

CE Delft

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: ce@ce.nl

website: www.ce.nl

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

Marktverkenning decentraal WKK-vermogen

Ten behoeve van het Kwaliteits-
en Capaciteitsplan 2008-2014
van TenneT

Rapport

Delft, 9 augustus 2007

Opgesteld door: Jos Benner
 Martijn Blom
 Cor Leguijt
 Lonneke Wielders
 Robert van Amerongen, R-Advies



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Jos Benner, Martijn Blom, Cor Leguijt, Lonneke Wielders (allen CE Delft) en Robert van Amerongen (R-Advies)
Marktverkenning decentraal WKK-vermogen: Ten behoeve van het Kwaliteits- en Capaciteitsplan 2008-2014 van TenneT
Delft, CE Delft, 2007

Energievoorziening / Elektriciteit / Warte-krachtkoppeling / Capaciteit / Overheidsbeleid / Prognoses

Publicatienummer: 07.3496.28

Alle CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl.

Opdrachtgever: TenneT
Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Martijn Blom.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

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.

De meest actuele informatie van CE Delft is te vinden op de website: www.ce.nl.

Dit rapport is gedrukt op 100% kringlooppapier.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Aanleiding	3
1.2 Doelstelling en afbakening	3
1.3 Aanpak	3
1.4 Leeswijzer	5
2 Algemene beleids- en marktontwikkelingen	7
2.1 Stimuleringsbeleid voor WKK	7
2.2 Concurrerende opties	9
2.3 Emissiehandelsysteem	9
2.4 Energieprijsontwikkeling	10
2.5 Liberalisatie van de energiemarkt	11
2.6 Conclusie rond de beleids- en algemene ontwikkelingen	11
3 Sectorale ontwikkelingen	13
3.1 Glastuinbouw	13
3.2 Industrie	15
3.3 Gebouwde omgeving	17
3.4 Energiesector	18
3.5 Vervanging bestaande WKK	18
3.6 Conclusie rond de sectorale ontwikkelingen	19
4 Technische ontwikkelingen	21
4.1 De HRe-ketel, ofwel de micro-WKK	21
4.2 Kleinschalige elektriciteitsopslag	21
4.3 WKK als noodstroominstallatie	23
4.4 Absorptiewarmtepomp aangedreven door WKK	23
4.5 Virtual Power Plants (VPP)	24
4.6 Warmteopslag	25
4.7 Specifieke risico's	25
4.8 Conclusie rond de technische ontwikkelingen	25
5 Nadere typering van de scenario's	27
5.1 Scenario 'Groene revolutie'	28
5.2 Scenario duurzame transitie	29
5.3 Scenario 'Nieuwe burchten'	30
5.4 Scenario 'Geld regeert'	31
6 Ontwikkeling van WKK in de scenario's	33
6.1 Factoren voor de besluitvorming in de scenario's	33
6.2 Overzicht scenario's m.b.t. WKK	35
7 Samenvattend beeld van de ontwikkelingen	39
Literatuurlijst	43

Samenvatting

TenneT is bezig met de voorbereiding van haar Kwaliteits- en Capaciteitsplan voor de periode 2008-2014. Hiervoor wil TenneT een goed beeld hebben van de ontwikkeling van het decentrale WKK-vermogen en het gebruik hiervan. De verkenning is door CE Delft uitgevoerd op basis van eigen expertise en ervaring en interviews met enkele relevante actoren.

Voor de realisatie van de besparingsdoelstelling van de overheid zou er in de periode 2008-2014 zo'n 5.000 MWe nieuw WKK-vermogen bij moeten komen in Nederland, met een gemiddelde bedrijfstijd van ca. 5.000 uur. De analyses in het kader van deze studie geven aan dat dit doel zeer ambitieus is en dat er weinig aanleiding is te veronderstellen dat het volledig gerealiseerd zal worden.

Het nieuw te bouwen grootschalige kolen- en windvermogen drukt de komende jaren voor een belangrijk deel het gasgestookte plateau uit de merit order, met gevolgen voor zowel het te plaatsen WKK-vermogen als voor de inzet hiervan.

De spark spread en financiële prikkels van de overheid (bij biomassa-WKK) zijn het meest bepalend voor het plaatsen en de bedrijfsvoering van WKK.

WKK is en blijft aantrekkelijk voor een groot deel van de glastuinbouw, waar de geproduceerde warmte, elektriciteit en CO₂ kunnen worden benut. Het WKK-vermogen in de glastuinbouw is enkele jaren fors gegroeid. Over de periode 2008-2014 blijft er groei, maar in een veel lager tempo.

In de industrie is er nog wel potentieel, maar wordt niet aan bijbouwen van WKK gedacht. Door technische ontwikkelingen daalt het aantal *must run* situaties, waardoor de gemiddelde bedrijfstijd van WKK-installaties in de industrie zal dalen en de draaiuren meer marktgedreven worden.

In de gebouwde omgeving ontstaat meer aandacht voor de energieprestatie van de gebouwen en de installaties, maar dit betekent niet automatisch meer WKK. Voor de woningbouw komt wel de micro-WKK, in beeld, maar over de zichtperiode 2008-2014 is de impact daarvan sowieso nog zeer gering.

In de beschouwde scenario's van TenneT varieert de toename van het WKK-vermogen over de periode 2008-2014 van 1500 MWe (duurzame transitie) tot 3.300 MWe (geld regeert).

In alle scenario's blijft het beeld onder de door de overheid gewenste waarden. Met gericht stimuleringsbeleid zijn deze wel realiseerbaar, tot een maximum van 7.000 MWe aan nieuw WKK-vermogen, maar dat moet voorbij worden gegaan aan de kosteneffectiviteit hiervan.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

TenneT is bezig met de voorbereiding van haar Kwaliteits- en Capaciteitsplan voor de periode 2008-2014. Dit plan beschrijft de behoefte aan transportcapaciteit op het landelijk transportnet en de mogelijke knelpunten die zich daarbij voordoen. De transportbehoefte en knelpunten worden in het plan verkend aan de hand van vier toekomstbeelden voor de lange termijn ontwikkeling. Op basis van haar contacten in de markt heeft TenneT een goed beeld van de ontwikkeling van de centrale productiecapaciteit. Dit geldt in mindere mate voor het decentrale vermogen, waaronder WKK (Warmte Kracht Koppeling).

Om de ontwikkeling en het gebruik van het decentrale WKK-vermogen op een gedegen wijze in te schatten heeft TenneT aan CE Delft gevraagd een marktverkenning uit te voeren.

1.2 Doelstelling en afbakening

Het doel van de verkenning was in kaart te brengen welke ontwikkeling in het geïnstalleerd WKK-vermogen verwacht kan worden en wat de potentiële betekenis hiervan is voor de landelijke netbeheerder. Voor dat laatste is ondermeer van belang waar in Nederland nieuw vermogen gerealiseerd en op welke wijze dit vermogen ingezet wordt.

De verkenning betreft de zichtperiode 2008-2014 en sluit waar mogelijk aan op de vier toekomstbeelden die TenneT hanteert in haar Kwaliteits- en Capaciteitsplan: groene revolutie, duurzame transitie, nieuwe burchten en geld regeert. Wat betreft de ruimtelijke spreiding en de inzet van het nieuwe WKK-vermogen mag het duidelijk zijn dat alleen een globale indicatie kan worden gegeven.

Het onderzoek heeft zich primair gericht op installaties in de vermogensrange van 5 tot 60 MWe. De ontwikkelingen m.b.t. installaties kleiner dan 5 MWe zijn wel meegenomen voor zover deze significante gevolgen kunnen hebben voor het netbeheer. Hierbij kan worden gedacht aan clusters van kleine installaties, bijvoorbeeld in de glastuinbouw en de gebouwde omgeving, die gezamenlijk merkbaar impact kunnen hebben op het netbeheer.

1.3 Aanpak

De verkenning is gebaseerd op de expertise en ervaring van CE Delft en op interviews met enkele relevante actoren uit de WKK-markt, die hieronder worden genoemd. Naast de interviews was er telefonisch overleg met enkele andere partijen uit de WKK-markt en uit het contactennetwerk van CE Delft, om specifieke punten of meningen te toetsen.

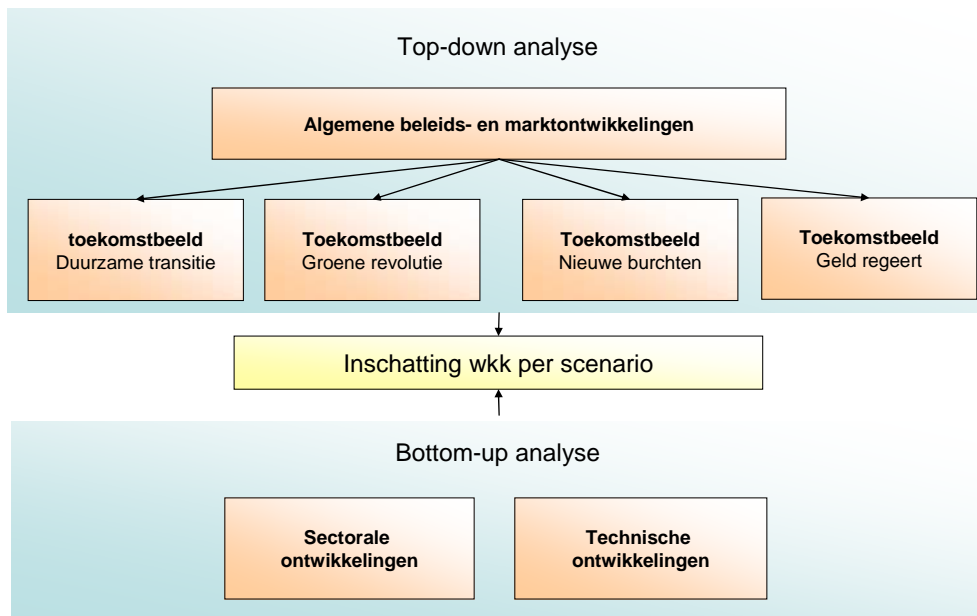
Interviews zijn gehouden met (in alfabetische volgorde):

Kees den Blanken	COGEN Nederland
Hans Davidse	Akzo Nobel
Walter Ruijgrok	EnergieNed
Ad Schoof en Ralf Vermeer	Ministerie van Economische Zaken
Eric van Teeffelen	Anode B.V.
Peter Bouwman en Peter van Marion	Westland Energy Services
Rob van den Valk	LTO Nederland

In het onderzoek en in de interviews is vanuit verschillende invalshoeken gekeken naar de ontwikkelingen in en rond de WKK-markt. De ontwikkelingen zijn daarbij geclusterd in drie categorieën:

- Algemene beleids- en marktontwikkelingen.
- Sectorale ontwikkelingen.
- Technische ontwikkelingen.

Figuur 1 Aanpak van het onderzoek



De eerste categorie van ontwikkelingen komt vanuit de context, en dus min of meer van 'boven', af op de WKK-markt. We spreken hier daarom van 'top-down'. Het gaat daarbij om zaken als:

- het toekomstige stimuleringsbeleid van de nationale overheid;
- de ontwikkeling van het emissiehandelssysteem en de emissieprijsen;
- de ontwikkeling van de gas-, olie-, kolen- en elektriciteitsprijsen;
- de mate waarin de energiemarkt zich ontwikkelt tot een volledig vrije markt.



Op voorhand stond vast dat de verkenning op deze punten geen eenduidig beeld op zou leveren. Dit komt doordat gewerkt wordt met verwachtingen voor de toekomst en de meningen van partijen met sterk verschillende belangen in de markt. TenneT heeft hier bij het opstellen van haar Kwaliteits- en Capaciteitsplan op meer aspecten mee te maken en hanteert daarin dan ook een scenarioaanpak. De verkenning rond WKK is zo opgezet dat de resultaten daarvan zoveel als mogelijk konden worden gerelateerd aan de scenario's van TenneT. Bij de keuze voor de scenario's heeft CE Delft aansluiting gezocht bij de door TenneT gehanteerde scenario's. Maar om een goede invulling te kunnen geven aan de drijvende krachten achter de ontwikkeling van WKK, zijn daarin wel andere accenten gelegd en deels andere scenario's gehanteerd (CPB en RIVM). De keuze wordt in hoofdstuk 5 verantwoord.

De twee andere categorieën van ontwikkelingen (de sectorale en de technische ontwikkelingen) hebben in vergelijking met het voorgaande een meer 'bottom-up' impact op de realisatie van WKK-vermogen in Nederland.

De ontwikkelingen in de sectoren zijn bepalend voor de energiebehoefte en de inzet van WKK. In de verkenning is vooral gekeken naar de ontwikkelingen met potentiële betekenis voor WKK en voor de netbeheerders. De beschouwde sectoren zijn de industrie, de land- en tuinbouw en de utiliteit, waarbij de laatste sector in dit rapport ook wel wordt aangeduid met de afkorting HDO (handel, diensten en overheid).

De beschouwde technische ontwikkelingen betreffen vooral de nieuwe kansen voor WKK, met name de HRe-ketel ofwel de micro-WKK, kleinschalige elektriciteitsopslag, het gebruik van WKK voor noodstroom en voor absorptiekoeling en de synergie van WKK met LNG-terminals.

Op basis van de top-down en de bottom-up benadering biedt dit rapport per toekomstbeeld een onderbouwde inschatting van de ontwikkeling van het opgestelde vermogen, de regionale verdeling hierin en de wijze van bedrijfsvoering.

