



Energy research Centre of the Netherlands

Onrendabele top berekeningen voor nieuw WKK-vermogen 2008

J.S. Hers

W. Wetzels

A.J. Seebregts

A.J. van der Welle

ECN-E--08-016

Mei 2008

Verantwoording

ECN heeft van het Ministerie van Economische Zaken opdracht gekregen om een advies te verstrekken betreffende de SDE-regeling voor WKK voor het jaar 2008. Dit project staat bij ECN geregistreerd onder projectnummers 7.7990 en 7.7934. Binnen dit project heeft het Ministerie van Economische zaken gevraagd om een analyse van de rentabiliteit van nieuw WKK-vermogen. ECN heeft derhalve de analyse van de rentabiliteit uitgevoerd op basis de onrendabel top berekeningsmethodiek en de resultaten worden in deze rapportage gepresenteerd.

De berekeningsmethodiek voor de onrendabele top van nieuw WKK-vermogen wordt in dit rapport nader toegelicht. ECN zal in een afzonderlijk rapport de resultaten voor bestaand WKK-vermogen in 2008 presenteren.

Over de te gebruiken berekeningsmethode en modelparameters voor nieuw WKK-vermogen heeft overleg plaatsgevonden met het Ministerie van Economische Zaken, COGEN Nederland, Jacobs Consultancy en SenterNovem.

Abstract

The Dutch SDE subsidy scheme promotes the reduction of CO₂ emissions which results from the use of Combined Heat and Power (CHP) plants. This report calculates the profitability of investments in new CHP plants. This information can be used for decision making on the SDE subsidy for new CHP plants in 2008. The subsidy will be differentiated on the basis of technical characteristics and scale.

Inhoud

1.	Inleiding	8
2.	Uitgangspunten berekeningen	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Karakteristieken van de WKK-cases	9
2.3	Commodity prijzen	12
2.4	Back-up kosten elektriciteit	13
2.5	Warmtekorting	14
2.6	Energie-investeringsaftrek (EIA) en willekeurige afschrijving milieu-investering (VAMIL)	14
2.7	CO ₂ -emissiehandel	15
2.8	Vollasturen en piek/dal verhouding	15
2.9	Flexibiliteit van WKK-installaties	17
2.10	Correctie MEP-rendement	17
2.11	Meerjarige rentabiliteit	17
2.12	CO ₂ -index berekening	18
2.13	Overige uitgangspunten	19
3.	Onrendabele top berekeningen 2008	20
3.1	Inleiding	20
3.2	Resultaten	20
4.	Onrendabele top berekeningen 2010-2020	21
4.1	Inleiding	21
4.2	Resultaten	21
5.	Conclusie	24
6.	Referenties	25

Lijst van tabellen

Tabel S.1:	<i>Resultaten onrendabele top berekening 2008</i>	6
Tabel S.2	<i>Resultaten onrendabele top berekening 2010-2020</i>	7
Tabel 2.1	<i>Technische karakteristieken WKK-cases</i>	11
Tabel 2.2	<i>Economische karakteristieken WKK-cases</i>	12
Tabel 2.3	<i>Commodity prijzen</i>	12
Tabel 2.4	<i>Back-up kosten per kWh geproduceerde elektriciteit en achterliggende determinanten</i>	13
Tabel 2.5	<i>EIA per WKK-case</i>	14
Tabel 2.6	<i>Veronderstelde vollasturen en percentage draaiuren tijdens piekuren</i>	17
Tabel 2.7	<i>Toegepaste emissiefactoren</i>	18
Tabel 2.8	<i>CO₂-index, elektriciteitsproductie en aantal CO₂-vrije kilowatturen per WKK-case</i>	18
Tabel 3.1	<i>Resultaten onrendabele top berekening 2008</i>	20
Tabel 4.1	<i>Resultaten onrendabele top berekening 2010-2020</i>	22
Tabel 4.2	<i>Haalbaar rendement op eigen vermogen conform de onrendabele top berekeningen voor 2010-2020</i>	23

Samenvatting

Het doel van dit rapport is het Ministerie van Economische Zaken een inzicht te verschaffen in de rentabiliteitspositie van nieuw WKK-vermogen zoals die volgt uit de onrendabele top berekeningsmethodiek.

Het besluit om subsidie te verlenen is afhankelijk van de rentabiliteit van WKK. De onrendabele top¹ wordt hierbij gebruikt als een maatstaf voor de rentabiliteit. In dit rapport worden resultaten gepresenteerd voor de onrendabele top van een zestal representatieve cases in 2008, en de te verwachten gemiddelde rentabiliteit van projecten die in 2008 starten. Bij de berekeningen is uitgegaan van een projectduur van twaalf jaar.

Voor de berekening van de onrendabele top voor WKK heeft ECN, in nauw overleg met het Ministerie van Economische Zaken en COGEN Nederland, in 2005 een nieuw rekenmodel ontwikkeld. Dit model is toegepast voor het MEP-subsidie advies² voor 2006 en 2007. Eind 2007 is dit rekenmodel aangepast conform de opzet van de rekenmodellen die in de afgelopen jaren zijn gebruikt voor berekening van de onrendabele top voor duurzame energie in het kader van de MEP en SDE regelingen.

De berekeningsmethodiek komt in grote lijnen overeen met de methodologie die in voorgaande jaren werd gehanteerd ten behoeve van het MEP-advies voor WKK. Anders dan in voorgaande jaren dienen de WKK-cases die gebruikt worden voor deze berekeningen representatief te zijn voor nieuw vermogen. De nieuwe WKK-cases zijn gebaseerd op onderzoek van Jacobs Consultancy en vastgesteld na overleg met het Ministerie van Economische Zaken, SenterNovem en COGEN Nederland.

Om inzicht te krijgen in de rentabiliteit van exploitatie van WKK op langere termijn is door MKM Consultancy/ SITMO Consultancy een analyse gemaakt van de variabiliteit van de onrendabele top. Bij het bepalen van de rentabiliteit op langere termijn is gebruik gemaakt van de scenarioverwachtingen behorend bij het GE/HP WLO-scenario.³ Hierbij dient men zich te realiseren dat de lange termijn prijsontwikkeling mogelijk af kan wijken van dit scenario.

In Tabel S.1 zijn de resultaten van de onrendabele top berekeningen voor 2008 weergegeven voor een zestal WKK-cases. Met uitzondering van de gasmotoren zijn de kosten die gemeoid zijn met plaatsing van een WKK-installatie de afgelopen jaren sterk toegenomen. De marktpositie van WKK is in 2008 verbeterd ten opzichte van 2007. Dit is het gevolg van de relatief hoge *spark spread*⁴ zoals die op basis van de forwardnoteringen voor 2008 kan worden afgeleid. De grote gasturbine, de grote gasmotor en de kleine gasmotor kunnen rendabel worden geëxploiteerd. De grote STEG, de kleine STEG en de kleine gasturbine vertonen in 2008 een onrendabele top. Bij de berekening is uitgegaan van een rendement op eigen vermogen van 15%. Als uitgegaan was van een lagere rendementseis zouden de grote STEG en de kleine gasturbine wel als rendabel kunnen worden beschouwd.

¹ De onrendabele top wordt gedefinieerd als de extra inkomsten die per eenheid productie nodig zijn om de netto contante waarde van een investering op nul te doen uitkomen.

² Milieukwaliteit van de Elektriciteitsproductie

³ Het GE/HP scenario is één van de scenario's die door ECN is opgesteld in het kader van de WLO (Welvaart en Leefomgeving) scenariostudie in samenwerking met het Centraal Planbureau, het Milieu- en Natuurplanbureau en het Ruimtelijk Planbureau. Het GE/HP-scenario wordt door de overheid gebruikt als referentiescenario bij het energie- en klimaatbeleid.

⁴ Het begrip *spark spread* wordt in de sector veelvuldig gehanteerd en heeft betrekking op de opbrengst van een MWh elektriciteit minus de kosten die gemaakt worden voor het gas dat nodig is om deze MWh op te wekken.

Bij de berekening van de onrendabele top wordt geen rekening gehouden met meeropbrengsten als gevolg van de ontkoppeling van warmte en kracht. Dit biedt de mogelijkheid tot verbetering van de rentabiliteit door in de daluren de warmte/krachtverhouding te verhogen.

