

# Berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies, het primair fossiel energiegebruik en het rendement van elektriciteit in Nederland

September 2012

Mirjam Harmelink (Harmelink consulting)

Lex Bosselaar (Agentschap NL)

Joost Gerdes, Piet Boonekamp (ECN)

Reinoud Segers, Hans Pouwelse (CBS)

Martijn Verdonk (PBL)



Agentschap NL  
Ministerie van Economische Zaken,  
Landbouw en Innovatie



Planbureau voor de Leefomgeving

Dit is een gezamenlijke publicatie van:

Agentschap NL [www.agentschapnl.nl](http://www.agentschapnl.nl)

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)

Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) [www.ecn.nl](http://www.ecn.nl)

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) [www.pbl.nl](http://www.pbl.nl)

## Samenvatting

### Discussie en onduidelijkheid over CO<sub>2</sub> emissies gekoppeld aan elektriciteit

Om het energie- en klimaatbeleid te monitoren zijn er nationaal en internationaal geen algemeen geaccepteerde standaardwaarden beschikbaar voor de CO<sub>2</sub>-emissies of het primair fossiel energiegebruik per eenheid geproduceerde, geconsumeerde of bespaarde elektriciteit. In Nederland heeft dit geleid tot de situatie dat voor (monitoring-)activiteiten verschillende methoden en kengetallen worden gehanteerd. De gebruikte methoden zijn niet altijd transparant.

Partijen die in Nederland verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling van methoden en de berekening van kengetallen (Agentschap NL, PBL, ECN en CBS) achten dit een onwenselijke situatie en hebben het gezamenlijke initiatief genomen om dit rapport op te stellen waarin wel transparante standaardwaarden en -methoden voor dit onderwerp zijn opgenomen. De doelgroepen voor dit rapport zijn organisaties, adviesbureaus en bedrijven die bezig zijn met de monitoring en evaluatie van energie- en klimaatbeleid.

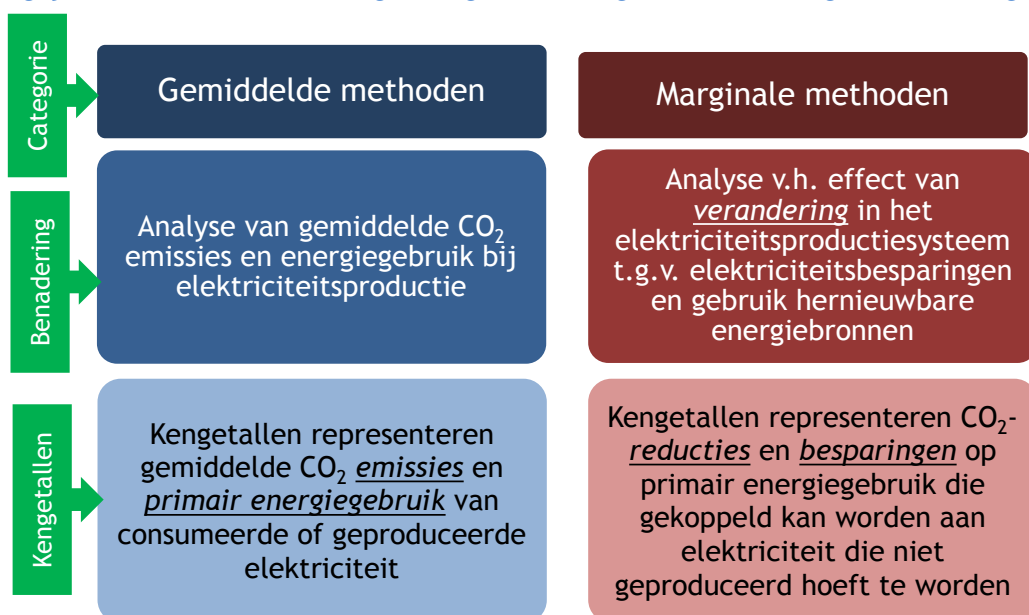
### Gemiddelde en marginale methoden: benadering en toepassing

Methoden voor het bepalen van CO<sub>2</sub>-emissies of het primair fossiel energiegebruik per geproduceerde, geconsumeerde of bespaarde elektriciteit kunnen worden verdeeld in twee groepen: gemiddelde methoden en marginale methoden:

- Gemiddelde methoden worden vooral toegepast voor het toewijzen van de CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik aan geconsumeerde en/of geproduceerde elektriciteit. Bij deze methoden wordt in principe de gehele mix van elektriciteitsproductiemiddelen meegenomen bij het berekenen van de kengetallen.
- Marginale methoden worden in het kader van monitoring en evaluatie van energie- en klimaatbeleid gebruikt voor het analyseren van het effect van veranderingen in de inzet en bouw van elektriciteitsproductiecapaciteit ten gevolge van:
  - veranderingen in elektriciteitsconsumptie,
  - veranderingen in elektriciteitsproductie met hernieuwbare energiebronnen;
  - veranderingen van teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit aan het net.

Bij marginale methoden wordt een analyse gemaakt van welke specifieke elektriciteitsproductie-installaties (of mix van installaties) deze veranderingen opvangt.

### Belangrijkste verschillen in benadering en kengetallen voor gemiddelde en marginale benaderingen.



*Specifieke uitwerking van twee methoden: 'Integrale methode' en 'Referentiepark-methode'*

Het rapport beschrijft en geeft kengetallen voor zowel een gemiddelde methode - de '*Integrale methode*' - als een marginale methode - de '*Referentiepark-methode*'. Deze methoden kunnen breed toegepast worden in het kader van verschillende monitoringactiviteiten en de kengetallen kunnen jaarlijks berekend worden met behulp van data gepubliceerd door het CBS.

*Kengetallen voor de 'Integrale methode' en de 'Referentiepark-methode'<sup>1</sup>*

	'INTEGRALE METHODE'			'REFERENTIEPARK-METHODE'		
	CO <sub>2</sub> -emissie factor	Primair fossiel energie gebruik	Rendement op primair fossiel	CO <sub>2</sub> -emissie factor	Primair fossiel energiegebruik	Rendement op primair fossiel
	kg/kWh	MJprim/kWh	%	kg/kWh	MJprim/kWh	%
2000	0,55	8,3	43,5	0,64	9,0	40,0
2001	0,56	8,5	42,6	0,65	9,1	39,4
2002	0,55	8,4	43,0	0,65	9,1	39,4
2003	0,55	8,4	43,0	0,64	9,1	39,6
2004	0,53	8,1	44,2	0,62	9,0	40,2
2005	0,51	7,9	45,5	0,62	8,9	40,3
2006	0,50	7,7	47,0	0,61	8,7	41,2
2007	0,50	7,7	46,8	0,60	8,7	41,5
2008	0,49	7,6	47,5	0,61	8,8	40,8
2009	0,48	7,4	48,6	0,59	8,6	41,6
2010	0,46	7,3	49,6	0,57	8,4	42,7

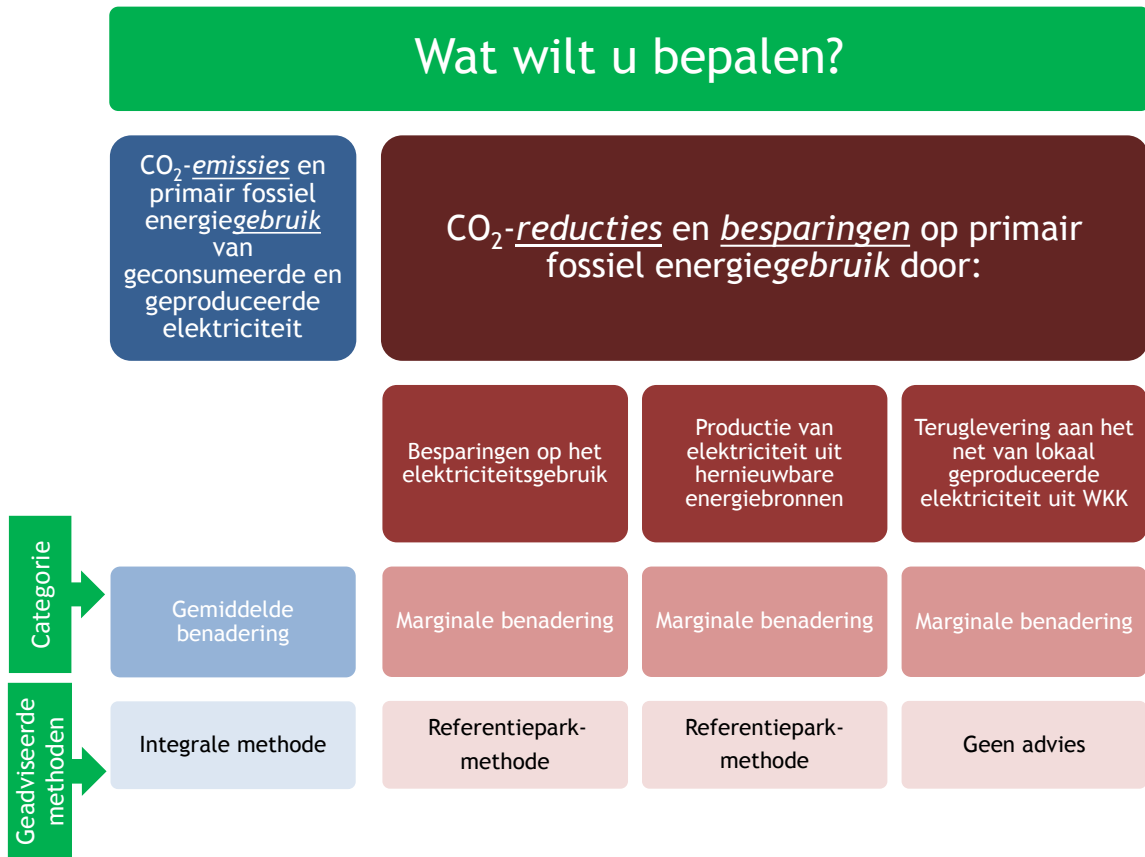
Agentschap NL, PBL, ECN en CBS hebben afgesproken de beschreven methoden te gebruiken daar waar deze van toepassing zijn, en het CBS zal de kengetallen jaarlijks berekenen en rapporteren op basis van de meeste recent beschikbare gegevens.

