeerders te overwinnen. Maar er zijn ook andere manieren om bedrijven te laten investeren in zuinige technieken zoals WKK:

- verlagen van de kosten:
  - o exploitatie- of investeringssubsidies zoals EIA en SDE.
- vergroten van de baten:
  - o warmtelozingsheffing;
  - o CO<sub>2</sub>-tax;
  - o brandstofheffing.
- verplichting tot investeren in deze technieken:
  - o Wet milieubeheer;
  - o plicht bij energiebedrijven (afname WK-stroom of aandeel WK in eigen productie).
- afspraken tussen overheid en bedrijfsleven tot investeren in deze technieken.

De eerste twee manieren zijn gericht op de rentabiliteit en moeten ervoor zorgen dat de technieken zodanig rendabel zijn dat ze financieel aantrekkelijk zijn voor bedrijven om in te investeren. Dat betekent een hoger rendement op eigen vermogen dan 15%. Dus zodanig dat ook de weerstand wordt overwonnen.

Bij een verplichting is het redelijk om de grens te leggen bij toepassingen die minimaal rendabel zijn, maar zelfs dat hoeft niet.

#### 4.5 Empirie warmtekorting: wordt de warmtekorting daadwerkelijk toegepast?

In deze paragraaf gaan we in op de vraag of het brede begrip warmtekorting, aansluitend op de tweede beleidstheorie (extra compensatie) een basis vindt in de empirie. Deze vraag valt uiteen in twee deelvragen: is een warmtekorting gangbaar in de markt en zo ja hoe hoog is de warmtekorting dan.

Strikt genomen zal de warmtekorting nooit 0% kunnen zijn omdat er transactiekosten verbonden zijn aan de verkoop van de warmte. In de totale opbouw van de warmtekorting lijkt dit echter bescheiden te zijn, zeker als deze in eigen beheer wordt neergezet.

Een van de mogelijkheden om achter de warmtekortingen te komen zou zijn om de warmteprijs van een stoomketel te vergelijken met warmtepreizen gehanteerd in contracten tussen warmteafnemer en warmteleverancier van WKK-warmte. De warmtepreizen die afnemers bedingen kunnen dan als een



‘gebleken preferentie’ gezien worden voor de extra economische nadelen en risico’s die aan WKK kleven ten opzichte een zelfstandige ketel.

Echter deze contracten zijn niet openbaar en kennen geen notering op een beurs, aangezien ‘de warmtemarkt’ vanwege de beperkte transporteerbaarheid van warmte in feite niet bestaat. Warmte kan niet over lange afstanden getransporteerd worden. Bovendien is er geen sprake van volledig belangenvrije informatie wanneer de sector hierom gevraagd wordt in het kader van subsidieonderzoek. Partijen hebben altijd belang om de warmtekorting hoger voor te stellen. Een hogere warmtekorting betekent een negatiever rendement op geïnvesteerd vermogen voor de betreffende WKK-case<sup>19</sup>.

Op grond van gesprekken met diverse partijen (industriële bedrijven en energiebedrijven) uit de markt trekken wij de conclusie dat, voor de situatie waarin WKK niet in eigen beheer wordt geëxploiteerd, de warmtekorting een gangbaar verschijnsel is en standaard is in de meeste contracten tussen WKK-exploitant en warmteafnemer.

De warmtekorting beperkt zich daarbij tot de gevallen waarin warmte wordt geleverd aan derden (joint venture of ander samenwerkingsverband). In geval van eigen beheer van de WKK geldt deze warmtekorting niet, maar zijn de risico’s voor een belangrijk deel vergelijkbaar: hogere investeringen (en dus kapitaalbeslag), de grotere complexiteit van een WKK-installatie en daaraan verbonden risico’s, de geringe inzetflexibiliteit.

In de berekeningen tot en met 2007 ging het ECN uit van een warmtekorting van 10% in de industrie<sup>20</sup>. Dergelijke cijfers worden ook door marktpartijen genoemd als zijnde gangbaar in de markt. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de omvang van dergelijke marges een terugkerend discussiepunt is tussen sector en subsidieverlener.

Het effect van het opnemen van een warmtekorting is opgenomen in Tabel 9. Hierbij is uitgegaan van een warmtekorting van 0% (zoals in de ECN-modelberekeningen 2009) en 10%.

Uit tabel 7 blijkt dat opname van een warmtekorting bij de kleinere investeringen (gasturbines) een significant effect kan hebben op de onrendabele top. Voor grotere installaties (grote en kleine STEG) is het effect op de onrendabele top kleiner (0,1 à 0,2 €cent/kWh).

#### 4.6 Conclusie

In een situatie van normaal economisch gestuurd gedrag van marktpartijen vormen de onrendabele top berekeningen een evenwichtige afspiegeling van financiële kosten en baten van een investering. Deze benadering gaat uit van een goed werkende markt en voldoende inzicht in bedrijfseconomische risico’s verbonden aan de investeringsoptie. De vraag is of hier deze klassieke investeringsvergelijking volledig opgaat.

Ontkoppeling van de productie van stroom en warmte heeft een economische meerwaarde voor de warmteafnemer vanwege de flexibiliteit en vanwege de beperking van de kapitaalbehoefte en investeringsrisico’s. Bovendien leidt een investering in WKK tot extra transactiekosten van samenwerking met derde partijen. De gekoppelde productie van kracht en warmte in een WKK is minder

---

<sup>19</sup> De warmtekorting is ongunstig voor de WKK-exploitant, die ontvangt namelijk minder voor de geproduceerde warmte dan in een situatie zonder warmtekorting.