De resultaten voor de onrendabele top berekeningen voor de periode van 2010-2020 zijn gegeven in Tabel S.2. Deze resultaten zijn gebaseerd op de prijzen behorend bij de WLO-scenarioverwachting. Een analyse van de rentabiliteit van deze WKK-cases op langere termijn (van der Kloot Meijburg *et al.*, 2008), waarbij rekening wordt gehouden met fluctuaties in gas- en elektriciteitsprijzen, geeft aan dat de grote gasmotor en de grote gasturbine naar verwachting gedurende de gehele beschikkingstermijn rendabel zijn. De kleine gasmotor kent rendabele en onrendabele periodes, maar de rendabele periodes heffen de onrendabele periodes op. Bij de grote STEG, de kleine STEG en de kleine gasturbine is er sprake van rendabele en onrendabele periodes, waarbij de rendabele de onrendabele periodes niet volledig compenseren.

Tabel S.1: *Resultaten onrendabele top berekening 2008*

[ct/kWh]	Grote STEG	Kleine STEG	Grote gasturbine	Kleine gasturbine	Grote gasmotor	Kleine gasmotor
<i>Kapitaallasten* (a)</i>	+1,98	+2,57	+1,83	+2,84	+1,79**	+3,32***
<i>waarvan rente</i>	+0,43	+0,56	+0,40	+0,62	+0,39	+0,72
<i>Kosten (b)</i>						
Aardgas	+5,64	+5,92	+8,66	+9,80	+6,49	+8,43
<i>waarvan commodity</i>	+5,34	+5,60	+8,19	+9,18	+5,60	+6,75
B&O	+0,56	+1,00	+0,53	+1,10	+0,68	+1,50
Netkosten back-up	+0,02	+0,10	+0,09	+0,10	Nvt	Nvt
<i>Opbrengsten (c)</i>						
Elektriciteit	-6,43	-6,56	-6,31	-6,31	-7,63	-7,43
<i>waarvan commodity</i>	-6,61	-6,63	-6,35	-6,35	-7,76	-7,56
Warmte****	-1,76	-2,34	-6,05	-7,24	-3,64	-6,75
<i>waarvan commodity</i>	-1,60	-2,11	-5,55	-6,53	-2,89	-3,69
Emissierechten CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	Nvt	Nvt
Vermeden netkosten eigen verbruik	-0,03	-0,15	-0,13	-0,14	Nvt	Nvt
Vermeden energiebelasting eigen verbruik	0,00	-0,02	-0,02	-0,18	Nvt	Nvt
<i>Onrendabele top excl. belasting (a+b+c)</i>	-0,02	+0,52	-1,40	-0,03	-2,31	-0,93
<i>Belastingen (d)</i>	+0,07	+0,06	+0,04	+0,08	+0,04	+0,09
<i>Onrendabele top (a+b+c+d)</i>	+0,05	+0,58	-1,36	+0,05	-2,27	-0,84

* Bij de grote STEG kan geen aanspraak gemaakt worden op EIA, maar bij alle overige cases wel.

** Inclusief warmtebuffer.

*** Inclusief SCR-installatie.

**** Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken is gerekend exclusief warmtekorting.

Tabel S.2 Resultaten onrendabele top berekening 2010-2020

[ct/kWh]	Grote STEG	Kleine STEG	Grote GT	Kleine GT	Grote GM	Kleine GM
<i>Kapitaallasten</i> * (a)	+1,98	+2,57	+1,83	+2,84	+1,79**	+3,32***
<i>waarvan rente</i>	+0,43	+0,56	+0,40	+0,62	+0,39	+0,72
<i>Kosten</i> (b)						
Aardgas	+5,83	+6,12	+8,96	+10,13	+6,70	+8,67
<i>waarvan commodity</i>	+5,53	+5,80	+8,49	+9,51	+5,80	+6,99
B&O	+0,63	+1,12	+0,59	+1,23	+0,76	+1,68
Netkosten back-up	+0,02	+0,10	+0,09	+0,10	Nvt	Nvt
<i>Opbrengsten</i> (c)						
Elektriciteit	-6,49	-6,61	-6,45	-6,45	-7,35	-7,20
<i>waarvan commodity</i>	-6,67	-6,68	-6,49	-6,49	-7,48	-7,33
Warmte****	-1,82	-2,42	-6,25	-7,47	-3,74	-6,88
<i>waarvan commodity</i>	-1,66	-2,19	-5,75	-6,76	-2,99	-3,83
Emissierechten CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	Nvt	Nvt
Vermeden netkosten eigen verbruik	-0,03	-0,15	-0,13	-0,14	Nvt	Nvt
Vermeden energiebelasting eigen verbruik	0,00	-0,02	-0,02	-0,18	Nvt	Nvt
<i>Onrendabele top excl. belasting (a+b+c)</i>	+0,12	+0,71	-1,38	+0,06	-1,84	-0,41
<i>Belastingen</i> (d)	+0,07	+0,06	+0,04	+0,08	+0,04	+0,09
<i>Onrendabele top (a+b+c+d)</i>	+0,19	+0,77	-1,34	+0,14	-1,80	-0,32

* Bij de grote STEG kan geen aanspraak gemaakt worden op EIA, maar bij alle overige cases wel.

** Inclusief warmtebuffer.

*** Inclusief SCR-installatie.

**** Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken is gerekend exclusief warmtekorting.

1. Inleiding

Door toepassing van warmtekrachtkoppeling (WKK) kan een reductie van de emissie van CO₂ worden bereikt vergeleken met gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. Sinds 1 januari 2001 wordt bestaande WKK ondersteund met een exploitatiesubsidie. In eerste instantie bestond deze subsidie uit een afdrachtkorting in de regulerende energiebelasting voor aan het openbare net geleverde WKK-elektriciteit. Per 1 juli 2003 vervangt de regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP) de afdrachtkorting, en komt ook eigen verbruik van WKK-elektriciteit in aanmerking voor subsidie. Het eerste jaar van de MEP betrof een overgangsjaar. Sinds 1 juli 2004 is de MEP-regeling gebaseerd op beloning van de CO₂-emissiereductie door WKK. Deze reductie wordt bepaald met behulp van de zogenaamde CO₂-index, een maat voor de milieuprestatie van een WKK-installatie ten opzichte van het beste alternatief voor gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte in het bouwjaar van de WKK-installatie. De milieuprestatie wordt uitgedrukt in een hoeveelheid CO₂-vrije kilowatturen.

Binnen de regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) wordt eveneens subsidie verleend op basis van de milieuprestatie in de vorm van het aantal geproduceerde CO₂-vrije kilowatturen. De regeling voorziet erin dat de subsidie op voorhand in te schatten valt door publicatie van een onrendabele top formule voor de categorieën die binnen dit raamwerk gehanteerd worden.

De marktomstandigheden voor WKK veranderen voortdurend en hangen onder andere af van de marktprijzen voor aardgas en elektriciteit. Om een inschatting te kunnen maken van de rentabiliteit van nieuwe WKK-installaties wordt in dit rapport een onrendabele top berekend voor een aantal representatieve cases. De onrendabele top wordt gedefinieerd als de extra inkomsten die per eenheid productie nodig zijn om de netto contante waarde van een investering op nul te doen uitkomen (zie de Noord e.a., 2003). Bij de netto contante waarde berekening is daarbij uitgegaan van een vast rendement op eigen vermogen van 15%.

Om inzicht te krijgen in de rentabiliteit van exploitatie van WKK op langere termijn is door MKM Consultancy/ SITMO Consultancy een analyse gemaakt van de variabiliteit van de onrendabele top.

ECN zal een afzonderlijk rapport over de rentabiliteit van bestaand WKK-vermogen publiceren.

In Hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten van de berekeningen besproken. Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 de uitkomsten van de onrendabele top berekeningen voor 2008 gepresenteerd. In Hoofdstuk 4 worden de resultaten gegeven van onrendabele top berekeningen op basis van de gemiddelde prijsniveaus voor de periode van 2010 tot 2020 zoals die volgen uit de scenarioveronderstelling.

