



Energy research Centre of the Netherlands

# **Onderbouwing actualisatie BEES B**

## **Kosten en effecten van de voorgenomen wijziging van het besluit emissie-eisen stookinstallaties B**

**P. Kroon**  
**W. Wetzels**

ECN-E--08-020

April 2008

## Verantwoording

Dit rapport is opgesteld op verzoek van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer ten behoeve van de voorgenomen aanpassing van het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties B. De werkzaamheden in 2007 ten behoeve van dit project zijn bij ECN geregistreerd onder projectnummer 7.7850. De werkzaamheden in 2008 zijn geregistreerd onder projectnummer 7.7948.

## Abstract

For the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM) calculations were made on the effects of an update of the Dutch Emission Limits Combustion Plants Decree (BEES B). BEES B sets NO<sub>x</sub> emission limits for combustion installations between 0.9 MW<sub>th</sub> (boilers on gas and oil) and 50 MW<sub>th</sub> (total on one location). For coal boilers and gas engines, there is no lower capacity limit in BEES B. For gas turbines it is 1 MW<sub>e</sub>. Although Directive 96/61/EC, concerning integrated pollution prevention and control (the IPPC Directive), is designed for bigger installations, VROM wants to include the emission levels of the Best Available Techniques (BAT) for smaller installations as well. Other changes are the inclusion of wood boilers and new C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> emission limits for gas engines. Furthermore, emission levels on SO<sub>2</sub> and fine particulates (PM<sub>10</sub>), which currently only exist for coal, are extended to gas, oil and wood combustion. VROM intends to set the lowest level for BEES B at 1 MW<sub>th</sub> for all installations. Smaller installations will be addressed in other legislation. In the project a separation was made with other policies like BEES A, the Dutch Emissions Guidelines (NER) but not with NO<sub>x</sub> emission trading (for process emissions and locations with over 20 or 30 MW<sub>th</sub> on active installations). The trading level for combustion is 40 g NO<sub>x</sub>/GJ in 2010, but this will be decreased after 2010.

The effect of the new sulphur and particulates level on the total Dutch emission is small, because most emissions come from other sources (total cost < 2 mln €). Because the limits are stringent they discourage the use of coal and heavy oil. Also solid biomass gets stringent limits on particulates (20 mg/Nm<sup>3</sup> for existing and 5 mg/Nm<sup>3</sup> for new installations, both at 6% O<sub>2</sub>). The main costs are related to engines on gas and biogas. The emission level of 30 g NO<sub>x</sub>/GJ fuel for new (from 2009) and existing (2015) installations reduces the emissions, of all engines including the small ones, with 7 kton in 2020 for 40 mln €/y. Although SCR (selective catalytic NO<sub>x</sub> reduction) is already state of the art technology for gas engines at greenhouses in the Netherlands, the experience with SCR on biogas engines is limited. For gas boilers the emission level will be set at 15 g/GJ for new and 20 g/GJ for existing boilers. This will reduce emissions in 2020 by 1 kton at a cost of 3 mln €/y. A reduction of 1.8 kton is related to a very stringent limit of 40 g/GJ for (bio-)oil use in diesel engines. In the used background scenario bio-oil use is expected to grow substantially. The additional costs are limited (2.2 mln €) because the use of SCR technology is already obligatory at this moment. The necessary SCR reduction efficiency has to be increased to around of 97%, which is rather challenging. The rest of the 10 kton NO<sub>x</sub>, 50 mln € package is related to SCR on all solid fuel burning (35 g/GJ), very low NO<sub>x</sub> oil burners (35 g/GJ), new gas turbines (30 g/GJ, only a small number of small gas turbines meet this level), and bringing existing solo gas turbines, mainly used for gas transport, to 45-65 g/GJ.

The new emission level for C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, mainly methane (CH<sub>4</sub>), of 1200 g C/nm<sup>3</sup> at 3% O<sub>2</sub> for gas engines, will affect the suppliers of gas engines. If this would be methane exclusively, this would be equal to 2.3% methane slip or a 15% extra emission in CO<sub>2</sub> equivalents compared to natural gas (56.8 kg CO<sub>2</sub>/MJ). Measurements on ten gas engines in the Netherlands (ranging for 1.5 to 5 MW<sub>e</sub>) showed that three don't meet the new limit. The reduction in methane emission in 2020 will be in the range of 4 kton. Because the technology for flue gas methane removal is under development VROM will postpone a decision on this limit for existing installations by two years. With current technology this limit would cost over 20 mln € for a reduction of 8 kton methane (0,16 Mton CO<sub>2</sub> eq).

