

CE

**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

Concretisering CO₂-index

Rapport

Delft, oktober 2002

Opgesteld door: Balthasar Klimbie
Karin Blaauw
Stephan Slingerland



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Balthasar Klimbie, Karin Blaauw, Stephan Slingerland
Concretisering CO₂-index
Delft, CE, 2002

Warmte-krachtkoppeling / Kooldioxide / Meetmethode / Meten / Beleidsin-
strumenten / Subsidies / Kosten / Rendement

Publicatienummer: 02.3230.12

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel: 015-2150150

Fax: 015-2150151

E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Balthasar
Klimbie

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE 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.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkterreinen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Inhoud

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Achtergrond van het onderzoek	3
1.2 Onderzoeksvragen	3
1.3 Leeswijzer	3
2 Bemetering	5
2.1 Welke bemetering is nodig voor de CO ₂ -index?	5
2.1.1 Meetnauwkeurigheid	5
2.1.2 Meetfrequentie en meetwijze	7
2.1.3 Bemetering per type installatie	7
2.2 Sluit de huidige praktijk aan bij de vereisten?	7
2.2.1 Wet- en regelgeving bij bemetering	8
2.2.2 In de praktijk aanwezige bemetering	9
2.2.3 Conclusies	11
2.3 Zijn de kosten van meting acceptabel?	11
2.3.1 Inventarisatie van kosten metingen	11
2.3.2 Kosten metingen versus vereisten CO ₂ -index	12
2.3.3 Conclusies	13
2.4 De invloed van een verkeerde plaatsing van de meters	13
2.4.1 Gebruik van een hulpketel	13
2.4.2 Warmtelevering en verkeerd geplaatste meters	14
2.4.3 Eigen energiegebruik t.b.v. de installatie	15
2.4.4 Warmtedumping	15
2.4.5 Conclusies verkeerde meting	15
2.5 Conclusies bemetering	16
3 Referenties voor de CO ₂ -index	17
3.1 Inleiding	17
3.2 Wat zijn referenties voor warmtekracht installaties van 1992 tot 2002?	17
3.3 Hoe moeten referenties in de komende jaren worden vastgesteld?	19
3.4 Model voor berekening 'CO ₂ neutrale elektriciteit'	19
3.5 Wat is de totale CO ₂ -reductie van het WK park?	21
4 Conclusies en aanbevelingen	25
4.1 Conclusies	25
4.1.1 Conclusies bij de bemetering	25
4.1.2 Conclusies bij de keuze van de referentie	26
4.2 Aanbevelingen	27
Literatuur	29
A Bemetering	33
B Technische kentallen WK	35

Samenvatting

Het Ministerie van Economische Zaken wil voor warmte-kracht installaties de CO₂-index gebruiken als basis voor een stimuleringsregeling. Hiervoor zijn een aantal aspecten omtrent bemetering en te hanteren referentiewaarden verder uitgewerkt.

Een goede bemetering van de inkomende (gas) en uitgaande energiestromen (elektriciteit en warmte) is noodzakelijk om een betrouwbare CO₂-index te kunnen bepalen en er daarmee voor te zorgen dat de stimuleringsregeling de juiste installaties beloont. In de praktijk blijken er reeds voor andere doeleinden, voldoende betrouwbare metingen plaats te vinden die, aangevuld met een verklaring van een accountant of erkend meetinstituut, gebruikt kunnen worden voor een betrouwbare CO₂-index. De extra kosten van validering van de meting zijn merendeels beperkt in relatie tot de baten. Er zijn 2 soorten gevallen waar zich problemen kunnen voordoen:

- bij de kleinste installaties (< circa 100 kW) zijn de meters waarschijnlijk niet voldoende en kunnen nieuwe eisen hoge kosten met zich meebrengen die niet in een goede relatie staan tot de mogelijke baten;
- bij grootschalige warmtelevering zijn de meters bij de huishoudens meestal onvoldoende nauwkeurig voor de CO₂-index. Dit kan ondervangen worden door dichtbij de eindgebruikers een extra hoogwaardige meting voor te schrijven.

Er zijn situaties denkbaar dat de meters verkeerd worden geplaatst, dat een hulpwarmteketel wordt meegenomen, dat het eigen elektriciteitsverbruik van de WK-installatie niet wordt verdisconteerd, of dat warmte niet nuttig wordt gebruikt. Deze situaties kunnen voorkomen, maar hebben geen of zeer weinig effect op de betrouwbaarheid van de CO₂-index. Het eigen elektriciteitsverbruik wordt in de praktijk al verdisconteerd in de meting, en het niet benutten van warmte om daarmee een extra premie te ontvangen is financieel niet interessant, dus levert geen impuls voor fraude op. Bij de berekening van de CO₂-index moet ervoor gezorgd worden dat de meters alle ingaande en uitgaande gas, elektriciteit en warmte meten. Als dat gebeurt levert het geen grote problemen op als hulpwarmte wel of niet wordt meegenomen.

Een ander belangrijk onderdeel van de CO₂-index zijn de te gebruiken referentierendementen. Gebleken is dat de eerder gehanteerde referentierendementen (CE, 2000) voor laagwaardige warmte goed zijn, die van hoogwaardige warmte iets lager vastgesteld zou moeten worden en die van elektriciteit enkele procentpunten hoger zouden moeten zijn. Bij elkaar levert dit het overzicht op voor de te hanteren referentierendementen:

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Elektriciteit	51.4%	51.8%	52.3%	52.8%	53.3%	53.8%	54.4%	55.0%	55.7%	56.4%
warmte HT	91.2%	91.3%	91.4%	91.5%	91.6%	91.7%	91.8%	91.9%	92.0%	92.0%
Warmte LT	99.2%	99.3%	99.4%	99.5%	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%	100%	100%

Voor de komende jaren wordt voorgesteld uit te gaan van gelijkblijvende waarden en jaarlijks de praktijkontwikkelingen te evalueren en zondig de rendementen dan bij te stellen.

Tot slot is berekend hoeveel CO₂ jaarlijks bespaard wordt als de CO₂-index wordt gehanteerd. Dit is een belangrijk gegeven om te kunnen voorspellen hoeveel geld een stimuleringsregeling voor WK vergt die is gebaseerd op de

CO₂-index. De besparingen zijn uitgedrukt in vermeden tonnen CO₂ en in aantallen CO₂-vrije kWh-en (blauwe kWh).

Het gehele bestaande WK-park, opgedeeld in 3 segmenten levert een besparing van 4,4 Mton CO₂ per jaar¹, oftewel 11,2 TWh blauwe elektriciteit.

besparing per jaar	CO ₂ -reductie ¹ (Mton)	blauwe stroom ¹ (TWh)
centraal vermogen	1,4	3,6
decentraal >2 MW	2,4	6,4
decentraal <2 MW	0,5	1,3
totaal	4,4	11,2

¹ De hier getoonde getallen zijn *niet* geschikt om de CO₂-reductie van WKK te vergelijken met andere vormen van CO₂-reductie vanwege de gehanteerde referenties. Om de prestatie van bijvoorbeeld duurzame bronnen met deze WKK cijfers te vergelijken moet eerste de CO₂-prestatie van deze bronnen worden berekend aan de hand van deze index.



1 Inleiding

1.1 Achtergrond van het onderzoek

De overheid stimuleert op verschillende manieren CO₂-reductie. In de praktijk gaat het daarbij tot dusver steeds om regelingen die de aanschaf van efficiëntere technologie bevorderen. Aangezien aanschaf echter in lang niet alle gevallen ook een efficiënt gebruik van installaties hoeft te betekenen, is de vraag ontstaan of het mogelijk is om de werkelijke CO₂-reductie van installaties in kaart te brengen.

CE heeft in het verleden de mogelijkheden onderzocht om te komen tot een dergelijke "CO₂-index" voor warmte-kracht installaties. In twee eerdere rapporten werden basisvoorwaarden voor de CO₂-index geformuleerd en werd een eerste uitwerking van de CO₂-index gepresenteerd². Dit rapport bouwt voort op de eerdere onderzoeken en geeft aan de hand van enkele specifieke vragen omtrent bemetering en te hanteren referentiewaarden een verdere concretisering van de CO₂-index.

1.2 Onderzoeksvragen

In dit project werden de volgende onderzoeksvragen uitgewerkt:

Bemetering

- 1 Welke bemetering is nodig voor het correct vaststellen van de CO₂-index?
- 2 Sluit de huidige praktijk aan bij deze vereisten?
- 3 Welke kosten zijn verbonden aan de extra eisen aan de bemetering en wat zijn de kosten van het aflezen?
- 4 Welke invloed op de CO₂-index heeft een verkeerde plaatsing van meters?

Referenties

- 5 Wat zijn de referenties voor WK's met bouwjaren 1992 tot 2002?
- 6 Hoe zouden op een consistente wijze de referenties voor de komende jaren moeten worden vastgesteld?
- 7 Wat zou op basis van deze referenties de CO₂-reductie van het WK-park zijn, uitgaande van de beschikbare gegevens over het park?
- 8 Is het EZ model voor de berekening van CO₂-neutrale elektriciteit correct en bruikbaar?

De beantwoording van deze vragen komt in de navolgende hoofdstukken aan de orde.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van dit rapport gaat in op de vragen rondom bemetering. In hoofdstuk 3 analyseren we de te hanteren referenties voor de CO₂-index voor warmtekrachtinstallaties. Hoofdstuk 4 geeft de conclusies en aanbevelingen die uit het onderzoek volgen.

² CE (2000) "Is een kwaliteitsindex voor CO₂-reductie mogelijk?"; CE (2001) "Uitwerking CO₂-index".



2 Bemetering

In dit hoofdstuk gaan we in op de vragen rondom de bemetering die noodzakelijk is voor de CO₂-index. In paragraaf 2.1 beschrijven aan welke voorwaarden de bemetering zou moeten voldoen. Vervolgens bekijken we in paragraaf 2.2 de huidige bemeteringspraktijk voor verschillende WK-installaties en de mogelijke knelpunten die dit oplevert voor de noodzakelijke bemetering. De kosten van aanpassingen van de bemetering worden in paragraaf 2.3 globaal in kaart gebracht. In paragraaf 2.4 wordt bekeken welke meetfout een verkeerde plaatsing van de meter veroorzaakt. Tot slot worden in paragraaf 2.5 conclusies getrokken met betrekking tot de te beantwoorden vragen.