2. Uitgangspunten berekeningen

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten voor de onrendabele top berekeningen op een rij gezet. Achtereenvolgens worden de volgende onderwerpen behandeld:

- Karakteristieken van de WKK-cases
- Commodity prijzen
- Back-up kosten elektriciteit
- Warmtekorting
- Energie-investeringsaftrek (EIA)
- Willekeurige afschrijving milieu-investering (VAMIL)
- CO₂-emissiehandel
- Vollaasturen en piek/dal verhouding
- Flexibiliteit van WKK-installaties
- Correctie MEP-rendement
- Meerjarige rentabiliteit
- CO₂-index berekening
- Overige uitgangspunten

2.2 Karakteristieken van de WKK-cases

De berekening van de onrendabele top voor nieuwe WKK-installaties wordt gebaseerd op technisch-economische parameters van WKK-installaties waarvan de plaatsing naar verwachting in de komende jaren gerealiseerd kan worden. In overleg met het Ministerie van Economische Zaken en COGEN Nederland is besloten om de WKK-case methodologie die in voorgaande jaren is gebruikt voor de vaststelling van de onrendabele top van WKK ten behoeve van de WKK MEP adviezen te handhaven. Deze methodologie kent de volgende structuur:

- *Categorisering*
In de eerste plaats wordt er een aantal categorieën van WKK-installaties geïdentificeerd die op grond van technisch-economische karakteristieken een onderscheidende kostenstructuur kennen.
- *Karakterisering*
In de tweede plaats wordt voor elke categorie een kenmerkende karakteristieke installatie vastgesteld.
- *Parameterisering*
Tot slot worden de parameters voor de karakteristieke WKK-cases vastgesteld en wordt voor elke categorie een onrendabele top berekend.

De WKK-cases die gebruikt werden bij de berekeningen voor de MEP-regeling waren representatief voor bestaand WKK-vermogen. In het kader van de SDE-regeling voor nieuw WKK-vermogen dienen zowel de categorisering, karakterisering als parameterisering heroverwogen te worden. Voor wat betreft de categorisering heeft ECN op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken enkele mogelijke uitbreidingen van de bestaande categorieën tegen het licht gehouden (zie Hers *et al.*, 2008). Daarnaast heeft ECN, in overleg met het Ministerie van Economische Zaken, aan Jacobs Consultancy opdracht verleend om de categorisering te beoordelen vanuit het perspectief van kostenstructuren en een hernieuwde karakterisering en parameterisering uit te voeren.

In de rapportage van Jacobs Consultancy worden negen WKK-categorieën onderscheiden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar:

- *Technologie*
In navolging van de categorisering voor de berekeningen ten behoeve van het MEP WKK-advies wordt onderscheid gemaakt tussen stoom en gasturbines (STEG), gasturbines met afgassenketel (GT) en gasmotoren (GM).
- *Schaal*
Bij het MEP WKK-advies werd alleen onderscheid gemaakt tussen kleine en grote STEGs. Jacobs Consultancy introduceert ook een onderscheid tussen kleine en grote gasturbines. Daarnaast heeft ECN aan Jacobs Consultancy gevraagd om onderscheid te maken tussen kleine en grote gasmotoren (Zie ook Hers *et al.*, 2008).

Naast de uitbreiding van de categorisering heeft Jacobs Consultancy voor verscheidene categorieën meerdere karakterisering neergelegd op basis van:

- *Bijstook*
In afwijking van de categorisering voor de berekeningen ten behoeve van het MEP WKK-advies wordt er onderscheid gemaakt tussen gasturbines zonder en met bijstook.
- *Toepassing*
In afwijking van de categorisering voor de berekeningen ten behoeve van het MEP WKK-advies wordt onderscheid gemaakt tussen (grootschalige) toepassing van STEGs voor stadsverwarming en de toepassing van STEGs in een industriële omgeving.

De toepassing van gasturbines met afgassenketel zonder bijstook wordt door Jacobs Consultancy en ECN minder waarschijnlijk geacht op grond van de notie dat gasturbines met bijstook een hogere mate van flexibiliteit bieden om in te spelen op ontwikkelingen op de gas- en elektriciteitsmarkt. Voor de karakterisering van de beide categorieën voor de gasturbines wordt daarom verondersteld dat het hier gaat om gasturbines met bijstook. De ontwikkeling van grootschalige STEGs voor stadsverwarming op korte termijn wordt door ECN niet waarschijnlijk geacht. Om deze reden wordt deze categorie buiten beschouwing gelaten.

Jacobs Consultancy geeft aan dat zij voor wat betreft de karakterisering en parameterisering van de categorie ‘grote gasmotoren’ met name expertise heeft op het terrein van toepassing in de gebouwde omgeving, terwijl het grootste deel van de grote gasmotoren in Nederland staat opgesteld in de glastuinbouw. Voor wat betreft de categorie ‘kleine gasmotoren’ geeft Jacobs Consultancy aan dat haar expertise op dit terrein beperkt is. Derhalve is in overleg met het Ministerie van Economische Zaken, SenterNovem, en COGEN Nederland besloten een alternatieve karakterisering en parameterisering voor deze beide categorieën vast te leggen:

- *Grote gasmotor*
Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) verzamelt gegevens over gasmotoren voor de statistiek ‘Productiemiddelen elektriciteit’. Het CBS heeft aan ECN een database met gedetailleerde gegevens over het gasmotorenpark van 2006 ter beschikking gesteld. Op grond van deze database kan vastgesteld worden dat in 2006 ongeveer 90% van de gasmotoren met een elektrisch vermogen groter dan 1 MW_e stond opgesteld in de glastuinbouw. Alhoewel exacte cijfers ontbreken, is er in het grootste deel van deze gevallen sprake van gasmotoren die zijn geïnstalleerd in combinatie met buffervermogen. Deze karakteristiek is gebruikt om te komen tot een inschatting van de technisch-economische parameters voor de grote-gasmotor case. Er wordt daarom uitgegaan van kapitaalslasten voor een gasmotor, inclusief een buffer.⁵ Anderzijds wordt verondersteld dat de gasmotor/buffer combinatie flexibel kan worden ingezet zodat productie tijdens piekuren kan worden gemaximaliseerd.

⁵ In de review merkt KEMA op dat glastuinbouwbedrijven zonder gasmotoren vaak ook een warmtebuffer gebruiken en dat de investering in een buffer daarom geen onderdeel zou moeten vormen van de investering in de WKK-installatie (zie Smit *et al.*, 2008).

Het grootste deel van de grote gasmotoren in de glastuinbouw is uitgerust met rookgasreïning via Selectieve Katalytische NO_x-reductie met ammoniak (een SCR-installatie) ten behoeve van CO₂ bemesting. Betrouwbare schattingen voor kosten en baten van gebruik van een SCR-installatie in de glastuinbouw ontbreken. Hier wordt verondersteld dat de kosten en baten tegen elkaar opwegen en wordt gebruik van een SCR-installatie buiten beschouwing gelaten. Omdat er nu al veel rookgasreinigers worden geïnstalleerd zonder dat dit vanwege emissie-eisen noodzakelijk is, wordt aangenomen dat de vermeden kosten van CO₂ bemesting de kosten overstijgen (Hers *et. al.*, 2008).

- *Kleine gasmotor*

Volgens de statistiek ‘Productiemiddelen elektriciteit’ van het CBS staat een substantieel deel van de gasmotoren kleiner dan 1 MW_e opgesteld in de glastuinbouw, maar staat ook een omvangrijk deel opgesteld in andere sectoren. Vanwege de geobserveerde trend van schaalvergroting in de glastuinbouw wordt voor de categorie ‘kleine gasmotor’ verondersteld dat toekomstige investeringen in dergelijke installaties vooral in de bebouwde omgeving zullen plaatshebben. Er wordt vanuit gegaan dat strengere wettelijke emissie-eisen de toepassing van rookgasreïning via Selectieve Katalytische NO_x-reductie met ammoniak (een SCR-installatie) onvermijdelijk zullen maken, zonder dat er in deze context baten tegenover staan. Er wordt daarom uitgegaan van kapitaalslasten voor een gasmotor inclusief een SCR-installatie.

Zowel voor de categorie ‘grote gasmotor’ als de categorie ‘kleine gasmotor’ is bij de schatting van de technisch-economische parameters, zoals rendementen, kapitaalslasten en beheer- en onderhoudskosten (B&O-kosten), gebruik gemaakt van gegevens gerapporteerd door Jacobs Consultancy, de EIA-database, projectervaring van SenterNovem en gegevens aangeleverd door COGEN projects. Voor de STEGs en gasturbines is gebruik gemaakt van de karakterisering en parameterisering van Jacobs Consultancy.