*Keuzewijzer*

Voor organisaties en bedrijven die bezig zijn met de monitoring en evaluatie van energie- en klimaatbeleid is een keuzewijzer gemaakt voor het gebruik van de methoden (schema B). De keuzewijzer geeft aan welke categorie van benaderingen in principe toegepast zou moeten worden afhankelijk van het doel van de analyse. Verder is een advies opgenomen voor het gebruik van twee specifieke methoden: 'Integrale methode' en de 'Referentiepark-methode'. Uiteraard gaat het om een advies. Agentschap NL, PBL, ECN en CBS schrijven in dit rapport geen specifieke methode voor. Waar al afspraken zijn gemaakt voor monitoring, zoals in normen en convenanten, blijven de afgesproken kengetallen gelden.

<sup>1</sup> Spreadsheet met een overzicht van de gebruikte data en de berekeningen is op aanvraag beschikbaar via het CBS. Email: [R.Segers@cbs.nl](mailto:R.Segers@cbs.nl)

Keuzewijzer voor gebruik van methoden voor het bepalen van CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik per geproduceerde, geconsumeerde of bespaarde kWh.



## Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	6
1.1. Aanleiding.....	6
1.2. Doelstellingen .....	6
1.3. Opbouw van het rapport .....	6
2. Gebruikte methoden en hun toepassingsgebieden .....	7
2.1. Inleiding.....	7
2.2. Gemiddelde methoden .....	7
2.3. Marginale methoden .....	9
3. Methode #1: ‘Integrale methode’ .....	11
3.1. Inleiding.....	11
3.2. Kengetallen .....	13
4. Methode #2: de ‘Referentiepark-methode’ .....	14
4.1. Inleiding.....	14
4.2. Referentiesituatie .....	14
4.3. Berekeningen.....	15
4.4. Kengetallen .....	16
5. Keuzewijzer .....	17
Referenties.....	18
BIJLAGE 1: Gebruikte methoden en kengetallen voor berekening van CO <sub>2</sub> -emissies, primair energiegebruik en opwekkingsrendement van elektriciteitsproductie en -consumptie.....	20
BIJLAGE 2: Marginale benaderingen .....	23
BIJLAGE 3: Berekening van kengetallen voor de ‘Integrale methode’ .....	24
BIJLAGE 4: Resultaten ‘Integrale methode’ op boven- en onderwaarde .....	25

## 1. Inleiding

### 1.1. Aanleiding

Om het (hernieuwbare) energie- en klimaatbeleid te monitoren zijn er nationaal en internationaal verschillende methoden in omloop om elektriciteitsbesparingen, -productie en -consumptie om te rekenen naar CO<sub>2</sub>-emissies en primair (fossiel) energiegebruik. Dit betekent dat voor elektriciteit geen algemeen geaccepteerde standaardwaarden beschikbaar zijn voor de CO<sub>2</sub>-emissies of het primair fossiel energiegebruik per geproduceerde, geconsumeerde of bespaarde kWh. In Nederland heeft dit geleid tot de situatie dat voor (monitoring-)activiteiten verschillende methoden en kengetallen worden gehanteerd. Uit een analyse van gebruikte kengetallen en methoden blijkt dat (zie [Bijlage 1](#)):

- keuzes voor en berekeningswijze achter de verschillende methoden veelal niet helder en transparant zijn;
- gehanteerde kengetallen sterk uiteen kunnen lopen en langere tijd niet zijn geactualiseerd.

Partijen die in Nederland verantwoordelijk zijn voor de ontwikkeling van methoden en de berekening van kengetallen (Agentschap NL, PBL, ECN en CBS) achten dit een onwenselijke situatie omdat de keuze voor een specifiek kengetal consequenties heeft voor bijvoorbeeld:

- de beoordeling van de absolute CO<sub>2</sub>-emissiereductie van elektriciteitsbesparing of productie van elektriciteit met hernieuwbare energie ten opzichte van besparingen op andere brandstoffen;
- de beoordeling van de kosteneffectiviteit van elektriciteitsbesparende maatregelen en of de inzet van hernieuwbare energiebronnen in euro per vermeden ton CO<sub>2</sub>.

### 1.2. Doelstellingen

Agentschap NL, PBL, ECN en CBS hebben daarom het gezamenlijke initiatief genomen om een rapport op te stellen die tot doel heeft om aan organisaties en bedrijven die bezig zijn met de monitoring en evaluatie van energie- en klimaatbeleid:

1. meer transparantie en helderheid te geven over de achtergronden bij momenteel gehanteerde methoden en kengetallen;
2. aan te geven welke van de beschikbare methoden in welke situatie het meest geëigend zijn;
3. een advies te geven over het gebruik van twee specifieke methoden voor die situaties waarbij organisaties en bedrijven op dit moment geen duidelijke keuzes hebben gemaakt en/of bestaande afspraken over het gebruik van kengetallen worden herzien. Hierbij moet worden opgemerkt dat het gaat om een advies. Agentschap NL, PBL, ECN en CBS schrijven in dit rapport geen specifieke methode voor. Waar al afspraken zijn gemaakt blijven de afgesproken kengetallen gelden;
4. een uitgebreide verantwoording en toelichting te geven op deze twee specifieke methoden. Kenmerk van deze methoden is dat ze in principe breed toegepast kunnen worden in het kader van verschillende monitoringactiviteiten en dat kengetallen jaarlijks berekend kunnen worden met behulp van data gepubliceerd door het CBS. Agentschap NL, PBL, ECN en CBS hebben afgesproken de beschreven methoden te gebruiken daar waar deze van toepassing zijn, en het CBS zal de kengetallen jaarlijks berekenen en rapporteren op basis van de meeste recent beschikbare gegevens.

### 1.3. Opbouw van het rapport

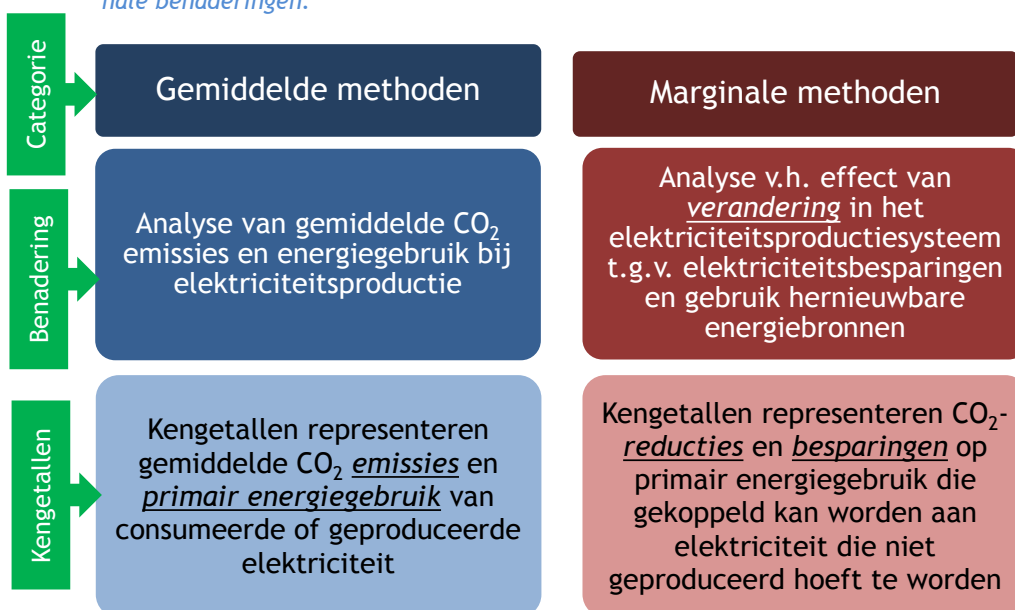
- Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van gebruikte methoden en hun toepassingsgebieden.
- Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving en kwantitatieve uitwerking van een gemiddelde methode: 'Integrale methode'.
- Hoofdstuk 4 geeft een beschrijving en kwantitatieve uitwerking van een marginale methode: de 'Referentiepark-methode'.
- Hoofdstuk 5 bevat een keuzewijzer waarbij is aangegeven welke categorie van methoden in welke situaties het beste toegepast kan worden.

## 2. Gebruikte methoden en hun toepassingsgebieden

### 2.1. Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een algemeen overzicht van de methoden zoals deze nationaal en internationaal worden toegepast om elektriciteitsbesparingen, -productie en -consumptie om te rekenen naar CO<sub>2</sub>-emissies en primair fossiel energiegebruik (de kengetallen). Bij de gebruikte methoden is een onderscheid gemaakt tussen twee categorieën van benaderingen: gemiddelde methoden en marginale methoden. Schema 1 geeft de belangrijkste kenmerken van beide methoden, die verder worden besproken in paragraaf 2.2 (gemiddelde methoden) en paragraaf 2.3 (marginale methoden).

Schema 1: Overzicht van de belangrijkste verschillen in benadering en kengetallen voor gemiddelde en marginale benaderingen.



### 2.2. Gemiddelde methoden

#### Benadering

Bij gemiddelde methoden wordt in principe de gehele bestaande mix van elektriciteitsproductiemiddelen van een (groep van) land(en) meegenomen bij het berekenen van de kengetallen. De berekende kengetallen representeren de daadwerkelijke CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossielenergiegebruik per geconsumeerde of geproduceerde kWh elektriciteit.

#### Huidige toepassing

Het overzicht in [Bijlage 1](#) laat zien dat gemiddelde methoden op dit moment in Nederland worden toegepast voor het berekenen van:

- De CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik voor geconsumeerde elektriciteit in o.a. de Energie Prestatienorm Gebouwen (EPG), de Uniforme maatlat, de CO<sub>2</sub>-prestatieladder en voor het Stroometiket (welke methode wordt toegepast voor het MJA- en MEE-convenant is niet geheel duidelijk);
- De reductie van CO<sub>2</sub>-emissies en besparingen op primair fossiel energiegebruik door:
  - productie van elektriciteit met hernieuwbare energiebronnen in o.a. de Uniforme maatlat;
  - besparingen op elektriciteitsconsumptie in o.a. de Uniforme maatlat en de Directive on Energy end-use Efficiency and Energy Services (ESD);

- teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit aan het net in o.a. de Uniforme Maatlat.