2.1 Welke bemetering is nodig voor de CO₂-index?

Om de CO₂-index in te kunnen vullen zijn in het algemeen de bedrijfsgegevens van een WK-installatie nodig. Deze bestaan uit:

- de hoeveelheid verbruikt gas in m³;
- de hoeveelheid geleverde elektriciteit in kWh en
- de hoeveelheid geleverde warmte, in MJ.

Daarnaast zijn nog éénmalig een aantal gegevens nodig van de installatie, zoals bouwjaar, temperatuurniveau van de geleverde warmte en het aansluitniveau van de elektrische spanning. Met behulp van deze gegevens kan in principe de CO₂-index van een warmtekracht installatie worden uitgerekend.

Bij de noodzakelijke bemetering voor de CO₂-index spelen daarnaast de volgende vragen een rol:

- met welke nauwkeurigheid moet er gemeten worden?
- hoe vaak moet er gemeten worden?
- hoe moet er gemeten worden, handmatig of op afstand?
- welke kosten voor bemetering zijn acceptabel?
- wat is de samenhang met het type installatie?

2.1.1 Meetonnauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van meters voor elektriciteits-, gas- en warmtemeting verschilt in de praktijk sterk. Dit heeft enerzijds te maken met de plaatsing van de meter, die bepaalt aan welke vereisten voldaan moet worden, anderzijds met de aard van de meting en de specifieke situatie op een bepaalde locatie (temperatuur, druk, hoge- of lage spanning, etc.).

Om duidelijk te maken welke consequenties de onnauwkeurige meters hebben, is in het onderstaande rekenvoorbeeld de invloed van meetfouten op de CO₂-index berekend. Dit is gedaan door het maximale verschil tussen de gemeten en de werkelijke waarde voor de CO₂-index bij een nauwkeurige en een onnauwkeurige meter te berekenen. Bij een nauwkeurige meter zijn we daarbij uitgegaan van een meetfout van maximaal 0,5%, voor een minder nauwkeurige meter zijn we uitgegaan van een meetfout van 5%. Het rekenvoorbeeld laat zien dat de meetfout zeer grote consequenties kan hebben voor de berekening van de CO₂-index.

Om de CO₂-index te kunnen bepalen moeten de ingaande gasstroom en de geproduceerde elektriciteit en warmte worden gemeten. Op basis van deze

gemeten waarde kan worden berekend welk deel van de kilowatturen CO₂-vrij kan worden genoemd of hoeveel CO₂ is gereduceerd.

De kwaliteit van de meters blijkt niet altijd even goed. Om kosten te besparen worden ook meters gebruikt die een minder grote nauwkeurigheid hebben. We hebben in het rekenvoorbeeld de worst case gevallen genomen. Dat wil zeggen dat de gemeten output hoger is en de gemeten input lager dan werkelijk, dit geeft de grootst mogelijke vertekening.

Bij de berekeningen gaan we uit van de volgende gegevens³:

	WK	Referenties ⁴
elektrisch rendement	0,33	0,55
thermisch rendement	0,5	0,95

Tabel 1 De maximale waarde van de CO₂-index bij verschillende meetonnauwkeurigheden

gemeten energiedragers	zonder meetfout	0,5% meetfout	5% meetfout
output elektriciteit	33	33,165	34,65
output warmte	50	50,25	52,5
input gas	100	99,5	95
CO ₂ -index	21%	23%	37%

Uit deze tabel blijkt dat een systematische fout van 5% bij alle meters de berekende CO₂-index in het slechts denkbare geval doet toenemen van 21% naar 37%⁵. Dit is een toename van 80%. Deze grote afwijking kan worden verklaard doordat de meetfout gaat over de absolute gemeten waarde van de stroom, terwijl de CO₂-index alleen het verschil in rendement weergeeft. Bijvoorbeeld een afwijking van 5% van de gemeten gasinput van 100 eenheden zijn 5 eenheden. Stel dat de berekende reductie 13 eenheden gas zou zijn dan worden dat er nu 8 of 18, een relatief groot verschil.

Bij een maximale meetfout van 0,5% voor alle meters, waarbij de fouten elkaar niet (deels) compenseren, is de CO₂-index met 23% nog ongeveer 10% hoger dan de werkelijke waarde (21%).

In praktijk is de kans dat dergelijke fouten optreden klein en/of het effect daarvan beperkt. De belangrijkste redenen hiervoor zijn dat:

- de onnauwkeurigheden meestal niet in dezelfde richting doorwerken;
- elektriciteits- en gasmeters een grotere nauwkeurigheid hebben;
- de maximale onnauwkeurigheden meestal optreden bij kleine energiestromen.

De conclusie is dat de nauwkeurigheid van de meters zeker een bron van aandacht is, maar niet iets dat gebruikt van de CO₂-index in de praktijk onmogelijk maakt.

³ In deze voorbeeldberekeningen gaan we ervan uit dat er geen verliezen optreden bij transport en distributie.

⁴ Dit zijn voorbeeldrendementen en niet de werkelijke die in de CO₂-index zelf worden gebruikt.

⁵ In principe kan dit ook een vermindering van de CO₂-index veroorzaken.



2.1.2 Meetfrequentie en meetwijze

De meetfrequentie voor berekening van de CO₂-index hoeft niet hoog te zijn wanneer we uitgaan van een jaarlijkse toekenning van een vergoeding.

Een lage meetfrequentie kan de betrouwbaarheid zelfs verhogen doordat naast de hogere rendementen van de WK-installatie tijdens sommige perioden, ook mogelijk negatieve emissiereducties tijdens andere perioden, in het totaal effect worden opgenomen. De reden hiervan is dat de vergoedingensystematiek alleen emissiereducties beloont, maar hogere emissies niet belast. Bij korte meetperiodes zullen daarom de extra emissies ten opzichte van de referentie buiten beschouwing blijven waardoor de CO₂-reductie hoger lijkt.

Het maakt geen verschil of de meting handmatig of automatisch op afstand wordt verricht. Wel is het noodzakelijk dat de meting plaatsvindt, of gecontroleerd wordt, door een onafhankelijke partij. Dit kan een gecertificeerd meetbedrijf zijn (dat al dan niet onderdeel uitmaakt van een energiebedrijf) of een accountant.

2.1.3 Bemetering per type installatie

Welk soort bemetering noodzakelijk is hangt af van het type installatie. We onderscheiden hierbij de STEG, de gasturbine, de gasmotor en de microturbine. De STEG, de gasturbine en de gasmotor worden in de praktijk veel toegepast, waarbij de gasmotor met name voor de kleinere vermogens wordt ingezet (ECN, 2002). De microturbine is een relatief nieuwe technologie die nog niet veel wordt ingezet, maar in de toekomst voor de kleinere vermogens een belangrijke rol kan gaan spelen.

Gasmotoren en microturbinen hebben een vaste warmtekracht verhouding. Deze kan wel tussen individuele installaties variëren. Bovendien is er enige variatie mogelijk in de verhouding op verschillende punten in de belastingcurve van de installaties. De STEG en de gasturbine hebben een regelbare, variabele warmtekracht verhouding.

Voor een betrouwbare waarde van de CO₂-index is bij WK-installaties met een variabele warmtekracht verhouding bemetering van zowel de gas-, de elektriciteits- en de warmtestroom noodzakelijk. Bij installaties met een vaste warmtekracht verhouding kan de warmtemeting achterwege blijven. De warmtestroom kan in dit geval berekend worden uit de gasinvoer en elektriciteitsproductie. Hiervoor moet de verhouding warmte/kracht van de individuele installaties bekend zijn. Dit kan door een eenmalige meting van de warmtekracht verhouding. Voor de elektriciteitsproductie geldt daarnaast dat de bemetering zodanig moet plaatsvinden dat alleen de netto elektriciteitsproductie wordt gemeten. Het deel van de geproduceerde elektriciteit dat nodig is voor eigen gebruik van de warmtekracht installatie wordt zo afgetrokken van de totale output van de installatie.

2.2 Sluit de huidige praktijk aan bij de vereisten?

In deze paragraaf gaan we in op de mate waarin de praktijk aansluit bij de hierboven genoemde vereisten. Daarbij is relevant wat de huidige vereisten uit wet- en regelgeving zijn voor bemetering van warmtekrachtinstallaties en wat de bevindingen van bij de praktijk betrokkenen zijn.

2.2.1 Wet- en regelgeving bij bemetering

Voor elektriciteits-, gas- en warmtemetingen geldt de volgende wet- en regelgeving:

Elektriciteitsmeters die aan het openbare net gekoppeld zijn, moeten voldoen aan de wettelijke eisen van de meetcode. Enkele belangrijke punten hierin zijn:

- iedere gebruiker is zelf verantwoordelijk voor de installatie van een meter die voldoet aan de eisen van de meetcode, een zogenaemde “comptabele meter”. De netbeheerder is verantwoordelijk voor het verzamelen van de gegevens en kan dit uitbesteden aan een meetbedrijf;
- het meetbedrijf moet voldoen aan gestandaardiseerde (ISO) normen en gecertificeerd zijn door een instelling die geaccrediteerd is bij Raad voor Accreditatie. In totaal zijn er volgens opgave van EnergieNed 18 gecertificeerde meetbedrijven, waaronder een aantal die zijn opgericht door de energiebedrijven.
- doorgave van meetresultaten per aansluiting moet voor verbruikers in de vrije markt (aansluitwaarde > 3 x 80 A) dagelijks gebeuren als het gecontracteerde transportvermogen groter is dan 0,1 MW. In andere gevallen moet dat jaarlijks gebeuren.
- de meetinrichting mag bepaalde foutenmarges niet overschrijven. Voor hoogspanningsmeters geldt voor installaties groter dan 5 MW een maximale meetfout tussen 0,40 en 1,20%, afhankelijk van de stroomsterkte en arbeidsfactor. Voor installaties tussen 2 en 5 MW geldt een maximale meetfout van 0,85 – 1,75% en bij installaties kleiner dan 2 MW mag de meetfout niet hoger zijn dan 1,50 tot 3,25% bij verschillende stroomsterktes en arbeidsfactoren. Voor laagspanningsmeters geldt een maximale meetfout van 3,30 tot 5,25% afhankelijk van stroomsterkte en arbeidsfactor.
- in de administratie van de meetinrichting moeten onder meer fabrikaat en bouwjaar van de installatie worden vastgelegd.