<sup>20</sup> In de glastuinbouw werd 15% gehanteerd.



flexibel dan de gescheiden opwekking en past dus minder goed in een marktsituatie waar flexibiliteit een (grote) economische meerwaarde heeft. Om investeringen in WKK aantrekkelijk te maken zal dus rekening moeten worden gehouden met de economische waarde van flexibiliteit en de extra weerstanden (transactiekosten en beschikbaar kapitaal) die verbonden zijn aan WKK. Dit geldt zowel voor WKK die zelf wordt geëxploiteerd als voor warmteproductie voor derden.

Eén van de problemen daarbij is dat deze risicofactoren en weerstanden niet op een normale economische markt worden geprijsd, maar in vertrouwelijke contracten tussen warmteafnemers en -leveranciers uitonderhandeld worden. Deze vertrouwelijke contracten kennen geen notering op een beurs, aangezien 'de warmtemarkt' vanwege de beperkte transporteerbaarheid van warmte in feite niet bestaat. Warmte kan niet over lange afstanden getransporteerd worden en dus moet de producent die afzetten bij lokale afnemers (die altijd een alternatief hebben met overzienbare risico's en goede procesbeheersing). Om deze reden ontbreekt een objectief inzicht in de hoogte van de financiële tegemoetkomingen die hiervoor redelijk zijn.

De gedeelde warmteopbrengsten vormen derhalve reële economische kosten voor WKK-exploitanten die niet voor eigen afname produceren (o.a. stadsverwarmingssystemen). De gelijke behandeling van warmte is in onze ogen een niet-valide argument om af te zien van de warmtekorting in de berekening. Ook het gegeven dat de hoogte van de 'warmtekorting' niet via openbare statistieken is vast te stellen, is geen reden om er van af te zien.

Om deze reden komt CE Delft tot de conclusie dat de warmtekorting wel opgenomen dient te worden in de berekeningen voor WKK-installaties.

Hierbij merken we wel op dat er meerdere manieren zijn om belemmeringen in investeringen in WKK weg te nemen. Gedacht zou kunnen worden aan een brandstofheffing, CO<sub>2</sub>-heffing of verplichtende maatregelen.



# 5 Beoordeling conclusies ministerie van EZ

## 5.1 Brief minister van Economische Zaken

De minister van Economische Zaken heeft in haar brief van 23 februari 2009 (Tweede Kamer, 2009b), op basis van de ECN-rapportage conclusies getrokken over het al dan niet rendabel kunnen exploiteren van nieuw WKK-vermogen. Op basis hiervan zijn ook conclusies getrokken t.a.v. het subsidiëren van WKK.

In de brief worden de resultaten van het ECN-model aangehaald. De zes typen worden vervolgens gegroepeerd naar drie categorieën: klein, middel en groot. Per categorie wordt de laagste ORT aangehouden.

Voor de categorieën klein en middel wordt geconcludeerd dat er een vorm van WKK rendabel te exploiteren is. Voor de grote STEG, die staat voor de categorie 'groot', is dat niet het geval. Hiervoor wordt in de conclusies aangegeven dat deze niet met een rendement op eigen vermogen van 15% te exploiteren is, maar wel met een lager rendement (7%). Dit is conform de berekening in het ECN-rapport.

Tabel 10 Clustering resultaten ORT-berekeningen WKK-types in brief EZ

| Categorie                                 | Groot      | Midden      |                  |                   | Klein          |                 |
|---|------------|-------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
|   | Grote STEG | Kleine STEG | Grote gasturbine | Kleine gasturbine | Grote gasmotor | Kleine gasmotor |
| ORT 2009 (ECN)                            | 0,3        | 1,0         | -1,9             | -0,3              | -2,0           | -0,7            |
|   | 0,3        |             | -1,9             |                   |                | -2,0            |
| Haalbaar rendement op Eigen Vermogen 2009 | 7%         |             |                  |                   |                |                 |

In de brief wordt daarbij aangegeven dat in de berekeningen uit is gegaan van een relatief 'ongunstig' scenario voor WKK:

- Er is uit gegaan van de prijsontwikkeling voor gas en elektriciteit uit het PRIMES-scenario. Een ander scenario, het WEO-scenario (IEA), geeft een prijsontwikkeling die gunstiger uitpakt voor WKK (met deze prijzen zouden, met uitzondering van de kleine STEG, alle typen rendabel te bedrijven zijn).
- In de modelberekeningen is geen rekening gehouden met het gegeven dat hogere rendementen gehaald kunnen worden door WKK flexibel in te zetten (alleen in piekuren).

T.a.v. de 'warmtekorting' concludeert de minister dat het ECN deze niet heeft meegenomen omdat 'WKK-exploitanten de prijs moeten baseren op de prijs van alternatieve opwekking'. Daarbij verwijst de brief ook naar het '*Niet Meer dan Anders beginsel*', zoals dat in het kader van de Warmtewet (Rijk, 2009), geldt voor levering van warmte via een warmtenet.



Tot slot geeft de brief aan dat in de toekomst de positie van WKK zal verbeteren onder het EU ETS, omdat dan technieken met een lage CO<sub>2</sub>-emissie (zoals WKK) dan minder rechten zullen hoeven te betalen dan andere technieken voor elektriciteitsproductie.

## 5.2 Beoordeling CE Delft

CE Delft merkt ten aanzien de conclusies van de minister van EZ het volgende op.

### 5.2.1 Scenario-berekeningen ten onrechte als absolute waarden gehanteerd

In de brief worden de resultaten van de ECN-doorrekening als centrale waarden gehanteerd zonder onzekerheidsmarges. Hiermee wordt in kwantitatieve zin voorbij gegaan aan het gegeven dat het om scenario-berekeningen gaat, op basis van een set veronderstellingen, en dat deze daarom onderhevig zijn aan aanzienlijke onzekerheden (zoals aangegeven door ECN).

Met name wordt geen rekening gehouden met het feit dat in de berekeningen aannames zijn t.a.v. elektriciteits- en gasprijzen, die in de praktijk sterk fluctueren. Dit is voor de feitelijke beoordeling van rentabiliteit van WKK wel nodig.