In Tabel 2.1 staat een overzicht van de gehanteerde WKK-cases met bijbehorende technische en gebruikskarakteristieken. In Tabel 2.2 zijn een aantal economische karakteristieken opgenomen. Met uitzondering van de investeringen voor de beide gasmotorcategorieën, zijn de investeringen voor WKK in de afgelopen jaren gemiddeld sterk toegenomen. Dit heeft te maken met een wereldwijde prijsstijging van grondstoffen en beperkte fabricage capaciteit.

Tabel 2.1 *Technische karakteristieken WKK-cases*

WKK-case	Vermogen [MW _e]	Elektrisch rendement* [%]	Thermisch rendement* [%]	Netaansluiting
Grote STEG	250	43	27	HS
Kleine STEG	60	41	34	Trafo HS+TS/MS
Grote gasturbine	45	28	61	Trafo HS+TS/MS
Kleine gasturbine	8	25	64	Trafo HS+TS/MS
Grote gasmotor	2	41	49	MS
Kleine gasmotor	0,4	34	52	MS

* De rendementen voor de STEGs betreffen schattingen waarbij rekening gehouden wordt met veroudering van de installatie en start/stop en deellastbedrijf. Bij de gasturbines wordt slechts rekening gehouden met veroudering. Hierin volgt ECN de aanbeveling van Jacobs Consultancy.

Tabel 2.2 *Economische karakteristieken WKK-cases*

WKK-case	Investerings*	Investering	B&O 2008	B&O 2010-2020**
	[€/kW]	[mln €]	[ct/kWh]	[ct/kWh]
Grote STEG	881	220,3	0,56	0,63
Kleine STEG	1199	71,9	1,00	1,12
Grote gasturbine	971	43,7	0,53	0,59
Kleine gasturbine	1470	11,8	1,10	1,23
Grote gasmotor	578	1,2	0,68	0,76
Kleine gasmotor	840	0,34	1,50	1,68

* Bij de schatting van de investering wordt de schatting voor de investering zoals die is afgeleid door Jacobs Consultancy gecorrigeerd voor eenmalige aansluitkosten voor gas en elektriciteit. Hierbij wordt uitgegaan van een additionele post die 2% bedraagt voor de STEGs, 3% voor de gasturbines en 5% voor de gasmotoren.

** De schatting van de B&O kosten zoals die is afgeleid door Jacobs Consultancy is gecorrigeerd voor inflatie, uitgaande van een inflatie van 2%.

Bij de berekening van de onrendabele top wordt overigens verondersteld dat er bij investeringen in WKK-installaties geen sprake is van vermeden investeringen in ketelvermogen. Dit uitgangspunt is gebaseerd op de notie dat er, ingeval van plaatsing van WKK-installaties, in de meeste gevallen reeds ketelvermogen aanwezig is. Bovendien bestaat er in veel gevallen behoefte aan ketelvermogen in samenhang met een WKK-installatie ten einde de bedrijfszekerheid te garanderen. In gevallen waarbij dergelijke overwegingen niet van toepassing zijn kan er mogelijk sprake zijn van een onderschatting van de vermeden investeringskosten bij plaatsing van een WKK-installatie.

2.3 Commodity prijzen

Met uitzondering van 2006 is er sinds 2004 sprake van trendmatig herstel van de marktomstandigheden voor WKK. In 2008 ontwikkelde de spark spread op basis van year ahead noteringen zich opnieuw relatief gunstig voor elektriciteitsproducenten. Deze ontwikkeling is het gevolg van dalende noteringen voor forward gasprijzen gecombineerd met stabiele forward noteringen voor elektriciteit. Bij de berekening van de onrendabele top voor 2008 wordt uitgegaan van de forward prijzen die zijn weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Commodity prijzen*

Commodity	Eenheid	2008	Scenario 2010-2020
Elektriciteit (piek)*	[€/MWh]	81,78	77,70
Elektriciteit (dal)**	[€/MWh]	40,34	48,60
EUA***	[€/ton]	18,13	20,00
Aardgas****	[ct/m ³]	20,17	20,90

* Bron: Endex, pieklast, verhandeld van oktober 2006 tot oktober 2007.

** Bron: Endex, pieklast en basislast, verhandeld van oktober 2006 tot oktober 2007. De dalprijs voor elektriciteit is met behulp van de handelskalender afgeleid van piek- en basislast prijzen.

*** European Union Emission allowances. Bron: Point Carbon – EUA market, verhandeld van oktober 2006 tot oktober 2007.

**** Bron: Endex, verhandeld van oktober 2006 tot oktober 2007. Prijzen voor hoogcalorisch gas zijn omgerekend naar de volumeprijs van Groninger gas met behulp van de calorische waarde die gehanteerd wordt door Gasterra. De Calorische bovenwaarde is 35,17MJ/m³.

Bij de berekening van de gemiddelde onrendabele top voor 2010-2020 wordt uitgegaan van de gemiddelde scenarioprijzen behorend bij het GE/HP scenario⁶, die eveneens zijn weergegeven in Tabel 2.3. Hierbij dient men zich te realiseren dat het hier een scenarioveronderstelling betreft. De realisatie van de lange termijn gemiddelden zal mogelijk afwijken van de hier gehanteerde prijzen.

2.4 Back-up kosten elektriciteit

In het geval van stilstand van WKK-installaties kunnen er kosten ontstaan door de inkoop van back-up elektriciteit. Het kan hierbij zowel gaan om geplande stilstand als om ongeplande uitval. In veel gevallen zal een WKK-exploitant proberen aan zijn leveringsverplichting te voldoen door gebruik te maken van de elektriciteitsmarkt of door te zorgen voor alternatieve elektriciteitsopwekking.

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken heeft onderzoeksbureau SLEA in 2005 een inschatting gemaakt van deze back-up kosten. Hierbij worden twee situaties onderscheiden. In Situatie 1 leidt de afhankelijkheid van een warmtevragend proces tot relatief veel kortdurende onvoorzien uitval. In Situatie 2 komt de verdeling van de uitval meer overeen met de uitvalkarakteristiek van installaties die uitsluitend elektriciteit opwekken. Daarnaast worden een hoge en een lage inschatting van de kosten gemaakt (Scenario Hoog en Laag). Bij het Scenario Laag wordt ervan uitgegaan dat de WKK-exploitant door een transactie op de intradaymarkt probeert de kosten te beperken. Het onderzoek levert resultaten voor vier vermogensklassen, te weten 1 MW_e, 25 MW_e, 80 MW_e en 250 MW_e. Ondanks het feit dat de schatting van de back-up kosten dateert uit 2005 verwacht ECN dat deze kosten relatief stabiel zijn. Bovendien dragen ze slechts in bescheiden mate bij aan de onrendabele top. In Tabel 2.4 staan de aannames voor de back-up kosten en de achterliggende veronderstellingen met betrekking tot eigen verbruik, back-up vermogen, het type aansluiting en de veronderstelde stilstand per WKK-case.

Tabel 2.4 *Back-up kosten per kWh geproduceerde elektriciteit en achterliggende determinanten*

WKK-case	Back-up kosten* [ct/kWh]	Eigen verbruik elektriciteit [%]	Back-up vermogen o.b.v. vollast [MW _e]	Geplande en ongeplande stilstand (vollast eq.) [uren]
Grote STEG	0,180	7,5	19	596
Kleine STEG	0,072	20	12	591
Grote gasturbine	0,043	20	9	662
Kleine gasturbine	0,043	20	2	662
Grote gasmotor	0,130	0	0	404
Kleine gasmotor	0,130	0	0	323

* Bij de grote STEG is de keuze gemaakt voor Situatie 2 (uitvalskarakteristiek van installaties die uitsluitend elektriciteit opwekken), Scenario Laag (de exploitant probeert de kosten te beperken) bij een vermogen van 250 MW_e. Bij de kleine STEG en de grote gasturbine is het gemiddelde genomen van de twee Situaties en de twee Scenario's bij een vermogen van respectievelijk 80 MW_e en 25 MW_e. Bij de kleine gasturbine is gekozen voor Situatie 1, Scenario Hoog en een vermogen 1 MW_e. Bij de gasmotoren is gekozen voor Situatie 2, een gemiddelde van de Scenario's en een vermogen van 1 MW_e.

⁶ Het GE/HP scenario is één van de scenario's die door ECN is opgesteld in het kader van de WLO (Welvaart en Leefomgeving) scenariostudie in samenwerking met het Centraal Planbureau, het Milieu- en Natuurplanbureau en het Ruimtelijk Planbureau. Het GE/HP scenario wordt door de overheid gebruikt als referentiescenario bij het energie- en klimaatbeleid.