Voor *gasmeters* bestaat er geen door Dte goedgekeurde meetcode. De gasbedrijven hebben wel op eigen initiatief een meetcode ontwikkeld, maar deze heeft vooralsnog geen wettelijke basis. Wel wordt deze door de bedrijven gehanteerd als “de norm”. Verwachting is dat onderstaande normering in de toekomst nog zal worden aangescherpt. Een protocol voor telemetrische aflezing (“DLMS protocol”) is momenteel in ontwikkeling. Er bestaan nog geen vereisten aan de bedrijven die een gasmeting uitvoeren. Wel is een berekeningswijze voor de maximaal toegestane meetfout per individuele installatie in de gasmeetcode vastgelegd.

De eisen in de Meetcode Gas 2001 (Sectieraad netbeheerders, 2001) variëren per gebruikerscategorie. Er worden drie categorieën onderscheiden. In onderstaand overzicht worden de eisen per categorie weergegeven:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| > 10 mln m ³ per jaar: | meter die per uur gasafname en totaal verbruik vastlegt. Verplicht elektronisch volumehandleidingsinstrument (EVHI), dat corrigeert voor temperatuur en druk. De maximale meetfout hiervan is 0,3%. |
| 170.000 – 10 mln m ³ : | a > 1 mln m ³ : dezelfde meter als grootverbruikers verplicht.
b 170.000 – 1 mln m ³ : zelfde meter als grootverbruikers niet verplicht, dit heeft wel voorkeur. De maximale meetfout hiervan is, afhankelijk van het type meter maximaal 5,5%. |



< 170.000 m³: meter hoeft alleen het totaal verbruik vast te leggen, transportkosten worden bepaald met gemiddeld afnameprofiel. Dit wordt gecorrigeerd voor graaddagen via het landelijk meetnet van Gastec. De maximale meetfout hiervan is, afhankelijk van het type meter en de druk, 7%.

Voor *warmtemeters* is markt vrij. Er bestaat vooralsnog geen warmtewet die bepaalt aan welke vereisten warmtemetingen moeten voldoen en in welke situaties ze zouden moeten worden toegepast.

De wet Energiebesparing toestellen (WET) geeft een kader op grond waarvan regels gesteld zouden kunnen worden aan de rekenwijze bij warmtemeting. Dit zou bij AmvB kunnen gebeuren. Vooralsnog wordt hierbij echter uitgegaan van het standpunt dat verplichte bemetering pas aan de orde is als blijkt dat vrijwillige bemetering niet het gewenste resultaat oplevert.

Voor warmtedoorstroommeters geldt daarnaast sinds 1997 een Europese norm (EN 1434). Hierin zijn de eisen gesteld aan: de nauwkeurigheid van de meters, de installatie, het uitlezen van de meters, en de initiële ijking, het gebruik en onderhoud en de fraudebestendigheid.

De norm onderscheidt 3 nauwkeurigheidsklassen. De eerste klasse is vooralsnog niet ingevuld door het ontbreken van geschikte testmethoden en stroommeters. Voor de overige 2 klassen zijn maximale toegestane meetfouten (MPE) bepaald. Deze MPE's zijn afhankelijk van de temperatuurverschillen tussen de aan- en afvoer temperatuur en de stroomsnelheid. Verder is een differentiatie in bepaling van de MPE gemaakt naar type meter. Een indicatie op basis van worse-case laat zien dat de meetfout hierbij maximaal ruim 7% voor klasse 2 tot ongeveer 8,5% voor klasse 3 bedraagt. De formules voor bepaling van de MPE staan vermeld in bijlage A.2.

Deze maximale fout is meer dan voor een betrouwbare CO₂-index verantwoord is. Aanvullende nauwkeurigheidseisen zijn daarom van belang, zoals het gebruiken van een meter die gedimensioneerd is voor zijn toepassing. Uit de formules blijkt namelijk dat met name meters die niet maximaal worden benut de grootste foutmarge hebben.

Voor de regeling *groencertificaten* geldt dat voor installaties groter dan 3 x 80 A een maandelijkse meting moet plaatsvinden en voor kleinere installaties jaarlijks. Aanvullend daarop geldt dat bij biomassa-installaties een accountant eens per zes maanden een verklaring moet afgeven welk percentage van de geproduceerde elektriciteit in de voorafgaande periode als duurzaam kan worden aangemerkt.

2.2.2 In de praktijk aanwezige bemetering

Om zicht te krijgen op de praktijk van metingen bij verschillende typen warmtekracht installaties hebben we een aantal telefonische interviews uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de bemetering voor kleinere en grote installaties sterk uiteen loopt.

Voor de *grotere (industriële) warmtekrachtinstallaties* worden meestal zowel de gasstroom als elektriciteit en warmte nauwkeurig bemeten. Dat geldt zowel voor de afname van gas uit het net en de levering van elektriciteit aan het net, als voor meters die "intern" op het eigen terrein worden geplaatst. De bedrijfsinterne meters hebben over het algemeen een minder grote nauwkeurigheid dan de zogenaamde "compatabele" meters die direct op het aftakpunt van het hoofdnet geplaatst zijn. Dit is van belang omdat in de praktijk de gasaanvoerleiding voor de WK-installaties, samen met andere

gasgestookte installaties, na het afnamepunt van het hoofdnet wordt afgetapt.

In de meeste gevallen zijn de meters bij grote industriële warmtekracht installaties op afstand afleesbaar.

Bij de recente liberalisering van de gasmarkt zijn veel meters van grotere installaties vervangen. Dit was nodig om ze te laten voldoen aan de eis tot aflezing per uur en om de eis van de gasmeetcode dat alle meters bij een installatie in principe in handen van één eigenaar moeten zijn. De oude meters op de aftappunten waren vaak in handen van de netbeheerder.

Ook voor WK-installaties die niet direct zijn aangesloten op het openbare gasnet vindt bemetering plaats van de specifieke gasstroom die de warmtekracht centrale ingaat. Dit is noodzakelijk voor teruggave van de REB. Actueel discussiepunt daarbij is hoe vaak en op welke manier de meterstand daarbij moet worden opgenomen. Een jaarlijks opname is het minimum.

Voor *kleinere warmtekrachtinstallaties* die in de tuinbouw (en utiliteitsbouw) gebruikt worden komen in de praktijk twee typen situaties voor. Ofwel de installatie is direct op het gasnet aangesloten, of de installatie wordt afgetakt van de hoofdgasstroom na het aansluitpunt van de tuinder. In het laatste geval staat de installatie dus niet direct op het openbare gasnet aangesloten. In beide gevallen vindt vrijwel altijd bemetering plaats, waarbij de meter die direct op het aftakpunt van het gasnet staat in ieder geval moet voldoen aan de eisen van de door de branche afgesproken gasmeetcode. Het aflezen van de meter wordt gedaan door het energiebedrijf, of door de tuinder zelf.

Elektriciteitslevering aan het net en het eigen verbruik van de warmtekrachtcentrale bij tuinders worden ook bemeterd. Deze bemetering is nodig om het rendement van de installatie aan te kunnen tonen, wat weer noodzakelijk is voor teruggave van de REB.

Van de warmteproductie bij gasmotoren in de tuinbouw is niet geheel duidelijk of hiervan een bemetering plaatsvindt. De indruk bestaat dat dit lang niet altijd gebeurt. Dit is echter vanuit het perspectief van de CO₂-index ook niet strikt noodzakelijk, omdat bij gasmotoren de verhouding tussen elektriciteitslevering en warmteproductie vast is. Wanneer gastoevoer en elektriciteitsproductie bekend zijn, kan de warmteproductie vervolgens eenvoudig berekend worden.

Microturbines vormen een nieuwe categorie. Er zijn nog maar weinig bestaande installaties van in bedrijf. De verwachting is echter dat het marktaandeel van deze installaties in de toekomst sterk zal toenemen. De gangbare bemetering van de huidige installaties komt naar verwachting overeen met die van gasmotoren.

Voor een belangrijk deel van de installaties is de benodigde bemetering reeds aanwezig. Tabel 2 geeft een overzicht van de benodigde en de aanwezige bemetering bij verschillende installaties.

Met de liberalisering van de energiemarkt wordt voor afnemers met een verbruik van meer dan 170.000 m³ een meter aanbevolen die de gasstand per uur opneemt. Deze zijn over het algemeen op afstand afleesbaar. In de praktijk hebben echter nog niet alle tuinders een dergelijke meter. Volgens een regeling die nu besproken wordt bij LTO Nederland moeten tuinders in ieder geval maandelijks zelf de gasstand opnemen, waarbij eens per jaar een opname door het energiebedrijf plaatsvindt. Dit om de kosten van het meten zelf, die bij maandelijkse meting door het energiebedrijf fors kunnen oplopen, te beperken.



Tabel 2 Bemetering van de in- en output bij WK-installaties

		aanwezigheid bemetering	noodzaak bemete- ring	mogelijk knelpunt
STEG	G	+	+	
	E	+	+	
	W	+	+	Ja ¹
Gasturbine	G	+	+	
	E	+	+	
	W	+	+	Ja ¹
Gasmotor	G	+	+	
	E	-	+	Ja ³
	W	-	- ²	

¹ Vanwege onvoldoende onnauwkeurigheid bij grootschalige warmtelevering.

² Gasmotoren en microturbines hebben een vast W/K verhouding waardoor de warmteproductie uit de elektriciteitsproductie kan worden berekend.

³ In de glastuinbouw hebben niet alle WK installaties een eigen elektriciteitsmeter, in die gevallen dat deze er nog niet staat, moet deze wel worden geplaatst.

De warmtemeting bij eindgebruikers van stadsverwarming is naar verwachting weinig betrouwbaar, een extra meetpunt in het distributiesysteem kan de betrouwbaarheid vergroten.

2.2.3 Conclusies

Vergelijking van de gangbare praktijk bij bemetering met de eerder geformuleerde vereisten levert de volgende conclusies op:

- frequentie en nauwkeurigheid van metingen worden voor elektriciteit en gas al vastgelegd in bestaande regelgeving;
- voor grote installaties is de bemetering het nauwkeurigst, zowel voor warmte, gas als elektriciteit;
- door liberalisering van de energiemarkt vindt op dit moment al een vervanging plaats van meters. De trend gaat daarbij naar steeds nauwkeurigere meters en frequentere meting. Gezien de vereiste nauwkeurigheid voor meting van de CO₂-index en praktische haalbaarheid lijkt het van belang hierbij aan te sluiten en daarbij ook eisen te stellen aan bedrijfsinterne metingen;
- voor warmtemeting zijn nog geen wettelijke vereisten geformuleerd terwijl dit voor een nauwkeurige berekening van de CO₂-index voor STEG's en gasturbines wel van belang is. Een dergelijke warmtemeting kan echter achterwege blijven bij gasmotoren, waarvoor een vaste warmtekracht verhouding geldt.