Uit de uitgevoerde herberekeningen blijkt verder dat voor 2009 de feitelijke energieprijzen voor WKK voor 4 van de 6 typen ongunstiger liggen dan met het model is berekend.

### 5.2.2 Warmtekorting

In de brief wordt, in lijn met de ECN-rapportage, geen warmtekorting verdisconteerd. Als onderbouwing wordt aangehouden dat het bij de beoordeling van rentabiliteit) gaat om gelijke kosten voor levering van warmte (WKK- vs. alternatieven als opwekking op locatie).

Zoals uitgewerkt in hoofdstuk 4, is dit uitgangspunt een ander uitgangspunt dan de vraag wat nodig is om partijen daadwerkelijk te bewegen tot aanschaf van WKK. Voor realisatie van WKK gelden in de markt bepaalde weerstanden, en bovenop een 'gelijke' prijs voor geleverde warmte en elektriciteit zijn extra prikkels nodig om tot realisatie van WKK te komen. Hieraan kan worden voldaan via een extra financiële tegemoetkoming, waarvoor in de praktijk de warmtekorting geldt.

Hierbij geldt ook dat voor levering van warmte geen sprake is van een 'warmtemarkt', waar partijen warmte vandaan kunnen betrekken. De vergelijking met de particuliere markt (warmtelevering via warmtenet vs. eigen warmteopwekking door HR-ketel) is voor de industrie en glastuinbouw niet terecht. Deze is van toepassing op een andere context en een andere markt.



### 5.2.3 Categorie-indeling van WKK-typen

In de brief worden installaties bij elkaar opgeteld tot 3 categorieën, en de gunstigste als maatgevend genomen. Dit lijkt niet in overeenstemming met hoe marktpartijen omgaan met investeringen in WKK: de diverse installaties hebben allemaal hun eigen gebied waar ze worden toegepast<sup>21</sup>.

Leidend is daarbij de specifieke warmtevraag op locatie: gevraagde hoeveelheid warmte met een bepaalde temperatuur en druk. Daardoor zijn ze niet zomaar uitwisselbaar. Ter illustratie: een grote gasturbine levert relatief veel warmte van hoge temperatuur. Als dit de warmtevraag dekt, zal een initiatiefnemer niet daarvoor in de plaats een kleine STEG kunnen plaatsen, met een veel kleinere warmteproductie. Omgekeerd zal, als de warmtevraag door een kleine STEG wordt gedekt, niet een grote gasturbine kunnen worden geplaatst.

Door in de categorie 'midden' de rentabiliteit van de 'grote gasturbine' als maatgevend te nemen, vallen toepassingen voor de 'kleine STEG' 'buiten de boot' vanwege de veel ongunstiger rentabiliteit dan de grote gasturbine. In het licht van het realiseren van WKK-potentieel in de periode tot 2020 geldt juist dat er voor STEG's een groot potentieel is: ze hebben een groot aandeel (ca. 75%) in de industrie en daar ligt het grootste potentieel voor nieuw WKK-vermogen.

### 5.2.4 Rendementseisen STEG

Zowel voor de grote als de kleine STEG wordt de rendementseis van 15% op eigen vermogen (EV) losgelaten. Het rendement op eigen vermogen wordt door ECN berekend op 7% voor de grote STEG en n.v.t. voor de kleine STEG. Dit laatste betekent dat een kleine STEG extreem onrendabel is. De minister maakt hiervan dat met uitzondering van de kleine STEG alle WKK-installaties een hoger rendement dan 15% kunnen behalen. Dit is in tegenspraak met de berekeningen van ECN.

### 5.2.5 Overige punten

#### PRIMES vs. WEO-scenario

In de brief wordt aangegeven dat in het model een relatief ongunstig model (PRIMES) is gehanteerd voor de ontwikkeling van de prijzen voor gas en elektriciteit. De onrendabele toppen zijn hierbij hoger dan in een ander model (WEO).

Zoals beschreven in paragraaf 3.2.4 liggen de voor 2010-2012 berekende waarden ongeveer in lijn met forward-noteringen. Als zodanig lijkt het gehanteerde model een redelijk realistische inschatting te geven voor de lange termijn ontwikkeling van energieprijzen, niet een ongunstige.

#### Flexibele inzet WKK

De brief geeft aan dat met WKK hogere opbrengsten kunnen worden gehaald door installaties flexibel in te zetten. In het ECN-model is dit verdisconteerd doordat per categorie WKK is uitgegaan van een bepaald % draaiuren tijdens dal- en piekuren. Verder flexibiliseren van inzet van WKK's (uitzetten van WKK's tijdens daluren) zal doorgaans niet leiden tot hogere rendementen omdat vaste kosten blijven bestaan wanneer WKK's tijdelijk worden uitgeschakeld.

---

<sup>21</sup> In het verleden zijn in het kader van subsidieregelingen wel typen WKK's geclusterd, vanwege het feit dat ze een vergelijkbare onrendabele top hadden.



### 5.3 Vergelijking conclusies ministerie EZ met rekenresultaten ECN

Samenvattend geldt dat het ministerie als volgt is omgegaan met de rekenresultaten van ECN.

|                                       | Rekenresultaten ECN   | Conclusies ministerie EZ  |
|---------------------------------------|---|---|
| Onzekerheden in scenario-berekeningen | Genoemd door ECN; het niet gekwantificeerd.   | Niet genoemd.   |
| Warmtekorting                         | Niet meegenomen in berekeningen (op verzoek van ministerie EZ). Onduidelijke onderbouwing in bijlage bij rapport.                           | Niet meegenomen in conclusies.  |
| Indeling in cases                     | Onderverdeling in 6 representatieve cases.  | Clustering cases tot drie categorieën: groot, middel en klein. Voor de kleine STEG, die volgens ECN zeer onrendabel is, wordt aangegeven dat deze uitwisselbaar is met de grote gasturbine. |
| Rendementseis                         | Berekening ORT op basis van vast rendementseisen (15% op EV, 6% op VV). In rapport aanvullende berekening met andere rendementen (STEG 7%). | Voor een categorie, de grote STEG, wordt een ander rendement gehanteerd (7%).   |
| Conclusie t.a.v. Onrendabele Top      | 2 van de 6 cases (kleine en grote STEG) hebben zelfs zonder warmtekorting een onrendabele top.  | Geen van de drie categorieën heeft een onrendabele top.   |