1.4 Leeswijzer

De volgende drie hoofdstukken (2 t/m 4) beschrijven respectievelijk de relevante beleids- en marktontwikkelingen, de sectorale ontwikkelingen en de technische ontwikkelingen. Hoofdstuk 5 geeft een korte typering van de toekomstscenario's zoals deze door TenneT worden onderscheiden en relateert deze aan scenario's van RIVM en CPB met betrekking tot ruimtelijke en economische ontwikkelingen. Deze hoofdstukken zijn separaat leesbaar.

Hoofdstuk 6 brengt de verschillende ontwikkelingen met elkaar in verband en geeft voor de vier scenario's van TenneT inschattingen rond de groei en het gebruik van nieuw WKK-vermogen over de zichtperiode van het nieuwe Kwaliteits- en Capaciteitsplan. Hoofdstuk 7 bundelt de bevindingen in een samenvattend overzicht.



2 Algemene beleids- en marktontwikkelingen

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de algemene beleids- en marktontwikkelingen die het geïnstalleerde WKK-vermogen positief dan wel negatief beïnvloeden.

2.1 Stimuleringsbeleid voor WKK

In het coalitieakkoord van de huidige regering zijn stevige doelen geformuleerd voor energiebesparing en emissiereductie¹. In de ECN-studie 'Instrumenten voor Energiebesparing' van december 2006 wordt aangegeven dat om deze doelen te realiseren 85 PJ extra aan energiebesparing via WKK gerealiseerd kan en moet worden. Dit doel is bewust uitgedrukt in PJ's, dus in productietermen, en niet in opgesteld vermogen, omdat alleen wanneer er daadwerkelijk wordt geproduceerd, energie wordt bespaard en CO₂-emissie wordt vermeden.

Tabel 1 Technisch potentieel WKK voor 2020 t.o.v. de situatie in 2004

	Techn. potentieel (PJ primair)	Besparing 2004 (PJ primair)	Opgesteld in 2004 (MWe)
Industrie WKK; ondervuring +nwe concepten	38 PJ	60 PJ	3.648 MWe
Raffinage; ondervuring	14 PJ	9 PJ	456 MWe
Glastuinbouw	21 PJ	7 PJ	912 MWe
Handel, diensten en overheid (HDO) ²	11 PJ	16 PJ	2.584 MWe
Totaal WKK	85 PJ	91,7 PJ	7.600 MWe

Bron: ECN, 2006; ECN, 2006a; ECN 2005.

Om het niveau van 85 PJ/jr besparing in 2020 te realiseren dient er gemiddeld 650 MWe WKK-vermogen per jaar bijgebouwd te worden en moet de elektriciteitsproductie met WKK-units jaarlijks met ruim 3.100 GWh stijgen.

Dit kan gezien worden als een indicatie van het *technisch potentieel*, dat voor een belangrijk deel gebaseerd is op de warmtevraag in de verschillende sectoren. Realisering van bovengenoemd potentieel is ook vereist om de besparingsdoelstelling van 2% te bereiken. Immers WKK levert een forse bijdrage aan dit potentieel en vormt bovendien een relatief kosteneffectieve maatregel.

Hierbij kan verder worden opgemerkt dat in 2006 het vermogen en de productie in deze omvang zijn toegenomen, met name door een forse ontwikkeling in de tuinbouw. Deze trend zal naar verwachting in 2007 nog doorzetten, maar daarna terugvallen.

¹ Het streven is een energiebesparing van 2% per jaar, een verhoging van het aandeel duurzame energie tot 20% in 2020 en een reductie van de uitstoot van broeikasgassen, bij voorkeur in Europees verband, van 30% in 2020 ten opzichte van 1990.

² Op basis van schatting van het Ministerie van Economische Zaken.

Om de beoogde extra WKK-productie te realiseren overweegt de overheid stimuleringsinstrumenten in te zetten die economische en andere barrières wegnemen. De overheid gaat er vanuit dat de prikkel vanuit het emissiehandel-systeem daarvoor onvoldoende is, in elk geval tot 2012.

Er worden diverse instrumenten overwogen om de realisatie van nieuw WKK-vermogen en meer WKK-productie in Nederland te stimuleren, die onderling verschillen naar aard, aangrijpingspunt en werkingsduur. Tabel 2 geeft een overzicht van enkele mogelijke typen instrumenten.

Tabel 2 Overzicht mogelijke stimuleringsinstrumenten

Prijsinstrumenten	Verhandelbare certificaten (met verplichting)	Normen en verplichting
Investeringssubsidie Feed-in vergoeding Tender WKK-stroom Heffing op warmtelozing	Verplicht aandeel/quotum	Eisen aan systeemrendement conversie

Het meest gebruikte stimuleringsinstrument voor WKK in Europa is de feed-in vergoeding³. Dit instrument wordt onder andere gehanteerd in Denemarken, Oostenrijk, Finland, Duitsland en Spanje (Cogen Europe, 2006). Daarnaast geldt een verplichting voor WKK-stroom in Vlaanderen.

Uit verschillende analyses (CEA, 2005 en KPMG, 2006) blijkt dat in Nederland de voormalige MEP-regeling, ter overbrugging van de onrendabele top, een belangrijke factor is geweest in de ontwikkeling van het opgestelde vermogen. De huidige wijze van het stimuleren van productie stuurt in de richting van uitsluitend een vergoeding per geleverde eenheid elektriciteit en/of warmte, ongeacht het moment van levering (piek of dal). Daarbij wordt meegewogen dat de inzet van WKK de inzet van kolenvermogen wegdrukt of voorkomt. Daardoor gaan de kosten per gereduceerde eenheid CO₂ omlaag en verbetert de kosteneffectiviteit van het beleid. Dit zou zelfs kunnen betekenen dat het stimuleringsinstrument meer gericht wordt op stimulering van WKK-productie gedurende de daluren. Een praktijkvoorbeeld daarvan zijn de WKK-units met biobrandstoffen, die MEP-subsidie ontvangen. De eigenaren daarvan laten hun units alle uren dat dit redelijkerwijs mogelijk is draaien, tot de onbalanskosten te hoog worden. Nadrukkelijk willen we stellen dat er thans slechts overwegingen zijn rond het stimuleringsbeleid. De Nederlandse overheid heeft nog geen keuzen gemaakt rond de wijze waarop WKK zal worden gestimuleerd op langere termijn.

De verschillende mogelijke varianten van stimuleren passen binnen de reikwijdte van de beschouwde scenario's (zie hoofdstuk 5 en 6). De belangrijke determinanten rond het beleid zijn daarbij de wijze van stimuleren (investering of exploitatie), de duur van de stimulering (in jaren), de hoogte hiervan, de segmentering (verdeling over sectoren) en de te verwachten continuïteit van het beleid.

³ Ook wel terugleververgoeding genoemd.



2.2 Concurrerende opties

Er zijn grootschalige en kleinschalige opties voor de opwekking van elektriciteit en/of warmte, die concurreren met de inzet van WKK. De meest relevante kleinschalige opties komen aan de orde bij de technische ontwikkelingen (hoofdstuk 4). Bij de grootschalige opties gaat het vooral om de bouw en bedrijfsvoering van kolengestookte elektriciteitscentrales en grote windenergieparken.

De verschillen in kostenstructuren (bijvoorbeeld als gevolg van verschillende brandstofsoorten) van de centrales leiden ertoe dat centrales ingezet worden volgens de zogenaamde merit order. De merit order geeft een rangorde van in te zetten capaciteit, aan de hand van de hoogte van de korte termijn marginale kosten van de eenheden (de investeringskosten zijn hierin niet meegenomen). De marginale kosten bestaan uit operationele kosten zoals de brandstofkosten en de onderhoudskosten.

Uit recent onderzoek van ECN (ECN, 2007) blijkt dat het huidige gasgestookte plateau de komende jaren voor een belangrijk deel uit de merit order kan worden gedrukt. Deze faciliteiten zijn dan dus niet meer nodig om aan de Nederlandse vraag te voldoen. Het aantal draaiuren zal teruglopen en de rentabiliteit zal afnemen. Deze ontwikkeling betreft ook het segment decentrale WKK.

De marginale kostencurve – Merit order

Op de elektriciteitsmarkt wordt de inzet van de centrales feitelijk bepaald door de korte-termijn marginale kosten van elke centrale. Zo ontstaat de zogeheten merit order, de inzetcurve voor verschillende centrales op de fluctuerende elektriciteitsmarkt. De inzet van verschillende opwekkingseenheden volgt de fluctuaties in de vraag. De centrales met hoge marginale kosten (bijvoorbeeld oude gascentrales met een betrekkelijk laag energetisch rendement) worden alleen ingezet bij hoge vraag. De centrales met de relatief lagere marginale kosten worden wel basislastcentrales genoemd. Veelal zijn dat kolencentrales en kercentrales, maar de laatste jaren ook gascentrales, dankzij de sterk gestegen energetische rendementen.

De marktprijs wordt dus bij volledige mededinging bepaald door de korte termijn marginale kosten van de centrale die de laatste eenheid elektriciteit produceert om aan de vraag te voldoen. Zo kan bijvoorbeeld ook een grootverbruiker met afschakelbaar vermogen de marginale eenheid zijn; dat wil zeggen een grootverbruiker die zijn elektriciteitsconsumptie op korte termijn kan aanpassen aan de omstandigheden op zijn inkoopmarkt.

Van belang is dat de belangrijkste concurrerende opties voor WKK in dit verband grootschalige kolenvermogen en windparken op zee zijn. De eerste hiervan is beperkt regelbaar en de tweede is slecht stuurbaar. Er blijft (en groeit zelfs wellicht) in de elektriciteitsmarkt behoefte aan snel inzetbaar en regelbaar vermogen.

2.3 Emissiehandelsysteem

Het Europese CO₂-emissiehandelsysteem is operationeel sinds 1 januari 2005. Het heeft ten doel een kosten- en milieueffectief instrument te introduceren voor de helft van alle uitstoot in de EU. Bedrijven die meedoen met de emissiehandel kunnen reductiemaatregelen treffen in het eigen bedrijf of emissierechten kopen van een ander bedrijf.

In totaal doen ruim 200 bedrijven mee met de emissiehandel. Daarbij gaat het vooral om grote energie-intensieve bedrijven, zoals raffinaderijen, de metaal-

papier- en chemische industrie, elektriciteitsproducenten en enkele tuinders. Dit zijn bedrijven die vaak al beschikken over WKK-vermogen of in elk geval potentie hiervoor hebben.

Hoge emissiehandelsprijzen vormen een extra stimulans voor WKK vanwege de mogelijke extra inkomsten via de CO₂-rechten. De huidige prijzen zijn echter te laag voor een wezenlijke prikkel. Met betrekking tot de betekenis van de emissiehandel voor de periode 2008-2014 moet worden opgemerkt dat het huidige systeem loopt tot 2012. Dat het daarna zal worden voortgezet is zeer waarschijnlijk, maar nog niet zeker.

2.4 Energieprijsontwikkeling

De prijs van aardgas bepaalt voor een groot deel de exploitatiekosten van WKK. Een hogere aardgasprijs leidt tot hogere kosten. Tegelijk nemen echter de baten van de WKK-eenheid toe. De geproduceerde elektriciteit krijgt een hogere waarde, doordat bij stijgende olie- en gasprijzen ook de elektriciteitsprijs stijgt.

De energiemarkt biedt de mogelijkheid om de spark spread van de WKK te optimaliseren. Onder spark spread wordt verstaan het verschil tussen elektriciteitsprijs en gasprijs, waarbij grotere partijen ook de CO₂-prijs incalculeren. De spark spread was de afgelopen jaren dusdanig dat veel tuinders WKK-vermogen hebben geplaatst en daarbij gunstige lange termijn contracten hebben kunnen sluiten voor de elektriciteitlevering. De spark spread 'verslechtert' nu.

Op de korte termijn bepalen het aanbod en de (on)balans op de elektriciteitsmarkt de prijs die een WKK-exploitant voor de geproduceerde elektriciteit ontvangt. Deze prijs is het hoogst op de piekmomenten in de dagelijkse elektriciteitsvraag en bij bijzondere situaties, zoals een hoge vraag in de zomer, gekoppeld aan een gebrek aan koelwater. Door in te spelen op de spotmarkt en de onbalans in het net kan de WKK-inzet worden geoptimaliseerd. Ruim de helft van de WKK-exploitanten speelt hier in de bedrijfsvoering actief op in. Deze inzet van WKK-eenheden heeft niet altijd het door de overheid beoogde milieueffect, omdat winst en niet energetische efficiëntie het belangrijkste motief is. Vanwege de onzekerheden die ook verbonden zijn aan het pieklastbedrijf (risicomanagement) mag er echter vanuit worden gegaan dat weinig of geen installaties alleen voor productie in de piekmomenten worden neergezet.

Verskillende toepassingsgebieden

Er is een belangrijk verschil tussen warmtegedreven WKK-installaties en elektriciteitsgedreven WKK-installaties. Bij de industriële toepassingen blijkt een relatief groot gedeelte van de installatie een beperkte flexibiliteit te hebben. De gewogen gemiddelde flexibiliteit van WKK-installaties in de industrie is 34%. Dit wil zeggen dat 34% van het opgesteld vermogen in de industrie teruggeregeld kan worden (Deloitte Consultancy, 2005). Ongeveer 20% van het opgesteld vermogen in de industrie kan niet of nauwelijks teruggeregeld worden omdat dit fysiek onmogelijk is of omdat de stoomvraag als leidend wordt gezien. De industrie is relatief inflexibel door hoge operationele eisen die worden gesteld aan de warmtelevering. Tevens is er in de industrie bijna altijd sprake van een continue warmtevraag door de aanwezigheid van een continu productieproces en daaraan gekoppelde continue stoomvraag ('must run').