2.3 Zijn de kosten van meting acceptabel?

Om te kunnen bepalen of de kosten van meting acceptabel zijn, hebben we eerst de kosten geïnventariseerd en vervolgens beoordeeld in welke gevallen nieuwe meters noodzakelijk zijn en in hoeverre de kosten zich verhouden tot mogelijke baten.

2.3.1 Inventarisatie van kosten metingen

Voor de praktijk van bemetering is het eveneens van belang om te weten wat de kosten van meters zijn. Prijzen voor elektriciteits-, gas- en warmte-

meters voor warmtekracht-installaties blijken in de praktijk sterk uiteen te lopen. Navraag bij verschillende aanbieders leert het volgende:

- prijzen verschillen sterk per type installatie en per type meter. Voor gas- en warmtemeters spelen o.a. doorlaatgrootte, temperatuur en druk een rol, voor elektriciteitsmeters stroomsterkte en spanning. Gangbare typen gasmeters zijn balgen-, rotor- en turbinemeters. Ook ultrasone gasmetingen zijn mogelijk. Warmtemetingen kunnen onder meer gedaan worden met vleugelrad-, schoepenrad- en magnetische meters;
- nauwkeurigheid speelt ook een rol bij de prijsbepaling;
- in het algemeen zijn elektriciteitsmeters het goedkoopst, gevolgd door gas- en warmtemeters. Vergelijking van de prijzen van verschillende aanbieders en gesprekken met in de praktijk betrokkenen levert het volgende, zeer globale beeld:

Elektriciteitsmeters € 100 – 1.000

Gasmeters € 1.000 – 2.500

Warmtemeters € 1.000 – 7.000

- het gaat hierbij om prijzen voor de meters zelf, waarbij installatiekosten nog buiten beschouwing zijn gelaten. De installatietijd varieert van een half uur voor een eenvoudige elektriciteitsmeter tot meerdere dagen voor complexe warmte- en gasmeetsituaties, met bijbehorende kosten (arbeidsloon, voorrijkosten etc.). Installatiekosten kunnen in het laatste geval 2-3 keer zo hoog zijn als de kosten voor de meter zelf;
- meters van grotere installaties zijn vrijwel altijd standaard telemetrisch afleesbaar. Voor kleinere installaties moet hiervoor een module bijgekocht worden;
- de kosten voor het aflezen van de meter zijn te verwaarlozen bij een telemetrische aflezing. Indien de aflezing handmatig plaatsvindt is de vraag door wie dat gebeurt van belang. Bij aflezen door de gebruiker zelf zijn de kosten nul (afgezien van een beperkte tijdsinvestering), wanneer de aflezing door het energiebedrijf plaatsvindt zullen hiervoor kosten ontstaan die met name bestaan uit uurloon voor degene die de meter afleest plus voorrijkosten. In verhouding tot de kosten voor de meter zelf en installatie hiervan zijn deze echter beperkt zolang het aflezen niet te frequent gebeurt.

Daarbovenop zal nog een controle moeten plaatsvinden door een accountant. De kosten voor een vergelijkbare controle voor groencertificaten voor biomassa centrales kost tussen de € 800,- en € 1.600,- voor een tijdsbesteding van respectievelijk 12 tot 24 uur (zie bijlage A.1). Voor de controle op WK-installaties is een belangrijk deel van uitgevoerde werkzaamheden niet van toepassing. Een schatting van de tijdsbesteding voor de controle op WK-installaties komt op 2 uur. Dit komt overeen met ongeveer € 130,- per controle. Indien wordt aangesloten bij de groencertificatenregeling (halfjaarlijkse controle) of gekozen wordt voor een jaarlijkse controle zijn de kosten van de accountantscontrole in verhouding tot de overige bemeteringskosten beperkt.

De totale kosten komen hiermee op € 1.100 tot ruim € 10.000 aan eenmalige kosten en ongeveer € 130 per jaar aan terugkerende metings of accountantskosten.

2.3.2 Kosten metingen versus vereisten CO₂-index

De terugverdientijd van een nieuwe meter dient zo kort mogelijk te zijn om de transactiekosten van de CO₂-index regeling beperkt te houden. Voor de grotere installaties is dit geen probleem. De kosten/batenverhouding is hier bij aanschaf van nieuwe meters gunstig. Bovendien zal in het merendeel van



de gevallen geen nieuwe plaatsing van meters nodig zijn omdat de bestaande bemetering voldoet.

De kosten voor het aflezen van de meter en controle hierop door een accountant zijn in verhouding tot de aanschaf- en installatiekosten van een meter beperkt indien wordt gekozen voor een laagfrequente aflezing en controle (halfjaarlijks of jaarlijks).

Voor kleine installaties zijn de kosten van bemetering wel cruciaal. Bij deze installaties is extra bemetering van minimaal de elektriciteitsoutput en een eenmalige ijking van de installatie, in een deel van de gevallen, noodzakelijk. In onderstaand rekenvoorbeeld is voor de kleinere installaties bekeken hoe hoog de relatieve meerkosten zijn.

Rekenvoorbeeld kleine WK-installatie

Uitgangspunten voor de berekening zijn:

- een prijs voor de elektriciteitsmeter van € 350 (Actaris, 2002),
- een stimuleringsregeling van € 0,01 per blauwe kWh (fictief !)
- 20% totale elektriciteit uit de WK-installatie als blauwe kWh.
- 75% benutting van het vermogen op jaarbasis.

De berekende terugverdientijd is dan:

1,5 maand voor een installatie met een vermogen van 450 kWe⁶.

15 maanden voor een kleine installatie met een vermogen van 30 kWe .

2.3.3 Conclusies

De kosten van de meters zijn voor grote installaties acceptabel, zeker omdat de aanwezige meters meestal volstaan en dus geen extra kosten noodzakelijk zijn.

De kosten voor kleine installaties zijn acceptabel omdat extra kosten binnen een redelijke termijn kunnen worden terugverdiend.

De kosten voor zeer kleine installaties (beneden circa 100 kWe) kunnen te hoog worden, zeker als hier accountants- en/of meetkosten bijkomen.

2.4 De invloed van een verkeerde plaatsing van de meters

Er zijn een aantal veel voorkomende situaties denkbaar waarvoor de plaats van de meter relevant kan zijn voor de uitkomst van de CO₂-index. Voorbeelden hiervan zijn:

- 1 Bijplaatsing van een hulpketel voor warmteproductie bij de WK-eenheid of bijstoken van gas in de afgassenketel (WTW in gasturbine).
- 2 Elektriciteit voor eigen gebruik.
- 3 Een verkeerd geplaatste warmtemeter bij warmtelevering.
- 4 Warmtedumping in de tuinbouw.

In onderstaande paragrafen wordt voor een aantal situaties de invloed op de CO₂-index doorgerekend.

2.4.1 Gebruik van een hulpketel

Bij veel WK installaties is een hulpketel geplaatst om tijdelijk meer warmte te kunnen leveren, en/of een grotere leveringszekerheid te hebben. Het kan voorkomen dat de meters die bij de WK zijn geplaatst ook de energiedragers

⁶ Gemiddelde voor land en tuinbouw tussen 1988 en 1999 (cijfers SENTER regeling, EZ).

van de hulpketel mee meten. De vraag is of dat de berekening van de CO₂-index beïnvloedt.

Bij de berekeningen gaan we uit van een WKK, aangevuld met een hulpketel. Deze hulpketel kan drie rendementen hebben: gelijk rendement als de referentie, een lagere en een hogere. De uitkomsten van de berekeningen staan in de onderstaande tabel. Hierbij moet worden bedacht dat het een momentopname betreft waarbij de productie van hulpwarmteketel en WK-installatie gelijk is. In de praktijk is dat op jaarbasis meestal 10 a 20% zodat de verschillen een factor 5 a 10 lager zijn.

Tabel 3 De invloed van de hulpketel op de CO₂index

	zonder	gelijk ¹	lager ¹	hoger ¹
rendement hulpketel		0.95	0.9	1
warmteoutput hulpketel		19	18	20
totaal				
elektriciteit	33	33	33	33
warmte	69	69	68	70
gasgebruik	120	120	120	120
CO ₂ -index	21%	21%	19%	23%

¹ De hulpwarmteketel heeft een rendement gelijk aan / lager / hoger dan de referentie voor warmteproductie.

Als het rendement van de hulpketel gelijk is aan de referentie, dan is de uitkomst van de CO₂-index hetzelfde. Bij een lager rendement dan de referentie komt de index lager uit en als de hulpketel een hoger rendement heeft dan komt de index hoger uit. Belangrijk uitgangspunt is dat alle ingaande energiestromen en alle uitgaande energiestromen worden gemeten en dat niet de meting van gas die de hulpwarmteketel ingaat buiten beschouwing blijft.

De conclusie is dat er dan geen onterechte CO₂-reductie wordt beloond, hooguit komt de CO₂-reductie niet alleen van de WK-installatie maar ook van de hulpwarmteketel die een hoger rendement heeft dan de referentie.

Bijstoken in de afgassenketel is feitelijk een dezelfde situatie, de conclusies komen daarom overeen.

2.4.2 Warmtelevering en verkeerd geplaatste meters

De warmte wordt zelden gebruikt op de plaats waar deze wordt opgewekt. Zeker in het geval van warmtelevering aan gebouwde omgeving of bij grootschalige inzet in de industrie kunnen de transportafstanden aanzienlijk zijn. Over het algemeen loont het financieel niet de moeite om hiervoor vacuüm geïsoleerde leidingen te gebruiken, waardoor het warmteverlies significant kan zijn.

In de berekening van grootschalige warmtelevering wordt voor de woningbouw uitgegaan van een warmteverlies van 15%. Op industrieel niveau zal dit verlies kleiner zijn omdat de warmte minder 'vertakt' wordt dan bij de individuele woningen, het temperatuurniveau is echter vaak hoger. Ook hierbij kan extra verlies optreden omdat de WK-installatie niet altijd bij de stoom-



ketel staat. In die gevallen moeten ook de verliezen tussen WK-installatie en stoomketel worden verdisconteerd.

Als een warmtemeter de door de WK geproduceerde warmte meet, terwijl daarna in het leveringstraject nog warmteverlies optreedt, dan zal dit eenzelfde effect hebben op de uitkomst van de CO₂-index berekening als een meter met een onnauwkeurigheid. Dit betekent dat zo dicht mogelijk bij het werkelijke gebruik, zo nauwkeurig mogelijk gemeten moet worden om een betrouwbare CO₂-index te bereiken.