## 6 Conclusies

Uit het onderzoek blijkt dat de vooraf door de Kamer in de onderzoeksopdracht gestelde vragen als volgt kunnen worden beantwoord:

1. *Over welke WKK-varianten gaat de discussie en wat zijn de huidige marktcondities waaronder deze varianten moeten opereren?*

De discussie focust zich op toepassing van WKK in de industrie en aanverwante sectoren. In de industrie is sinds 2004 sprake van een achteruitgang van geleverde WKK-energie. In de industrie worden vooral STEG's en, in mindere mate, gasturbines toegepast. De berekeningen van ECN bevestigen dat de marktcondities voor STEGs (klein en groot) ongunstig zijn.

De discussie richt zich veel minder op de glastuinbouw. Hier is tot in 2008 het WKK-vermogen fors gegroeid.

2. *Wat zijn de veronderstellingen en uitgangspunten van het op dit moment door het kabinet gehanteerde berekeningsmodel voor de onrendabele top van de WKK-varianten?*

Een kernpunt in het berekeningsmodel is dat het uitgaat van één vast scenario; het gaat uit van één set waarden waarmee berekeningen worden uitgevoerd. De realiteit is echter dat energieprijzen en andere variabelen fors kunnen variëren. Dit is niet in de berekeningen opgenomen, wel kwalitatief vermeld.

De belangrijkste parameterwaarden en de mogelijke variatie daarin zijn weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 Waarden kritische parameters in model, en mogelijke variatie

| Variabele                                 | Waarde in model           | Indicatie variatie         |
|---|---------------------------|----------------------------|
| Elektriciteitsprijs piek                  | 0,08022 €/kWh             | 0,05-0,2 €/kWh             |
| Elektriciteitsprijs dal                   | 0,06224 €/kWh             | 0,04-0,14 €/kWh            |
| Gasprijs                                  | 0,2179 €/m <sup>3</sup>   | 0,1-0,3 €/m <sup>3</sup>   |
| CO <sub>2</sub> -prijs                    | 0 €/ton CO <sub>2</sub>   | 0-30 €/ton CO <sub>2</sub> |
| Rendement op geïnvesteerd eigen vermogen  | 15%                       | 10-18%                     |
| Rendement op geïnvesteerd vreemd vermogen | 6%                        | 6-10%                      |
| Investeringskosten                        | Varieert per variant      | +/-25%                     |
| Warmtekorting                             | 0% prijs geleverde warmte | 0-15% geleverde warmte     |

3. *Welke rol speelt de zogenaamde warmtekorting in het berekeningsmodel voor de onrendabele top van de WKK?*

De warmtekorting speelt een belangrijke rol in het berekeningsmodel. In de uitgevoerde berekeningen is geen warmtekorting meegenomen. Vanwege de feitelijk bestaande weerstanden in de markt is het echter wel nodig om de warmtekorting in de berekeningen mee te nemen. Vanuit investeerdersperspectief is een extra (financiële) impuls nodig om investeringen in WKK aantrekkelijker te maken dan in het alternatief.

4. *Hoe wordt de opzet van het nu gehanteerde berekeningsmodel beoordeeld, in ieder geval in termen van validiteit en betrouwbaarheid?*  
CE Delft vindt het rekenmodel solide en deugdelijk. De belangrijkste parameters die van invloed zijn op de onrendabele top zijn er in meegenomen. Een omissie is het ontbreken van nieuwe WKK-varianten, met name de zgn. procesgeïntegreerde WKK. In de periode tot 2020 zijn dit soort nieuwe opties zeker ook relevant.
5. *Hoe wordt de uiteindelijke toepassing van dit model voor het bepalen van de onrendabele top van WKK-varianten in het algemeen en voor 2009 in het bijzonder beoordeeld?*  
*Algemeen:*  
Bij de uitgevoerde berekeningen heeft ECN ten onrechte geen *bandbreedte* opgenomen. Vanwege de grote mogelijke fluctuaties in energieprijzen en andere parameters was dit nodig geweest.

De bandbreedte ligt in de orde van ca. 2-4 €ct/kWh.

Een omissie is dat het model uitgaat van gratis CO<sub>2</sub>-rechten voor WKK-installaties. Vanaf 2013 geldt echter dat WKK-installaties voor CO<sub>2</sub>-rechten een prijs moeten betalen (voor het deel dat samenhangt met opwekking van elektriciteit). In het model had hiervoor een CO<sub>2</sub>-prijs moeten zijn opgenomen, bijvoorbeeld in de orde van 15-30 €/ton CO<sub>2</sub>. Verder concludeert CE Delft dat ten onrechte geen warmtekorting is meegenomen. Het wel meenemen van een warmtekorting (van 10% bij industriële WKK en 15% in de glastuinbouw) resulteert in een toename van de onrendabele top met ca. 0,2-1,0 €ct/kWh.

*2009:*

Een berekening van de onrendabele top voor 2009 op basis van feitelijke energieprijzen en warmtekorting geeft aan dat de diverse typen WKK's in 2009 aanmerkelijk minder rendabel te exploiteren zijn, dan voorspeld door het model van ECN. De onrendabele top ligt ca. 1 €ct/kWh hoger. Onderstaande tabel geeft de onrendabele toppen voor 2009 en ter vergelijking de resultaten van het ECN-model. Ter vergelijking zijn ook de waarden opgenomen zonder warmtekorting. Met uitzondering van de gasmotoren liggen de onrendabele toppen dan ook hoger dan berekend in het model.