2.5 Warmtekorting

Naast warmteproductie voor eigen gebruik hebben WKK-exploitanten ook de mogelijkheid om tegen betaling warmte te leveren aan derden. De warmteafnemer is in principe ook in staat deze warmte zelf op te wekken met een ketel. Als een afnemer een korting bedingt op de prijs van warmte ten opzichte van de situatie waarin de afnemer zelf gas zou inkopen wordt dit aangeduid als de warmtekorting.

Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken wordt er in dit advies gerekend zonder warmtekorting voor nieuw WKK-vermogen in 2008.

2.6 Energie-investeringsaftrek (EIA) en willekeurige afschrijving milieu-investering (VAMIL)

Bij de onrendabele top berekeningen voor het jaarlijkse MEP advies voor WKK in de voorgaande jaren werd ervan uitgegaan dat voor enkele WKK-cases slechts een deel van het geïnstalleerd vermogen in aanmerking was gekomen voor Energie-investeringsaftrek (EIA), aangezien een deel van het bestaand vermogen dateerde van voor de invoering van de EIA regeling.

De grote STEG komt niet in aanmerking voor EIA omdat installaties met een elektrisch vermogen groter dan 150 MW_e daarop geen aanspraak kunnen maken. In de berekeningen wordt verondersteld dat alle overige installaties wel in aanmerking komen voor EIA. Met ingang van 1 januari 2008 is de systematiek voor stimulering van warmtekrachtinstallaties middels EIA echter wel gewijzigd. Voor kleinere installaties wordt onderscheid gemaakt tussen warmtekrachtinstallaties die worden aangedreven door zuigermotoren en installaties die worden aangedreven door andere krachtwerktuigen:

- *Warmtekrachtinstallaties die worden aangedreven door zuigermotoren*
Binnen het SDE WKK-raamwerk vallen de SDE-categorieën 'kleine gasmotoren' en 'grote gasmotoren' binnen deze klasse. Voor dit type WKK-installaties zal het vereiste rendement, het zogenaamde Senter-rendement, worden aangescherpt van 65% tot 70%. In de tweede plaats wordt het investeringsbedrag dat in aanmerking komt voor energie-investeringsaftrek gemaximeerd op 350 €/kW elektrisch vermogen.
- *Warmtekrachtinstallaties die worden aangedreven door andere krachtwerktuigen*
Binnen het SDE WKK-raamwerk vallen alle SDE-categorieën, behalve de categorieën 'kleine gasmotoren' en 'grote gasmotoren', binnen deze klasse. Voor dit type WKK-installaties zal het vereiste rendement, het zogenaamde Senter-rendement, van 65% gehandhaafd blijven. In de tweede plaats wordt het investeringsbedrag dat in aanmerking komt voor energie-investeringsaftrek gemaximeerd op 600 €/kW elektrisch vermogen.

Sinds 2005 is VAMIL niet meer van toepassing op WKK-installaties. In de onrendabele top berekeningen voor bestaande WKK ten behoeve van het MEP WKK-advies in voorgaande jaren werd ervan uitgegaan dat alle WKK-cases aanspraak hadden kunnen maken op VAMIL, aangezien veruit het grootste deel van het bestaande vermogen is geplaatst voor 2005.

Tabel 2.5 EIA per WKK-case

WKK-case	EIA max [€/kW]
Grote STEG	Nvt
Kleine STEG	600
Grote gasturbine	600
Kleine gasturbine	600
Grote gasmotor	350
Kleine gasmotor	350

2.7 CO₂-emissiehandel

De methodologie met betrekking tot toekenning van CO₂-emissierechten aan nieuw vermogen wijkt sterk af van de methodologie voor bestaand vermogen. Voor bestaand vermogen wordt uitgegaan van de vermeden CO₂-emissies ten opzichte van gescheiden opwekking. Bovendien worden verscheidene correcties toegepast, die samenhangen met bijvoorbeeld de landelijke emissiedoelstelling maar ook de zogenaamde *windfall profit*.

Voor de eerste beschikkingsperiode, met een looptijd van 2005 tot 2007, en de tweede beschikkingsperiode, met een looptijd van 2008 tot 2012, is een aparte regeling voor investeringen in nieuw productievermogen in het leven geroepen. Deze regeling voorziet in de vrije toekenning van CO₂-emissierechten op grond van de verwachte CO₂-emissies van de nieuwe installatie. Hoewel in de toekenningprocedure mogelijk afwijkingen kunnen optreden tussen verwachting en realisatie van CO₂-emissies, wordt in de berekening verondersteld dat de toekenning voor de WKK-sector als geheel ruwweg overeen zal stemmen met de realisatie van de sector als geheel. Derhalve wordt in de berekeningen van de onrendabele toppen voor nieuw WKK-vermogen in 2008 verondersteld dat er geen sprake is van overallocatie, en wordt de overallocatie op nul gesteld.

2.8 Vollasturen en piek/dal verhouding

Het aantal vollasturen voor nieuw vermogen is op voorhand niet vast te stellen. Voor prognoses met betrekking tot het aantal verwachte vollasturen gaat ECN uit van schattingen op basis van informatie over draaiuren van bestaande installaties. Hierbij is zowel gebruik gemaakt van geaggregeerde historische productiegegevens afkomstig van CertiQ/EnerQ als van productiegegevens zoals die worden gerapporteerd door het CBS. In het eerste geval gaat het om historische gegevens die beschikbaar zijn tot en met 2007, terwijl in het laatste geval gegevens tot en met 2006 beschikbaar waren. Hierbij wordt opgemerkt dat de CBS-gegevens een bredere statistische basis hebben, aangezien deze gegevens betrekking hebben op het totale geïnstalleerde vermogen in Nederland, terwijl de database van CertiQ betrekking heeft op een subset van het WKK-park, te weten het deel dat in de afgelopen jaren MEP-gerechtigd was.

Voor de inschatting van het percentage draaiuren tijdens piekuren voor de categorieën niet-gasmotoren wordt sinds 2005 in de onrendabele top berekeningen voor MEP WKK uitgegaan van maximalisatie van productie in de piek, gecorrigeerd voor de beschikbaarheid van de installatie.⁷ Deze berekeningsmethodiek wordt in de onrendabele top berekeningen voor nieuwe WKK-installaties gehandhaafd.

Voor de inschatting van het percentage draaiuren tijdens piekuren voor de categorie gasmotoren wordt sinds 2005 gerekend met een percentage draaiuren tijdens piekuren van 65%. De situatie voor deze categorie is in de afgelopen jaren echter aanzienlijk gewijzigd. In de berekeningen voor nieuw WKK-vermogen wordt onderscheid gemaakt tussen de categorie ‘kleine gasmotoren’ en de categorie ‘grote gasmotoren’ (zie ook Hers *et al.*, 2008). De afleiding van het percentage productie tijdens piekuren voor deze categorieën wordt in de betreffende subsecties toegelicht.

Grote STEG

In het geval van de grote STEG wordt het aantal draaiuren zoals dat werd gehanteerd in voorgaande adviezen met betrekking tot subsidiëring van WKK gehandhaafd. Er wordt verondersteld dat grote STEG installaties gemiddeld 5900 vollasturen per jaar halen. Maximalisatie van het aantal draaiuren in de piek resulteert in 62% draaiuren in de piek.

⁷ Aangenomen is dat er 4080 piekuren per jaar zijn. Onderzoek dat in 2005 is uitgevoerd door Jacobs Consultancy in opdracht van COGEN Nederland (van der Marel, 2005) geeft aan dat voor de categorieën niet-gasmotoren gerekend moet worden met 89,9% overall beschikbaarheid. Hierdoor kan er maximaal gedurende 3668 piekuren ge-draaid worden. De overige draaiuren hebben betrekking op de dalperiode.