Uit het overzicht in Bijlage 1 kan worden geconcludeerd dat de gemiddelde methode breed wordt toegepast voor het alloceren van CO<sub>2</sub>-emissies en primair fossiel energiegebruik aan geconsumeerde en geproduceerde elektriciteit. Voor het berekenen van CO<sub>2</sub>-emissiereducties en vermindering van het primair energiegebruik door (i) elektriciteitsbesparingen, (ii) productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen en (iii) teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit worden gemiddelde benaderingen minder frequent toegepast. Argumenten om in deze gevallen een gemiddelde benadering toe te passen is veelal het creëren van transparantie en eenvoud in de berekeningen (b.v. in het kader van de monitoring van de Directive on Energy end-use Efficiency and Energy Services (ESD) en de Uniforme maatlat voor de gebouwde omgeving).

### Berekening kengetallen

Het overzicht in [Bijlage 1](#) laat zien dat de kengetallen gebruikt voor gemiddelde benaderingen aanzienlijk verschillen en variëren tussen 0,4 kg CO<sub>2</sub>/kWh en 0,7 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Dit wordt bevestigd door analyses van Harmsen *et al* (2012). Zij analyseerden vier verschillende methoden voor de berekening van de gemiddelde CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor elektriciteit in Nederland. Zij komen voor 2008 tot een factor 2 verschil in de berekende CO<sub>2</sub>-emissies per kWh voor de vier methoden. Verschillen in gehanteerde kengetallen worden veroorzaakt door andere keuzes t.a.v.:

- Elektriciteitsproductie-installaties die worden meegenomen in de berekening. In sommige benaderingen worden alle productie-installaties meegenomen (dus zowel de installatie die gebruik maken van hernieuwbare energiebronnen als installaties die gebruik maken van fossiele energiebronnen) en in andere benaderingen alleen de fossiele elektriciteitsproductie-installaties. In het laatste geval wordt het feit dat het elektriciteitsproductiepark steeds “schoner” wordt door inzet van meer hernieuwbare energiebronnen niet zichtbaar in de kengetallen.
- Allocatiemethode voor brandstofinzet bij installaties die zowel warmte- als elektriciteit produceren (WKK). Zowel Harmsen *et al* (2012) als Harmelink (2010) laten zien dat de keuze van de methode voor de allocatie van brandstoffen een relatief grote invloed heeft op de hoogte van de berekende CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik per kWh. Wanneer bijvoorbeeld warmteproductie wordt beschouwd als de hoofdactiviteit van WKK installaties en alle CO<sub>2</sub> emissies aan de warmte worden gealloceerd, en de geproduceerde elektriciteit als CO<sub>2</sub> vrij wordt beschouwd, resulteert dit in een relatief lage CO<sub>2</sub> emissie per kWh voor Nederland.
- Behandeling van installaties die naast de productie van elektriciteit en warmte ook nog een andere functie hebben (b.v. AVI's) of waarvoor de emissies grotendeels bij andere productieprocessen horen (hoogovengas en chemisch restgassen). Hier zijn verschillende keuzes mogelijk voor de allocatie van de CO<sub>2</sub>-emissies aan de verschillende functies van deze installaties. Wanneer bijvoorbeeld bij een AVI alle CO<sub>2</sub>-emissies aan de functie afvalverbranding worden gealloceerd, en de geproduceerde warmte en elektriciteit als CO<sub>2</sub> vrij wordt beschouwd, resulteert dit in relatief lage CO<sub>2</sub> emissies per kWh voor Nederland.
- Wel of niet meenemen van eigenverbruik van centrales en distributie en transportverliezen in de berekeningen van de kengetallen.
- Definitie van de projectgrenzen voor de berekeningen. Hierbij is de keuze om alleen de emissies en het energiegebruik in de gebruiksfase mee te nemen of ook emissies bij winning en transport van energiedragers of elektriciteitsproductie installaties mee te nemen (Leven Cyclus Analyse (LCA)).

### Conclusies

Deze paragraaf laat zien dat gemiddelde methoden vooral worden toegepast voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik voor geconsumeerde en geproduceerde elektriciteit. Bij de berekening van kengetallen is vooral discussie over (1) welke bronnen wel en niet meegenomen worden in de berekeningen en (2) de allocatie van CO<sub>2</sub> emissies en primair energiegebruik bij



installatie die naast elektriciteit ook warmte produceren of nog een andere functie hebben.

Het overzicht van gebruikte methoden in [Bijlage 1](#) laat zien dat keuzes achter de gemaakte berekeningen veelal niet terug te vinden zijn en dat gebruikte kengetallen niet regelmatig worden geactualiseerd. In hoofdstuk 3 van dit rapport hebben wij daarom een gemiddelde benadering uitgewerkt: de 'Integrale methode' die in principe breed toegepast kan worden in het kader van monitoringactiviteiten en waarvoor op basis van CBS gegevens jaarlijks actuele kengetallen berekend kunnen worden.

### 2.3. Marginale methoden

#### Benadering

Marginale methoden worden voor monitoring en evaluatieactiviteiten gebruikt voor het analyseren van het effect van veranderingen in de inzet en bouw van elektriciteitsproductiecapaciteit ten gevolge van (i) veranderingen in elektriciteitsconsumptie, (ii) veranderingen in de elektriciteitsproductie met hernieuwbare energiebronnen (zowel lokaal als centraal) en/of (iii) veranderingen in de teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit aan het net. Bij marginale methoden wordt dus een analyse gemaakt van welke elektriciteitsproductiecapaciteit deze veranderingen opvangt. Nadat is gedefinieerd welk gedeelte van de bestaande of nieuwe productiecapaciteit de veranderingen opvangt, kunnen vervolgens kengetallen voor deze productiecapaciteit worden berekend. De berekende kengetallen representeren de CO<sub>2</sub>-reductie en de besparingen op primair fossiel energiegebruik per kWh elektriciteit die niet geproduceerd hoefde te worden (of in het geval van ex-ante scenario analyse "niet geproduceerd hoeft te worden").

#### Huidige toepassing

Het overzicht in [Bijlage 1](#) laat zien dat marginale methoden op dit moment voor monitoring en evaluatie in Nederland worden toegepast voor het berekenen van:

- de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies en besparingen op primair fossiel energiegebruik door besparingen op de elektriciteitsconsumptie in het kader van het Protocol monitoring energiebesparing en de referentieramingen;
- de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies en besparingen op primair fossiel energiegebruik door productie van elektriciteit met hernieuwbare energiebronnen in het kader van het Protocol monitoring hernieuwbare energie en de referentieramingen;
- de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies en besparingen op primair fossiel energiegebruik door productie van elektriciteit met WKK installaties in het kader van het MJA- en MEE-convenant, de referentieramingen, het protocol Monitoring Energiebesparing en de Rapportage richtlijn in het kader van de Renewable Energy Directive;
- de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies en besparingen op primair fossiel energiegebruik door teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit in het kader van het MJA- en MEE-convenant en de Energie Prestatienorm voor Gebouwen (EPG).

De analyse van in Nederland gebruikte methoden in [Bijlage 1](#) laat zien dat evenals bij de gemiddelde methoden de marginale methoden veelal niet helder gedefinieerd zijn. Zowel voor de EPG als het MJA/MEE convenant is bijvoorbeeld niet te achterhalen wat de overwegingen zijn/waren om een rendement van 50% voor teruglevering van elektriciteit te hanteren.

#### Berekening kengetallen

Bij de toepassing van marginale methoden spitst de discussie zich toe op de vraag welke elektriciteitsproductietechniek of mix van technieken als marginale optie moet worden gedefinieerd. Elektriciteitsbesparing, productie van elektriciteit met hernieuwbare energiebronnen en teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit hebben zowel effect op de inzet van de bestaande elektriciteitsproductie-installaties als op de toekomstige behoefte aan nieuwe productiecapaciteit. Effecten op de inzet van bestaande elektriciteitsproductie-installaties worden geanalyseerd door de zogenaamde 'operational margin' te definiëren en effecten op de toekomstige behoefte aan nieuwe installaties wordt geanalyseerd door de definitie van de zogenaamde 'build margin'. Daarbij zijn:

- ‘*Operational margin*’ bestaande elektriciteitsproductie-installaties waarbij de productie snel kan worden verlaagd dan wel verhoogd afhankelijk van de vraag naar elektriciteit. In Nederland van- gen (op dit moment) aardgasgestookte centrales deze korte termijn fluctuaties in de vraag op en worden daarom veelal gedefinieerd als de operational margin.
- ‘*Build margin*’ elektriciteitsproductie-installaties die niet gebouwd hoeven te worden of waarvoor de capaciteit verlaagd kan worden omdat de vraag naar elektriciteit afneemt of de productie van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen groeit.

[Bijlage 2](#) geeft een overzicht van veel gebruikte methoden voor het berekenen van kengetallen voor zowel operational als build margin. Het voert voor deze notitie te ver om alle methoden in detail te beschrijven. Welke elektriciteitsproductiemiddelen worden meegenomen in de definitie van de operational en build margin is afhankelijk van een groot aantal factoren waaronder: (i) het doel van de analyse, (ii) de geografische en tijdschaal, (iii) en voorspelbaarheid, regelbaarheid en tijdstip van de productie van elektriciteit met hernieuwbare energiebronnen en andere lokale productiemiddelen (waaronder WKK). Nadat de operational en build margin zijn gedefinieerd moet vervolgens een keuze worden gemaakt voor een specifieke methode voor het bepalen van de kengetallen.