Tabel 12 Onrendabele top 2009 op basis van feitelijke energieprijzen + warmtekorting

| Type installatie  | ORT op basis van feitelijke energieprijzen 2009 (€ct/kWh) |                      | Berekening ECN 2009-2020 |
|-------------------|---|----------------------|--------------------------|
|                   | Met warmtekorting   | Zonder warmtekorting |                          |
| Grote STEG        | 1,14  | 0,91                 | 0,26                     |
| Kleine STEG       | 1,81  | 1,50                 | 0,96                     |
| Grote gasturbine  | -0,64   | -1,46                | -1,84                    |
| Kleine gasturbine | 1,06  | 0,11                 | -0,29                    |
| Grote gasmotor    | -1,88   | -2,51                | -2,03                    |
| Kleine gasmotor   | -0,11   | -0,92                | -0,71                    |

6. *Hoe wordt de rol die de zogenaamde warmtekorting heeft gespeeld bij de berekening van de onrendabele top van de WKK-varianten beoordeeld?*  
CE Delft concludeert dat de warmtekorting ten onrechte niet in de berekeningen is meegenomen. Als de warmtekorting wel wordt meegenomen, is de onrendabele top ca. 0,1-1,0 €ct/kWh hoger.



7. *In hoeverre sluiten de conclusies die het kabinet trekt over de onrendabele top van de verschillende WKK-varianten aan bij uitkomsten van het gebruikte berekeningsmodel?*

Onderstaand overzicht geeft schematisch aan hoe voor de verschillende kernpunten het kabinet is omgegaan met de conclusies van ECN.

|                                       | Rekenresultaten ECN   | Conclusies ministerie EZ   |
|---------------------------------------|---|--|
| Onzekerheden in scenario-berekeningen | Genoemd door ECN, maar geen opgave bandbreedtes.  | Niet genoemd.  |
| Warmtekorting                         | Niet meegenomen in berekeningen (op verzoek van ministerie EZ). Onduidelijke onderbouwing in bijlage bij rapport.                               | Niet meegenomen in conclusies.   |
| Indeling in cases                     | Onderverdeling in 6 representatieve cases   | Clustering cases tot drie categorieën: groot, middel en klein. In de categorieën wordt de case met de laagste ORT als maatgevend gehanteerd.<br>'Een case, de 'kleine STEG', is verliesgevend'. Geen reden om deze te ondersteunen omdat 'de CO <sub>2</sub> -prestaties' van deze case vergelijkbaar zijn met de 'grote gas-turbine'. |
| Rendementseis                         | Berekening ORT op basis van vaste rendementseisen (15% op EV, 6% op VV).<br>In rapport aanvullende berekening met andere rendementen (STEG 7%). | Voor de casus 'grote STEG', wordt bij een haalbaar rendement van 7% geconcludeerd dat deze rendabel te exploiteren is.   |
| Conclusie t.a.v. ORT                  | 2 van de 6 cases (kleine en grote STEG) hebben zelfs zonder warmtekorting een onrendabele top.  | Alle categorieën WKK zijn rendabel te exploiteren.   |





# Referenties

CBS, 2009

Statline, Statistiek elektriciteit: productie naar energiebron  
www.CBS.nl

CE Delft, 2008,

1<sup>e</sup> verkenning Potentieel WKK Rijnmond,  
Delft : CE Delft, 2008 (niet gepubliceerd)

Cogen, 2009

Brief aan de vaste Kamercommissie voor Economische Zaken,  
2 maart 2009

ECN, 2003

M. de Noord, E.J.W. van Sambeek  
Onrendabele top berekeningsmethodiek  
Petten, augustus 2003

ECN, 2006

B.W. Daniëls, A.W.N van Dril, Y.H.A. Boerakker, et al.  
Instrumenten voor energiebesparing : Instrumenteerbaarheid van 2% besparing  
per jaar  
Petten : ECN, 2006

ECN, 2008

Toelichting onrendabele top berekeningen WKK SDE (concept)  
Petten, ECN, 2008

ECN, et al, 2009

B.W. Daniëls, C.W.M. van der Maas  
Actualisatie Referentieramingen Energie en Emissies 2008 - 2020  
Petten ; Bilthoven : ECN en PBL, 2009

ECN, 2009

J.S. Hers, W. Wetzels, A.J. Seebregts, A.J. van der Welle  
Onrendabele top berekeningen voor nieuw WKK-vermogen 2009  
Petten : ECN, februari 2009

ECN, 2009

S. Hers, ECN  
Persoonlijke mededeling, september 2009

Jacobs Consultancy, 2008

Techno-economische parameters MEP/SDE  
Leiden : Jacobs Consultancy, 2008

Jacobs Consultancy, 2008

Techno-economische parameters MEP/SDE WKK, ontwikkeling van 2008 naar  
2009  
Leiden : Jacobs Consultancy, 2008

MKM Consultancy, 2008

Analyse van de variabiliteit van de SDE subsidieregeling voor WKKs voor 2008  
S.l. : S.n. , 2008



Regieorgaan Energietransitie, 2008  
Duurzame energie in een nieuwe economische orde  
Utrecht : SenterNovem, 2008

Tweede Kamer, 2009  
Tweede Kamer, Brief van de Minister van Economische Zaken, Wijziging van de  
Elektriciteitswet 1998 ten behoeve van de stimulering van de milieukwaliteit  
van de elektriciteitsproductie  
Kamerstuk 28 665, nr. 100  
Den Haag : SDU uitgevers, 2009

Tweede Kamer, 2009  
Stimulering Duurzame energieproductie, Motie Vendrik/Zijlstra,  
Kamerstuk 31 239, nr. 44  
Den Haag : SDU Uitgevers, 2009