2.4.3 Eigen energiegebruik t.b.v. de installatie

Een WK-installatie gebruikt zelf ook elektriciteit voor de pompen, besturings-elektronica e.d. In de praktijk zijn elektriciteitsmeters die worden gebruikt zogenaamde netto-meters zijn, die zowel de ingaande als uitgaande elektriciteit meten. Het eigen gebruik wordt dan verdisconteerd met de geleverde elektriciteit.

Een verkeerde plaatsing van de meter kan tot een verhoging van de gemeten rendementen en hiermee een te hoge CO₂-index leiden. Voor de output van de WK wordt dan productie gemeten die door de WK-installatie zelf gebruikt wordt. Om dit te voorkomen moet de bemetering samenvallen met de systeemgrenzen van de WK-installatie.

2.4.4 Warmtedumping

Er zijn situaties denkbaar waarbij de opbrengst van de elektriciteitsproductie alleen al voldoende is om de WK-installatie rendabel te laten draaien. Met name voor installaties met een vaste W/K verhouding zoals in de tuinbouw levert dit een warmteoverschot op dat niet wordt benut. Ook voor dit deel zal het hoge rendement van co-generatie worden gemeten. Dit probleem neemt toe doordat via elektronische besturing op afstand het decentrale vermogen centraal voor de elektriciteitsproductie besturing kan worden benut.

Dit fenomeen treedt op tijdens piekuren waarin de elektriciteitsvraag relatief hoog is. Berekeningen (CE, 2001) tonen aan dat beloning volgens de CO₂-index systematiek hier slechts een marginale verhoging in te weeg brengt.

2.4.5 Conclusies verkeerde meting

Fouten door verkeerde meting ten gevolge van de hiervoor genoemde oorzaken hebben geen tot een beperkt effect als de meetpunten voor gas, warmte en elektriciteit op de systeemgrenzen plaats vinden. Dit betekent dat alle ingaande energie goed wordt gemeten, en ook alle uitgaande energie. Hiermee wordt voorkomen dat gasverbruik door de hulpketel of in de afgas-senketel en eigen elektriciteitsverbruik van de WK-installatie een fout tussen de gemeten CO₂-index en de feitelijke emissiereductie veroorzaken. Waar de systeemgrenzen dan precies worden gelegd (bijvoorbeeld met of zonder hulpketel) kan dan vrij worden gelaten. Hierdoor wordt per definitie de emissiereductie van het gehele WK-systeem gemeten.

Bij grootschalige warmtelevering en industriële WK kan de situatie optreden dat ten onrechte de distributieverliezen niet worden meegenomen. Dit kan een groot effect hebben op de CO₂-index. Doordat de individuele referentie-installatie voor warmteopwekking geen distributieverliezen kent (warmtekotel staat bij gebruiker) moeten deze verliezen in het rendement van de WK worden opgenomen. De meter moet in deze gevallen worden geplaatst op de plaats van gebruik.

2.5 Conclusies bemetering

Het is noodzakelijk dat de meting plaatsvindt, of gecontroleerd wordt, door een onafhankelijke partij. Dit kan een gecertificeerd meetbedrijf zijn (dat al dan niet onderdeel uitmaakt van een energiebedrijf) of een accountant. De meetfout van de te hanteren meters moet zo klein mogelijk zijn. Een jaarlijkse gecontroleerde meting is voldoende, tussentijds is opgave door de eigenaar van de installatie mogelijk om de voorschotten zo dicht mogelijk in de buurt van de werkelijke waarde te laten uitkomen.

De huidige praktijk sluit in de meeste gevallen voldoende aan op de gewenste situatie. Meting van warmte die niet ter plaatse van de WK-installatie wordt gebruikt geeft de grootste onnauwkeurigheid doordat die meters niet voldoende nauwkeurig zijn. Extra meters kunnen hier verbetering aanbren- gen.

De kosten voor bemetering zijn in alle gevallen, met uitzondering van de al- lerkleinste WK-installaties, een zeer klein deel van de te verstrekken ver- goeding.

Verkeerde plaatsing van de meters is of niet aan de orde (eigen verbruik WK-installaties) of levert geen probleem op mits alle ingaande en uitgaande energiestromen worden bemeten.



3 Referenties voor de CO₂-index

3.1 Inleiding

Om de CO₂-index van een installatie vast te stellen zijn praktijkwaarden van een referentie opwekkingsinstallatie nodig. Deze referentie moet representatief zijn voor de CO₂-emissie van de best gangbare technologie. Uitgangspunt voor de referentie zijn de energiedragers die worden geleverd. Dit zijn elektriciteit en warmte. Voor warmte wordt een verder onderscheid gemaakt in hoogwaardige warmte (stoom T>200°C) en laagwaardige warmte (T<110°C) (EU,2002).

In paragraaf 3.2 worden de referenties getoetst aan de praktijk en vastgesteld. Paragraaf 3.3 geeft aan hoe deze referenties de komende jaren kunnen worden vastgesteld. Behalve in tonnen gereduceerde CO₂ kan de emissiereductie ook op andere manieren worden weergegeven. Een methode hiervoor is het omrekenen van de gerealiseerde emissiereductie naar CO₂-vrije geproduceerde elektriciteit. Een model hiervoor wordt besproken in paragraaf 3.4. Vervolgens wordt in paragraaf 3.5 voor het bestaande WK-park berekend hoe groot de totale emissiereductie is, uitgedrukt als CO₂-vrije elektriciteit.

3.2 Wat zijn referenties voor warmtekracht installaties van 1992 tot 2002?

De methode CO₂-index bepaalt de CO₂-reductie ten opzichte van een referentietechnologie voor warmte- en elektriciteitsopwekking. De hoogte van deze referenties bepaalt de berekende emissiereductie.

In het rapport 'Uitwerking CO₂-index' zijn per jaar referenties gedefinieerd voor de productie van elektriciteit en warmte (hoge en lage temperatuur).

Deze referenties zijn:

- voor elektriciteitsopwekking de STEG 250 MWe;
- voor hoogwaardige warmte een stoomketel;
- voor lage temperatuur een HR-107 ketel.

De referenties worden bepaald per bouwjaar met de in dat jaar gerealiseerde praktijkrendementen. De voortschrijdende verbetering in rendement van de referentie per jaar is hierin dus verdisconteerd. Voor installaties ouder dan 10 jaar wordt als referentie het huidige bouwjaar opnieuw als basisjaar genomen. Aanbevolen wordt om bij tussentijdse verbetering van bestaande WK-installaties het originele bouwjaar als referentie aan te houden. Hiermee blijft een stimulans tot tussentijdse verbeteringen bestaan.

De referentiewaarden zijn gebaseerd op gangbare best practices. Hiernaast worden in andere methoden ook wel gemiddelde rendementen gehanteerd⁷. Tabel 4 geeft van een aantal regelingen de gehanteerde referenties. Zoals blijkt uit de tabel zijn de verschillen tussen beide benaderingen aanzienlijk, met name voor elektriciteitsopwekking.

⁷ (Protocol Duurzame Energie).

Tabel 4 Referentierendementen 2001

	CO ₂ -index ⁸	Protocol Duurzame Energie ⁹	CO ₂ -reductieplan
Elektriciteit	51.3%	41.7%	55,3 %
Warmte hoogwaardig	94.0%	90%	90%
Warmte laagwaardig	100%	95%	100%

De keuze voor gemiddelde rendementen of voor best practices als referentie is afhankelijk van het doel van de vergelijking. Om de totale emissiereductie van technologieën te beoordelen zijn gemiddelde cijfers het meest geschikt; zoals in het protocol monitoring energiebesparing (Boonekamp et al, 2001). Maar vergelijking met gangbare best practices geeft een beter inzicht in de meerwaarde van technieken zoals Warmte Kracht. Daarom worden in de methode CO₂-index best practices technologieën als referentie gehanteerd. Naast de methode CO₂-index wordt deze systematiek ook in het CO₂-reductieplan toegepast.

Bepaling van de referentierendementen

De geschiktheid van de gedefinieerde referentierendementen (CE, 2001) is bekeken. Een knelpunt bij de validatie van de referentierendementen van de STEG is de beschikbaarheid van rendementsgegevens ten tijde van de originele bouwjaren. Voorheen werden deze door de SEP verzameld. Dit deel is in principe overgegaan naar de Nederlandse Elektriciteits Administratie (NEA), maar hier zijn deze gegevens niet meer te verkrijgen. De OECD heeft praktijkrendementen geïnventariseerd die enkele procentpunten hoger liggen dan de eerder gehanteerde rendementcijfers. Omdat deze voor enkele jaren overeenkwamen met praktijkcijfers van Nederlandse installaties worden deze nu overgenomen (zie Tabel 5). De OECD cijfers geven de rendementen bij optimale productie aan. Wij zijn er van uitgegaan dat tussen het optimum en de jaarlijks te realiseren praktijk een verschil zit van 4%, ten gevolge van start, stop en deellastverliezen. In de hier gepresenteerde cijfers is dit verschil verwerkt. In bijlage B worden de referenties bepaald.

De referentierendementen voor laagwaardige warmteopwekking zijn niet aangepast. Weliswaar zijn de ervaringscijfers voor warmteopwekking in de woningbouw met 97,5% tot 95%¹⁰ lager dan de gehanteerde 100%. Voor andere warmte toepassingen zoals de tuinbouw is de best practice met 102% (inclusief condensatoren) juist iets hoger dan de referentie (LEI,1996). Voor de totale vraag in de verschillende sectoren komt het referentierendement dus wel goed overeen. Dit komt bovendien overeen met de waarde die in het CO₂-reductieplan wordt gehanteerd.

Deze referentie beperkt zich tot inzet van WK voor ruimteverwarming, warm tapwater valt buiten de systeemgrenzen. Voor de productie van tapwater bij warmtelevering in de woningbouw worden veelal aparte installaties ingezet. Systematieken waarbij tapwateropwekking wel wordt meegenomen komen op lagere rendementswaarden voor de referentie HR-ketel uit (rond de 92%).

Het referentierendement voor hoogwaardige warmtelevering is gewijzigd in 92% (Garg¹¹, 1997, ECN, 1999).

⁸ CE, 2001.

⁹ EZ, 2001a.

¹⁰ Voor ruimteverwarming.