### Conclusies

De *marginale methoden* worden vooral toegepast voor het bepalen van CO<sub>2</sub>-reducties en besparingen op primair fossiel energiegebruik door verandering in elektriciteitsconsumptie, verandering in de productie van elektriciteit met hernieuwbare energiebronnen en veranderingen in de teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit. Bij deze methoden spits de discussie zich toe op de te hanteren definitie voor de marginale optie.

Het overzicht in [Bijlage 1](#) laat zien dat voor de momenteel toegepaste marginale methode veelal niet is te achterhalen wat achterliggende keuzes waren bij de definitie van de marginale optie en het berekenen van de kengetallen. Voor veel verschillende monitoring en evaluatieactiviteiten gaat het te ver om een gedetailleerde analyse uit te voeren naar de definitie van de marginale optie. Daar komt bij dat de marginale optie afhankelijk is van nationaal en internationaal energiebeleid en (verwachte) marktprijzen van energiedragers en productiemiddelen. Deze factoren kunnen behoorlijk veranderen in een paar jaar tijd.

Daarom hebben wij in dit rapport in hoofdstuk 4 de vereenvoudigde ‘*Referentiepark-methode*’ uitgewerkt die in principe breed toepasbaar is en stabiele resultaten geeft. De methode wordt op dit moment o.a. gebruikt in het kader van de berekeningen voor het protocol monitoring energiebesparing (ECN, 2001) en het protocol monitoring hernieuwbare energie (AgNL, 2010). Kenmerk van de ‘Referentiepark-methode’ is dat wordt verondersteld dat veranderingen in de vraag naar elektriciteit, ten gevolge van elektriciteitsbesparing of decentrale productie op jaarbasis, worden opgevangen door het referentie productiepark voor elektriciteit. Dat zijn de thermische of nucleaire centrales die leveren aan het hoogspanningsnet van Tennet (zie 4.2 voor de verdere uitwerking).

### 3. Methode #1: 'Integrale methode'

#### 3.1. Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een uitgebreide beschrijving van een gemiddelde benadering: de 'Integrale methode'. Naast een beschrijving van de gehanteerde uitgangspunten voor de methode geeft paragraaf 3.2 een overzicht van de berekende kengetallen voor de 'Integrale methode' op basis van gegevens uit de CBS statistieken.

#### *Geen volledige LCA: alleen CO<sub>2</sub>-emissies tijdens de productie*

De 'Integrale methode' verrekent alleen de CO<sub>2</sub>-emissies van de elektriciteitsproductie en het elektriciteitstransport in Nederland. Dit betekent dat bij de berekening van de kengetallen alleen het conversieverlies in de centrale en het transportverlies van de elektriciteit worden meegenomen. De emissies bij de winning, raffinage en het transport van grondstoffen en elektriciteitsproductiemiddelen worden niet meegenomen. Een volledige LCA (Levens Cyclus Analyse) zou de methode op dit moment te complex maken en ook niet aansluiten bij de momenteel meest gebruikte methodieken en statistieken van CBS en Eurostat<sup>2</sup>. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor fossiele elektriciteitscentrales geldt dat > 95% van de CO<sub>2</sub> emissies plaatsvinden bij de productie van elektriciteit, de resterende emissies komen vrij bij de winning en transport van fossiele brandstoffen (IPCCC, 2012). Door het transportverlies mee te nemen worden dus kengetallen bepaald bij de eindgebruiker (en niet afproductie).

#### *Import en export van elektriciteit*

De import van elektriciteit beïnvloedt in principe de indirecte CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland. De CO<sub>2</sub>-emissie kengetallen voor het buitenland zijn veelal niet eenvoudig te achterhalen. In de 'Integrale methode' is daarom het rendement van geïmporteerde elektriciteit gelijk gesteld aan het gemiddelde rendement van het elektriciteitsproductiepark in Nederland (inclusief hernieuwbare energiebronnen).

Het is ook niet mogelijk exact te achterhalen welke CO<sub>2</sub>-emissies gekoppeld moet worden aan de elektriciteit die door Nederland wordt geëxporteerd. De kengetallen en het rendement worden voor de 'Integrale methode' daarom berekend voor de gemiddelde Nederlandse elektriciteitsproductiemix inclusief de export. Dit betekent dat de 'Integrale methode' uitgaat van de productie in Nederland en niet van de consumptie. Bij gebruik van de 'Integrale methode' worden CO<sub>2</sub> emissies voor geconsumeerde elektriciteit dus gealloceerd op basis van de CO<sub>2</sub> emissies van op Nederlands grondgebied geproduceerde elektriciteit.

#### *Elektriciteit geproduceerd met afvalverbrandingsinstallaties (AVI's)*

Bij AVI's is de primaire functie het verbranden van afval, daarnaast wordt elektriciteit en warmte opgewekt. Op dit moment is er geen geaccepteerde methode beschikbaar om de fossiele CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen bij AVI's te verdelen over deze 3 functies (zie voor uitgebreide discussie over mogelijk opties Harmelink *et al* (2009)). Daarom zijn de CO<sub>2</sub>-emissies en primair fossiel energiegebruik per kWh van elektriciteit geproduceerd met AVI's gelijk gesteld aan de gemiddelde emissies en primair fossiel energiegebruik van het elektriciteitsproductiepark in Nederland (inclusief elektriciteitsproductie met hernieuwbare bronnen en dus exclusief productie met hoogovengas, restgassen en AVI's)<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup>Het zou in de toekomst wel een groter punt van discussie kunnen worden bij de toepassing van bepaalde soorten biomassa. Een EC rapport uit 2010 laat zien dat reductie van broeikasgasemissies bij gebruik van vast biomassa voor elektriciteit bekeken over de gehele keten t.o.v. het fossiele alternatief varieert tussen de 20% en 95% (EC, 2010)

<sup>3</sup>Wanneer alle CO<sub>2</sub> emissies worden gealloceerd naar de elektriciteitsproductie waren de fossiele CO<sub>2</sub> emissies van AVI's in 2010 gelijk aan 0,56 kg CO<sub>2</sub> per kWh (RIVM, 2012). Berekend volgens de 'Integrale methode' waren in Nederland in 2010 de emissie voor het gehele park gelijk aan 0,46 kg CO<sub>2</sub>/kWh. De totale bruto productie van elektriciteit met AVI's was in 2010 gelijk aan 2680 GWh (CBS, 2011). Door te veronderstellen dat de CO<sub>2</sub>-emissies per kWh van elektriciteit geproduceerd met AVI's gelijk is aan de gemiddelde emissies van het elektriciteitspro-

### *Elektriciteit geproduceerd uit hoogovengas en restgassen*

Een vergelijkbare situatie geldt voor hoogovengas en restgassen uit de raffinaderijen en petrochemie. Verbranding van deze gassen leidt tot CO<sub>2</sub>-emissies die feitelijk voor een substantieel deel horen bij de staalproductie of processen in de petrochemie. Daarom zijnde CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik per kWh van elektriciteit geproduceerd met hoogovengas en restgassen gelijk gesteld aan de gemiddelde emissies en primair fossiel energiegebruik van het elektriciteitsproductiepark in Nederland (inclusief elektriciteitsproductie met hernieuwbare bronnen en dus exclusief productie met hoogovengas, restgassen en AVI's).

### *Elektriciteit uit hernieuwbare bronnen*

Elektriciteit geproduceerd met hernieuwbare bronnen in Nederland wordt meegenomen in de berekening van de kengetallen. Voor elektriciteit uit biomassa wordt aangenomen dat biomassa een CO<sub>2</sub>-emissiefactor van 'nul' heeft. Dit is in lijn met de benadering in het kader van de Europese richtlijn voor hernieuwbare energie (RED). Deze richtlijn stelt dat als aangetoond kan worden dat gebruikte vloeibare biomassa voldoet aan de duurzaamheidscriteria vastgelegd in de Richtlijn Hernieuwbare Energie, deze meetelt voor de realisatie van de hernieuwbare energiedoelstelling van een land. Voor vaste biomassa zijn zulke duurzaamheidscriteria nog niet vastgelegd, maar de verwachting is dat hiervoor vergelijkbare richtlijnen ontwikkeld zullen worden.

### *Elektriciteit geproduceerd met Warmte/Kracht-installaties (WKK)*

Bij een WKK-installatie worden zowel de geproduceerde elektriciteit als warmte nuttig gebruikt. Op dit moment is er geen eenduidige afspraak over de toerekening van de brandstof aan deze twee producten in Nederland (zie o.a. voor uitgebreide discussie Harmelink (2010)). Voor de 'Integrale methode' volgen wij de benadering uit het protocol monitoring energiebesparing (ECN, 2001 en ECN, 2011) en het protocol monitoring hernieuwbare energie (AgNL, 2010). Dit betekent dat besparingen<sup>4</sup> door WKK 50%-50% verdeeld worden over de berekende brandstofinzet voor geproduceerde warmte en elektriciteit.

### *Rendement van aftapinstallatie wordt gecorrigeerd voor warmteproductie*

Sommige grote centrales produceren zowel elektriciteit als warmte. Het rendement van deze zogenaamde aftapinstallaties wordt gecorrigeerd voor de productie van deze warmte. De 'Integrale methode' volgt de aanpak uit het protocol monitoring energiebesparingen het protocol monitoring hernieuwbare energie. Hierbij wordt de brandstofinzet voor warmteproductie bij een aftapcentrale berekend op basis van een bijstookfactor van 4 (dit betekend dat aan de productie van 1 Joule warmte ¼ Joule brandstof wordt toegerekend) en waarbij gerealiseerde besparingen 50%-50% verdeeld worden over de geproduceerde warmte en elektriciteit.

[Bijlage 3](#) geeft een overzicht van de systeemgrenzen die in de 'Integrale methode' worden gehanteerd en de wijze waarop de verschillende kengetallen worden berekend.

### *Kengetallen op basis van boven- en onderwaarde*

Internationaal worden rendementen en energiestromen meestal aangegeven op de onderwaarde van de brandstof (LHV-Lower Heating Value). Bij de Energie Prestatienorm Gebouwen (EPG) worden alle berekening echter op bovenwaarde uitgevoerd. Resultaten op bovenwaarde zijn daarom apart in Bijlage 4 opgenomen.