Tweede Kamer, 2009  
Brief Presidium, Stimulering Duurzame Energieproductie  
Kamerstuk 31 239, nr. 62  
Den Haag : SDU Uitgevers, 2009

VROM, 2007  
Werkprogramma Schoon & Zuinig  
Den Haag Ministerie van VROM, 2007

#### Websites:

Endex, 2009  
[www.endex.nl](http://www.endex.nl) market prices NL power  
geraadpleegd augustus 2009



# Bijlage A Brief minister EZ 23 februari 2009 (28 665, nr. 100)

## Tweede Kamer der Staten-Generaal

# 2

Vergaderjaar 2008–2009

28 665

**Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 ten behoeve van de stimulering van de milieukwaliteit van de elektriciteitsproductie**

Nr. 100

**BRIEF VAN DE MINISTER VAN ECONOMISCHE ZAKEN**

Aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal

Den Haag, 23 februari 2009

In het Algemeen Overleg van 25 juni 2008 (Kamerstuk 31 239/28 665, nr. 35) heb ik u aangegeven dat het mogelijk is nieuwe WKK te exploiteren met een redelijk rendement. In het overleg heb ik toegezegd dat ik in 2009 zal bekijken of deze situatie niet drastisch veranderd is. Tevens heb ik toegezegd dat ik bij de nieuwe berekeningen van de rentabiliteit van WKK de door uw kamer genoemde «warmtekorting» in aanmerking zal nemen. De conclusie van dit overleg was dat de uitkomst van de berekeningen van invloed kan zijn op de aanwending van de SDE in 2009. Met deze brief voldoe ik aan deze toezeggingen.

ECN heeft op mijn verzoek nieuwe berekeningen gemaakt.<sup>1</sup> De berekeningen betreffen een actualisatie van de berekeningen die ECN begin 2008 heeft uitgevoerd. Daarbij is gebruik gemaakt van geactualiseerde gegevens over investeringskosten en kosten voor bediening en onderhoud. Deze kosten zijn door het bureau Jacobs Consultancy onderzocht. Tevens heeft ECN bij haar berekeningen gebruik gemaakt van de meest recente inzichten in de lange termijn energieprijzen om een actueel beeld te kunnen verstrekken van de ontwikkelingsmogelijkheden van WKK. Het gehanteerde berekeningsmodel is gelijk aan het model dat ook vorig jaar door ECN is gebruikt en waarop KEMA een review heeft uitgevoerd.

Onderstaand overzicht geeft de resultaten weer van de geactualiseerde berekeningen van ECN voor projecten die in 2009 starten. Het betreft de uitkomsten voor de drie gehanteerde categorieën WKK, te weten: klein, midden en groot. Hierbij is aangesloten bij het overzicht dat ik u met mijn brief van 28 mei 2008 deed toekomen. Tevens zijn, ter vergelijking ook de uitkomsten van de 2008 studie gegeven. Zoals gebruikelijk is per categorie gekeken of WKK rendabel kan worden geëxploiteerd.

<sup>1</sup> Ter inzage gelegd bij het Centraal Informatiepunt Tweede Kamer.

KST128265  
9009/rlar/28665-100  
ISSN 0921 - 7371  
Sdu Uitgeverij  
's-Gravenhage 2009

Tweede Kamer, vergaderjaar 2008–2009, 28 665, nr. 100

1



Tabel: Uitkomsten berekeningen nieuwe WKK (ct/kWh)\*

| Categorie  | 1. Klein       |                 | 2. Midden  |                  | 3. Groot          |            |
|--|----------------|-----------------|------------|------------------|-------------------|------------|
|  | Grote gasmotor | Kleine gasmotor | Neine STEG | Grote gasturbine | Kleine gasturbine | Grote STEG |
| Onrendabele top 2009 per type [ct/kWh]                             | -2,0           | -0,7            | +1,0       | 1,9              | -0,3              | +0,3       |
| Onrendabele top 2009 per categorie [ct/kWh]                        | -2,0           |                 | -1,9       |                  |                   | +0,3       |
| Haalbaar rendement op eigen vermogen 2009 per type                 | 74%            | 28%             | -          | 65%              | 20%               | 7%         |
| Haalbaar rendement op eigen vermogen conform 2008 studie per type. | 68%            | 21%             | -          | 54%              | 12%               | 8%         |

\* Bij een onrendabele top van «0» bedraagt het rendement op eigen vermogen 15%. Bij een negatieve onrendabele top is er een hoger rendement dan die 15% en bij een positieve onrendabele top een lager rendement.

Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van een prijsscenario behorend bij de Referentieraming Energie en Emissies die wordt uitgevoerd door ECN en het Planbureau voor de Leefomgeving. In de Referentieraming worden twee varianten voor de ontwikkeling van de brandstofprijzen en de daarmee samenhangende elektriciteitsprijzen gepresenteerd. Het betreft hier respectievelijk het door de Europese Commissie gehanteerde *Primes-scenario* en een in februari jl. beschikbaar gekomen doorrekening van het Planbureau voor de Leefomgeving en ECN gebaseerd op de *World Energy Outlook* van het *International Energy Agency*. ECN is bij haar berekeningen uitgegaan van het scenario dat het minst gunstig is voor de rentabiliteit van WKK. Hiermee wordt beoogd te vermijden dat een te gunstig beeld van de toekomstige rentabiliteit van WKK wordt gevormd. Berekeningen met het andere scenario leveren aanzienlijk hogere haalbare rendementen op. De haalbare rendementen komen dan, met uitzondering van de kleine STEG, allemaal boven de 15%. Ook is er in de berekeningen geen rekening gehouden met de opbrengsten die behaald kunnen worden door het flexibel inzetten van de WKK. Dit betekent dat ondernemers gunstiger rendementen kunnen behalen dan hierboven aangegeven.