2.5 Liberalisatie van de energiemarkt

De mate waarin de elektriciteitsmarkt zich ontwikkelt tot een volledig vrije markt is relevant voor de ontwikkelingen m.b.t. WKK. Het maakt veel uit of de markt wordt gedomineerd door winstverwachtingen of dat er sprake is van een meer publiek-privaat geregisseerde ontwikkelingen waar langetermijnaspecten als klimaat en voorzieningszekerheid een rol spelen bij nieuwe investeringen. In het laatste geval zullen de marktvooruitzichten voor WKK beduidend beter zijn dan in het eerste geval.

Zoals ook hierboven al is aangegeven beginnen steeds meer WKK-eigenaren met andere ogen naar hun proces te kijken omdat er op de stroommarkt (soms) geld te verdienen is, met leveren, afschakelen of standby staan. Steeds meer exploitanten stemmen hun bedrijfsvoering af op de APX.

Tegelijkertijd is merkbaar dat (potentiële) WKK-exploitanten, die afhankelijk zijn van financiële steun van de overheid, terughoudend zijn geworden bij het doen van investeringen. Een belangrijke oorzaak daarvan ligt in de recente slechte ervaringen met de continuïteit van de stimuleringsmaatregelen. Deze exploitanten zijn, zelfs bij gunstige prijzen en vooruitzichten, huiverig voor het investeren in nieuw WKK-vermogen.

2.6 Conclusie rond de beleids- en algemene ontwikkelingen

Het huidige Nederlandse energiebesparingsdoel van 2% per jaar betekent voor de periode 2008-2014 zo'n 5.000 MWe extra WKK-vermogen, met een gemiddelde bedrijfstijd van ca. 5.000 uur. De overheid heeft echter nog geen keuzen gemaakt rond de wijze waarop WKK op termijn zal worden gestimuleerd.

Gelet op de ontwikkelingen in de markt slinkt de ruimte voor WKK in het E-productiepark juist. Belangrijke concurrerende opties zijn grootschalig kolenvermogen en windparken op zee, die het gasgestookte plateau (en dus ook WKK) de komende jaren voor een belangrijk deel uit de merit order drukken. De invloed van de emissiehandel op de rentabiliteit van WKK is nog nihil. De spark spread was enkele jaren gunstig voor WKK maar 'verslechtert' nu. Steeds meer exploitanten stemmen hun bedrijfsvoering af op de APX en op onbalans in het net.



3 Sectorale ontwikkelingen

Dit hoofdstuk beschrijft een aantal actuele ontwikkelingen in de sectoren glastuinbouw, industrie en de gebouwde omgeving, welke (potentieel) van belang zijn voor de ontwikkeling van WKK. In Nederland staat in totaal 21,8 GWe aan elektrisch vermogen opgesteld (CBS, 2007). Hiervan is 10,6 GWe WKK-vermogen (48,6%). In 2003 was het WKK-vermogen nog 9,5 GWe. De stijging is vooral het gevolg van de ingebruikname van één grote centrale (Rijnmond Energie, STEG 820 MWe). In 2005 bedroeg de toename in het vermogen slechts 1,2%. Deze toename vond voornamelijk in de glastuinbouw plaats.

3.1 Glastuinbouw

Toepassing van WKK in de glastuinbouw is in de regel economisch aantrekkelijk wanneer de tuinder zowel een warmte-, als een krachtvraag en een CO₂-vraag heeft. Dat is het geval bij tuinders met assimilatiebelichting. De energierekening van deze bedrijven bedraagt ca. 25% van de bedrijfskosten. Bij het plaatsen van een WKK-unit nemen zij (naast de warmte en de CO₂) zelf een belangrijk deel van de geproduceerde elektriciteit af en vermijden daarmee de inkoop van elektriciteit tegen het eindgebruikertarief. De bedrijfstijd voor het eigen gebruik ligt tussen de 2.000 en 3.000 uur per jaar. De bedrijfstijd wordt verhoogd doordat de tuinders inspelen op de vraag op de elektriciteitsmarkt en elektriciteit leveren aan het net wanneer dit voor hen financieel aantrekkelijk is. Waar in het verleden WKK-units wel in eilandbedrijf werden geplaatst is dat de afgelopen jaren niet meer het geval. Gemiddeld wordt 1.000 uur per jaar aan het net geleverd. De totale bedrijfstijd van WKK-units in de tuinbouw komt daarmee op 3.000 à 4.000 uur. Er is in de wintermaanden enige ruimte om meer uren te maken, wanneer dit door de overheid aantrekkelijk zou worden gemaakt.

Groei van de afgelopen jaren zal sterk afnemen

Ruim de helft van de tuinders met belichting heeft inmiddels een WKK-installatie. Door een gunstige spark spread enerzijds en schaalvergroting anderzijds is in 2006 het opgestelde vermogen in de glastuinbouw toegenomen met ruim 600 MWe. Het vermogen van de nieuwe WKK-units is, door schaalvergroting van de bedrijven, veel groter dan voorheen, tot 10 MWe of meer per tuinder. Over 2007 zal nog een vergelijkbare toename optreden maar daarna zal de groei sterk afnemen. De spark spread wordt minder gunstig en de tuinders waarvoor plaatsing van een WKK-unit het meest aantrekkelijk is zijn inmiddels voorzien. Er zal wel een beperkte groei blijven.

Uit onze gesprekken blijkt dat er een resterend potentieel is van ca. 2.500 MWe. Daarvan kan binnen de zichtperiode van het nieuwe Kwaliteits- en Capaciteitsplan totaal maximaal zo'n 2.000 MWe worden gerealiseerd, gekoppeld aan nieuwbouw, bedrijfsverplaatsing en vervanging van installaties.

Steeds meer focus op APX en onbalans

De capaciteit van de WKK-installaties is en blijft primair afgestemd op de eigen behoefte van de tuinders. Wel spelen deze, zoals gezegd, steeds vaker met hun bedrijfsvoering in op de actuele elektriciteitsprijs op de Amsterdam Power Exchange (APX) en de onbalansverrekening van TenneT. Wanneer de elektriciteit op de APX goedkoop is produceren zij zelf niet. Bij een voldoende lage prijs kopen zij elektriciteit voor de eigen behoefte of om aan leververplichtingen te voldoen. Wanneer de waarde van de elektriciteit (of van de zekerheidstelling dat er zonodig geleverd kan worden) hoog is leveren zij aan het net of staan hiervoor paraat en slaan eventuele overschotten aan warmte op in hun buffers. Glas-tuinders worden zo steeds vaker elektriciteitsproducenten.

Opgemerkt kan nog worden dat de tuinders zich bij de levering aan het net op piek- of onbalansmomenten beperkt voelen door de wijze waarop TenneT de fluctuatie in de levering (standaarddeviatie) meeneemt in de verrekening van de productie. De tuinders zeggen hierdoor niet het maximaal mogelijke te kunnen leveren.

Verplaatsing sector verloopt langzaam

Voor de sector bestaan al langer tijd plannen, waarbij een substantieel deel van de glastuinderijen wordt verplaatst van het Westland naar de omgeving van Aalsmeer en naar het noorden van het land. Deze verplaatsing blijkt in de praktijk slechts langzaam te verlopen, zij het dat in de Wieringmeer in korte tijd een grote ontwikkeling heeft plaatsgevonden (Agriport A7, een gebied ter grootte van 100 hectare van in totaal te realiseren 700 hectare)⁴. Thans speelt een ontwikkeling in Zeeland, maar die is veel kleiner en ook verder worden over de zichtperiode van het Kwaliteits- en Capaciteitsplan geen radicale veranderingen verwacht.

Aansluiten tuinders op restwarmtenetten

Vanuit het actuele klimaatbeleid worden tuinders aangespoord tot het benutten van restwarmte en CO₂ die afkomstig is uit industriële complexen. Hiervoor worden momenteel de eerste grote infrastructurele werken voorbereid, hoewel de tuinders zeker niet staan te trappelen. Verwacht moet worden dat het klimaatbeleid de komende jaren verder aangescherpt zal worden, de infrastructuur verder worden ontwikkeld en de druk tot benutting ervan op de tuinders toeneemt. De betreffende tuinders zullen geen WKK-installatie realiseren. Het totaal over de periode 2008-2014 te realiseren nieuwe vermogen binnen de glastuinbouw blijft daardoor waarschijnlijk binnen de genoemde waarde van 2.000 MWe.

⁴ Omgerekend naar benodigd WKK-vermogen zou de 700 hectare globaal 280 MW extra vermogen beteken, uitgaande van circa 0,4 MWe WKK per hectare glasareaal.



3.2 Industrie

Het is voor een periode van ruim acht jaar vooruit onmogelijk een algemeen patroon aan te geven voor de ontwikkelingen in de sector industrie. Voor zover zich al een algemeen beeld aftekent uit de analyses, en dan vooral rond WKK, is dit dat er in de industrie niet aan substantiële hoeveelheden nieuw WKK-vermogen wordt gedacht. Potentieel voor het plaatsen van meer WKK is er op zich nog wel. Precieze cijfers zijn er niet, maar binnen de sector wordt aangenomen dat een verdubbeling van het huidige opgestelde elektrische vermogen mogelijk is. Dit betekent een potentieel voor plaatsing van ca. 4.000 MWe.

De monitoringcijfers van WKK in Nederland tonen over de afgelopen jaren voor de decentrale installaties in de industrie een schommelend beeld van lichte toenames en afnames. De chemie heeft de grootste WKK-omvang en de grootste installaties (gemiddeld 37 MWe). Voor raffinaderijen en de papier & karton-industrie is de gemiddelde WKK-installatiegrootte 14 MWe, en bij de voedings- en genotmiddelenindustrie ligt dat op 6 MWe. Bij de 'overige industrie' ligt dat gemiddelde op 1,7 MWe per installatie.

Tabel 3 Opgesteld industrieel WKK-vermogen (MWe) naar SBI-sector

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Raffinaderijen	432	434	432	431	431	431
V&G	544	549	554	552	547	555
Papier	406	411	411	414	408	408
Chemie	1.905	1.816	1.809	2.402	2.400	2.435
Overige industrie	249	250	251	250	250	251
Totaal industrie	3.536	3.460	3.721	4.049	4.036	4.080

Bron: ECN, 2005a.

Invloed van het besparingsbeleid

Het besparingsbeleid van de overheid stuurt aan op een duidelijk lagere energiebehoefte bij dezelfde productiviteit en op een veel betere benutting van de restwarmte, ook tussen de industriële bedrijven onderling. Het netto effect van beide tendensen is dat de gemiddelde vraag naar elektriciteit en warmte in de industrie niet zal stijgen en er dus weinig WKK-vermogen bij zal komen.

Tegelijkertijd kan worden geconstateerd dat het stimuleringsbeleid voor WKK, dat de overheid momenteel voorbereid, zich vooral richt op het realiseren en benutten van nieuw vermogen in de industrie. De prikkel die hier vanuit zal gaan hangt sterk af van de hoogte van de stimulering.

Inspelen op APX en onbalans

In de industrie is relatief vaak sprake van 'must-run'-situaties waarbij de continuïteit van de stoomvraag hoge eisen stelt aan de inzet van WKK. De flexibiliteit van de inzet is dan beperkt.

Door technische ontwikkelingen daalt het aantal *must run* situaties, waardoor de gemiddelde bedrijfstijd van WKK-installaties in de industrie zal dalen. De draaiuren worden meer marktgedreven. Net als bij de glastuinbouw bestaat er in de industrie een prikkel om WKK-vermogen in piekuren in te zetten, om hoge elektriciteitskosten te vermijden of om op productie tijdens die uren te kunnen

verdienen. In de industrie zijn er echter ook andere mechanismen hiervoor beschikbaar, zoals snel afregelbaar verbruik.

Over het geheel wordt dan ook geen substantiële groei van het WKK-vermogen in de industrie verwacht.



Specifieke ontwikkeling: LNG

Er zijn enkele specifieke sectorale ontwikkelingen die voor WKK relevant kunnen zijn waarvan we met name de groei van het aantal LNG-terminals willen noemen. Bij deze terminals moet het gas worden verwarmd. Deze gasverwarming kan met WKK's worden uitgevoerd. Deze techniek wordt onder andere al toegepast in Zeebrugge (Fluxus-terminal) en bij een LNG-terminal in Bretagne in Frankrijk. Van de drie nieuwe LNG-terminals die in de zichtperiode in Nederland worden gebouwd wordt de warmtevraag bij één (Lion, Rotterdam) op een andere manier ingevuld (mogelijk door gebruik van de warmte van de nieuwe Enecogencentrale van 800 MW), bij één (Gate, Rotterdam) wordt een ca. 20 MWe grote STEG gebouwd voor eigen elektriciteits- en warmte-afname, en bij de derde (Conoco, Eemshaven) is inzet van WKK nog onderwerp van (MER-)studie.

3.3 Gebouwde omgeving

Binnen de gebouwde omgeving onderscheiden we hier drie deelsectoren. Dat zijn de woningsector, de utiliteit (vooral de complexen met een 24-uursbedrijf, zoals zieken- en verpleeghuizen) en energie-intensieve bedrijven binnen dit segment (zoals de ICT-sector).