Kleine STEG

De schatting van draaiuren voor de kleine STEG wordt gebaseerd op CBS-gegevens voor het jaar 2006. Hierbij is gebruik gemaakt van de productiegegevens van decentraal vermogen in de veronderstelling dat de CBS rapportage over centraal STEG-vermogen betrekking heeft op grote STEGs.⁸ Bovendien zijn de decentrale STEGs die staan opgesteld bij de distributiebedrijven buiten beschouwing gelaten. De productiecijfers voor deze subcategorie in de CBS gegevens wijken sterk af van de productiecijfers voor andere categorieën, vanwege de toepassing voor stadsverwarming. Eenheden die worden ingezet voor stadsverwarming vertonen sterk afwijkende productiepatronen vanwege de directe relatie met de behoefte aan verwarming in de gebouwde omgeving. Het gemiddelde aantal vollasturen voor deze eenheden ligt in de regel veel lager dan voor eenheden die worden ingezet voor industriële toepassingen. De decentrale elektriciteitsproductie met behulp van STEGs door distributiebedrijven vertegenwoordigde slechts 2% van de totale elektriciteitsproductie met behulp van STEGs in 2006. Het gemiddelde aantal vollasturen voor de decentrale STEG eenheden met uitzondering van de distributiebedrijven lag in 2006 rond de 5850 vollasturen en wordt in de onrendabele top berekeningen gehanteerd als het aantal vollasturen voor de WKK-case 'kleine STEG'.⁹ Maximalisatie van het aantal draaiuren tijdens piekuren resulteert in een percentage draaiuren tijdens piekuren van 63%.

Grote en kleine gasturbine

Evenals in het geval van de kleine STEG zijn de schattingen van draaiuren voor de gasturbines gebaseerd op CBS gegevens voor het jaar 2006. In dit geval wordt gebruik gemaakt van de productiecijfers voor decentraal vermogen. De CBS subcategorie 'distributiebedrijven' wordt ook in de schatting voor gasturbines buiten beschouwing gelaten wegens het relatief lage aantal draaiuren. Het aantal draaiuren dat volgt uit de voorgestelde methode is ongeveer 6550 uur. Maximalisatie van het aantal draaiuren tijdens piekuren resulteert in een percentage draaiuren tijdens piekuren van 56%.

Grote gasmotor

Voor de WKK-case 'grote gasmotor' is voor een inschatting van het aantal draaiuren gebruik gemaakt van geaggregeerde CertiQ gegevens over 2007. Analyse van het aantal draaiuren van gasmotoren boven de 1 MW_e geeft een gemiddeld aantal draaiuren in 2007 van ongeveer 4000 vollasturen. Voor een schatting van het aantal draaiuren tijdens piekuren voor de WKK-case 'grote gasmotor' wordt verondersteld dat maximalisatie van productie tijdens piekuren gerealiseerd kan worden vanwege de veronderstelde buffercapaciteit. Analyse van de maandelijkse productiegegevens geeft aan dat er slechts in beperkte mate sprake is van seizoenseffecten in de inzet van gasmotoren. Gecorrigeerd voor dit seizoenseffect resulteert maximalisatie van productie tijdens piekuren in een percentage draaiuren tijdens piekuren van 90%.

Kleine gasmotor

Het CBS heeft aan ECN een database met gedetailleerde gegevens over het gasmotorenpark voor 2006 ter beschikking gesteld. Voor een schatting van het aantal draaiuren voor de WKK-case 'kleine gasmotor' is gebruik gemaakt van deze CBS gegevens. Het gemiddelde aantal draaiuren voor gasmotoren kleiner dan 1 MW_e in 2006 zoals die volgen uit deze gegevens stemt overeen met ongeveer 3200 vollasturen. Verondersteld wordt dat deze installaties ook tijdens daluren produceren, omdat de productie deels samenhangt met warmtebehoefte. Het aantal draaiuren tijdens piekuren wordt gesteld op 85%.¹⁰

⁸ Uit de rapportage van het CBS met betrekking tot centraal opgestelde STEGs volgt een gemiddeld vermogen van 217 MW_e.

⁹ Dit is een significante aanpassing ten aanzien van het aantal vollasturen dat werd gehanteerd voor het MEP advies in 2006 en 2007. Deze afname is wel in lijn met de rapportage van EnerQ aan het Ministerie van Economische Zaken, waarin werd aangegeven dat het gemiddelde aantal draaiuren voor de categorie kleine STEG en grote gasturbine in 2006 uitkwam op 5634 vollasturen.

¹⁰ Dit percentage is gebaseerd op een voorstel van COGEN Nederland en wordt door ECN reëel geacht.

Tabel 2.6 *Veronderstelde vollasturen en percentage draaiuren tijdens piekuren*

Case	Vollast draaiuren	Percentage draaiuren tijdens piekuren [%]
Grote STEG	5900	62,2
Kleine STEG	5850	62,7
Grote gasturbine	6550	56,0
Kleine gasturbine	6550	56,0
Grote gasmotor	4000	90,0
Kleine gasmotor	3200	85,0

2.9 Flexibiliteit van WKK-installaties

Als de mogelijkheid bestaat de productie van warmte en kracht te ontkoppelen kan dit bijdragen aan de rentabiliteit van de installatie. Het kan mogelijk zijn de warmte/krachtverhouding te verschuiven en de elektriciteitslevering te maximaliseren bij hoge elektriciteitsprijzen. De mogelijkheden om hiermee meeropbrengsten te genereren verschillen van geval tot geval. Deze meeropbrengsten zijn niet meegenomen bij de berekening van de onrendabele top omdat een transparante methode om deze meeropbrengsten in kaart te brengen ontbreekt.

2.10 Correctie MEP-rendement

In de onrendabele top berekening voor de WKK-case ‘grote STEG’ zoals die in de afgelopen jaren is toegepast ten behoeve van het jaarlijkse advies WKK MEP werd de onrendabele top gecorrigeerd middels de ‘correctie MEP-rendement’. De achtergrond van deze correctie was dat de jaargemiddelde rendementen van dit type installatie afwijken van de rendementen die uit de CertiQ-gegevens afgeleid kunnen worden. De reden hiervoor is dat de elektriciteitsproductie van de grote STEG case groter is dan 1000 GWh, de aftoppingsgrens van de MEP-regeling. Exploitanten van deze installaties zullen daarom alleen meetrappen indien van de maanden waarin de beste rendementen worden behaald, met dienstegevolge afwijkende rendementen. In geval van de SDE-regeling is er geen sprake van een dergelijke aftopping en komt de correctie daarom te vervallen.

2.11 Meerjarige rentabiliteit

Als er in 2008 voor een bepaalde WKK-case een positieve onrendabele top bestaat, is het nog steeds mogelijk dat er gedurende een deel van de periode van twaalf jaar toch rendabel kan worden geopereerd. Omgekeerd is het zo dat een case die in 2008 rendabel is, dat niet vanzelfsprekend hoeft te blijven. Om inzicht te krijgen in het perspectief op rentabiliteit heeft het Ministerie van Economische Zaken aan MKM Consultancy opdracht verleend om de rentabiliteit op lange termijn in beeld te brengen.

In het onderzoek van MKM Consultancy/ SITMO Consultancy (van der Kloot Meijburg e.a., 2008) worden de stochastische eigenschappen van de onderliggende commodityprijzen, zoals die volgen uit recente prijshistorie, gecombineerd met meerjarige prijsverwachtingen, behorend bij het GE/HP WLO-scenario.¹¹ Op deze wijze wordt een simulatiemodel ontwikkeld voor de onrendabele top in de periode tot en met 2020. De simulatie levert een kansverdeling op voor de afwijkingen van de gemiddelde onrendabele top voor elk van de WKK-cases. Hierbij dient men zich te realiseren dat de lange termijn prijsontwikkeling mogelijk af kan wijken van dit scenario.

¹¹ Dit is het ‘Global Economy, hoge olieprijs’ Welvaart en Leefomgeving-scenario van CPB, MNP en RPB.

2.12 CO₂-index berekening

Voor elke WKK-installatie kan een CO₂-index worden bepaald. Deze index is een maat voor de milieuprestatie ten opzichte van het beste alternatief voor gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte in het bouwjaar van de WKK-installatie.

De CO₂-index wordt uitgedrukt in een percentage:

$$\text{CO}_2\text{-index} = [1 - (K_b \times B - K_w \times W) / (K_e \times E)]$$

Waarin:

- K_b = emissiefactor brandstof WKK [kg/GJ]
- B = brandstof input WKK [GJ]
- K_w = emissiefactor warmte bij gescheiden opwekking [kg/GJ]
- W = productie nuttige warmte door WKK [GJ]
- K_e = emissiefactor elektriciteit bij gescheiden opwekking [kg/MWh]
- E = elektriciteitsproductie WKK [MWh]

De te gebruiken emissiefactoren worden jaarlijks vastgesteld door het Ministerie van Economische Zaken. Als deze CO₂-index vermenigvuldigd wordt met de elektriciteitsproductie van de WKK (E) dan resulteert een hoeveelheid CO₂-vrije kilowatturen.