ECN heeft tevens de warmtekorting bezien. Op basis daarvan is besloten deze warmtekorting niet mee te nemen in de berekeningen. De analyse van ECN is namelijk dat WKK exploitanten de prijs van warmte (moeten) baseren op de prijs van alternatieve opwekking. Daar past een warmtekorting niet bij. Dit is niet bedoeld om de kosten goed te maken, maar is een door marktpartijen bedacht instrument waarbij WKK exploitanten bij levering van warmte aan een afnemer een korting op de warmteprijs aanbieden om deze afnemer ertoe te bewegen te kiezen voor WKK-warmte. Bovendien is er vaak geen sprake van levering aan afnemers, maar is de WKK-exploitant zelf de gebruiker van de warmte. Het niet meenemen van de warmtekorting is volgens ECN ook niet strijdig met het niet-meer-dan-anders-principe. Dit principe stelt namelijk dat de warmteprijs (met name van belang voor kleinverbruikers) niet hoger zijn dan de kosten van warmteproductie met in dit geval een HR-ketel (de «anders» situatie).

Uit de nieuwe berekeningen concludeer ik dat de marktomstandigheden voor WKK in lijn liggen met de positie van WKK ten tijde van het A.O. van 25 juni 2008. In de alle categorieën kan WKK rendabel worden geëxploiteerd onder het minst gunstige van de twee gangbare prijsscenario's en zonder rekening te houden met opbrengsten die behaald kunnen worden door het flexibel inzetten van de installaties. Slechts het type kleine STEG is en blijft verliesgevend. Echter ik zie geen reden om dit type te gaan ondersteunen. De CO<sub>2</sub>-prestaties van dit type zijn immers vergelijkbaar met die van de grote gasturbine, waarmee wel een aantrekkelijk rendement kan worden gehaald.



Bovendien zal als gevolg van het in december 2008 bereikte akkoord over het EU Klimaatpakket vanaf 2013 de beprijzing van CO2 aanzienlijk verder worden doorgevoerd. WKK dat in of na 2009 gebouwd krijgt hiermee voor een groot deel van haar levensduur te maken. Er worden vanaf 2013 geen gratis rechten meer gegeven voor elektriciteitsproductie. Dit betekent dat deze rechten worden geveild. Voor warmteproductie kunnen wel gratis rechten worden ontvangen. De toedeling zal gebaseerd worden op een *algemene benchmark*, onafhankelijk van de wijze van opwekking. Schone en zuinige technologieën – waaronder WKK – kunnen zich hiermee bewijzen op de markt, omdat ze naarmate ze minder emitteren minder rechten hoeven te kopen. Hierbij dient beseft te worden dat WKK een middel is en geen doel op zich.

Ik ben dan ook niet voornemens om voor 2009/2010 naast de Energie-investeringsaftrek een subsidiefaciliteit voor WKK in het leven te roepen. Het budget (€ 32 mln) zal beschikbaar komen binnen de SDE en onderdeel uitmaken van de benodigde middelen om de kabinetsdoelstelling in het kader van Schoon en Zuinig te realiseren.

De minister van Economische Zaken,  
M. J. A. van der Hoeven





Vergaderjaar 2008–2009

**31 239**

**Stimulering duurzame energieproductie**

**Nr. 44**

**MOTIE VAN DE LEDEN VENDRIK EN ZIJLSTRA**

Voorgesteld 5 maart 2009

De Kamer,

gehoord de beraadslaging,

constaterende, dat vanuit de sector veel kritiek is op het ECN-rapport en de brief van het kabinet over de (on)rendabele toppen bij WKK;

van mening, dat het wenselijk is om helder te krijgen in hoeverre deze kritiek terecht is;

verzoekt het Presidium de Algemene Rekenkamer te vragen, een onderzoek te verrichten in de vorm van een second opinion over de conclusie van het kabinet dat (vrijwel) alle categorieën WKK rendabel geëxploiteerd kunnen worden,

en gaat over tot de orde van de dag.

Vendrik  
Zijlstra

KST129594  
0809kkert31239-44  
ISSN 0921 - 7371  
Sdu Uitgevers  
’s-Gravenhage 2009

Tweede Kamer, vergaderjaar 2008–2009, 31 239, nr. 44





## Bijlage C Opgesteld WKK-vermogen 2007 (gasmotoren, STEG's en gasturbines)

|                                     | Elektrisch vermogen |                  |                 | Thermisch vermogen |                  |                 | Aantal installaties |                  |                 |
|-------------------------------------|---------------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|
|                                     | Gasmotor            | Steg-<br>eenheid | Gas-<br>turbine | Gasmotor           | Steg-<br>eenheid | Gas-<br>turbine | Gasmotor            | Steg-<br>eenheid | Gas-<br>turbine |
| Bedrijfsgroepen                     | MWe                 | MWe              | MWe             | MJ/h               | MJ/h             | MJ/h            | Absoluut            | Absoluut         | Absoluut        |
| Centraal                            | -                   | 3.250            | 171             | -                  | 8.470.112        | 2.036.570       | -                   | 15               | 4               |
| Land- en tuinbouw                   | 2.465               | -                | -               | 12.227.000         | -                | -               | 2.757               | -                | -               |
| Raffinaderijen en winningsbedrijven | 14                  | 124              | 212             | 36.175             | 1.239.120        | 2.204.583       | 15                  | 2                | 9               |
| Voeding en genotsmiddelen           | 21                  | 258              | 170             | 115.302            | 1.926.132        | 2.332.415       | 39                  | 11               | 28              |
| Papier                              | 4                   | 313              | 72              | 17.896             | 2.031.408        | 1.179.605       | 6                   | 7                | 14              |
| Chemie                              | 6                   | 1.327            | 278             | 32.045             | 10.219.360       | 3.924.174       | 13                  | 12               | 11              |
| Overige industrie                   | 31                  | -                | 35              | 144.208            | -                | 470.740         | 51                  | -                | 6               |
| Distributiebedrijven                | 31                  | 163              | 120             | 154.064            | 413.800          | 696.000         | 72                  | 4                | 2               |
| Gezondheidszorg                     | 162                 | -                | 4               | 859.705            | -                | 50.400          | 455                 | -                | 1               |
| Afvalverbranding                    | 10                  | -                | -               | 57.129             | -                | -               | 17                  | -                | -               |
| Overige producenten                 | 283                 | 6                | 5               | 1.585.230          | 25.000           | 43.200          | 810                 | 1                | 1               |