---

ductiepark in Nederland vallen de totale emissies in 2010 voor het elektriciteitsproductiepark 0,3 miljoen ton lager (0,6%). {Deze zijn controleren, er klopt iets niet}

<sup>4</sup>Ten opzichte van referentierendement voor warmteproductie van 90% en een referentierendement voor elektriciteitsproductie met het centraal opgestelde park zonder warmteproductie (zoals berekend bij marginale benadering in hoofdstuk 4)

### 3.2. Kengetallen

Tabel 1 geeft een overzicht van de resulterende CO<sub>2</sub>-emissiefactoren en het primair fossiele energiegebruik per kWh. Omdat in de praktijk veel met rendementen wordt gerekend, en de kengetallen voor de 'Integrale methode' vergelijkbaar te maken met de kengetallen die in omloop zijn, is ook het rendement op primair fossiel opgenomen in de Tabel 1. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit geen feitelijk rendement is omdat de elektriciteitsproductie alleen gedeeld wordt door het primair *fossiel* energiegebruik dat nodig is geweest om de elektriciteit te produceren.

Tabel 1 laat zien dat de CO<sub>2</sub>-emissies per kWh in de periode 2000-2010 met circa 15% zijn gedaald en het primair fossiel energiegebruik met circa 12%. Deze daling is een gevolg van de toename van aardgas bij de inzet van elektriciteitsproductie, een afname van de inzet van kolen, meer inzet van WKK installaties en een toename van de productie van elektriciteit met hernieuwbare energiebronnen.

Tabel 1 CO<sub>2</sub>-emissiefactor, primair fossiel energiegebruik (LHV) en het rendement op primair fossiel (LHV) voor de 'Integrale methode'.

	CO <sub>2</sub> -emissiefactor	Primair fossiel energiegebruik (LHV)	Rendement op primair fossiel (LHV)
	kg/kWh	MJprim/kWh	%
2000	0,55	8,3	43,5
2001	0,56	8,5	42,6
2002	0,55	8,4	43,0
2003	0,55	8,4	43,0
2004	0,53	8,1	44,2
2005	0,51	7,9	45,5
2006	0,50	7,7	47,0
2007	0,50	7,7	46,8
2008	0,49	7,6	47,5
2009	0,48	7,4	48,6
2010	0,46	7,3	49,6

## 4. Methode #2: de 'Referentiepark-methode'

### 4.1. Inleiding

Jaarlijks publiceren ECN, CBS, AgNL en PBL cijfers over het effect van energiebesparing en de inzet van hernieuwbare energiebronnen in Nederland op de emissies van CO<sub>2</sub> en het primair fossiel energiegebruik. Om het effect van veranderingen in de vraag naar elektriciteit door besparingen (inclusief WKK) en de inzet van hernieuwbare energiebronnen op de CO<sub>2</sub> emissies en de inzet van primaire energiebronnen bij de elektriciteitsproductie te kunnen bepalen, hebben ECN/CBS een marginale methode ontwikkeld: de 'Referentiepark-methode'. Deze methode wordt op dit moment gebruikt in het kader van de berekeningen voor het protocol monitoring energiebesparing (ECN, 2001) (ECN, 2011) en het protocol monitoring hernieuwbare energie (AgNL, 2010). Dit hoofdstuk geeft een uitgebreide beschrijving van deze methode.

### 4.2. Referentiesituatie

Kenmerk van de 'Referentiepark-methode' is dat wordt verondersteld dat veranderingen in de vraag naar elektriciteit, ten gevolge van elektriciteitsbesparing of decentrale productie (m.b.v. decentrale WKK of decentrale productie uit hernieuwbare bronnen), op jaarbasis worden opgevangen door het centrale elektriciteitsproductiepark dat gebruik maakt van fossiele energiebronnen. Dit productiepark wordt gezien als referentiepark en vandaar de naam 'Referentiepark-methode'.

De elektriciteitsproductie kan worden opgedeeld in centrale en decentrale productie. In de CBS-statistieken is decentraal de productie van elektriciteit door thermische installaties die leveren aan een bedrijfsnetwerk of aan het openbare midden- of laagspanningsnet, plus alle productie van elektriciteit uit windenergie, waterkracht en zonne-energie. Het openbare midden- of laagspanningsnet bestaat uit de netten met een spanning lager dan 110 kV. Voor een groot deel betreft dit productie uit WKK-installaties die primair worden gestuurd op warmtevraag. Daarom wordt aangenomen dat het opvangen van veranderingen in de elektriciteitsvraag gebeurt door het referentiepark.

Het referentiepark bestaat volgens de CBS-definitie uit thermische of nucleaire centrales die regulier leveren aan het landelijke hoogspanningsnet van TenneT. Dit worden ook wel de elektriciteitscentrales genoemd. Het hoogspanningsnet bestaat uit de netten met een spanning van 110 kV en hoger. Thermische centrales wekken elektriciteit op door het verbranden van brandstoffen als aardgas, steenkool en biomassa.

Dit referentiepark kan worden onderverdeeld in drie categorieën:

1. Centrales met uitsluitend elektriciteitsopwekking ('alleen elektriciteit' en geen warmtebenutting) die dus gericht zijn op het produceren van elektriciteit;
2. Centrales met weinig warmtebenutting (een warmteproductie tot 20% van de brandstofinzet): de zogenaamde 'aftapcentrales' die vooral gericht zijn op het voldoen aan een elektriciteitsvraag;
3. Centrales met veel warmtebenutting (een warmteproductie hoger dan 20% van de brandstofinzet): de 'warmtegerichte WKK-installaties' die meer gericht zijn op het voldoen aan een warmtevraag en waarbij elektriciteit min of meer het bijproduct is.

Met behulp van CBS-gegevens (uit de statistiek elektriciteitsproductiemiddelen) kan inzet en energieproductie voor centrales worden weergegeven voor deze drie categorieën. Tabel 2 geeft de productiecijfers voor bovengenoemde categorieën voor het jaar 2010.

Tabel 2 Hoeveelheden voor de centrale productie van elektriciteit en warmte door verschillende typen installaties in 2010. Bron: CBS

Jaar 2010	Aantal installaties	% totale productie elektriciteit	Productie elektriciteit	Productie warmte
		%	PJ	PJ
Alleen elektriciteit	28	65,8	180,5	
Aftapcentrales (warmte-rendement tot 20%)	9	23,3	63,9	12,3
Warmtegerichte WKK (warmte-rendement > 20%)	12	10,9	30,0	32,0

Op basis van deze kerncijfers over de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit per type installatie is de keuze gemaakt om alleen de eerste twee categorieën ('alleen elektriciteit' en 'aftap') mee te nemen in de berekening van de kengetallen. De volgende overwegingen spelen hierbij ook een rol:

- Indien de centrale productie moet worden verhoogd of verlaagd als gevolg van minder of meer vraag zal dit over het algemeen gebeuren door installaties in deze twee categorieën. 'Warmtegerichte WKK' is voor een belangrijk deel afgestemd op warmtelevering (o.a. stadsverwarming) en kan niet zomaar worden ingezet als 'regelcapaciteit' voor elektriciteitsproductie.
- Door het niet meenemen van 'warmtegerichte WKK' in de referentie is het niet meer nodig een iteratieve berekening uit te voeren (voor het corrigeren van het referentierendement voor de warmteproductie moet het WKK-voordeel worden verdeeld, maar om het WKK-voordeel te verdelen moet eerst het referentierendement bekend zijn).
- Ook bij aftapcentrales moet het rendement gecorrigeerd worden voor de warmteproductie. De warmteproductie is hier echter heel laag vergeleken met de elektriciteitsproductie, zeker als dit wordt afgezet tegen de totale elektriciteitsproductie van de eerste twee categorieën samen. Dit betekent dat de correctie relatief klein is en slechts een beperkt effect heeft op het berekende referentierendement (uit de hieronder besproken berekening volgt dat hierdoor het referentierendement slechts circa 0,7 %-punt hoger uitkomt).

Kortom, in deze marginale methode dienen als referentie de grote elektriciteits- en aftapcentrales. Dit zijn installaties die elektriciteit opwekken en relatief weinig warmte afleveren aan gebruikers (namelijk maximaal 20% van de ingezette hoeveelheid brandstof).

#### 4.3. Berekeningen

Bij de berekening van het referentierendement voor de opwekking van elektriciteit kunnen de volgende stappen worden onderscheiden:

1. Eerst wordt het elektrisch rendement van installaties in de eerste twee categorieën ('alleen elektriciteit' en 'aftap') afzonderlijk berekend. Bij 'aftap' wordt daarbij de hierboven genoemde correctie toegepast voor de warmteproductie. Bij deze correctie wordt het voordeel (energiebesparing) van gecombineerde opwekking t.o.v. gescheiden opwekking 50/50 verdeeld over elektriciteit en warmte.
2. Vervolgens wordt het gemiddelde rendement berekend van 'alleen elektriciteit' en 'aftap' samen gewogen naar de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit.
3. Het aldus berekende bruto rendement wordt gecorrigeerd voor het eigen verbruik van elektriciteit door de centrales (ca. 1,7 %-punt).
4. Tenslotte wordt ook het transportverlies (netverlies) in mindering gebracht (ongeveer 2,0 %-punt).
5. Het resultaat hiervan is het referentierendement van deze 'Referentiepark-methode'.

De CO<sub>2</sub> emissiefactor wordt vervolgens bepaald uitgaande van de gemiddelde CO<sub>2</sub> emissiefactor voor aardgas, steenkool en kernenergie. Daarbij is deze gewogen naar de energie-inzet voor het referen-

tiepark. De emissiefactoren voor aardgas en steenkool zijn overgenomen uit de nationale brandstoffenlijst (AgNL, 2012b) en de emissiefactor van kernenergie is gelijk gesteld aan "0".

#### 4.4. Kengetallen

Voor de periode 2000 t/m 2010 is per jaar het rendement op primair fossiel, het primair fossiel energiegebruik en de CO<sub>2</sub> emissiefactor berekend. De tabel toont dat het rendement in de loop van de jaren verbeterd en de CO<sub>2</sub> emissiefactor per kWh daalt. Dat komt door het in gebruik nemen van nieuwe aardgascentrales met een hoog rendement.