Woningsector

De bestaande bouw omvat ruim 6,5 miljoen woningen en utiliteitsgebouwen. Elk jaar worden er 25 à 30.000 woningen gesloopt en elk jaar worden er 50 à 60.000 nieuwe woningen gebouwd. De nieuwbouw voldoet al langere tijd aan hoge energieprestatienormen. Vanaf begin 2008 worden ook de aan de bestaande bouw energieprestatie-eisen gesteld.

De meeste stadsverwarmingsprojecten nemen warmte af van grootschalige WKK-installaties, met name STEGs. Daarnaast zijn ook projecten ontwikkeld die worden gevoed met gasmotoren. De totale omvang daarvan is ca. 35 MWe. De inzet van alle stadsverwarmingsinstallaties laten een geleidelijke daling van het aantal equivalente vollasturen zien, als gevolg van wijzigingen in de onderlinge prijsstellingen van elektra en gas, en wijzigingen in de pieklastverrekening.

Mede als gevolg van het nieuwe beleid hebben de energieleveranciers en de woningcorporaties afgesproken zo'n 250.000 bestaande woningen en utiliteitsgebouwen per jaar grondig te gaan verbeteren op hun energetische kwaliteit. De gebouwschil zal ingrijpend worden aangepakt en het 'gebouwgebonden' energiegebruik zal daardoor flink dalen. Voor een aantal complexen zal de renovatie direct worden aangegrepen voor het plaatsen van een WKK-installatie. In een ander deel van de bestaande bouw zullen micro-WKK-installaties (HRe) worden toegepast. Voor de verwachtingen op dit terrein verwijzen we naar het hoofdstuk over de technische ontwikkelingen.

Utiliteit

Bij de nieuwbouw in de utiliteitssector (ruim 1,5 mln. m²/jaar) wordt inmiddels in de helft van de gevallen seizoensmatige warmte- en koudeopslag toegepast, in combinatie met warmtepompen. Op zich is er dan nog een behoorlijke fractie over waar potentieel WKK zou kunnen worden toegepast, maar de verwachting is dat dit slechts incidenteel zal gebeuren. De complexen met een 24-uursbedrijf in de utiliteit zijn inmiddels al voor een groot deel voorzien van WKK, zodat ook daar niet veel potentieel bestaat voor uitbreiding.

ICT-sector

Een bijzonder geval binnen de gebouwde omgeving betreft de ICT-sector, met name de grootschalige serverstations voor internetverkeer. Deze stations hebben een grote koellast, waarvoor WKK in combinatie met absorptiekoeling zou kunnen worden ingezet. De verwachting is echter dat, gezien de snelle ontwikkelingen in dit deel van de ICT-sector (datahotels en telecomswitches), niet in dit soort koeltechnieken geïnvesteerd zal worden, tenzij de bedrijven daartoe min of meer gedwongen worden door de lokale overheid.

3.4 Energiesector

De elektriciteitsproducenten richten zich primair op andere vormen van elektriciteitsproductie dan WKK. De leveranciers mogen zelf ook productie-units realiseren, maar voor hen is dit nu onvoldoende interessant. Veel WKK-eenheden die in de negentiger jaren door energiedistributiebedrijven waren opgezet zijn de afgelopen jaren afgebroken, omdat deze voor hen economisch niet langer rendabel waren.

In het energiebesparingprogramma 'Meer met Minder' dat recent (juni 2007) door de energiesector (EnergieNed) is uitgebracht in samenwerking met de koepel van woningcorporaties (Aedes) en het Platform Gebouwde Omgeving uit de energietransitie (PEGO) heeft WKK een ongeschikte rol. Dat geldt ook voor de Energieagenda van de energiesector, die ook andere marktsegmenten dan de gebouwde omgeving omvat. In deze stukken wordt door de sector wel zwaar ingezet op de benutting van restwarmte, maar niet op WKK.

3.5 Vervanging bestaande WKK

Oude WKK-eenheden hebben meestal een hogere warmte/kracht-verhouding en een lager elektrisch rendement dan nieuwe units. Waar in het verleden een elektrisch rendement van 30% voor een gasmotor heel normaal was, worden nu waarden van boven de 40% gerealiseerd. De vervanging van oude WKK-installaties heeft dan ook invloed op de elektriciteitsproductie en energiebesparing door WKK. Vaak wordt bij de vervanging ook sowieso al een groter elektrisch vermogen geïnstalleerd, inspelend op de gegroeide behoefte van de exploitant.

Substantiële groei wordt als gevolg van de vervangingen echter niet verwacht. Op dit moment zien de producenten van WKK-installaties – buiten de glastuinbouw - eerder een stagnatie in de markt, die door hen deels wordt geweten aan



gebrek aan regie van de overheid. Het beleid heeft geleid tot een onstabiele en onbetrouwbare marktbasis voor WKK, zelfs in de vervangingsmarkt.

3.6 Conclusie rond de sectorale ontwikkelingen

WKK is aantrekkelijk voor een groot deel van de glastuinbouw, waar de geproduceerde warmte, elektriciteit en CO₂ kunnen worden benut. De tuinders spelen om economische redenen in op de spotmarktprijs en op onbalans in het net. De totale bedrijfstijd van WKK-units in de tuinbouw bedraagt dan 3.000 à 4.000 uur.

Het WKK-vermogen in de glastuinbouw is enkele jaren fors gegroeid. Over de periode 2008-2014 blijft er groei, maar in veel lager tempo, tot een totaal van maximaal 2.000 MWe. Veel meer potentieel is er ook niet.

In de industrie is er wel potentieel, maar wordt niet aan bijbouwen van WKK gedacht. De ontwikkelingen zijn meer gericht op procesefficiency en benutting van bestaande reststromen. De ontwikkeling van een aantal LNG-terminals bieden wel kansen voor WKK, maar ook daar zijn andere opties mogelijk.

In de gebouwde omgeving ontstaat meer aandacht voor energieprestatie, maar dit betekent niet automatisch meer WKK. Voor de woningbouw komt wel de micro-WKK, in beeld. Over de zichtperiode 2008-2014 betekent dit hooguit enkele honderden MWe, sterk gespreid over het land en met beperkte bedrijfstijd.

Voor de utiliteit is seizoensmatige opslag van warmte en koude sterk in opkomst. Een bijzondere branche vormt de ICT-sector, maar ook hier worden naar verwachting andere technieken dan WKK ingezet.

De energiesector bouwt haar eigen projecten in de WKK-sfeer af en komt - uitzonderingen daargelaten - niet met nieuwe initiatieven.

In de vervangingsmarkt zal een beperkte groei van het elektrische vermogen optreden door verbeterde elektrische rendementen en groei van de behoefte.



4 Technische ontwikkelingen

In dit hoofdstuk worden met name die technische ontwikkelingen beschreven die mogelijk relevant zijn voor de inzet van decentrale WKK in de zichtperiode tot 2014. Dus niet alleen WKK-techniek, maar ook bijvoorbeeld opslagtechnieken voor elektriciteit. In de volgende paragrafen worden de ontwikkelingen uitgewerkt, met literatuurverwijzingen voor nadere informatie.

4.1 De HRe-ketel, ofwel de micro-WKK

De HRe-ketel wordt gezien als de opvolger van de HR-ketel. De HRe heeft een capaciteit van circa 1 kW en valt daarmee dus in principe buiten de scope van dit rapport dat handelt over de range van 5 tot 60 MW. Vele kleintjes maken echter één grote. Gezien de verwachte omvang van de inzet van micro-WKK (1,6 mln. stuks in 2020; SenterNovem, 2007) is dit voor TenneT en voor de regionale netbeheerders een ontwikkeling om terdege rekening mee te houden. De techniek is op dit moment in de fase van demonstratieprojecten. Er zijn meerdere leveranciers actief op de markt. De hoeveelheid beschikbare informatie groeit explosief, ook wereldwijd. Als indicatie: de zoekterm *micro+warmtekracht* levert op Google 23.700 hits op (dus in het Nederlands), en de zoekterm *micro CHP* zelfs 602.000 hits. Een aantal fabrikanten hebben in Nederland de krachten gebundeld in de Smart Power Foundation (SPF). Het genoemde getal van 1,6 miljoen HRe-ketels in 2020 staat ook vermeld in een marktverkenning van de SPF. Voor 2014 wordt in dat plan een cumulatief totaal van 358.000 stuks verwacht. De SPF stelt nadrukkelijk dat dit een realistisch scenario is. Waarbij wel benadrukt wordt dat van de overheid en de energiebedrijven ondersteuning wordt verwacht.

4.2 Kleinschalige elektriciteitsopslag

Elektriciteitsopslag, en met name de kleinschalige varianten daarvan, is een techniek die uitstekend samengaat met de inzet van WKK en van intermitterende bronnen zoals wind en zon in het net. Inzet van netgekoppelde elektriciteitsopslag ontkoppelt in geval van WKK de warmteproductie van de elektriciteitslevering aan het net.

Elektriciteitsopslag is een zeer breed onderwerp, variërend van kleine accu's tot zeer grootschalige centrale opslagsystemen, en variërend van snelle pieklast- of UPS-overbruggingsystemen tot systemen die langdurige levering aan het net mogelijk maken. In een overzichtsrapport van SenterNovem uit 2006 staan de diverse opslagtechnieken, hun toepassingsgebied en hun marktfase uiteengezet (UCE, 2006).

'Voor micro-WKK is er geen weg meer terug'

SenterNovem, 2007

In 2007 zullen er enkele honderden micro-WKK-toestellen hangen in Nederlandse huizen, in 2008 enkele duizenden en in 2020 zo'n 1,6 miljoen. Dat is mogelijk volgens recent uitgevoerd onderzoek naar de toekomst van micro (en mini-)warmtekracht in Nederland. Ook een UKR-project wijst in dezelfde richting: micro-WKK is de gedoodverfde opvolger van de HR-ketel.

Het UKR-project 'uitrol micro-WKK' is nog maar halverwege. Toch weet projectleider Hans Overdiep van GasTerra nu al dat het project een doorslaggevend succes wordt. Overdiep is tevens voorzitter van de Werkgroep Decentrale Energieopwekking (WGDecentraal) van het Platform Nieuw Gas. 'Het project was bedoeld om het onderwerp uit de studeerkamer te halen. We wilden laten zien dat het principe werkt, ook al is de techniek nog niet volmaakt. Nou, daarin zijn we geslaagd. De grote CV-ketelfabrikanten van ons land hebben zich georganiseerd in de Smart Power Foundation, SPF. Deze organisatie bevordert nu al actief de introductie van micro- en mini-WKK. De belangrijkste leveranciers van de onderdelen, zoals de Stirlingmotor, hebben zich bij de SPF aangesloten. De organisatie zegt inmiddels hardop dat micro-WKK de opvolger van de HR-ketel wordt.'

Tijdelijke ondersteuning

'Er spelen nog wel enkele technische vraagstukken rondom micro-WKK, zoals netinpassing en certificering', zegt Hans Overdiep. 'Maar dat is vooral een kwestie van doorwerken. Feitelijk is er voor micro-WKK geen weg meer terug. Of de ontwikkeling zo gaat verlopen als is berekend, hangt vooral af van de ondersteuning van de marktontwikkeling door de Nederlandse overheid. In de eerste jaren dat de HRe-ketel op de markt komt, dat wil zeggen vanaf 2008, is deze nog te duur. Dan is tijdelijk subsidie nodig. Hiervoor hebben wij een budget van in totaal 90 miljoen Euro aangevraagd voor een periode van 5 jaar, dat wil zeggen tot 2013. Daarna komt, door technische en marktontwikkelingen, de meerprijs van een HRe-ketel uit op ongeveer 1.500 Euro ten opzichte van de HR-ketel. Dat is aanvaardbaar. Zo'n bedrag verdienen je in vijf jaar terug. Subsidie is dan niet meer nodig'.

Marktverwachting micro- en mini-WKK 2007-2020

Jaar	Aantal per jaar	Aantal cumulatief
2007	1.000	1.000
2008	5.000	6.000
2009	12.000	18.000
2010	20.000	38.000
2011	45.000	83.000
2012	75.000	158.000
2013	90.000	248.000
2014	110.000	358.000
2015	140.000	498.000
2016	170.000	668.000
2017	200.000	868.000
2018	230.000	1.098.000
2019	260.000	1.358.000
2020	300.000	1.658.000

Bron: (SPF, 2006).

Van de in dat rapport beschreven technieken is er nog geen systeem commercieel verkrijgbaar, wel lopen er enkele demonstratieprojecten. Aangezien dit geen directe innovatie op WKK-techniek, maar een hulptechniek, is de verwachting dat elektriciteitsopslag in de zichtperiode tot 2014 geen significant effect op de inzet van kleinschalige WKK zal hebben. Onze aanbeveling aan TenneT en de regionale netbeheerders is wel om de marktontwikkeling van kleinschalige elektriciteitsopslag actief te volgen en eventueel te participeren in demonstratieprojecten met als doel het effect op de netontwikkeling te bestuderen.



4.3 WKK als noodstroominstallatie

WKK's kunnen dienst doen als noodstroomvoorziening. In dat geval wordt de WKK in eilandbedrijf bedreven. Gezien de steeds toenemende afhankelijkheid van de samenleving van ICT-techniek en daarmee van een ongestoorde elektriciteitsvoorziening groeit de behoefte aan UPS en noodstroominstallaties. Deze installaties zijn al algemeen goed in bijvoorbeeld ziekenhuizen. De verwachting is dat de toepassing de komende jaren (verder) zal verbreden. Een voorbeeld is de installatie bij de Rembrandt-toren in Amsterdam. De WKK wordt niet *an sich* als noodstroominstallatie neergezet. De inzet van WKK voor dit doel verhoogd wel de rentabiliteit van de installatie. De verwachting is niet dat deze toepassing de inzet van WKK in de zichtperiode significant zal wijzigen.