# Inhoud

Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	6
1. Samenvatting en conclusies	9
1.1 Inleiding	9
1.2 Reductie van SO <sub>2</sub> -emissies onder BEES B	10
1.3 Reductie van NO <sub>x</sub> -emissies onder BEES B	11
1.3.1 Totaal effect actualisatie BEES B	11
1.3.2 Effect per NO <sub>x</sub> -maatregel	13
1.4 Reductie van de emissies van fijn stof onder BEES B	17
1.5 Reductie van de methaan emissies onder BEES B	17
1.6 Conclusies	18
1.7 Opmerkingen en bevindingen	19
2. Inleiding	21
3. Voorgestelde wijzigingen	22
4. Aantallen installaties	25
4.1 Eerste inventarisatieslag	25
4.2 Specifieke groepen nader toegelicht	26
4.2.1 Grote houtketels	26
4.2.2 Gasmotoren bij mestvergisting	27
4.2.3 BEES B installaties en NO <sub>x</sub> -emissiehandel	27
4.2.4 Offshore installaties	29
5. SO <sub>2</sub> -eisen	30
5.1 Meer SO <sub>2</sub> -emissie-eisen in BEES B	30
5.2 Oliestook (gasolie, bio-olie en zware stookolie)	30
5.3 Gasstook	31
5.4 Kolenstook	31
6. NO <sub>x</sub> -eisen	34
6.1.1 Aangescherpte eisen	34
6.1.2 Bestaande en nieuwe ketels op vaste biomassa komen in BEES B	34
6.1.3 Bestaande ketels op olie	36
6.1.4 Bestaande ketels op kolen	37
6.1.5 Bestaande en nieuwe ketels op gas	37
6.1.6 Bestaande en nieuwe gasturbines	39
6.1.7 Bestaande en nieuwe zuigermotoren op vloeistof	41
7. Stofeisen	43
7.1 Stofeisen in actualisatie BEES B uitgebreid	43
7.2 Kolengestookte ketels	43
7.3 Oliegestookte installaties	44
7.4 Houtgestookte ketels	44
8. Parkopbouw en emissiereductie bij gasmotoren	46
8.1 Inleiding gasmotoren	46
8.2 Het gasmotorpark	46
8.3 Huidige BEES B wetgeving	52
8.4 Beleidsvarianten	53
9. Modelbeschrijving en aannames gasmotoren	54
9.1 Bepaling van het gasmotorpark	54

9.2	Berekening van de kosten	55
9.3	Toepassing SCR-katalysatoren bij gasmotoren op biogassen	56
9.4	Overige aannames	57
10.	Resultaten voor gasmotoren	59
10.1	Elektriciteitsproductie en NO <sub>x</sub> -emissie gasmotoren	59
10.2	Kosten voor individuele bedrijven	61
10.3	Reductiekosten afhankelijk van vermogensklasse	62
10.4	Totale emissiereductie en kosten beleidsvarianten	63
10.5	Gevoeligheidsanalyse voor toename gasmotorvermogen	65
10.6	Discussie gasmotoren	65
11.	Koolwaterstof (methaan) emissie-eisen gasmotoren	67
	Literatuur	71
	Internet sites	75
Bijlage A	Overzicht huidige en voorgestelde eisen	76
Bijlage B	Gasmotoren	79
Bijlage C	Overzicht van effecten per bedrijfspgroep voor gasmotoren	81
C.1	Toelichting	81
C.2	Glastuinbouw	81
C.3	Industrie & Energie	82
C.4	Diensten	82
C.5	Gezondheid & Welzijn	83
C.6	Milieudienstverlening	84
C.7	Cultuur & Recreatie	84
C.8	Mestvergisting	85
Bijlage D	Investeringsbeslag	86
D.1	Total investeringen	86
D.2	Investeringen voor SO <sub>2</sub> -reductie	86
D.3	Investeringen voor NO <sub>x</sub> -reductie	87
D.4	Investeringen voor fijn stof en C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> -reductie	89