# Bijlage D Parameters in model ECN

## Voorbeeld Grote STEG

| Parameters model Onrendabele top berekeningen nieuw WKK-vermogen 2009 |             |                                 |
|---|-------------|---------------------------------|
| Grote STEG  |             |                                 |
| Unit grootte  | 250.000     | kWe                             |
| Unit grootte elektriciteitsdeel                                       | 210.697     | kWe                             |
| Bedrijfstijd/vollasturen  | 5.900       | Uren/jaar                       |
| Economische levensduur  | 12          | Jaar                            |
| Elektrisch rendement  | 0,43        |                                 |
| Thermisch rendement WKK   | 0,27        |                                 |
| Referentierendement WKK   | 0,9         |                                 |
| Besparing op BSB voor WKK   | 0           | Euro/m <sup>3</sup>             |
| Investeringskosten  | 939         | Euro/kWe                        |
| Onderhoudskosten vast   | 0           | Euro/kWe                        |
| Onderhoudskosten variabel   | 0,0067      | Euro/kWhe                       |
| Overige operationele kosten   | 0           | Euro/kWhe                       |
| Energie inhoud secundaire brandstof                                   | 0           | GJ/ton                          |
| Kosten secundaire brandstof   | 0           | Euro/ton                        |
| Brandstofkosten te vervangen brandstof (gas)                          | 0,2179      | Euro/ton of Euro/m <sup>3</sup> |
| Effectiviteit brandstofsubstitutie                                    | 0           |                                 |
| E-inhoud te vervangen brandstof (gas)                                 | 0,03165     | GJ/ton of GJ/m <sup>3</sup>     |
| CO2 kosten warmte   | 0           | clutch                          |
| Warmtekorting   | 0           |                                 |
| Marktprijs stroom piek  | 0,08022     | Euro/kWh                        |
| Marktprijs stroom dal   | 0,06224     | Euro/kWh                        |
| Back-up kosten elektriciteit  | 0,0018      | Euro/kWh                        |
| CO <sub>2</sub> -prijs  | 0           | Euro/ton                        |
| Percentage in de piek   | 0,622       |                                 |
| Percentage netlevering  | 0,925       |                                 |
| Kosten van onbalans   | 0           | Euro/kWh                        |
| EIA van toepassing?   | Nee         |                                 |
| EIA   | 1           |                                 |
| EIA max   | 103.000.000 | Euro                            |
| Gedeelte van de investering in aanmerking EIA                         | 0,44        |                                 |
| Senter rendement  | 0,65        |                                 |
| VAMIL van toepassing?   | Nee         |                                 |
| VAMIL percentage  | 0,05        |                                 |
| Rente lening  | 0,06        |                                 |
| Vereiste return on equity   | 0,15        |                                 |
| Debt share in investering incl. EIA effect                            | 0,8         |                                 |
| Equity share in investering incl. EIA effect                          | 0,2         |                                 |
| Vennootschapsbelasting  | 0,255       | 0,255                           |



| Parameters model Onrendabele top berekeningen nieuw WKK-vermogen 2009           |           |      |
|---|-----------|------|
| Termijn lening  | 12        | Jaar |
| Afschrijvingstermijn  | 12        | Jaar |
| Beleidsperiode  | 12        | Jaar |
| Parameters WKK case   |           |      |
| Percentage netlevering (%)  | 92,5%     |      |
| Geplande stilstand  | 5,2%      |      |
| Ongeplande stilstand  | 4,9%      |      |
| Aantal maanden backup-elektriciteit   | 4         |      |
| Aantal maanden eigen verbruik   | 12        |      |
| Elektrisch rendement zonder bijstook (%)  |           |      |
| Tariefcomponenten voor transmissie en distributienetwerken elektriciteit        |           |      |
| Vastrecht aansluitdienst (Euro/jaar)  | 13.300,00 |      |
| Vastrecht transport (Euro/jaar)   | 2.760,00  |      |
| kW contract (Euro/kW/jaar)  | 9,55      |      |
| kW per maand (Euro/kW/maand)  | 0,92      |      |
| kWh tarief normaal (Euro/kWh)   |           |      |
| Systeemdiensten (ct/kWh)  |           |      |
| Tariefcomponenten voor het lokale distributienet (alleen voor gasmotoren)       |           |      |
| Vastrecht aansluitdienst (Euro/mnd)   |           |      |
| Meetdienst (Euro/mnd)   |           |      |
| Capaciteitsafhankelijk tarief lage druk (Euro/mnd per m <sup>3</sup> /u)        |           |      |
| Vastrecht transport (Euro/mnd)  |           |      |
| Tariefcomponenten voor doorberekening van landelijke dienstenkosten van aardgas |           |      |
| Connection fee (Euro/m <sup>3</sup> /u)   | 0,47      |      |
| Entry fee (basislastcapaciteit) (Euro/m <sup>3</sup> /u)                        | 14,15     |      |
| Entry fee (additionele capaciteit) (Euro/m <sup>3</sup> /u)                     | 18,56     |      |
| Exit fee (Euro/m <sup>3</sup> /u)   | 18,02     |      |
| Beschikbaarstelling basiscapaciteit (Euro/m <sup>3</sup> /u)                    |           |      |
| Beschikbaarstelling additionele capaciteit (Euro/m <sup>3</sup> /u)             | 105,54    |      |