Figuur 2 Rembrandt-toren met energiegebouw, in Amsterdam



4.4 Absorptiewarmtepomp aangedreven door WKK

Een andere techniek die naar verwachting de komende jaren economisch rendabeler wordt, is de combinatie van een absorptiewarmtepomp met een WKK-installatie. De WKK levert elektriciteit aan het net. In winterbedrijf voedt de warmte de gebouwen en in zomerbedrijf drijft de warmte van de WKK de absorptiewarmtepomp aan die zorgt voor de koeling van de gebouwen. Een voorbeeld van een dergelijke installatie staat bij de Rembrandt-toren in Amsterdam. De installaties zijn economisch rendabel in situaties met een hoge koellast met lange bedrijfstijden, en een bedrijfseconomisch perspectief dat een grote investering in techniek rechtvaardigt. Dit komt slechts op een beperkt aantal locaties in Nederland voor. De verwachting is daarom dat enige groei op zal treden, maar dat deze toepassing de inzet van WKK in de zichtperiode niet significant zal wijzigen.

4.5 Virtual Power Plants (VPP)

VPP staat, net als micro-WKK, wereldwijd sterk in de belangstelling. Als indicatie: de zoekterm 'virtual power plant' levert op google meer dan 12,5 miljoen 'hits' op. De ontwikkeling gaat hand in hand met de inzet van decentrale, vaak duurzame, stroomgeneratoren. VPP is één van de technische oplossingen om de net-inpassing van deze meestal intermitterende (= aanbodgestuurde) generatoren te regelen (NODE, 2007).

VPP: Virtual Power Plants

De benaming 'virtual power plant' (VPP) wordt gebruikt voor een cluster van kleine stroomgeneratoren, zoals micro-WKK's, die centraal aangestuurd of gecontroleerd worden. Deze kunnen zowel particulier als door een bedrijf beheerd worden. Door middel van weersverwachtingen wordt voorspeld hoeveel energie geleverd wordt door de stroomgeneratoren, wat vergeleken wordt met de verwachte vraag. Gebaseerd op deze gegevens kan het vermogen van de kleine generatoren aangepast worden, of kunnen conventionele centrales worden ingeschakeld. Dit systeem is ideaal bij het opvangen van regionale piekbelastingen in het spanningsnetwerk. Het systeem wordt beschouwd als de opstap naar de volledige integratie van alle duurzame energiebronnen in het elektriciteitsnet. Op dit moment wordt er ervaring op gedaan met VPP door middel van kleine testsystemen in het Ruhrgebied. Gasterra, een onderdeel van Gasunie doet hetzelfde in de stad Groningen. Er zijn plannen om VPP in meer gebieden in Europa toe te passen. De inzet van VPP ijlt na op de grootschalige inzet van micro-WKK.

De toepassing van VPP kan grote consequenties hebben voor de netontwikkeling, en kan rond het eind van de zichtperiode significant worden voor TenneT en de regionale netbeheerders. Dit laatste afhankelijk van het tempo waarin de HRe-ketel zijn weg vindt in de woningmarkt in Nederland.

Het concept van VPP, i.e. een cluster van decentrale opwekkers zoals WKK's waarover vanuit een centraal punt de regie over de inzet wordt gevoerd, is een technisch-organisatorische ontwikkeling waar netbeheerders zoals TenneT terdege rekening mee moeten houden. De voortschrijdende ICT-techniek fungeert hier als 'enabler' voor een nieuwe organisatiegraad rond decentrale opwek. VPP kan ook nu al worden toegepast bij bestaande WKK's, en dat zal ongetwijfeld ook gebeuren als energiemarktcondities dat economisch interessant maken. De distributienetten, in dit geval met name het MS- en het HS-net, zijn niet op die situatie van georganiseerde gelijktijdigheid uitgelegd. Dit kan potentiële problemen geven voor de capaciteitshuishouding, de spanningshuishouding en de veiligheid (i.v.m. instellingen van netbeveiligingen).



4.6 Warmteopslag

Warmtebuffers worden nu al toegepast daar waar energetisch en economisch rendabel. Het betreft een volwassen techniek, waar toepassingen voorhanden zijn op verschillende temperatuur- en drukniveaus. In de zichtperiode zijn er geen bijzondere innovaties te verwachten die de toekomstverwachting voor de inzet van WKK drastisch veranderen.

4.7 Specifieke risico's

Specifieke technische risico's voor netbeheerders bij grootschalige inzet van decentraal vermogen zijn:

- Als door gewijzigde marktcondities in een korte tijdsspanne WKK's op grote schaal anders ingezet of zelfs uitgezet worden kan dat grote invloed hebben op de capaciteitsplanning. Dit risico treedt met name op bij (velden van) onderstations waarop veel WKK's invoeden, zoals in glastuinbouwgebieden.
- Een andere ontwikkeling waar de netbeheerder rekening mee moet houden is de impact van veel decentrale vermogeninvoeding op bijvoorbeeld netselectiviteit en kortsluitbeveiliging. De netbeveiliging is in het algemeen ingericht op een top-down-concept, waarbij kortsluitingen in lagere netvlakken afgestopt worden richting hogere netvlakken. Bij grootschalige invoeding op lagere netvlakken ontstaat het risico dat het te lang duurt voordat de netbeveiliging detecteert dat er een kortsluiting is. Daardoor kan de kortsluiting te lang voortduren, en zelfs doorslaan naar hogere netvlakken.
- Niet direct relevant voor de zichtperiode, maar wel in die periode mogelijk relevant als onderzoeks- of demonstratieproject, is een alternatief netconcept dat in plaats van top-down-netuitleg juist van het omgekeerde uitgaat. In een situatie met heel veel decentrale opwek (en evt. met inzet van VPP-techniek en decentrale kleinschalige elektriciteitsopslag) is het mogelijk om semi-eilandnetten in te richten, die via relatief zwakke MS-verbindingen verbonden zijn met naburige semi-eilanden en idem dito met bovenliggende netvlakken. De verbindingen tussen de 'eilanden' en met het bovenliggend net dienen in zo'n concept vooral voor uitwisseling van lokale overschotten en tekorten, vergelijk de interconnectoren met het buitenland, waarbij Nederland als geheel als zo'n 'eiland' fungeert.

4.8 Conclusie rond de technische ontwikkelingen

Van de geschetste ontwikkelingen wordt over de zichtperiode 2008-2014 alleen van de opkomst van de HRe-ketel en het gebruik van WKK voor absorptiekoeling een noemenswaardige invloed verwacht. En 'noemenswaardig' betekent hierbij uitsluitend dat de technieken naar verwachting duidelijk meer dan voorheen zullen worden toegepast. Het houdt niet in dat hiervan een significante impact op de elektriciteitsvoorziening wordt verwacht. Dat is niet het geval.

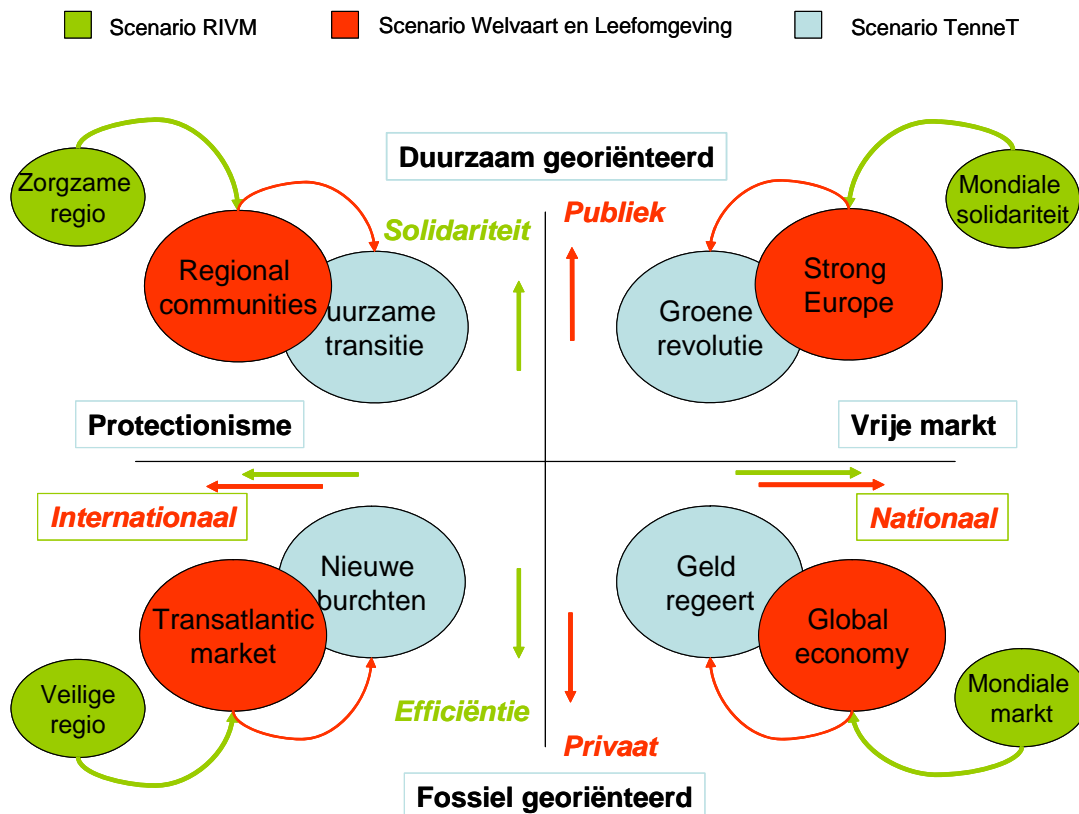


5 Nadere typering van de scenario's

In dit hoofdstuk wordt een korte typering gegeven van de scenario's die TenneT hanteert in haar Kwaliteits- en Capaciteitsplan. We leggen daarbij een link met de toekomstscenario's voor Nederland, zoals deze worden gehanteerd door het Centraal Planbureau (CPB) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Dit doen we enerzijds omdat deze scenario's vrij uitvoerig zijn gedocumenteerd, waardoor per scenariovariant beter te bepalen is wat de impact zal zijn op de ontwikkeling van WKK. Bij de keuze voor de scenario's heeft CE Delft aansluiting gezocht bij de door TenneT gehanteerde scenario's van het CPB en het RIVM. Maar om een goede invulling te kunnen geven aan de drijvende krachten achter de ontwikkeling van WKK, zijn daarin wel andere accenten gelegd en deels andere scenario's gehanteerd.

In Figuur 3 is in vier kwadranten weergegeven hoe de scenario's van RIVM (Kwaliteit en Toekomst; RIVM, 2005), CPB (Welvaart en Leefomgeving; CPB, 2006 en CPB, 2006a) en die van TenneT met elkaar in verband gebracht kunnen worden. Met behulp van de scenario's van RIVM kan met name de ruimtelijke ontwikkeling per kwadrant worden bepaald en met de scenario's van het CPB de beleidsmatige inrichting. In de volgende paragrafen geven we aan wat dit betekent als aanvulling op de scenario's van TenneT.

Figuur 3 Relatie tussen de scenario's van TenneT, CPB ('Welvaart en Leefomgeving') en RIVM



5.1 Scenario 'Groene revolutie'

Typering TenneT (verkort)

De sociale en politiek agenda wordt beheerst door marktdenken. Globalisering zet door, maar is niet alleen gericht op het wegnemen van handelsbarrières maar ook op uitwisseling van kennis en technologie tussen geïndustrialiseerde landen en ontwikkelingslanden. Energiebesparing en duurzame energie vormen de pijlers onder de ontwikkeling van de duurzame samenleving. Compactheid is het sleutelwoord bij de stedelijke inrichting en de ruimtelijk inrichting van de dienstensector in Nederland.

In dit scenario daalt met name de kostprijs van de brandstofcel door massaproductie in de automobielenindustrie, waardoor de brandstofcel ook op grote schaal wordt toegepast in micro-warmtekrachteenheden voor huishoudens en de dienstensector.

We koppelen dit scenario van TenneT aan de scenario's 'Mondiale Solidariteit' van het RIVM en 'Strong Europe' van het CPB. Daaruit ontstaat de volgende nadere inkleuring van het beeld.

Het scenario van RIVM zegt over de ruimtelijke inrichting van Nederland dat het aantal inwoners zal toenemen tot ruim 19 miljoen in de periode tot 2050. Om deze toename op te vangen zal er veel woningbouw plaatsvinden in de Provincie Noord-Holland en het oosten van Noord-Brabant. De dienstensector zal sterk groeien bij Amsterdam Zuidas, Rotterdam airport en de Utrechtse Heuvelrug. Een teruggang in de glastuinbouw wordt veroorzaakt door het verdwijnen van bedrijven uit het Westland en het westen van Boskoop. Enige nieuwbouw van kassen vindt plaats ten oosten van Boskoop en bij Hoorn.

Over de beleidsmatige inrichting zegt het 'Strong Europe'-scenario van het CPB.