Tabel 3 CO<sub>2</sub>-emissiefactor, primair fossiel energiegebruik (LHV) en het rendement op primair fossiel (LHV) voor de 'Referentiepark-methode'.

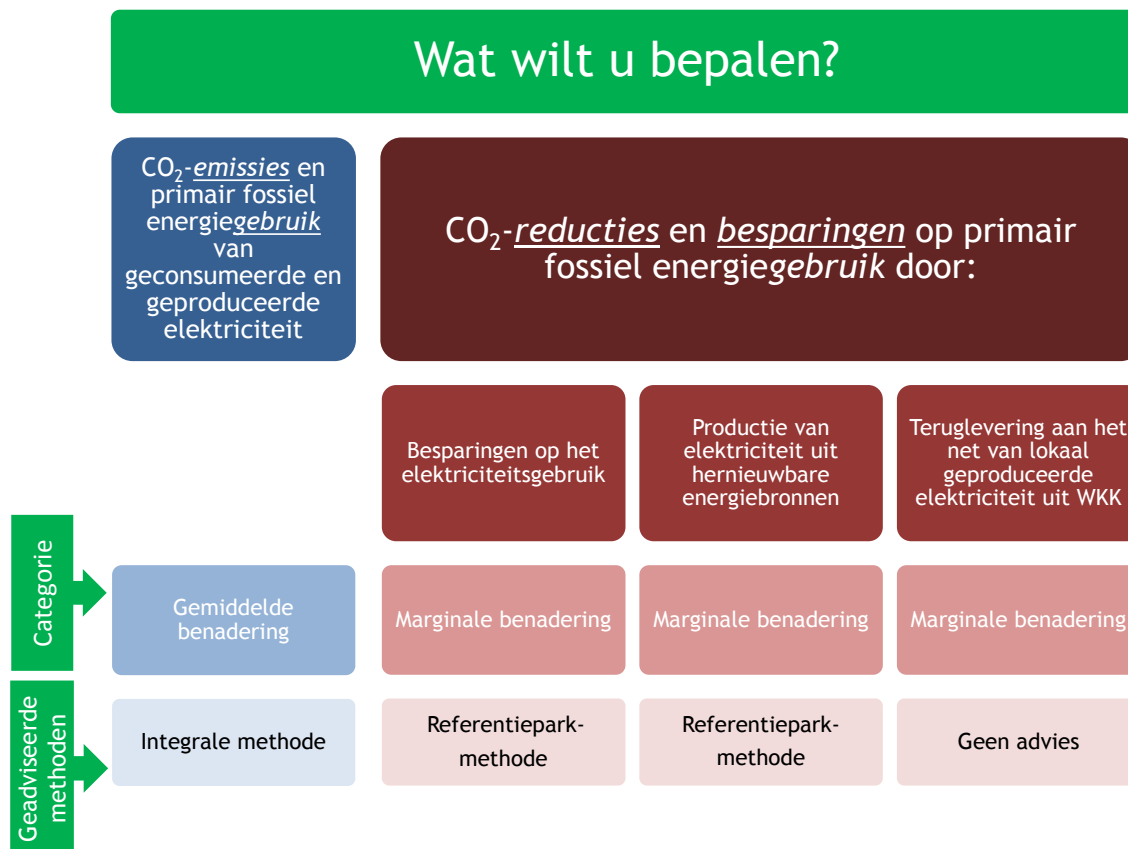
	CO <sub>2</sub> -emissiefactor	Primair fossiel energiegebruik (LHV)	Rendement op primair fossiel (LHV)
	kg/kWh	MJprim/kWh	%
2000	0,64	9,0	40,0
2001	0,65	9,1	39,4
2002	0,65	9,1	39,4
2003	0,64	9,1	39,6
2004	0,62	9,0	40,2
2005	0,62	8,9	40,3
2006	0,61	8,7	41,2
2007	0,60	8,7	41,5
2008	0,61	8,8	40,8
2009	0,59	8,6	41,6
2010	0,57	8,4	42,7



## 5. Keuzewijzer

Zoals aangegeven in de inleiding heeft dit rapport o.a. tot doel om organisaties en bedrijven die bezig zijn met de monitoring en evaluatie van energie- en klimaatbeleid advies te geven over welke methode in welke situatie het meest geëigend is. Schema 2 bevat een keuzewijzer voor het gebruik van methoden voor het bepalen van CO<sub>2</sub>-emissies of het primair fossiel energiegebruik per geproduceerde, geconsumeerde of bespaarde kWh.

Schema 2: Keuzewijzer voor gebruik van methoden voor het bepalen van CO<sub>2</sub>-emissies en het primair fossiel energiegebruik per geproduceerde, geconsumeerde of bespaarde kWh.



Het schema geeft als eerste aan welke categorie van benaderingen (gemiddelde dan wel marginale benadering) in principe toegepast zou moeten worden afhankelijk van het doel van de analyse. Verder is een advies opgenomen voor het gebruik van een specifieke methode: de 'Integrale methode' dan wel de 'Referentiepark-methode'. Deze specifieke methoden kunnen worden toegepast in die situatie waarbij organisaties en bedrijven op dit moment geen duidelijke keuze hebben gemaakt en/of bestaande afspraken over het gebruik van kengetallen worden herzien. Hierbij moet worden opgemerkt dat het gaat om een advies. Agentschap NL, PBL, ECN en CBS schrijven in dit rapport geen specifieke methode voor.

Voor de teruglevering van lokaal geproduceerde elektriciteit uit wkk is in deze keuzewijzer geen advies voor een specifieke methode opgenomen. Uit oogpunt van eenvoud en consistentie is er iets voor te zeggen om voor de teruggeleverde elektriciteit uit wkk dezelfde referentie te hanteren als voor bespaarde elektriciteit en elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Door een aantal partijen wordt echter een hele andere referentie gehanteerd voor teruggeleverde elektriciteit. Agentschap NL, PBL, ECN en CBS zouden graag eerst overleggen met deze partijen over de achtergronden voor deze keuze, voordat we tot een advies komen over een referentie voor teruggeleverde wkk-energie.

## Referenties

- ANL (2010). [Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie. Update 2010. Methodiek voor het berekenen en registreren van de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen. AgentschapNL, Utrecht, December 2010](#)
- AgNL (2011) [Protocol Uniforme Maatlat voor de warmtevoorziening in de woningen en Utiliteitsbouw. Versie 3.0](#)
- AgNL (2012a) [Handreiking Monitoring MJA3EE](#). Versie 2.2. Januari 2012
- AgNL (2012b) [www.agentschapnl.nl/NIE](http://www.agentschapnl.nl/NIE)
- Bossel (2003) Well-to-Wheel Studies, Heating Values, and the Energy Conservation Principle.
- CBS (2011) [Hernieuwbare energie in Nederland 2010](#). Centraal Bureau voor de Statistiek
- CE (2012) [Achtergrondgegevens Stroometikettering 2011](#). CE, Delft
- EC (2006) [DIRECTIVE 2006/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC](#)
- EC (2009) [RICHTLIJN 2009/28/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 23 april 2009 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en houdende wijziging en intrekking van Richtlijn 2001/77/EG en Richtlijn 2003/30/EG](#).
- EC (2010) [Report from the commission to the Council and the European Parliament on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling](#). European Commission, 2010
- ECN (2001) [Protocol Monitoring energiebesparing](#). ECN, CPB, RIVM, Novem, December 2001.
- ECN (2011) Berekening referentierendement voor de opwekking van elektriciteit. ECN-N-11-016
- Harmelink (2010) [Discussienotitie "Warmtekrachtkoppeling \(WKK\)" Een vergelijking van gehanteerde \(1\) definities voor WKK, \(2\) referenties bij het berekenen van energiebesparing en CO<sub>2</sub>-prestaties, en \(3\) allocatiemethoden](#). Harmelink consulting iov Agentschap NL, mei 2010.
- Harmelink M, L Bosselaar (2009) Notitie. Waardering van warmte uit aftapinstallaties en afvalverbrandingsinstallaties. Notitie opgesteld in het kader van de ontwikkeling van de Uniforme Maatlat voor de warmtevoorziening in de woning- en utiliteitsbouw. Harmelink consulting, Agentschap NL, November 2009
- Harmsen R, W Graus (2012) How much CO<sub>2</sub>-emissions do we reduce by saving electricity? A focus on methods. Energy Policy (submitted)
- IEA en Eurostat (2004) [Energy Statistics Manual](#) IEA, OECD, Eurostat, Paris.
- IPCC (2012) [Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation](#) Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012
- MNP (2008) Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2006 National Inventory Report 2008 (Page 229 Table A2.1 Netherlands fuels and standard CO<sub>2</sub>-emission factors)
- PenState (2010) <http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/PDFs/ub043.pdf>
- RIVM (2012) [Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2010](#). National Inventory Report 2012. RIVM Report 680355007/2012.
- SKAO (2011) [Handboek CO<sub>2</sub>-prestatieladder](#). Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Onderne-

men, juni 2011

WRI (2007) [Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity projects](#).  
WRI/WBCSD, August 2007

## BIJLAGE 1: Gebruikte methoden en kengetallen voor berekening van CO<sub>2</sub>-emissies, primair energiegebruik en opwekkingsrendement van elektriciteitsproductie en -consumptie