Op aangeven van het Ministerie van Economische Zaken wordt gebruik gemaakt van de emissiefactoren voor 2008 zoals weergegeven in Tabel 2.7. Hiermee zijn de CO₂-indices voor de WKK-cases in Tabel 2.8 te berekenen.

Tabel 2.7 *Toegepaste emissiefactoren*¹²

	eenheid	Emissiefactor
KRE Hoogspanning	[kg/MWh]	353,8
KRE Middenspanning	[kg/MWh]	357,5
KRW Stoom	[kg/GJ]	60,33
KRW Heet water	[kg/GJ]	57,85
Emissiefactor aardgas	[kg/GJ]	56,7

Tabel 2.8 *CO₂-index, elektriciteitsproductie en aantal CO₂-vrije kilowatturen per WKK-case*

	eenheid	Grote STEG	Kleine STEG	Grote GT	Kleine GT	Grote GM	Kleine GM
CO ₂ -index	[%]	4,37	10,2	28,4	27,1	30,4	21,2
Elektriciteitsproductie	[GWh]	1475	351	294,75	52,4	8,0	1,28
CO ₂ -vrije elektriciteitsproductie	[GWh]	64,5	35,8	83,7	14,2	2,43	0,271

De CO₂-indices van de grote en kleine STEG zijn beduidend lager dan voor de andere cases. Dit betekent dat er per geproduceerde kWh minder CO₂-uitstoot wordt vermeden ten opzichte van gescheiden opwekking.

¹² De KRE is de Emissie kooldioxide referentie in kg/MWh-elektriciteit. De KRW is de Emissie kooldioxide referentie in kg/GJ-warmte.

2.13 Overige uitgangspunten

Kapitaallasten¹³

- | | |
|---|---------|
| • afschrijvingstermijn | 12 jaar |
| • looptijd lening | 12 jaar |
| • verhouding vreemd vermogen / eigen vermogen | 80/20 |
| • rendement over eigen vermogen | 15% |
| • rente over vreemd vermogen | 6% |

De gehanteerde afschrijvingstermijn en looptijd van lening worden op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken gelijkgesteld aan de beschikkingsperiode.

Transport- en distributiekosten

De onrendabele top berekeningen voor WKK voor een bepaald jaar worden gewoonlijk tegen het einde van het voorafgaande jaar gepubliceerd. Om deze reden wordt gebruik gemaakt van de gastransporttarieven, nettarieven en belastingtarieven die gelden in het jaar voorafgaand aan het jaar van toepassing.

- Gastransporttarieven op basis van entry-exit variant GasTerra voor 2007.
- Elektriciteitstransport- en distributietarieven op basis van de 2007-tariefbladen van de netwerkbedrijven.

Energiebelasting aardgas en elektriciteit

- 2007-tarieven.

WKK-installaties met een elektrisch rendement hoger dan 30% komen in aanmerking voor vrijstelling van de energiebelasting op aardgas. Omdat de grote en de kleine gasturbine als gevolg van bijstook niet aan deze voorwaarde voldoen, komt het deel van het gasverbruik dat gebruikt wordt voor bijstook niet in aanmerking voor deze vrijstelling.

¹³ De verhouding vreemd vermogen/eigen vermogen en de gebruikte rendementen zijn de invulling van de Europese Commissie van het begrip “billijke kapitaal vergoeding” zoals weergegeven in Communautaire richtsnoeren inzake staatssteun voor milieubescherming (2008/C82/01). Deze invulling betreft een maximaal toegestane vergoeding.

3. Onrendabele top berekeningen 2008

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt voor elk van de eerder gedefinieerde WKK-cases de onrendabele top voor 2008 gegeven. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de in het vorige hoofdstuk besproken uitgangspunten.

3.2 Resultaten

Tabel 3.1 geeft de resultaten van de onrendabele top berekeningen voor de zes WKK-cases. In drie gevallen is winstgevende exploitatie mogelijk en is de onrendabele top negatief. Voor de grote STEG, de kleine STEG en de kleine gasturbine resulteert in 2008 een positieve onrendabele top. De onrendabele top van de kleine WKK-installaties is in elk van de gevallen hoger dan die van een grote installatie van hetzelfde type.

Tabel 3.1 *Resultaten onrendabele top berekening 2008*

[ct/kWh]	Grote STEG	Kleine STEG	Grote gasturbine	Kleine gasturbine	Grote gasmotor	Kleine gasmotor
<i>Kapitaallasten* (a)</i>	+1,98	+2,57	+1,83	+2,84	+1,79**	+3,32***
<i>waarvan rente</i>	+0,43	+0,56	+0,40	+0,62	+0,39	+0,72
<i>Kosten (b)</i>						
Aardgas	+5,64	+5,92	+8,66	+9,80	+6,49	+8,43
<i>waarvan commodity</i>	+5,34	+5,60	+8,19	+9,18	+5,60	+6,75
B&O	+0,56	+1,00	+0,53	+1,10	+0,68	+1,50
Netkosten back-up	+0,02	+0,10	+0,09	+0,10	Nvt	Nvt
<i>Opbrengsten (c)</i>						
Elektriciteit	-6,43	-6,56	-6,31	-6,31	-7,63	-7,43
<i>waarvan commodity</i>	-6,61	-6,63	-6,35	-6,35	-7,76	-7,56
Warmte****	-1,76	-2,34	-6,05	-7,24	-3,64	-6,75
<i>waarvan commodity</i>	-1,60	-2,11	-5,55	-6,53	-2,89	-3,69
Emissierechten CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	Nvt	Nvt
Vermeden netkosten eigen verbruik	-0,03	-0,15	-0,13	-0,14	Nvt	Nvt
Vermeden energiebelasting eigen verbruik	0,00	-0,02	-0,02	-0,18	Nvt	Nvt
<i>Onrendabele top excl. belasting (a+b+c)</i>	-0,02	+0,52	-1,40	-0,03	-2,31	-0,93
<i>Belastingen (d)</i>	+0,07	+0,06	+0,04	+0,08	+0,04	+0,09
<i>Onrendabele top (a+b+c+d)</i>	+0,05	+0,58	-1,36	+0,05	-2,27	-0,84

* Bij de grote STEG kan geen aanspraak gemaakt worden op EIA, maar bij alle overige cases wel.

** Inclusief warmtebuffer

*** Inclusief SCR-installatie

**** Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken is gerekend exclusief warmtekorting

4. Onrendabele top berekeningen 2010-2020

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt voor elk van de eerder gedefinieerde WKK-cases de onrendabele top voor de periode 2010-2020 gegeven, die is afgeleid op basis van de commodityprijzen behorend bij de scenarioverwachtingen uit het GE/HP scenario. ECN meent dat bij de interpretatie van deze resultaten de nodige omzichtigheid betracht dient te worden.

In de eerste plaats dient men zich te realiseren dat de toekomstige realisatie van commodity prijzen af kan wijken van de scenarioverwachtingen zoals die zijn neergelegd in het GE/HP scenario. In de tweede plaats dient men zich te realiseren dat dit scenario slecht een beeld schetst van lange termijn ontwikkelingen. De consequenties van korte termijn ontwikkelingen die gereflecteerd worden door de volatiliteit van de onderliggende prijzen volgen uit de analyse zoals die gepresenteerd wordt door MKM Consultancy (van der Kloot Meijburg *et al.*, 2008). De inzichten die volgen uit deze analyse worden kort toegelicht in de bespreking van de resultaten.

4.2 Resultaten

Tabel 4.1 geeft de resultaten van de onrendabele top berekeningen voor de zes WKK-cases voor de periode van 2010 tot 2020. De marktpositie van WKK is naar verwachting iets minder gunstig dan in 2008, maar ook in deze periode is de onrendabele top in drie van de zes gevallen negatief. Hierbij dient men zich te realiseren dat de lange termijn prijsontwikkeling af kan wijken van het gebruikte scenario.