Emissiehandel voor 2020	Europees; 2€/ton CO ₂ in 2005, 7€/ton in 2010; en 11€/ton in 2020
Emissiehandel na 2020	Internationaal: 58€/ton in 2030 en 84€/ton in 2040
Energiebelasting	Bij gas voor niet-deelnemers minimaal gelijk aan tarieven deelnemers plus CO ₂ -prijs, bij elektriciteit tarieven constant
Gebouwde omgeving	EPN woningbouw in 2006 naar 0,8 EPN. Utiliteitsbouw huidig niveau EPDB ingevoerd in 2008
Elektrische apparaten	Aanscherping energielabels, ook convenanten met minimum eisen
Industrie	Gehandhaafd blijft EIA, Wet milieubeheer en MJA-2
Glastuinbouw	AMvB eindigt in 2010 daarna egaliseren met Wet Milieubeheer naar 15% IRV
MEP-duurzaam	Continuering huidig beleid, MEP-tarieven dalen door dalende kosten, gematigd implementatie tempo off-shore wind tot 2020
MEP-WKK	Continuering huidig beleid
Kolenconvenant	Na 2012 geen verlenging
Kernenergie	Borssele open tot 2033, geen nieuwe centrales



5.2 Scenario duurzame transitie

Typering TenneT (verkort)

Centraal thema in dit scenario is een toenemend verzet tegen een samenleving die gedomineerd wordt door consumentisme en individualisme. Mensen richten zich op de kwaliteit van hun eigen leefomgeving. Duurzaamheid wordt het nieuwe paradigma. (Nationale) overheden gaan een sterk sturende rol op zich nemen. Om de uitstoot van kooldioxide te beperken worden er veel micro-warmtekrachteenheden geplaatst bij huishoudens en worden er hoog-efficiënte gascentrales gebouwd, ter vervanging van (kolen) centrales met een hoge uitstoot. Door lage economische groei en een lage groei van de bevolking vindt er weinig woningbouw plaats. Nieuwbouw wordt vooral gerealiseerd in verstedelijkte gebieden. Ook hier in compacte vorm.

De groei van het elektriciteitsverbruik via het openbare net is in dit scenario beperkt door de inzet van microwarmtekrachteenheden bij woningen. Oude centrales worden voor een aanzienlijk deel vervangen door middenlast gas-eenheden, vanwege sterke groei van het windvermogen.

We koppelen dit scenario van TenneT aan de scenario's 'Zorgzame regio' van het RIVM en 'Regional Communities' van het CPB. Daaruit volgen de volgende aanvullende typering van dit beeld.

Het scenario van RIVM zegt over de ruimtelijke inrichting van Nederland dat het aantal inwoners zal afnemen tot 15 miljoen in de periode tot 2050. Door het strikte ruimtelijke ordeningsbeleid van de overheid kunnen bedrijven zich niet overal vestigen en vindt nieuwe woningbouw vooral plaats binnen bestaande stedelijke contouren. Voor de elektriciteitsvoorziening vervult de overheid een sturende rol bij de toewijzing van locaties voor centrales. Uitbreiding van bedrijfsterreinen wordt vooral verwacht in Twente en rond Nijmegen. De dienstverlenende sector groeit met name in de Randstad rond de grote steden, rond de steden in de Brabantse stedenrij, bij het knooppunt Arnhem-Nijmegen en in Twente.

Over de beleidsmatige inrichting zegt het Regional Communities scenario van het CPB.

Emissiehandel voor 2020	Europees; 2€/ton CO ₂ in 2005, 7€/ton in 2010; en 11€/ton in 2020
Emissiehandel na 2020	Internationaal: 20€/ton in 2030 en 84€/ton in 2040
Energiebelasting	Bij gas voor niet-deelnemers minimaal gelijk aan tarieven deelnemers plus CO ₂ -prijs, bij elektriciteit tarieven constant. (minder stijging door lagere CO ₂ -prijs)
Gebouwde omgeving	EPN woningbouw in 2006 naar 0,8 EPN. Utiliteitsbouw huidig niveau EPDB ingevoerd in 2008
Elektrische apparaten	Aanscherping energielabels, ook convenanten met minimum eisen. Ook labeling, maar minder aanscherping dan in Strong Europe
Industrie	Gehandhaafd blijft EIA, Wet milieubeheer en MJA-2
Glastuinbouw	AMvB eindigt in 2010 daarna egaliseren met Wet Milieubeheer naar 15% IRV
MEP duurzaam	Continuering huidig beleid, MEP-tarieven dalen door dalende kosten, gematigd implementatie tempo off-shore wind tot 2020
MEP WKK	Continuering huidig beleid
Kolenconvenant	Na 2012 geen verlenging
Kernenergie	Borssele open tot 2033, geen nieuwe centrales

Hierbij dient opgemerkt te worden dat in een vergelijkbaar scenario uit een ander CPB-rapport (Vier vergezichten op Nederland), dat eerder door TenneT is gebruikt, wel sprake is van nieuw kernenergievermogen. In de beleidsmatige inrichting volgens het CPB-scenario 'Regional Communities' is dat niet het geval.

5.3 Scenario 'Nieuwe burchten'

Typering TenneT (verkort)

In dit scenario nemen de verschillen in rijkdom tussen de westerse wereld en de andere regio's in de wereld toe. De conflicten en terroristische aanslagen die hieruit volgen leiden tot beschermde enclaves voor welgestelden. Lokale voorraden fossiele brandstoffen winnen in de Westerse wereld sterk aan belang. Nederland wordt een exporteur van elektriciteit vanwege de gunstige ligging voor kolenaanvoer, de beschikbaarheid van koelwater en de goede gasinfrastructuur. Duurzame bronnen worden alleen ontwikkeld wanneer dit past in het streven tot zelfvoorzienendheid. Er vindt veel nieuwbouw van woningen en kantoorgebouwen plaats, waarbij, vanwege de hoge automobiliteit, veel bedrijven dicht langs snelwegen gevestigd worden.

In dit scenario is er een focus op brandstofdiversificatie en de bouw van kolen- en kerncentrales op economisch gunstige locaties aan zee. Bij de inrichting van de elektriciteitssector is integratie met de procesindustrie een hoofdthema. Elektriciteit wordt hierdoor steeds meer een bijproduct van de procesindustrie.

We koppelen dit scenario van TenneT aan de scenario's 'Veilige Regio' van het RIVM en 'Transatlantic Market' van het CPB. Daaruit ontstaat de volgende nadere inkleuring van het beeld.

Het scenario van RIVM zegt over de ruimtelijke inrichting van Nederland dat het stedelijk wonen zal toenemen in de Noordvleugel van de Randstad, de Gelderse Vallei en rond de steden Apeldoorn, Den Bosch en Nijmegen. Het landelijk wonen zal vooral groeien op de Utrechtse Heuvelrug, rond de Veluwe, in het Rivierengebied, in de drie noordelijke provincies, de kop van Noord-Holland en in Noord-Brabant.



Over de beleidsmatige inrichting zegt het Transatlantic Market scenario van het CPB

Emissiehandel voor 2020	Europees; 2€/ton CO ₂ in 2005, 7€/ton in 2010; en 11€/ton in 2020
Emissiehandel na 2020	Systeem vervalt
Energiebelasting	Tarieven constant vanaf 2007
Gebouwde omgeving	EPN woningbouw in 2006 naar 0,8 EPN. Utiliteitsbouw huidig niveau EPDB ingevoerd in 2008, na 2020 vervalt EPN en EPDB
Elektrische apparaten	Geen aanscherping labels, na 2020 geen labels, geen eisen
Industrie	Gehandhaafd blijft EIA, Wet milieubeheer en MJA-2, na 2020 vervalt beleid
Glastuinbouw	AMvB eindigt in 2010 daarna egaliseren met Wet Milieubeheer naar 15% IRV, na 2020 vervalt beleid
MEP duurzaam	Continuering huidig beleid, MEP-tarieven dalen door dalende kosten, gematigd implementatie tempo off-shore wind tot 2020, na 2020 vervalt beleid
MEP WKK	Continuering huidig beleid, na 2020 vervalt beleid
Kolenconvenant	Na 2012 geen verlenging
Kernenergie	Borssele open tot 2033, bouw nieuwe centrales mogelijk

In dit scenario wordt er vanuit gegaan dat de CO₂-emissiehandel in 2010 stopt.

5.4 Scenario 'Geld regeert'

<p>Typering TenneT (verkort)</p> <p>Dit scenario veronderstelt een voortgaande globalisering en liberalisering. Het marktdenken overheerst. Sociale en milieuthema's kennen een lage prioriteit. Door afnemende olie- en gasvoorraden vindt er een sterke stijging van het kolenverbruik plaats. Ook kernenergie maakt een aanzienlijke groei door om aan de sterk stijgende elektriciteitsvraag te kunnen voldoen. Nederland wordt een grote importeur van elektriciteit. De verstedelijking zal in heel Nederland sterk toenemen en de uitbreiding van de bedrijvigheid zal zich vooral nabij stedelijk gebied concentreren.</p>
--

In dit scenario richt de technologische ontwikkeling zich vooral op goedkope (massa) productie en minder op besparing en duurzaamheid. Er is een beperkte ontwikkeling van de markt voor huishoudelijke energiesystemen zoals micro-warmtekracht.

We koppelen dit scenario van TenneT aan de scenario's 'Mondiale markt' van het RIVM en 'Global Economy' van het CPB. Daaruit volgen de volgende aanvullende typering van dit beeld.

Het scenario van RIVM zegt over de ruimtelijke inrichting van Nederland dat met een concentratie in Midden-Nederland het inwonersaantal stijgt naar ruim 20 miljoen. Het ruimtegebruik voor bedrijfsterreinen is vrij verdeeld over Nederland. Uitschieters naar boven zijn de Randstad, het westen van Noord-Brabant, de ruimte rond Groningen, het Knooppunt Arnhem-Nijmegen en de regio Rijnmond, waarin ook de derde Maasvlakte is voorzien. Glastuinbouw uit het

Westland wordt voor een deel verplaatst naar de regio Aalsmeer vanwege de bereikbaarheid van het hoofdwegennet en Schiphol.

Over de beleidsmatige inrichting zegt het Global Economy scenario van het CPB

Emissiehandel voor 2020	Europees; 2€/ton CO ₂ in 2005, 7€/ton in 2010; en 11€/ton in 2020
Emissiehandel na 2020	Systeem vervalt
Energiebelasting	Tarieven constant vanaf 2007
Gebouwde omgeving	EPN woningbouw in 2006 naar 0,8 EPN. Utiliteitsbouw huidig niveau EPDB ingevoerd in 2008, na 2020 vervalt EPN en EPDB
Elektrische apparaten	Geen aanscherping labels, na 2020 geen labels, geen eisen
Industrie	Gehandhaafd blijft EIA, Wet milieubeheer en MJA-2, na 2020 vervalt beleid
Glastuinbouw	AMvB eindigt in 2010 daarna egaliseren met Wet Milieubeheer naar 15% IRV, na 2020 vervalt beleid
MEP duurzaam	Continuering huidig beleid, MEP-tarieven dalen door dalende kosten, gematigd implementatie tempo off-shore wind tot 2020, na 2020 vervalt beleid
MEP WKK	Continuering huidig beleid, na 2020 vervalt beleid
Kolenconvenant	Na 2012 geen verlenging
Kernenergie	Borssele open tot 2033, bouw nieuwe centrales mogelijk

Ook in dit scenario wordt er vanuit gegaan dat de CO₂-emissiehandel in 2010 stopt.



6 Ontwikkeling van WKK in de scenario's

Dit hoofdstuk brengt de ontwikkelingen, die hiervoor geschetst zijn, met elkaar in verband en geeft aan wat de resulterende verwachting is met betrekking tot de inzet van WKK in de TenneT-scenario's over de zichtperiode van het nieuwe Kwaliteits- en Capaciteitsplan.

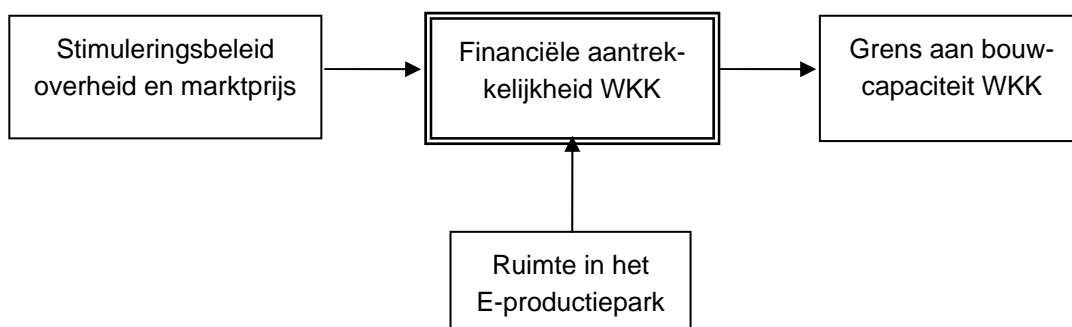
Qua omvang van het bij te plaatsen vermogen in de periode 2008-2014 zullen we daarbij, afhankelijk van het scenario, uitkomen tussen de 1.000 MWe (minimale autonome groei in de glastuinbouw) en de 5.000 MWe (de bijdrage van WKK aan de 2% besparingsdoelstelling, uit de studie van ECN voor het Ministerie van Economische Zaken; ECN, 2007). Gerelateerd aan de scenario's kunnen we daarbij ook indicatieve uitspraken doen over de inzet van de WKK-installaties, de verdeling over het land en de verdeling over de tijd. Daaraan voorafgaand schetsen we nog kort de belangrijkste factoren bij de besluitvorming over deze zaken.