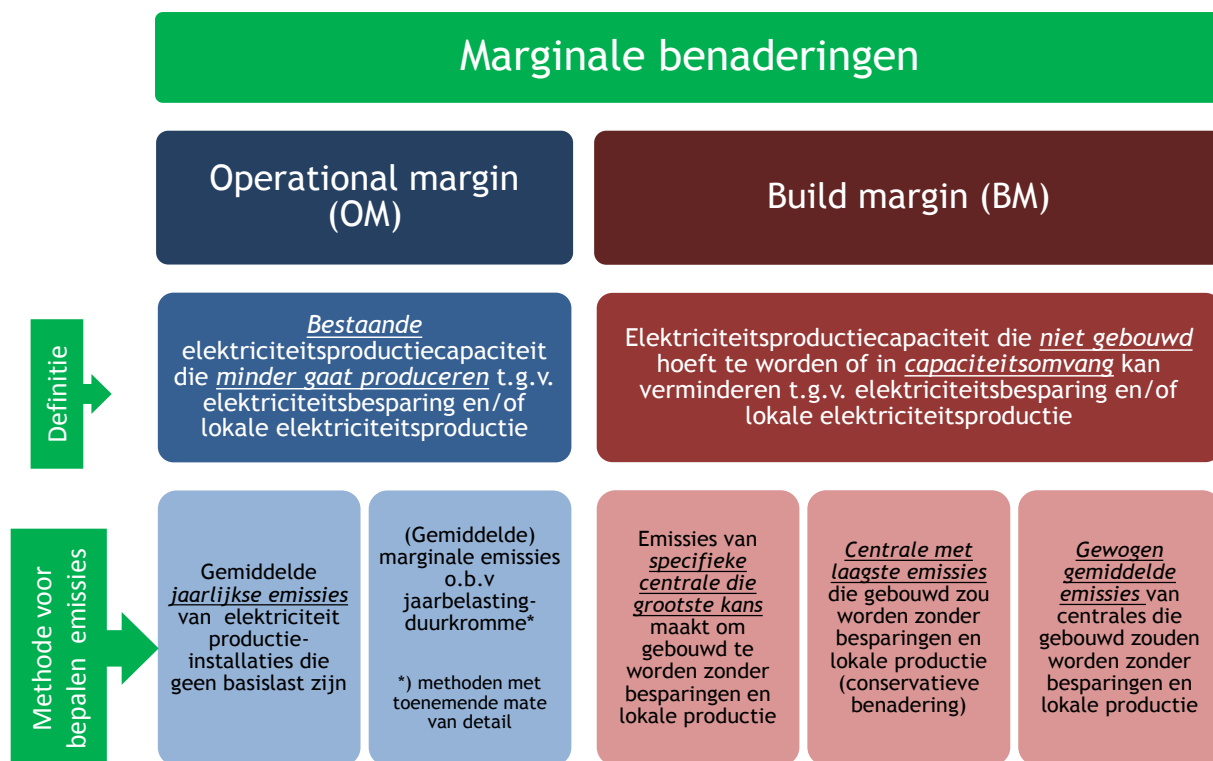
Bron	Toepassingsgebied	Gehanteerde methode(n) en belangrijkste veronderstellingen	Gehanteerde kengetallen
<a href="#">Directive on Energy end-use Efficiency and Energy Services</a> (EC, 2006)	Ex-post berekenen van energiebesparingen per sector (niet-ETS sectoren) op het finaal energiegebruik op nationaal niveau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Besparingen op elektriciteit worden door Nederland omgerekend naar besparingen op primaire brandstofinzet met een <u>gemiddeld rendement</u> voor elektriciteitsproductie in de EU voor de doelperiode</li> </ul>	Referentierendement gehanteerd bij de laatste rapportage aan de EU was 40%.
<a href="#">RES Directive</a> (EC, 2009)	Ex-post berekenen van besparingen op bruto finaal energiegebruik door energieproductie met hernieuwbare energiebronnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Productie van hernieuwbare energie met warmtepompen wordt omgerekend met een met <u>gemiddelde rendement</u> voor elektriciteitsproductie in de EU voor de doelperiode.</li> </ul>	Voorkeursreferentie voor hernieuwbare elektriciteit 0,198 kg CO <sub>2</sub> /MJ ( 0,713 kg CO <sub>2</sub> /kWh) (LHV)
<a href="#">Rapportagetemplate voor RES Directive</a>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapportage richtlijn geeft een marginale EU CO<sub>2</sub>-emissie die is berekend op basis van de CO<sub>2</sub>-emissies van elektriciteitsproductie uit fossiele bronnen in “electricity only plants” (dus zonder nucleair en zonder warmtekracht).</li> </ul>	
<a href="#">Handreiking Monitoring MJA 3 en MEE convenant</a> (AgNL, 2012a)	Ex-post berekenen van gerealiseerde energiebesparingen door de implementatie van maatregelen bij individuele bedrijven en op sectorniveau voor deelnemers aan MJA en MEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ingekochte elektriciteit wordt omgerekend naar primaire energie met een <u>referentierendement</u> van <u>42%</u>.</li> <li>Elektriciteit die wordt teruggeleverd of wordt doorgeleverd wordt omgerekend naar primaire energie met een <u>marginale referentierendement</u></li> <li>Elektriciteit afgenomen van een WKK die niet het eigendom is van een bedrijf wordt omgerekend naar primaire energie met een <u>referentierendement</u> van <u>40%</u>.</li> </ul>	Referentierendement van 42% (consumptie) en 40% (afname van WKK)  Marginaal referentierendement van 50% (terug- en doorlevering)
<a href="#">Stroometiket</a> (CE, 2011)	Ex-post berekening van de CO <sub>2</sub> -uitstoot die gealloceerd kan worden aan de mix van de elektriciteit die in Nederland wordt geleverd	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kentallen worden berekend voor de volgende <u>gemiddelde elektriciteitsmixen</u>: productiemix, importmix, handelsmix en leveringsmix (deze is inclusief hernieuwbaar).</li> <li>Kengetallen worden berekend op onderwaarde en worden jaarlijks voor actueel jaar berekend.</li> <li>Bij WKK's wordt brandstofinput gealloceerd op energiebasis naar</li> </ul>	CO <sub>2</sub> -emissiefactorproductiemix grijs 2011: 0,434 kg CO <sub>2</sub> /kWh  CO <sub>2</sub> -emissiefactor leveringsmix grijs-groen 2011: 0,300 kg CO <sub>2</sub> /kWh

Bron	Toepassingsgebied	Gehanteerde methode(n) en belangrijkste veronderstellingen	Gehanteerde kengetallen
		bruto elektriciteitsproductie, verkochte warmte en niet-verkochte warmte (IEA benadering).	
Energieprestatienorm voor gebouwen (EPG)	Ex-ante berekening van de toekomstige energieprestatie van individuele kantoorgebouwen en woningen	<ul style="list-style-type: none"> <li>De veronderstelling is dat de <u>geconsumeerde</u> elektriciteit binnen een gebouw niet gekoppeld kan worden aan een specifieke centrale. Referentierendement voor geconsumeerde elektriciteit is het <u>gemiddeld rendement</u> van het Nederlandse elektriciteitspark.</li> <li>Het rendement wordt berekend op bovenwaarde en blijft gelijk zolang de norm niet wordt aangepast.</li> <li>Voor teruggeleverde elektriciteit geproduceerd met een WKK wordt een <u>marginale benadering</u> gehanteerd.</li> </ul>	<p>Gemiddeld rendement van 39% (op bovenwaarde)</p> <p>CO<sub>2</sub>-emissiefactor: 0,571 kg CO<sub>2</sub>/kWh</p> <p>Marginaal rendement voor teruglevering van 50%</p>
<a href="#">Uniforme maatlat van het expertisecentrum warmte</a> (AgNL, 2011)	Ex-ante berekening van de toekomstige CO <sub>2</sub> -emissies van een voorgenomen bouwproject	<ul style="list-style-type: none"> <li>De veronderstelling is dat geconsumeerde en bespaarde elektriciteit van een individueel project niet gekoppeld kan worden aan een specifieke centrale.</li> <li>Uniforme maatlat laat keuze aan de gebruiker om te kiezen voor: <ul style="list-style-type: none"> <li>aansluiting bij EPG benadering;</li> <li>omrekening naar primair fossiel energiegebruik met een <u>fossiel gemiddeld rendement</u> op basis van het gemiddeld opgesteld park in Nederland in 2020 Dit rendement wordt berekend op bovenwaarde en blijft gelijk totdat nieuwe gegevens beschikbaar zijn voor 2020 en de Uniforme Maatlat wordt aangepast.</li> </ul> </li> </ul>	<p>Rendementen gehanteerd als bij EPG of:</p> <p>Gemiddeld fossiel rendement in 2020 van 56%</p> <p>CO<sub>2</sub>-emissiefactor in 2020 van 0,489 kg CO<sub>2</sub>/kWh</p>
<a href="#">Milieu Centraal</a>	Ex-post berekeningen van CO <sub>2</sub> -emissies gekoppeld aan elektriciteit-consumptie van een individueel huishouden	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hanteert een CO<sub>2</sub>-emissiefactor van 0,6 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Er is geen verdere informatie beschikbaar over de keuze voor deze factor.</li> </ul>	CO <sub>2</sub> emissiefactor van 0,60 kg CO <sub>2</sub> /kWh
<a href="#">CO<sub>2</sub>-prestatieladder</a> (SKAO, 2011)	Ex-ante berekenen van de CO <sub>2</sub> -impact in de aanbestedingsfase van projecten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hanteert een LCA benadering voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor elektriciteitsconsumptie.</li> <li>Hanteert de kengetallen uit het stroometiket, maar corrigeert deze voor ontbrekende emissies bij winning en transport van de</li> </ul>	CO <sub>2</sub> -emissiefactor grijze stroom 2010: 0,455 kg CO <sub>2</sub> /kWh