¹¹ Bij een temperatuur van de rookgassen van 149°C en een 15% hogere luchttoevoer dan voor de verbranding strikt noodzakelijk is het thermische rendement 91.8%



Tabel 5 Referentie omzettingsrendementen

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Elektriciteit	51.4%	51.8%	52.3%	52.8%	53.3%	53.8%	54.4%	55.0%	55.7%	56.4%
warmte HT	91.2%	91.3%	91.4%	91.5%	91.6%	91.7%	91.8%	91.9%	92.0%	92.0%
Warmte LT	99.2%	99.3%	99.4%	99.5%	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%	100%	100%

3.3 Hoe moeten referenties in de komende jaren worden vastgesteld?

De referenties voor de CO₂-index zijn niet statisch, zoals de ontwikkeling van de afgelopen jaren laat zien. Ook toekomstige veranderingen moeten worden verwerkt. De rendementen voor warmteopwekking zijn vrij stabiel doordat het hierbij gaat om redelijk geoptimaliseerde technieken. Ook andere systematieken zoals het Protocol monitoring duurzame energie nemen voor opwekkingsrendementen voor warmte tot 2020 vaste waarden aan (Tabel 6).

Tabel 6 Referentie omzettingsrendementen uit het Protocol monitoring duurzame energie

	1990	1995	2000	2010	2020
Electriciteit ¹	37.7	38.3	41.7	52.8	59.5
Warmte hoogwaardig ²	90	90	90	90	90
Warmte laagwaardig ²	95	95	95	95	95

¹ voor de tussenliggende jaren wordt een lineaire ontwikkeling verondersteld

Voor het rendement van elektriciteitsopwekking met de STEG worden meestal wel verbeteringen voorspeld, maximaal met enkele procentpunten. We bevelen aan om de referenties voor alle drie de referentieopwekkings-technieken jaarlijks te evalueren op basis van gerealiseerde verbeteringen in het voorgaande jaar. Mogelijke nieuwe referentierendementen kunnen dan voor het volgende jaar worden vastgesteld. In de bijstelling hiervan zit daarom noodzakelijkerwijs een vertraging van 2 jaar.

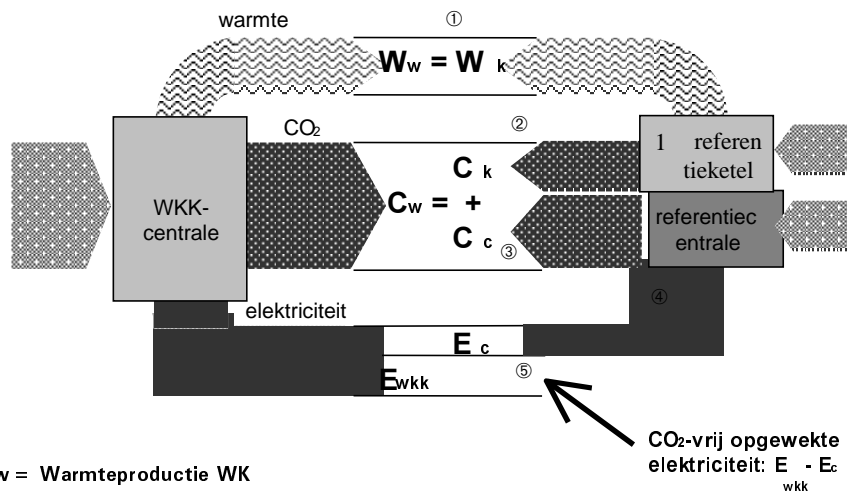
3.4 Model voor berekening 'CO₂ neutrale elektriciteit'

De emissiereductie van WK installaties kan op verschillende manieren worden weergegeven zoals:

- 1 Absolute hoeveelheden CO₂ (tonnen).
- 2 Relatieve besparing van CO₂ zoals in de CO₂-index.
- 3 Als CO₂-vrije elektriciteit in (kWh CO₂-vrij).

Figuur 1 geeft een model berekeningswijze voor de berekening van CO₂-vrije elektriciteit schematisch weer. Hierbij wordt de CO₂-besparing van de WK-installatie geheel toegerekend aan de elektriciteitsopwekking. Deze rekenwijze wordt meestal toegepast in MJA's (van Dril et al, 1999).

Figuur 1 Model berekeningsmethodiek (EZ, 2002)



- W_w = Warmteproductie WK
- W_k = Warmteproductie ketel
- C_w = Co₂-emissie WK
- C_k = CO₂ productie verwarmingsketel
- C_c = CO₂ productie referentiecentrale
- E_c = elektriciteit productie referentiecentrale
- E_{wkk} = elektriciteit productie WK
- F = emissiefactor elektriciteitsproductie referentiecentrale

Formule voor berekening van de hoeveelheid CO₂-vrije opgewekte elektriciteit is:

$$E_{vrij} = E_{wkk} - (C_w - W_w * EF_k) / F$$

$$W_w = W_k \text{ en}$$

$$C_w = C_k + C_c$$

Het aandeel CO₂-vrije elektriciteit in de WKK-installatie is dan:

$$E_{vrij} / E_{wkk} \times 100\%$$

Voorbeeld

Stel dat de te beoordelen installatie een WKK-eenheid is met een elektrisch rendement van 33% en een thermisch rendement van 50% met een energie-input van 100 eenheden gas en een output van 100 eenheden CO₂. Dit geeft een productie van 50 eenheden warmte en 33 eenheden elektriciteit.

Stel dat de referentie voor elektriciteit een gas gevoede STEG is met een rendement van 55% en voor de warmte de referentie een gasketel met een rendement van 95%.

Voor de warmteproductie in de referentie zijn dan $50 / 95\% = 53$ eenheden gas en CO₂ nodig. Voor de productie van elektriciteit zijn dan nog 47 eenheden CO₂ en gas over. Dit levert $55\% \times 47$ eenheden, dat is dus 26 eenheden elektriciteit. De CO₂-vrije elektriciteit bedraagt dan $33 - 26 = 7$ eenheden.

Dit is 27 % van de referentie elektriciteitsproductie.



De methode "CO₂-vrije elektriciteit" is dus geschikt om de emissiereductie uit te drukken. In tegenstelling tot methoden CO₂-index en vermeden CO₂-emissie wordt het effect in deze methode geheel toegerekend aan de elektriciteitsproductie.

In de bovenstaande berekeningswijze zijn vermeden elektriciteit verliezen stroomopwaarts nog niet opgenomen. Deze verliezen bedragen tussen de 1 en de 6% (zie bijlage B.6), afhankelijk van het type installatie.

Als alle CO₂-reductie wordt toegerekend aan elektriciteit (blauwe kWh-en) dan betekent dit dat warmtelevering geen milieuvoordeel meer heeft omdat er anders dubbeltelling van het milieuvoordeel zou plaatsvinden. Dit kan betekenen dat gemeenten deze techniek dan niet langer stimuleren.

3.5 Wat is de totale CO₂-reductie van het WK park?

De CO₂-index is een systematiek die is ontworpen om de emissiereductie van een individuele installaties in de praktijk vast te kunnen leggen. De systematiek is niet ontworpen om berekeningen uit te voeren over de prestaties van het hele WK-park. We voeren hier toch een dergelijke exercitie uit om inzicht te krijgen in de berekende besparing volgens de methodiek. Doordat de berekening is uitgevoerd ten opzichte van best practice opwekkingstechnieken komen de uitkomsten niet overeen met de resultaten van andere studies. De uitkomsten zijn lager dan wanneer van gemiddelde rendementen wordt uitgegaan en hoger dan bij gebruik van de huidige best practice referentierendementen voor alle bouwjaren.

Methodiek

In de berekening is de CO₂-emissie van het WK-installatie park vergeleken met de hoeveelheid CO₂ die een dezelfde opwekking van warmte en elektriciteitsopwekking met de referentietechnieken zou opleveren.

Hierbij is uitgegaan van een verdeling in het park naar decentraal en centraal vermogen. Het decentrale vermogen is het totale vermogen, uitgezonderd de centrale warmtedistributiesystemen voor stadsverwarming en groot-schalige warmtelevering aan de glastuinbouw (ECN, 2002 en Elzenga et al, 2001). In Tabel 7 wordt de gehanteerde verdeling van elektrische vermogens naar de verschillende onderdelen van het park gegeven.

Tabel 7 Verdeling elektrisch vermogen WK park naar type installatie

	GWe
centraal vermogen	3,5
decentraal vermogen > 2MW	3,0
decentraal vermogen < 2 MW	0,8

Het vermogen van de verschillende installaties loopt hierbij sterk uiteen van ongeveer 25 tot meer dan 300MWe voor het centrale vermogen. Voor het decentrale vermogen ligt de ondergrens onder de 0,5MWe tot meer dan 200MWe.

Decentraal vermogen

De berekening is gebaseerd op het geïnstalleerde vermogen decentrale WK-installaties van 1988 tot 2000. Dit is afgeleid uit de vastgestelde aanvragen voor decentrale WK uit de SENTER-regeling (gegevens EZ). Voor deze installaties is de verdeling per jaar, per sector, het vermogen en een opde-

ling naar 2 grootte klassen (>2MWe en <2MWe) gegeven. Installaties van voor 1988 zijn niet in de berekeningen opgenomen omdat hiervan geen geschikte gegevens beschikbaar waren. Dit geeft een afwijking doordat ongeveer 16% van het bestaande decentrale park van voor 1990¹² is.

In de berekening is een onderverdeling gemaakt naar drie type installaties de STEG-WK, de gasturbine en de gasmotor. Deze domineren in de praktijk het geïnstalleerde WK vermogen. Stoomturbines komen met name voor bij de categorie die voor 1990 is gebouwd (CBS, 2002). Microturbines zijn niet meegenomen omdat deze nog een zeer gering marktaandeel hebben.

De verdeling naar het type installatie is niet bekend. Deze verdeling is afgeleid van de verdeling naar sectoren.

De gasmotor wordt grotendeels in de tuinbouw neergezet en een geringer deel in de dienstensector (ECN, 2002). Hierbij wordt vrijwel alleen lage temperatuur warmte geleverd. Voor de vermogens kleiner dan 2MW is daarom de gasmotor verondersteld en lage temperatuur levering. De grotere installaties zijn vrijwel altijd een STEG of een gasturbine (ECN, 2002). Voor de verdeling hiervan wordt 80% van het vermogen voor de STEG en 20% voor de gasturbine aangenomen (schatting CE op basis van ECN, 2002).