6.1 Factoren voor de besluitvorming in de scenario's

Of er wel of geen WKK-installaties worden gebouwd en hoe deze worden ingezet blijkt in alle beschouwde segmenten primair af te hangen van het antwoord op de vraag of het voor de (potentiële) eigenaren aantrekkelijk is om een dergelijke installatie op te richten en te bedienen. Bij de beslissingen hierover speelt het financiële perspectief een centrale rol. Dat perspectief wordt door vele factoren beïnvloed, zoals beschreven in hoofdstuk 2. Enkele belangrijke factoren, die verschillen per scenario, en die ook min of meer beïnvloedbaar zijn, betreffen de mate van stimuleringsbeleid voor WKK en de vraag of er ruimte is voor de WKK in het totaal van overige productiemiddelen.

Als deze twee zaken allebei positief uitvallen voor WKK kan de ontwikkeling mogelijk nog worden geremd door onvoldoende capaciteit bij fabrikanten om in het gewenste tempo installaties te bouwen. In een schema kunnen deze zaken als onderstaand worden weergegeven. Een pijltje *naar* het blok 'Financieel aantrekkelijk' duidt op een positieve invloed (WKK wordt financieel aantrekkelijker), een pijltje *van* het blok af duidt op een negatieve invloed (minder aantrekkelijk).

Figuur 4 Enkele factoren voor de groei van het WKK-vermogen



Hieronder gaan we kort in op de in Figuur 4 aangeduide factoren en op hoe deze 'scoren' in de verschillende scenario's.

Stimuleringsbeleid

In alle scenario's van TenneT is er sprake van een stimuleringsbeleid (MEP) voor duurzaamheid en WKK. De scenario's onderscheiden zich op dit punt feitelijk niet van elkaar tot het jaar 2020.

De invulling van de energiebelasting verschilt wel wezenlijk over de scenario's. De toepassing van WKK, maar ook die van alternatieven daarvoor, is in dit opzicht het meest aantrekkelijk onder de scenario's 'groene revolutie' en 'duurzame transitie'.

Ruimte in het productiepark

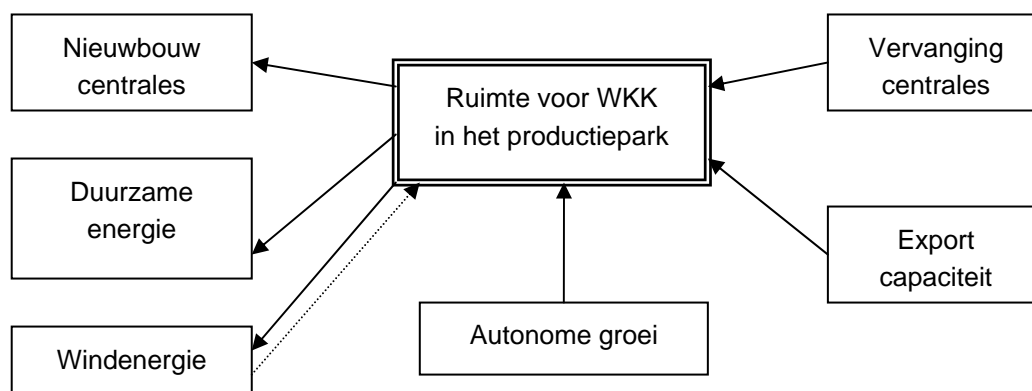
Het productiepark voor elektriciteit kent ruwweg drie soorten opwekeenheden. De eerste zijn de basislast centrales, die zijn ontworpen om continu en met (nagenoeg) volle capaciteit elektrische energie te produceren. De tweede soort zijn de middenlast centrales. Deze zijn er op gebouwd om de dagelijks fluctuaties in de vraag en vraagveranderingen door storingen e.d. op te vangen. Tot slot zijn er eenheden die alleen op piekmomenten in bedrijf worden genomen. WKK-eenheden van 5 tot 60 MWe rekenen we tot de categorie middenlasteenheden.

De komende jaren lijkt er in het productiepark enerzijds een duidelijke fractie basislast bij te komen en een beduidende hoeveelheid productiemiddelen die slecht stuurbaar zijn (windenergie). Een gevolg hiervan is dat een groter aandeel regelbaar vermogen nodig is. Een abrupt wegvallen van alle windvermogen is, zeker wanneer er sprake is van meerdere parken, niet erg waarschijnlijk. Maar de fluctuaties vergen wel extra inzet van andere flexibele productiemiddelen. De geïnstalleerde windcapaciteit bedroeg eind 2005 1.200 MWe (bron: CBS). De scenario's geven een uitbreiding aan van 3.000 tot 10.000 MWe. De uitbreidingen van het windvermogen zijn het grootst bij de scenario's 'groene revolutie' en 'duurzame transitie' (resp. 10.000 en 7.000 MWe).

De nieuwbouw van centrales die duidelijk voor basislast zijn bedoeld snoept de ruimte voor WKK op (WKK scoort slechter in de merit-order), maar wanneer daar tegenover oude bestaande centrales worden gesloten levert dit weer nieuwe ruimte op. Extra 'ruimte' voor WKK ontstaat ook bij een vergroting van de exportcapaciteit voor elektriciteit en bij vraagontwikkeling door bevolkingsgroei, sectorale ontwikkelingen e.d. In schema zijn deze verbanden als volgt weer te geven.



Figuur 5 Ruimte voor WKK in het E-productiepark



Een pijltje *naar* het blok 'Ruimte in het productiepark' duidt op een positieve invloed (verruiming), een pijltje *van* het blok af duidt op een negatieve invloed (verkrapping).

Grens aan de bouwcapaciteit

De wens om een omvangrijke hoeveelheid decentrale WKK (5 tot 60 MWe per installatie) op te richten kan alleen maar worden geëffectueerd indien er voldoende capaciteit beschikbaar is om dergelijke installaties te ontwerpen en te bouwen. Wij zien op grond van onze analyses geen reden te betwijfelen of de maximaal denkbare groei van het WKK-vermogen (van ca. 5.000 MWe over de periode 2008-2014) ook daadwerkelijk gerealiseerd kan worden. Dit met uitzondering van de door sommige partijen beoogde groei van het aantal micro-WKK (HRe) eenheden, welke bijzonder ambitieus is, maar in totaal nooit meer dan ca. 350 MWe zal betreffen.

6.2 Overzicht scenario's m.b.t. WKK

In de Tabel 4 geven we een vergelijkend overzicht gegeven van de relevante kenmerken van de vier scenario's.

In het bovenste deel staan de oriëntatie en de karakteristieken van de autonome groei-grootheden voor de vier scenario's. In het tweede deel de kentallen van de productie in het jaar 2030. Dit tijdstip ligt ver buiten zichtperiode van deze verkenning (2008-2014), de hier genoemde vermogensomvang moet dan ook worden gezien als een richting waarin het productiepark zich ontwikkelt. In de scenario's waar 'Duurzaamheid' het key-issue is, is er een opslagmedium voor elektriciteit geïntroduceerd om de onzekerheid in de e-productie van wind en zonne-energie op te vangen.

In het derde deel staat een analyse van de invloed die de genoemde factoren hebben op de beschikbare 'Ruimte in het productiepark'. Het is de invulling van het bovenstaande beïnvloedingsschema voor de vier scenario's. De invloed reikt van zeer negatief (nn), via negatief (n), positief (p) naar zeer positief (pp). Geen invulling betekent niet relevant

Tabel 4 Vergelijkend overzicht van relevante kenmerken voor de vier scenario's

	Groene revolutie	Duurzame transitie	Nieuwe burchten	Geld regeert
Duurzaam/fossiel	Duurzaam	Duurzaam	Fossiel	Fossiel
Markt - protectionisme	Markt	Protectionisme	Protectionisme	Markt
Omvang bevolking in 2050	19 milj.	15 milj.	18 milj.	20 milj.
Groei e-vraag	2%	1%	geen	3%
Idem in MWe per 2030	10.000	4.000	0	16.000
Productiepark 2030 in MWe				
Micro-WKK	5.000	4.000		
Wind	10.000	7.000	3.000	5.000
Overig duurzaam	4.000	4.000		
Opslag?	ja	ja		
Basis-uitbreiding	5.000	4.000	5.000	9.000
Basis-vervanging	11.000	11.000	6.000	11.000
Extra interconnectiecapaciteit	4.100	2.600	1.500	6.900
Involed op de beschikbare ruimte voor WKK				
Wind	nn	nn	n	n
Duurzaam	nn	nn		
Nieuwbouw	n	n	n	nn
Vervanging	pp	pp	p	pp
Interconnectiecapaciteit	pp	p	p	pp
Autonome groei	pp	p		pp

Een vergelijking leert dat daar waar de markt zijn werk doen, er het meeste 'p' is waar te nemen, het productiepark biedt daar de meeste ruimte voor WKK. Dit is bij de scenario's 'Groene revolutie' en 'Geld regeert'. Bij de andere twee scenario's is dat wat minder.

Hieronder geven we per scenario aan wat de resulterende verwachting is met betrekking tot de realisatie en inzet van WKK, over de zichtperiode van het nieuwe Kwaliteits- en Capaciteitsplan.

Scenario 'Groene revolutie'

Het voorzieningssysteem kent in dit scenario veel lokaal opererende duurzame producenten en wordt minder centraal. De forse inzet van duurzame energie vermindert de mogelijkheid van decentrale WKK. De extra export mogelijkheden en grote autonome groei daarentegen vergroten de mogelijkheden weer. Per saldo mag in dit scenario op een gemiddelde groei van decentrale WKK worden gerekend. We gaan uit van 2.500 MWe.

Hiervan wordt (ordegrootte) 1.500 MWe gerealiseerd in de glastuinbouw. De gemiddelde bedrijfstijd is 3.500 uur. Een deel van de glastuinbouw verhuist van het Westland naar West-Friesland. Daarmee verandert dus ook een substantieel deel van het WKK-vermogen van plaats.

In de industrie en gebouwde omgeving wordt in dit scenario resp. 700 en 300 MWe aan extra WKK-vermogen gerealiseerd, gespreid over het land en met een bedrijfstijd van resp. ca. 5.000 en 3.000 uur. Hier en daar zijn er kleine 'concentraties' van vermogen, zoals bij LNG-terminals en ICT-servers, waar een hoge bedrijfstijd wordt gerealiseerd. Op andere plaatsen verdwijnt bestaande



WKK. De bedrijvigheid neemt vooral toe rond de Zuidas, Rotterdam Airport en de Utrechtse Heuvelrug, maar dit heeft geen grote impact op het WKK-vermogen. Uitbreiding van de woningbouw vindt plaats in Noord-Holland en Oost Brabant. Micro-WKK zal naar verwachting echter vooral in de bestaande bouw, verspreid over het land, worden ingepast, wellicht deels al voorzien van brandstofcellen.

Scenario 'Duurzame transitie'

In dit scenario vindt eveneens veel duurzame, lokale productie plaats: micro-WKK, omvangrijke off-shore wind en zonne-energie. Er is een stevige overheidssturing die in die richting werkt. WKK wordt echter niet op zichzelf bevorderd. Ook de beperkte autonome vraaggroei en de uitbreiding van de exportcapaciteit dragen in dit scenario minimaal bij aan de beschikbare ruimte voor decentrale WKK. Alles bijeen wordt in dit scenario slechts een zeer beperkte inzet van decentrale WKK verwacht. We gaan uit van in totaal 1.500 MWe.

WKK houdt ook in dit scenario relevantie voor de glastuinbouw. In deze sector wordt 1.000 MWe gerealiseerd met een gemiddelde bedrijfstijd van 3.500 uur.

In de industrie wordt wat vermogen afgestoten en op andere plaatsen gebouwd. De effectieve groei blijft beperkt tot 200 MWe. De bedrijfstijd bedraagt 5.000 uur. Er is er een groeiende concentratie van bedrijvigheid in het oosten (Twente en Nijmegen).

In de gebouwde omgeving wordt, als gevolg van een sterke inzet van het overheidsbeleid hierop, 300 MWe WKK-vermogen gerealiseerd, voor een belangrijk deel in de vorm van micro-WKK in de bestaande bouw. Dit vermogen is verspreid over het land. De bedrijfstijd bedraagt 3.000 uur.

Nieuwe woonlocaties worden ontwikkeld rond de stedelijke gebieden. De dienstverlening concentreert zich verder rond de grote steden in West Nederland en Noord-Brabant.

Scenario 'Nieuwe burchten'

In dit scenario is er een sterke overheidsregie en wordt er gekoerst op fossiele brandstoffen. Daarbij ligt de inzet van decentrale WKK voor de hand. Er ligt een nadruk op zelfvoorzienendheid. Daar staat echter tegenover dat er in dit scenario feitelijk geen economische groei is en dat de vervangingsvraag en de uitbreiding van de interconnectiecapaciteit maar in geringe mate bijdragen aan het beschikbare ruimte. Al met al moet daarom worden geconstateerd dat in dit scenario er toch slechts gemiddeld decentrale WKK zal worden toegepast. We gaan uit van 2.000 MWe.

Hiervan wordt 1.800 MWe gerealiseerd in de glastuinbouw. WKK is hiervoor voldoende interessant. De gemiddelde bedrijfstijd is 3.500 uur.

In de industrie en gebouwde omgeving wordt in dit scenario in totaal slechts 200 MWe aan extra WKK-vermogen gerealiseerd. Dit is vooral een gevolg van de minimale economische groei en het ontbreken van een steunregeling voor micro-WKK. Het stedelijk wonen breidt zich uit in Midden-Nederland.