Bron	Toepassingsgebied	Gehanteerde methode(n) en belangrijkste veronderstellingen	Gehanteerde kengetallen
		brandstoffen. Hiervoor wordt een opslag van 10% gehanteerd.	
<a href="#">Protocol monitoring hernieuwbare energie (PHE)</a> (AgNL. 2010)	Ex-post berekenen van CO <sub>2</sub> -reductie en besparingen op primair energiegebruik door energieproductie met hernieuwbare energiebronnen voor Nederland als geheel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beide protocollen hanteren dezelfde <i>marginale benadering</i>, waarbij verondersteld wordt dat vermindering in de elektriciteitsvraag door inzet van hernieuwbare bronnen en energiebesparing vooral wordt opgevangen door centraal opgesteld fossiel gestookte elektriciteitscentrales en aftapcentrales (waarbij het rendement wordt gecorrigeerd voor warmteproductie).</li> </ul>	Zie Tabel 5
<a href="#">Protocol monitoring energiebesparing (PME)</a> (link naar protocol uit 2001) (ECN, 2001)	Ex-post berekenen van besparingen op primair energiegebruik door implementatie van energiebesparingsmaatregelen voor Nederland als geheel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kengetallen worden jaarlijks berekend op onderwaarde o.b.v. beschikbare statistieken; het protocol monitoring energiebesparing gebruikt het referentierendement van het geldende basisjaar (op dit moment 2000).</li> <li>• Zie hoofdstuk 0 voor beschrijving van de benadering gehanteerd voor dit protocollen.</li> </ul>	
<a href="#">Referentieramingen energie en CO<sub>2</sub>-emissies</a>	Ex-ante berekenen van het effect van het huidige Nederlandse energie- en klimaatbeleid op toekomstige Nederlandse emissies en energiegebruik.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In de modelberekeningen wordt een <i>marginale benadering</i> gehanteerd. Hierbij wordt tot nu toe verondersteld dat hernieuwbare energie voorrang krijgt op het net en de fossiele opties de marginale opties zijn.</li> </ul>	

## BIJLAGE 2: Marginale benaderingen

Onderstaand schema geeft een overzicht van toegepaste marginale benaderingen en toegepaste methoden voor de berekening van kengetallen voor deze benaderingen (WRI, 2007)

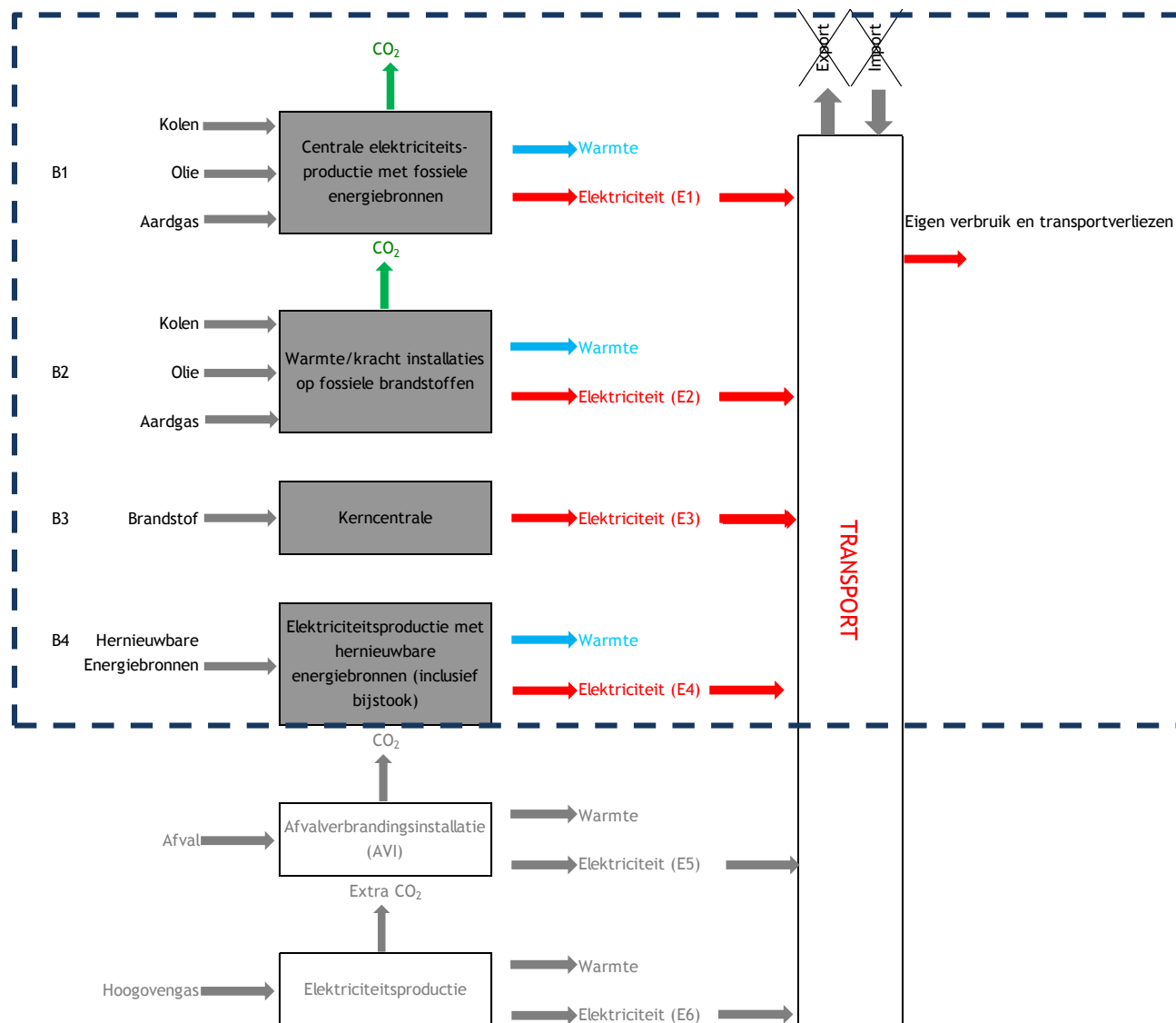


### BIJLAGE 3: Berekening van kengetallen voor de 'Integrale methode'

**TOELICHTING:**

Dit schema geeft een overzicht van de systeemgrenzen die worden gehanteerd voor de berekening van de kengetallen voor de "integrale methode". Bij deze methode wordt vrijwel de totaal opgestelde mix van elektriciteitsproductiemiddelen in Nederland meegenomen. Voor elektriciteitsproductie uit afval, hoogovengas en restgassen uit raffinaderijen en petrochemie wordt verondersteld dat deze wordt opgewekt met een rendement dat gelijk is aan het gemiddelde rendement van het productiepark in Nederland (exclusief deze bronnen). Voor deze bronnen is het lastig de brandstof inzet te verdelen over elektriciteitsproductie en de andere functies die deze centrales hebben. Ook bij warmtekrachtkoppeling (wkk) speelt dit verdelingsvraagstuk. De elektriciteitsproductie uit wkk is echter zo groot deze niet weggelaten kan worden. Voor wkk wordt de brandstofinzet en de CO<sub>2</sub> emissie daarom verdeeld over elektriciteit en warmte. Verder wordt import en export van elektriciteit niet apart in beschouwing genomen. Dit betekent dat we kijken naar in Nederland geproduceerde elektriciteit.

$CO_2 \text{ factor}(t) =$ $CO_2 \text{ emissies}(t) / [E1(t) + E2(t) + E3(t) + E4(t)] +$ $[(E5(t) + E6(t)) * CO_2 \text{ factor}(t) / (E5(t) + E6(t))]$
$CO_2 \text{ emissies}(t) = B1(t)*AF1*EFx + B2(t)*AF2*Efx$ <p>AF = allocatiefactor brandstof Ef = CO<sub>2</sub> emissiefactor per brandstoftype</p>
$\text{Primaire fossiel energiegebruiksfactor}(t) =$ $\text{Primaire fossiel energiegebruik}(t) / [E1(t) + E2(t) + E3(t) + E4(t)] +$ $[(E5(t) + E6(t)) * \text{Primaire fossiel energiegebruiksfactor}(t) /$
$\text{Primaire fossiel energiegebruik}(t) = B1(t)*AF1 + B2(t)*AF2$ <p>AF = allocatiefactor brandstof Ef = CO<sub>2</sub> emissiefactor per brandstoftype</p>
$\text{Rendement op primair fossiel} =$ $[E1(t) + E2(t) + E3(t) + E4(t)] / [B1(t) + B2(t) + B3(t)]$





## BIJLAGE 4: Resultaten 'Integrale methode' op boven- en onderwaarde

Bij de Energie Prestatienorm Gebouwen (EPG) worden alle berekening op bovenwaarde uitgevoerd. Resultaten op bovenwaarde zijn daarom in deze bijlage opgenomen. Bij aardgas is de bovenste verbrandingswaarde 11% hoger dan de onderwaarde. Bij kolen is het verschil circa 2,5%. In de berekeningen is verondersteld dat voor biomassa en kolen alleen de onderwaarde relevant is omdat het niet mogelijk is de warmte uit de rookgassen te condenseren bij de momenteel gebruikte technieken.

Tabel 4 Lower Heating Value (LHV) (onderwaarde) en Higher Heating Value (HHV) (bovenwaarde) voor een aantal fossiele energiedragers. Bronnen: [1] MNP (2008), [2] Bossel (2003), [3] PenState (2010)

Energiedrager	Eenheid	LHV	HHV	HHV/LHV	Bron
Aardgas	MJ/Nm <sup>3</sup>	31,7	35,2	1,11	[1]
Steenkool	MJ/kg	33,3	34,1	1,02	[2]
Diesel 6	MJ/kg	43,0	45,9	1,07	[2]
Biomassa	MJ/kg			1,10	[3]

Tabel 5 CO<sub>2</sub>-emissiefactor, primair fossiel energiegebruik (LHV en HHV) en het rendement op primair fossiel (LHV en HHV) voor de 'Integrale methode' voor de periode 2000-2010

	CO <sub>2</sub> -emissiefactor	Primair fossiel energiegebruik		Rendement op primair fossiel	
	LHV en HHV	LHV	HHV	LHV	HHV
	kg/kWh	MJprim/kWh	MJprim/kWh	%	%
2000	0,55	8,3	8,9	43,5	40,5
2001	0,56	8,5	9,1	42,6	39,6
2002	0,55	8,4	9,0	43,0	40,0
2003	0,55	8,4	9,0	43,0	40,0
2004	0,53	8,1	8,8	44,2	41,0
2005	0,51	7,9	8,5	45,5	42,3
2006	0,50	7,7	8,3	47,0	43,6
2007	0,50	7,7	8,3	46,8	43,5
2008	0,49	7,6	8,2	47,5	44,0
2009	0,48	7,4	8,0	48,6	45,0
2010	0,46	7,3	7,9	49,6	45,8