Hierbij wordt zowel hoge als lage temperatuur geleverd. Gemiddeld gaat 36% van het vermogen groter dan 2MW naar de industrie. Hiervoor is hoge temperatuur levering (stoom) aangenomen. Voor de overige installaties binnen de grotere vermogens is lage temperatuurlevering aangenomen. De gehanteerde onderverdeling naar type warmte en sector staat gegeven in Bijlage B.3. Voor de praktijkrendementen zijn gemiddelde rendementen voor elektriciteit- en warmteopwekking over 1999 gebruikt zoals gegeven in bijlage B.5. Deze rendementen zijn uitgesplitst voor de verschillende typen installaties (STEG, gasturbine en gasmotor).

Voor de referentierendementen zijn de praktijkrendementen per bouwjaar gehanteerd zoals gegeven in tabel 4. Voor installaties ouder dan 10 jaar is niet de referentie van het oorspronkelijke bouwjaar, maar de huidige referentie gebruikt (zie bijlage B.4). De berekeningen zijn gecorrigeerd voor vermeden netverliezen bij toepassing van WK-installaties zoals gegeven in bijlage B.5.

Centraal vermogen

Het centrale vermogen voor grootschalige warmtedistributie is bepaald uit de milieujarverslagen van de elektriciteitsproducenten over 2001 (Reliant Energy, Electrabel, EON, Essent / EPZ). Het ingezette WK-vermogen bestaat uit gasgestookte STEG-WK centrales. De kolengestookte Amercentrale is hierbij buiten beschouwing gelaten omdat de CO₂-emissies hiervan hoger zijn dan de referentie opwekkingsinstallaties. Voor meer dan de helft van de installaties was niet alle benodigd informatie (gerealiseerde thermische en elektrische productie, rendementgegevens of brandstofverbruik en het bouwjaar) beschikbaar. De totale emissiereductie is daarom bepaald uit extrapolatie van het bekende deel naar het totale vermogen van het centrale park. Anders dan bij het decentrale vermogen is het rendement van de installaties gecorrigeerd voor distributieverliezen. Hiervoor is conform de uitgangspunten in het CO₂-reductieplan 15% aangehouden. Voor de berekening van de vermeden elektriciteitsverliezen zijn de waarden bij een laagspanningsnet aangehouden.

Resultaten van de berekening

De berekende emissiereductie van het Nederlandse WK-park in 2000 is 4,4 Mton CO₂. Dit komt overeen met 11,2 TWh blauwe stroom. De verdeling hiervan naar deelsector staat vermeld in Tabel 8.

¹² Schatting CE op basis van ECN, 2002.



De belangrijkste bijdrage komt voor rekening van de grotere decentrale vermogens (diensten/ utiliteit en industrie). Opvallend is dat het centrale vermogen relatief een geringe CO₂-reductie heeft. Dit komt doordat het behaalde rendement hier relatief laag is. Dit wordt veroorzaakt door de distributieverliezen in het systeem en het relatief hoge referentie rendement voor lage temperatuur warmteopwekking.

Tabel 8 Berekende emissiereductie van het WK-park

besparing per jaar	CO ₂ -reductie ¹³ (Mton)	blauwe stroom (TWh)
centraal vermogen	1,4	3,6
decentraal >2 MW	2,4	6,4
decentraal <2 MW	0,5	1,3
totaal	4,4	11,2

Variante 1; Buiten beschouwing laten van de distributieverliezen.

Bij grootschalige warmtedistributie is uitgegaan van een distributieverlies van 15%. Als dit verlies buiten beschouwing wordt gelaten neemt de berekende CO₂-reductie toe van het centrale park. Tabel 9 geeft dit effect weer. De CO₂-reductie van het centrale park neemt bij deze variante met 30% toe. Op het totale vermogen levert dit een stijging op van 10% tot 12,3 TWh blauwe stroom.

Tabel 9 Berekende emissiereductie van het WK-park, zonder distributieverlies

	CO ₂ -reductie (Mton)	blauwe stroom (TWh)
centraal vermogen	1,8	4,7
decentraal >2 MW	2,4	6,4
decentraal <2 MW	0,5	1,3
totaal	4,8	12,3

Variante 2; Vaste referentierendementen

In de berekeningswijze is uitgegaan van de referentierendementen per bouwjaar voor de afgelopen 10 jaar. Als wordt uitgegaan van de huidige (2002) referentierendementen voor WK-installaties uit alle bouwjaren, dan neemt de berekende CO₂-reductie af. De hoeveelheid opgewekte blauwe stroom neemt af tot 9,6 TWh.

De berekende CO₂-reductie en opgewekte blauwe stroom volgens deze variante worden gegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Berekende emissiereductie van het WK-park bij vaste referentie

	CO ₂ -reductie (Mton)	blauwe stroom (TWh)
centraal vermogen	1,1	3,1
decentraal >2 MW	2,0	5,5
decentraal <2 MW	0,4	1,1
totaal	3,5	9,6

¹³ De hier getoonde getallen zijn *niet* geschikt om de CO₂-reductie van WKK te vergelijken met andere vormen van CO₂-reductie vanwege de gehanteerde referenties. Om de prestatie van bijvoorbeeld duurzame bronnen met deze WKK cijfers te vergelijken moet eerste de CO₂-prestatie van deze bronnen worden berekend aan de hand van deze index.



4 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk vatten we de belangrijkste conclusies uit het rapport kort samen en doen we aanbevelingen om voor de toepassing van de CO₂-index.

4.1 Conclusies

4.1.1 Conclusies bij de bemetering

- Om de CO₂-index correct vast te stellen is een nauwkeurige meetmethode nodig. Afwijkingen in de bemetering werken sterk door in de uitkomsten van de CO₂-index. Zo leidt een meetfout van 5% bij alle meters in het slechts denkbare (theoretische) geval tot een afwijking van ongeveer 80% in de CO₂-index.
- In de praktijk wordt de meetfout van meters bepaald door de plaatsing: voor aansluiting op het openbare net gelden vereisten volgens de elektriciteits- en gasmeetcode, voor bedrijfsintern geplaatste meters gelden die niet. De meetfout van meters die niet aan het hoofdnet aangesloten zijn, is dan ook over het algemeen kleiner dan die van bedrijfsinterne meters. Hoeveel van dergelijke bedrijfsinterne meters geplaatst zijn is van geval tot geval verschillend.
- De frequentie van meting kan het beste eens per jaar zijn.
- De CO₂-index stelt geen bijzondere vereisten wat betreft de keuze voor handmatige meting dan wel meting op afstand. Hier kan aangesloten worden bij de gangbare praktijk op basis van de elektriciteits- en gasmeetcode.
- De meterstand dient gecontroleerd te worden door een onafhankelijke instantie. Gecertificeerde meetbedrijven, energiebedrijven of accountants zijn hierin mogelijke partijen. Een controle op halfjaarlijkse of een jaarlijkse basis past daarbij.
- Voor de kleinere gasmotoren in de tuinbouw hoeft de warmteproductie niet elk jaar gemeten te worden, maar slechts eenmalig. Door de vaste warmtekracht verhouding van de installaties kan de jaarlijkse warmteproductie uit de jaarlijks te meten elektriciteitsproductie worden berekend.
- Bemetering van installaties lijkt op dit moment voor grotere industriële (STEG, gasturbine) voldoende plaats te vinden om de benodigde gegevens voor de CO₂-index te leveren. Bij gasmotoren zal de plaatsing van een aanvullende elektriciteitsmeter soms noodzakelijk zijn.
- De nauwkeurigheid van warmtemeters met name voor warmtelevering in de woningbouw is een probleem. Indien de warmteproductie ook op een ander punt in het distributiesysteem wordt gemeten kan de betrouwbaarheid worden verbeterd. Dit punt moet zo dicht mogelijk bij de plaats van gebruik liggen.
- In de praktijk zijn de kosten van meting beperkt doordat de bestaande bemetering in veel gevallen voldoet en de meerkosten bij nieuwe installaties gering zijn. Een gevalideerde meting (door accountant, erkend meetinstituut) is noodzakelijk en levert extra kosten op van circa € 130 per meting.
- De relatie tussen kosten en baten van plaatsing van nieuwe meters is bij zeer kleine installaties (< 100 kWe) beduidend ongunstiger dan bij grotere installaties. De terugverdientijd voor de onderkant van de markt in

termen van vermogens ligt naar schatting op meer dan één jaar. De terugverdientijd die nog acceptabel geacht wordt in het licht van de CO₂ indexregeling is daarbij een beleidsmatige keuze.

- De invloed van een verkeerde plaatsing van meters is beperkt indien de bemetering op de systeemgrenzen van de WKK-installatie gebeurt. Eventuele varianten binnen de systeemgrenzen zullen dan alleen een beperkte vermindering van de gemeten emissiereductie veroorzaken. Bij warmbemetering voor stadsverwarming moet worden vereist dat dit bij (dicht bij) de eindgebruiker gebeurt.

4.1.2 Conclusies bij de keuze van de referentie

- Deze rendementen voor referentietechnieken voor elektriciteit is naar boven toe bijgesteld.
- Het referentierendement voor hoge temperatuur warmteopwekking (stoomketel) is naar beneden.
- De referentie voor lage temperatuur warmteopwekking (HR-107) is ongewijzigd gebleven. De vergelijking van de gedefinieerde referenties met de gehanteerde rendementen in verschillende beoordelingsmethodieken en vergelijking met praktijkcijfers levert geen aanleiding voor wijziging van de rendementen.

Tabel 11 Referentie omzettingsrendementen

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Elektriciteit	51.4%	51.8%	52.3%	52.8%	53.3%	53.8%	54.4%	55.0%	55.7%	56.4%
warmte HT	91.2%	91.3%	91.4%	91.5%	91.6%	91.7%	91.8%	91.9%	92.0%	92.0%
Warmte LT	99.2%	99.3%	99.4%	99.5%	99.6%	99.7%	99.8%	99.9%	100%	100%

- De rendementsveranderingen in de nabije toekomst zijn naar verwachting gering. Voor elektriciteitsopwekking worden relatief de grootste veranderingen verwacht.
- Er zijn drie manieren om de CO₂-reducties uit te drukken:
 - Absolute hoeveelheden CO₂ (tonnen).
 - Relatieve besparing van CO₂ zoals in de CO₂-index.
 - Als CO₂-vrije elektriciteit in (kWh CO₂-vrij).
- Als alle CO₂-reductie wordt toegerekend aan elektriciteit (blauwe kWh-en) dan betekent dit dat warmtelevering geen milieuvoordeel meer heeft omdat er anders dubbel telling van het milieuvoordeel zou plaatsvinden. Dit kan betekenen dat gemeenten deze techniek niet langer stimuleren.
- De berekende emissiereductie van het Nederlandse WK-park in 2000 met de methodiek van de CO₂-index is 4,4 Mton CO₂¹⁴. Dit komt overeen met 11,2 TWh blauwe stroom.