## Lijst van tabellen

Tabel 1.1	<i>Nederlandse emissiedoelstellingen per sector voor 2010 [kton]</i>	9
Tabel 1.2	<i>Emissieontwikkeling volgens het GE-scenario[kton]</i>	10
Tabel 1.3	<i>Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> in 2015</i>	11
Tabel 1.4	<i>Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> per maatregel</i>	11
Tabel 1.5	<i>Totaal effect BEES B voor reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub></i>	12
Tabel 1.6	<i>Effect gasmotoren in BEG op reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> (vermogen &lt;1MW<sub>th</sub>)</i>	12
Tabel 1.7	<i>Reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> per maatregel</i>	15
Tabel 1.8	<i>Overzicht resultaten per maatregel voor gasmotoren</i>	16
Tabel 1.9	<i>Reductie en reductiekosten stof</i>	17
Tabel 1.10	<i>Schatting effecten koolwaterstofnorm op gasmotoren in 2020</i>	18
Tabel 1.11	<i>Overzicht effecten actualisatie BEES B (inclusief gasmotoren uit BEG)</i>	18
Tabel 1.12	<i>Totale kosten actualisatie BEES B en BEES B plus gasmotoren uit BEG</i>	19
Tabel 3.1	<i>Vereenvoudigd overzicht voorgestelde NO<sub>x</sub>-emissie-eisen</i>	23
Tabel 4.1	<i>Schatting van het aantal kleinere installaties in BEES B (2006)</i>	25
Tabel 4.2	<i>Opbouw vermogen houtketels</i>	26
Tabel 4.3	<i>Opbouw vermogen gasmotoren bij mestvergisting medio 2007</i>	27
Tabel 4.4	<i>Aantal offshore platforms in gebruik in 2005 naar geïnstalleerd vermogen</i>	29
Tabel 4.5	<i>Aantal installaties op offshore platforms met thermisch vermogen &gt;1 MW<sub>th</sub></i>	29
Tabel 5.1	<i>Energetisch verbruik van zware stookolie [PJ]</i>	30
Tabel 5.2	<i>Effecten op SO<sub>2</sub>-emissie vloeibare brandstoffen bij brandstofinzet als in 2006</i>	31
Tabel 5.3	<i>Energetisch verbruik van steenkool, steenkoolcokes en steenkoolderivaten</i>	32
Tabel 5.4	<i>Effecten BEES B actualisatie op SO<sub>2</sub>-emissie kolen bij brandstofinzet als 2005/2006</i>	33
Tabel 6.1	<i>Effecten BEES B actualisatie nieuwe houtinstallaties in 2010</i>	35
Tabel 6.2	<i>Effecten BEES B actualisatie op uitstoot bestaande houtinstallaties in 2015</i>	36
Tabel 6.3	<i>Effecten BEES B actualisatie op nieuwe en bestaande houtinstallaties in 2020</i>	36
Tabel 6.4	<i>Effecten BEES B actualisatie op NO<sub>x</sub>-emissie oliegestookte ketels in 2015</i>	37
Tabel 6.5	<i>Effecten BEES B actualisatie op NO<sub>x</sub>-emissie kolen in 2015</i>	37
Tabel 6.6	<i>Besluit typekeuring verwarmingstoestellen luchtverontreiniging stikstofoxide</i>	38
Tabel 6.7	<i>Effecten BEES B actualisatie op gasgestookte ketels</i>	39
Tabel 6.8	<i>Effecten BEES B actualisatie op nieuwe kleine gasturbines in WKK-installaties</i>	40
Tabel 6.9	<i>Effecten BEES B actualisatie op nieuwe kleine gasturbines in WKK-installaties</i>	40
Tabel 6.10	<i>Effecten BEES B actualisatie op nieuwe dieselmotoren</i>	42
Tabel 7.1	<i>Stofverwijdering uit rookgassen</i>	43
Tabel 7.2	<i>Effecten BEES B actualisatie op houtgestookte ketels</i>	44
Tabel 8.1	<i>Kenmerken van het gasmotorenpark in 2002</i>	50
Tabel 8.2	<i>Kenmerken van het gasmotorenpark in 2006</i>	50
Tabel 8.3	<i>Aantallen gasmotoren naar jaargroep en vermogensklasse voor 2006</i>	50
Tabel 8.4	<i>Elektriciteitsproductie en inzet biogas</i>	51
Tabel 8.5	<i>Hoofdlijnen van de emissie-eisen voor gasmotoren</i>	53
Tabel 9.1	<i>Modelaannames voor de ontwikkeling van het opgesteld vermogen per sector</i>	54
Tabel 9.2	<i>Modelaannames voor het opgesteld elektrisch vermogen van mest- en co-vergistingsinstallaties</i>	55
Tabel 9.3	<i>Investeringskosten voor SCR-installatie (inclusief installatiekosten)</i>	55
Tabel 9.4	<i>Investeringskosten voor aanpassing bestaande gasmotoren aan 80 g/GJ</i>	56
Tabel 10.1	<i>Ontwikkeling van de NO<sub>x</sub>-uitstoot per bedrijfsgroep bij ongewijzigd beleid [kton]</i>	61
Tabel 10.2	<i>Jaarlijkse kosten voor een SCR-installatie bij nieuwe gasmotoren</i>	61
Tabel 10.3	<i>Kosten voor SCR-installatie bij bestaande gasmotoren (retrofit)</i>	61