Scenario 'Geld regeert'

Ook in dit scenario is er een gerichtheid op fossiele brandstoffen, hetgeen een opwaarts effect heeft op het WKK-vermogen. Ook andere seinen staan op groen. Er is veel vervanging van productiecapaciteit, er is ruime groei in de interconnectiecapaciteit en de toename van zowel de bevolking als de e-vraag is hoger dan in elk ander scenario. Dit scenario kent, relatief, de meeste mogelijkheden voor decentrale WKK. De totale toename bedraagt 3.300 MWe.

Er is relatief veel tuinbouw die zich in dit scenario verplaatst van het Westland naar de omgeving van Aalsmeer. Er is dus veel WKK-vermogen dat van plaats verandert. Het totale vermogen in de glastuinbouw neemt toe met 2.000 MWe. De bedrijfstijd is 3.500 uur.

In de industrie en gebouwde omgeving wordt in dit scenario resp. 1.100 en 200 MWe aan extra WKK-vermogen gerealiseerd, gespreid over het land en met een bedrijfstijd van resp. ca. 5.000 en 3.000 uur. Nieuwe woongebieden ontstaan voornamelijk in Midden-Nederland.



7 Samenvattend beeld van de ontwikkelingen

In dit hoofdstuk vatten we de bevindingen uit de verschillende analyses en uit de confrontatie met de scenario's kort en bondig samen en duiden we de betekenis hiervan aan, voor het Kwaliteits- en Capaciteitsplan van TenneT.

Ambitie overheid

De nationale overheid acht het van belang dat het WKK-vermogen en vooral ook de benutting hiervan (het aantal draaiuren) toeneemt. Dit draagt bij aan het realiseren van de doelen met betrekking tot energiebesparing en CO₂-emissiereductie. WKK wordt daarvoor gezien als één van de meest kosten-efficiënte opties. Over de zichtperiode van het Kwaliteits- en Capaciteitsplan van TenneT zou er uitgaande van de beoogde jaarlijkse 2% energiebesparing zo'n 5.000 MWe nieuw WKK-vermogen bij moeten komen, met een gemiddelde bedrijfstijd van ca. 5.000 uur.

De analyses in het kader van deze studie laten zien dat deze waarden onder de gegeven marktomstandigheden zeer ambitieus zijn. De beleidsinvulling volgens de WLO-scenario's zal naar alle waarschijnlijkheid niet voldoende zijn om deze te realiseren. Daarvoor zijn diverse redenen, waarvan de belangrijkste is dat de veronderstelde stimuleringsinstrumenten (emissiehandel, continuering MEP) onvoldoende zijn om de onrendabele top van een WKK-investering te overbruggen.

Ruimte voor WKK in het productiepark

Door het bouwen van grootschalig nieuw productievermogen, in de vorm van kolencentrales en windparken, neemt de behoefte aan elektriciteit uit andere bronnen af. Het kolen- en windvermogen drukt het gasgestookte plateau de komende jaren voor een belangrijk deel uit de merit order. Dat geldt ook voor de WKK-eenheden.

WKK kan een rol spelen als vlot regelbaar vermogen bij snelle fluctuaties in het aanbod (windenergie) en in de vraag. Deze inzet van WKK kan in de nieuwe marktsituatie financieel aantrekkelijker worden, maar vormt geen reden voor het plaatsen van WKK-installaties op zich. Exploitanten zullen hier wel in toenemende op inspelen.

Financiële aantrekkelijkheid van WKK

De spark spread en financiële prikkels van de overheid (bij biomassa-WKK) zijn het meest bepalend voor het plaatsen en de bedrijfsvoering van WKK. De emissiehandel speelt (nog) vrijwel geen rol. Pieklast en onbalans ook niet.

De prijs die de exploitant op de lange termijn markt (OTC) kan afspreken voor de elektriciteitslevering gaat naar verwachting dalen. De spark spread verslechtert daardoor.

De overheid kan met gericht stimuleringsbeleid financieel het verschil maken. Hierbij kan gedacht worden aan het voortzetten van de huidige MEP-regeling om een deel van de onrendabele top van levering van WKK-stroom te overbruggen.

Na 2012 zal deze prikkel moeten komen van ETS-prijzen waarin de CO₂-reductie van WKK (> 20 MW) gewaardeerd wordt. Merk op dat het hier gaat om het elektriciteitsproductiedeel waarin overigens ook de warmteproductie via de CO₂-index gewaardeerd wordt. Bovenop deze MEP-regeling kunnen nog specifieke beleidsinstrumenten voor warmte (nuttig gebruik van warmte, heffing op restwarmte) worden ingezet, waardoor het investeringsklimaat voor nieuwe WKK verder verbeterd wordt. In deze fase zijn hier nog geen beleidsbeslissingen over genomen.

Technische ontwikkelingen

Er tekenen zich voor de komende jaren geen belangrijke nieuwe technische ontwikkelingen af op het terrein van de (inzet van) WKK. De enige ontwikkelingen met potentiële impact zijn die van de micro-WKK (HRe) en de benutting van WKK voor absorptiekoeling. In termen van op te stellen vermogen betreft het een zeer beperkte impact.

Dit leidt tot de volgende ontwikkelingen in de meest relevante sectoren.

Glastuinbouw

WKK is aantrekkelijk voor een groot deel van de glastuinbouw, waar de geproduceerde warmte, elektriciteit en CO₂ kunnen worden benut. De tuinders spelen om economische redenen in op de spotmarktprijs en op onbalans in het net. De totale bedrijfstijd van WKK-units in de tuinbouw bedraagt dan 3.000 à 4.000 uur.

Het WKK-vermogen in de glastuinbouw is enkele jaren fors gegroeid. Over de periode 2008-2014 blijft er groei, maar in veel lager tempo, tot een totaal van maximaal 2.000 MWe. Deze waarde wordt beschouwd als het maximaal mogelijke potentieel in de glastuinbouw, rekening houdend met de beschouwde periode, de schaalvergroting, bedrijfsverplaatsingen e.d.

De huidige en voorziene ontwikkeling van de spark spread en de ruimte voor WKK wijzen er op dat niet het maximum gerealiseerd zoal worden. Toch is er in alle scenario's wel groei.

Industrie

In de industrie is er nog wel potentieel, tot ca. 4.000 MWe, maar wordt niet aan bijbouwen van WKK gedacht. De ontwikkelingen zijn meer gericht op proces-efficiency en benutting van bestaande reststromen. De ontwikkeling van een aantal LNG-terminals bieden wel kansen voor WKK, maar ook daar zijn andere opties mogelijk.

Door technische ontwikkelingen daalt het aantal *must run* situaties waardoor WKK flexibeler inzetbaar is en naar verwachting de gemiddelde bedrijfstijd van WKK-installaties in de industrie zal dalen. De draaiuren worden meer marktgedreven. De verdere ontwikkeling van WKK bij de industrie is sterk afhankelijk van het stimuleringsbeleid van de overheid. Zoals het er nu naar uitziet is er wellicht eerst nog enige toename van het vermogen, maar is ook afname mogelijk wanneer nieuwe vermogen echt effect op de markt krijgt.



Gebouwde omgeving

In de gebouwde omgeving ontstaat meer aandacht voor energieprestatie, maar dit betekent niet automatisch meer WKK. Voor de woningbouw komt wel de micro-WKK, in beeld. Over de zichtperiode 2008-2014 betekent dit hooguit enkele honderden MWe, sterk gespreid over het land en met beperkte bedrijfstijd.

Voor de utiliteit is seizoensmatige opslag van warmte en koude sterk in opkomst, zeker voor nieuwbouw. WKK zal mede daardoor slechts in een beperkt segment van de utiliteit worden toegepast. Een bijzondere branche binnen de gebouwde omgeving vormt de ICT-sector, maar ook hier worden naar verwachting andere technieken dan WKK ingezet.

In het volgende overzicht is de verwachte ontwikkeling per scenario aangegeven.

<p style="text-align: center;"><i>Duurzame transitie</i></p> <p>1.500 MWe extra WKK-vermogen Bedrijfstijd 3.000 tot 4.000 uur 1.000 MWe glastuinders, gespreid 200 MWe industrie 300 MWe geb.omgev. vooral HRe Sterk gespreid over het land</p>	<p style="text-align: center;"><i>Groene revolutie</i></p> <p>2.500 MWe extra WKK-vermogen Bedrijfstijd 3.000 tot 5.000 uur 1.500 MWe tuinders, focus W. Friesland 700 MWe industrie 300 MWe geb.omgev. HRe en ICT Enige clustering van ontwikkelingen</p>
<p style="text-align: center;"><i>Nieuwe burchten</i></p> <p>2.000 MWe extra WKK-vermogen Bedrijfstijd 3.000 tot 4.000 uur 1.800 MWe glastuinders 150 MWe industrie 50 MWe geb.omgev. Sterk gespreid over het land</p>	<p style="text-align: center;"><i>Geld regeert</i></p> <p>3.300 MWe extra WKK-vermogen Bedrijfstijd 3.000 tot 5.000 uur 2.000 MWe tuinders, focus Aalsmeer 1.100 MWe industrie 100 MWe geb.omgev. vooral ICT Enige clustering van ontwikkelingen</p>

Stimulering van WKK

Om de 2%-besparingsdoelstelling te realiseren zal ook WKK een forse bijdrage moeten leveren van 5.000 MWe aan nieuw opgesteld vermogen en 5.000 uur bedrijfstijd in 2014. Met gericht stimuleringsbeleid zijn de beoogde waarden wel realiseerbaar. De focus van dat beleid zal dan moeten liggen op de industrie, zowel qua potentieel als qua bedrijfstijd. Wanneer de overheid daarop inzet zal m.n. in de industrie meer WKK worden ingezet.

De maximaal realiseerbare waarden over de periode 2008-2014 liggen voor de segmenten glastuinbouw, industrie en gebouwde omgeving op resp. 2.000, 4.000 en 1.000 MWe. In totaal zal dus ook bij intensieve stimulering door de overheid niet meer 7.000 MWe aan nieuw WKK-vermogen worden gerealiseerd.



Literatuurlijst

CEA, 2005

Burgers, H., Jullens, J., Schneider, H.
De marktpositie van WKK, verslag van de interviewronde 2005
Delft : CEA, 2005

CBS, 2007

Centraal bureau voor de statistiek, statline
Opgesteld warmtekrachtvermogen, 1998-2005
Voorburg/Heerlen : Centraal Bureau voor de Statistiek, 2007

CPB, 2006

Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau, Ruimtelijke Planbureau.
Welvaart en Leefomgeving
Den Haag : Centraal Planbureau, 2006

CPB, 2006a

Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau, Ruimtelijke Planbureau.
Welvaart en Leefomgeving, achtergronddocument
Den Haag : Centraal Planbureau, 2006

Deloitte Consultancy, 2005

Maziert, R., Oberman, W.D., Smith, S.
Prijsvorming WKK-elektriciteit
Amsterdam : Deloitte Consultancy b.v., 2005

ECN, 2005

Daniels, B.W., van Dril, A.W.N.
WKK in de referentieramingen 2005-2020. Achtergrondgegevens bij de WKK-
resultaten
Petten : Energiecentrum Nederland, 2005

ECN, 2005a

Harmsen, R. (ECN), de Joode, J. (ECN), van Melick, M. (SenterNovem)
WKK-monitor 2003-2003; jaarrapportage 2004
Petten : Energiecentrum Nederland, 2005

ECN, 2006

Daniels, B.W., van Dril, A.W.N., Boerakker, Y.H.A., Godfroj, P., van der Hilst, F.,
Kroon, P., Menkveld, M., Seebregts, A.J., Tigchelaar, C., de Wilde, H.P.J.
Instrumenten voor energiebesparing; instrumenteerbaarheid van 2% besparing
per jaar
Petten : Energiecentrum Nederland, 2006

ECN, 2006a

Gijzen, A., Boonekamp, P.G.M., Vreuls, H.H.J.
Gerealiseerd energiebesparingstempo in Nederland 1995-2004. Berekend op basis van het Protocol Monitoring Energiebesparing.
Petten : Energiecentrum Nederland, 2006

ECN, 2007

Hers, J.S.
Vraagstukken WKK inzake marktpositie (concept)
Amsterdam : Energiecentrum Nederland, 2007

KPMG, 2006

KPMG Sustainability
Onderzoek naar investeringsfactoren voor WKK's in Nederland
Amstelveen : KPMG Sustainability, 2006

RIVM, 2005

Borsboom-van Beurden, Boersma, W.T., Bouwma, A.A., Crommentuijn, L.E.M., Dekkers, J.E.C., Koomen, E.
Ruimtelijke Beelden, visualisatie van een veranderend Nederland in 2030
Bilthoven : RIVM, 2005

SPF, 2006

Hendriks, TH. P.M.
Marktonwikkeling Micro- en mini-warmtekracht in Nederland tot 2020
Smart Power Foundation, 2006

TenneT, 2006

Van der Lee, G.
Langetermijn netontwikkeling: scenario's belasting en productie
Arnhem : TenneT, 2006

UCE, 2006

Lysen, E., van Egmond, S., Hagedoorn, S.
Opslag van elektriciteit: status en toekomstperspectief voor Nederland
Utrecht : UCE, 2006

Websites:**EnergieNed, 2007**

<http://www.energiened.nl/Content/Home/HomePublic.aspx>

SenterNovem, 2007

http://www.senternovem.nl/energietransitie/nieuws/2006/voor_microwkk_is_geen_weg_meer_terug.asp



NODE, 2007

<http://www.energieplatform.nl/nl/energieopties/elektriciteitsvoorziening/achtergrond/techniek/vpp/>