¹⁴ De hier getoonde getallen zijn *niet* geschikt om de CO₂-reductie van WKK te vergelijken met andere vormen van CO₂-reductie vanwege de gehanteerde referenties. Om de prestatie van bijvoorbeeld duurzame bronnen met deze WKK cijfers te vergelijken moet eerste de CO₂-prestatie van deze bronnen worden berekend aan de hand van deze index.



Tabel 12 Berekende emissiereductie van het WK-park

besparing per jaar	CO ₂ -reductie ¹⁴ (Mton)	blauwe stroom (TWh)
centraal vermogen	1,4	3,6
decentraal >2 MW	2,4	6,4
decentraal <2 MW	0,5	1,3
totaal	4,4	11,2

4.2 Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen bij het beantwoorden van de onderzoeksvragen bevelen wij aan om:

- voor de bemetering aansluiting te zoeken bij bestaande elektriciteits- en gasmeetcode en de warmtemeternormering. Dit zou zo veel mogelijk wettelijk verankerd moeten worden;
- indien mogelijk de bemetering zo nauwkeurig mogelijk te laten plaatsvinden;
- de meting jaarlijks te laten plaatsvinden omdat dan het meest betrouwbare resultaat kan worden geboekt;
- geen principiële onderscheid aan te brengen tussen de manieren van aflezen (handmatig of telemetrisch);
- gevalideerde bemetering te eisen. Hiervoor kunnen controles door accountant of gecertificeerde meetbedrijven worden voorgeschreven;
- een nauwkeurige te eisen dicht bij de eindgebruikers van grootschalige warmtelevering omdat de meting bij eindgebruikers zelf meestal te onnauwkeurig is;
- voor te schrijven dat alle ingaande en uitgaande gas, elektriciteit en warmtestromen van het systeem gemeten moeten worden. Of hulpketels en dergelijke dan binnen of buiten de bemetering worden gelaten kan dan vrij worden gelaten;
- de keuze van de referentierendementen te blijven baseren op de gangbare best practices technieken;
- de voorgestelde gewijzigde referentierendementen over te nemen;
- voor de referentierendementen de komende jaren gelijkblijvende waarden aan te houden en jaarlijks te beoordelen of het praktijkrendement verbeterd is. Indien dit zo is kan de referentie voor het volgende jaar worden bijgesteld.



Literatuur

Actaris, 2002, **Prijzlijst 2002. Handel en industrie versie nr. 2**

Boonekamp, P.G.M., H.Mannaets, H.H.J. Vreuls, B. Wesselink, 2001, **Protocol monitoring energiebesparing**. Petten: ECN

CE, 2001 **Uitwerking CO₂-index**. Delft: CE

ECN, 1999. **De toekomst van warmtekracht koppeling** Petten: ECN

Elzenga, H., J. Kloots en H. Verduin, 2001 Warmtekrachtkoppeling in Nederland: Waarneming, beleidsontwikkeling, brandstofbesparing en CO₂-reductie. In: **Energiemonitor** 2001(4) p 5-11. CBS

EN 1434,1997, **Normering warmtedoorstroommeters**.

EU, 2002. **EU-richtlijn WK** (versie D/2209)

EZ, 2001 **Uitvoeringsregeling subsidies CO₂-reductieplan 2001**.In: Staatscourant 10 september 2001

EZ, 2002, **Model berekening CO₂ vrije elektriciteitsproductie** (niet gepubliceerd).

Garp, A., 1997, Optimize fired heater operations to save money. In: **Hydrocarbon processing**. p.97-104.

Novem, 1999, **Protocol Monitoring Duurzame energie. Methodiek voor het registreren en berekenen van de bijdrage van duurzame/hernieuwbare energiebronnen**

Novem, 2002, <http://www.epn.novem.nl/maatregelen/01080300.htm#HR>

OECD/IEA, **Projected costs of generating electricity (1989, 1992, 1998)**

Sectieraad Netbeheerders, 2001, **Meetcode gas 2001**, Arnhem



CE

**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

Concretisering CO₂-index

Bijlagen

Rapport

Delft, oktober 2002

Opgesteld door: Balthasar Klimbie
Karin Blaauw
Stephan Slingerland





A Bemetering

A.1 Accountantskosten

De kosten voor accountantscontrole in het kader van groencertificaten voor biomassacentrales bedragen tussen de € 800 en € 1.600 voor een tijdsbesteding van 12 tot 24 uur. De variatie is een gevolg van de wijze van oplevering van benodigde gegevens door de cliënt.

In het kort komt dit er op neer dat de accountant een goederenverband proberen te leggen: wat gaat in de centrale, wat wordt verstoekt (rekening houdend met verdamping, vochtgraad etc.) en in hoeveel MWh wordt e.e.a. omgezet. Bij de opzet van het controleprotocol hebben wij informatie van de site van GCB geraadpleegd.

Hierbij worden de volgende stappen ondernomen:

- 1 Beoordelen AO/IC omtrent de administratie (procesbeschrijving, functiescheiding etc.).
- 2 De hoeveelheid opgewekte MWh per maand aangesloten met tellers op de machines.
- 3 Opgeven hoeveelheid omgerekende input aangesloten met maandelijkse uitdraai diverse meetsystemen cliënt.
- 4 Rekenkundige juistheid opgegeven totaalstelling gecontroleerd; 5. Alle weegbrug uitdraaien vrachtwagens (wordt dagelijks uitgedraaid) gesommeerd en afgestemd met opgegeven hoeveelheden volgens overzicht;
- 5 Gemiddelde vochtmeting van extern laboratorium afgestemd met opgegeven meting cliënt.

A.2 Maximale toegestane meetfout volgens EN 1434

1 complete warmtemeters

Klasse 1: P.M.

Klasse 2: $E = \pm(3+4\Delta\theta_{\min}/\Delta\theta + 0.02q_p/q)$ maximaal 7,2%

Klasse 3: $E = \pm(4+4\Delta\theta_{\min}/\Delta\theta + 0.05q_p/q)$ maximaal 8,5%

$E =$ maximale afwijking tussen de gemeten en werkelijke hoeveelheid J warmte (%)

$\Delta\theta_{\min}$ = laagste temperatuurverschil tussen de inkomende en uitgaande stroom die kan worden aangenomen zonder dat de maximale meetfout wordt overschreden

$\Delta\theta =$ temperatuurverschil tussen de inkomende en uitgaande stroom

$q_p =$ permanente stroomsnelheid

$q =$ stroomsnelheid van de te bemeteren stroom

De maximale uitkomst voor E treedt op als $\Delta\theta = \Delta\theta_{\min}$. en bij een grote fluctuatie in stromen. Als we uitgaan van een fluctuatie met een factor 10, is de maximale uitkomst van E :

Klasse 2: 7,2%

Klasse 3: 8,5%

2 Samengestelde warmtemeters (Temperatuur- en stroommeter)

Temperatuurmeter

$$E_t = \pm(0.5+3\Delta\theta_{\min}/\Delta\theta)$$

Stroommeter

Klasse 1: P.M.

Klasse 2: $E_f = \pm(2+0.02q_p/q$ en $E_f \leq 5\%$)

Klasse 3: $E_f = \pm(4+0.05q_p/q$ en $E_f \leq 5\%$)

De maximale waarde van E bij $\Delta\theta = \Delta\theta_{\min}$ en de maximale waarde van E_f is dan:

Klasse 2: 8,5%

Klasse 3: 8,5%



B Technische kentallen WK

In deze bijlage staan gegevens die zijn gebruikt bij de berekeningen van gereduceerde CO₂, de CO₂-index en de blauwe kilowatts.

B.1 Gemiddelde percentage vermogen van elektriciteit en warmteproductie bij WK-installaties in verschillende jaren

	Elektriciteit	Stoom
1989	22%	78%
1990	23%	77%
1991	22%	78%
1992	24%	76%
1993	26%	74%
1994	27%	73%
1995	29%	71%
1996	31%	69%
1997	31%	69%
1998	30%	70%
1999	34%	66%
2000	34%	66%

Bron: bewerking van CBS, 2002, CE 2002

B.2 Gehanteerde verdeling vermogen naar type installatie

	STEG	gasturbine	gasmotor
vermogen > 2Mwe	80%	20%	0%
vermogen < 2Mwe	0%	0%	100%

B.3 Gehanteerde verdeling van de warmteproductie per type installatie naar sector en naar hoge en lage temperatuur warmte

	Warmte LT	Warmte HT
STEG		
industrie	0%	36%
Elektriciteitssector	0%	0%
Diensten/utiliteit	55%	0%
Totaal	55%	45%
Gasturbine		
Industrie	0%	36%
Elektriciteitssector	0%	0%
Diensten/utiliteit	55%	0%
Totaal	55%	45%
Gasmotor		
Tuinbouw	71%	0%
Diensten/utiliteit	28%	0%
Totaal	100%	0%

B.4 Gehanteerde referentie electriciteit- en warmteopwekking

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Electriciteit	56.4%	56.4%	56.4%	56.4%	56.4%	51.4%	51.8%	52.3%	52.8%	53.3%	53.8%	54.4%
Warmte HT	92.0%	92.0%	92.0%	92.0%	92.0%	91.2%	91.3%	91.4%	91.5%	91.6%	91.7%	91.8%
Warmte LT	100%	100%	100%	100%	100%	99.2%	99.3%	99.4%	99.5%	99.6%	99.7%	99.8%

Bron: bewerking van OECD, 2001; CE

B.5 Gehanteerde praktijkrendementen WK-installaties

	Elektrisch rendement	Thermisch rendement
STEG	35,0%	37,0%
Gasturbine	20,0%	63,0%
Gasmotor	33,0%	51,0%

Bron: CBS, 1999

B.6 Distributie en transportverliezen voor electriciteit

tot 10 kV	3%
10 tot 150 kV	2%
150 kV en hoger	1%
<i>Totale vermeden verliezen per toepassing</i>	
Gebruikt voor gasmotoren	6,0%
Gebruikt voor turbines	3,0%
Gebruikt voor STEG	1,0%

Bron: CE, 2001