De analyse van de rentabiliteit van deze WKK-cases op langere termijn geeft aan dat de grote gasmotor en de grote gasturbine naar verwachting gedurende de gehele beschikkingstermijn rendabel zijn, ook indien rekening wordt gehouden met korte termijn fluctuaties in gas- en elektriciteitsprijzen (van der Kloot Meijburg *et al.*, 2008). De kleine gasmotor kent rendabele en onrendabele periodes, maar de rendabele periodes heffen de onrendabele periodes op. In geval van de grote STEG en de kleine STEG volgt dat rendabele exploitatie op lange termijn onder druk staat. Ook in geval van de kleine gasturbine volgt dat er sprake is van rendabele en onrendabele periodes, waarbij de rendabele de onrendabele periodes niet volledig compenseren. Samenvattend kan gesteld worden dat het beeld van de rentabiliteit van de verschillende cases niet wezenlijk verandert indien er rekening gehouden wordt met de volatiliteit van de onderliggende commodity prijzen.

Tabel 4.1 Resultaten onrendabele top berekening 2010-2020

[ct/kWh]	Grote STEG	Kleine STEG	Grote GT	Kleine GT	Grote GM	Kleine GM
<i>Kapitaallasten</i> * (a)	+1,98	+2,57	+1,83	+2,84	+1,79**	+3,32***
<i>waarvan rente</i>	+0,43	+0,56	+0,40	+0,62	+0,39	+0,72
<i>Kosten</i> (b)						
Aardgas	+5,83	+6,12	+8,96	+10,13	+6,70	+8,67
<i>waarvan commodity</i>	+5,53	+5,80	+8,49	+9,51	+5,80	+6,99
B&O	+0,63	+1,12	+0,59	+1,23	+0,76	+1,68
Netkosten back-up	+0,02	+0,10	+0,09	+0,10	Nvt	Nvt
<i>Opbrengsten</i> (c)						
Elektriciteit	-6,49	-6,61	-6,45	-6,45	-7,35	-7,20
<i>waarvan commodity</i>	-6,67	-6,68	-6,49	-6,49	-7,48	-7,33
Warmte****	-1,82	-2,42	-6,25	-7,47	-3,74	-6,88
<i>waarvan commodity</i>	-1,66	-2,19	-5,75	-6,76	-2,99	-3,83
Emissierechten CO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	Nvt	Nvt
Vermeden netkosten eigen verbruik	-0,03	-0,15	-0,13	-0,14	Nvt	Nvt
Vermeden energiebelasting eigen verbruik	0,00	-0,02	-0,02	-0,18	Nvt	Nvt
<i>Onrendabele top excl. belasting (a+b+c)</i>	+0,12	+0,71	-1,38	+0,06	-1,84	-0,41
<i>Belastingen</i> (d)	+0,07	+0,06	+0,04	+0,08	+0,04	+0,09
<i>Onrendabele top (a+b+c+d)</i>	+0,19	+0,77	-1,34	+0,14	-1,80	-0,32

* Bij de grote STEG kan geen aanspraak gemaakt worden op EIA, maar bij alle overige cases wel.

** Inclusief warmtebuffer.

*** Inclusief SCR-installatie.

**** Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken is gerekend exclusief warmtekorting.

In de onrendabele top berekeningen wordt uitgegaan van een *vereist* positief rendement op eigen vermogen van 15%. Resulteert de onrendabele top berekening in een negatieve onrendabele top, dan is een hoger rendement op eigen vermogen voor de betreffende WKK-case naar verwachting haalbaar. Resulteert de onrendabele top berekening daarentegen in een positieve onrendabele top, dan wordt het vereist rendement van 15% niet behaald. Het *haalbare* rendement op eigen vermogen zoals dat volgt uit de onrendabele top berekening kan derhalve worden afgeleid door het rendement op eigen vermogen te bepalen waarvoor de onrendabele top op nul uitkomt. Om een beeld te schetsen van de verwachting ten aanzien van het haalbare rendement op eigen vermogen voor de verschillende WKK-cases, zoals dat volgt uit de onrendabele top berekeningsmethodiek, is een dergelijke berekening uitgevoerd voor de periode 2010-2020. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in Tabel 4.2. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de veronderstelling van een vereist rendement op eigen vermogen van 15% geldt als een redelijke schatting van het rendement op eigen vermogen dat geëist wordt voor een investering in een commerciële omgeving waarbij men zich dient te realiseren dat er gewoonlijk ook alternatieve investeringsopties zijn. Vanuit investeringsperspectief zal de verwachting van een positief, maar lager, rendement op eigen vermogen op zichzelf niet per definitie voldoen voor een positieve beoordeling van een investeringsmogelijkheid.

Tabel 4.2 *Haalbaar rendement op eigen vermogen conform de onrendabele top berekeningen voor 2010-2020*

[%]	Grote STEG	Kleine STEG	Grote GT	Kleine GT	Grote GM	Kleine GM
<i>Rendement op eigen vermogen</i>	+8%	Nvt [*]	+54%	+12%	+68%	+21%

^{*} In geval van de kleine STEG resulteert de berekening in een negatief rendement op eigen vermogen.

5. Conclusie

Een berekening van de onrendabele top voor 2008 voor zes representatieve WKK-cases wijst uit dat drie van de zes cases naar verwachting winstgevend kunnen worden geëxploiteerd. De grote STEG en de kleine gasturbine zijn weliswaar onrendabel, maar de onrendabele top voor deze cases is zeer klein. Bij deze berekening is een verhouding van vreemd vermogen en eigen vermogen aangenomen van 80/20. De rente over vreemd vermogen is 6% en er is uitgegaan van een rendement over eigen vermogen van 15%. Als uitgegaan was van een lagere rendementseis zouden de grote STEG en de kleine gasturbine wel als rendabel kunnen worden beschouwd.

Op basis van een scenarioverwachting voor de ontwikkeling van de marktprijzen voor elektriciteit, gas en CO₂-emissiecertificaten zijn ook resultaten gepresenteerd voor de rentabiliteit van WKK op langere termijn. Analyse van de rentabiliteit van deze WKK-cases op langere termijn geeft aan dat de grote gasmotor, de grote gasturbine en de kleine gasmotor naar verwachting op lange termijn rendabel zijn. Bij de kleine gasmotor worden daarbij onrendabele periodes gecompenseerd door rendabele periodes. De grote STEG, de kleine STEG en de kleine gasturbine vertonen ook op langere termijn een onrendabele top.

6. Referenties

- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2008): *Nederlandse elektriciteitsproductie 1998-2006 en gegevens uit de statistiek Productiemiddelen elektriciteit*.
- CertiQ (2006): gegevens uit de WKK-databank (vertrouwelijk).
- CertiQ (2007): gegevens uit de WKK-databank (vertrouwelijk).
- Harmsen, R. en M. ten Donkelaar (2005): *Advies WKK MEP-vergoeding 2005*. ECN-C--04-111, Petten, januari 2005.
- Harmsen, R. (2005): *MEP-Advies WKK 2006*, ECN-C--05-102, Petten, november 2005.
- Hers, J.S., W. Wetzels (2008): *Concept analyse categorale aanpassing SDE WKK (versie 5)*. ECN, Petten, februari 2008.
- Kloot Meijburg, M. van der, T. van den Berg (2008): *Analyse van de variabiliteit van de SDE subsidie regeling voor WKKs voor 2008*, MKM consultancy en SITMO consultancy, versie 20080312-4, maart 2008.
- Marel, J. van der, E. Goudappel, B. Ebbing Wubben (2008): *Techno-economische parameters SDE WKK 2008 (Concept versie 15-02-2008)*. Jacobs Consultancy, Leiden, februari 2008.
- Noord, M. de, E. J. W. van Sambeek (2003), *Onrendabele top berekeningsmethodiek*, ECN-C-03077, augustus 2003.
- Rijkers, F.A.M., R. Harmsen, A.W.N. van Dril (2003): *Marktmonitoring warmtekrachtkoppeling in Nederland periode 2001-2002*. ECN-C--03-073, Petten, september 2003.
- Rijkers, F.A.M., A.W.M. van Dril, R. Harmsen (2002): *Marktmonitoring warmtekrachtkoppeling in Nederland periode 1999 - juni 2001*. ECN-C--02-021, Petten, december 2002.
- SLEA (2005): *Back-up WKK: een marktconforme kostenbepaling*. Versie 14 november 2005.
- Smit, R.W., J.A.F de Ruijter, M.F. Schrijner (2008), *Review werkzaamheden ECN voor SDE WKK 2008*, 30820087-Consulting 08-CONCEPT, Arnhem, 19 april 2008.
- Donkelaar, M. ten, R. Harmsen en M.J.J. Scheepers (2004): *Advies WKK MEP-tarief 2004*. ECN-C--04-049, Petten, mei 2004.