Tabel 10.4	<i>NO<sub>x</sub>-reductiekosten per vermogensklasse</i>	62
Tabel 10.5	<i>Overzicht van NO<sub>x</sub>-emissie per bedrijfspgroep in 2010 en 2020</i>	63
Tabel 10.6	<i>Resultaten variant I</i>	64
Tabel 10.7	<i>Resultaten variant II</i>	64
Tabel 10.8	<i>Gevolgen van een toename van gasmotorvermogen in de glastuinbouw tot 3.500 MW<sub>e</sub> in 2020</i>	65
Tabel 11.1	<i>Gemeten emissies van NO<sub>x</sub> en koolwaterstoffen van gasmotoren in Nederland</i>	68
Tabel 11.2	<i>Deense tijdreeks met methaan-emissiefactoren voor gasmotoren</i>	69
Tabel 11.3	<i>Schatting effecten koolwaterstofnorm op gasmotoren in 2020</i>	70
Tabel A.1	<i>Vereenvoudigd overzicht voorgestelde SO<sub>2</sub>-emissie-eisen</i>	76
Tabel A.2	<i>Vereenvoudigd overzicht voorgestelde NO<sub>x</sub>-emissie-eisen</i>	77
Tabel A.3	<i>Vereenvoudigd overzicht voorgestelde Stofemissie-eisen</i>	77
Tabel A.4	<i>Overzicht koolwaterstof eisen</i>	78
Tabel B.1	<i>Indeling in bedrijfspgroepen zoals gebruikt voor de aangeleverde CBS-gegevens</i>	79
Tabel B.2	<i>Modelaannames gemiddeld vermogen van gasmotoren per vermogensklasse</i>	79
Tabel B.3	<i>Modelaannames over het aantal draaiuren van gasmotoren per sector</i>	80
Tabel B.4	<i>Modelaannames over elektrisch rendement van gasmotoren</i>	80
Tabel B.5	<i>Modelaannames over de aanwezigheid van SCR-rookgasreinigingsinstallaties bij gasmotoren in de glastuinbouw</i>	80
Tabel C.1	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Glastuinbouw in 2010</i>	81
Tabel C.2	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Glastuinbouw in 2020</i>	81
Tabel C.3	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Industrie &amp; Energie in 2010</i>	82
Tabel C.4	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Industrie &amp; Energie in 2020</i>	82
Tabel C.5	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Diensten in 2010</i>	82
Tabel C.6	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Diensten in 2020</i>	83
Tabel C.7	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Gezondheid &amp; Welzijn in 2010</i>	83
Tabel C.8	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Gezondheid &amp; Welzijn in 2020</i>	83
Tabel C.9	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Milieudienstverlening in 2010</i>	84
Tabel C.10	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Milieudienstverlening in 2020</i>	84
Tabel C.11	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Cultuur &amp; Recreatie in 2010</i>	84
Tabel C.12	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Cultuur &amp; Recreatie in 2020</i>	85
Tabel C.13	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Mestvergisting in 2010</i>	85
Tabel C.14	<i>Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Mestvergisting in 2020</i>	85
Tabel D.1	<i>Totale kosten actualisatie BEES B en BEES B plus gasmotoren uit BEG</i>	86
Tabel D.2	<i>Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> in 2015</i>	86
Tabel D.3	<i>Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> per maatregel</i>	87
Tabel D.4	<i>Totaal effect BEES B voor reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub></i>	87
Tabel D.5	<i>Effect gasmotoren in BEG op reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> (vermogen &lt; 1MW<sub>th</sub>)</i>	87
Tabel D.6	<i>Reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> per maatregel</i>	88
Tabel D.7	<i>Reductie en reductiekosten stof</i>	89
Tabel D.8	<i>Schatting effecten koolwaterstofnorm op gasmotoren in 2020</i>	89

## Lijst van figuren

Figuur 8.1	<i>Ontwikkeling van het opgesteld elektrisch vermogen van gasmotoren in de periode 1998-2006</i>	47
Figuur 8.2	<i>Ontwikkeling van het aantal gasmotoren in de periode 1998-2006</i>	48
Figuur 8.3	<i>Toename van het aantal vergistingsinstallaties</i>	51
Figuur 8.4	<i>Groei vermogen gasmotoren bij mest- en co-vergisting</i>	52

Figuur 10.1	<i>Modelresultaat voor de elektriciteitsproductie door gasmotoren per vermogensklasse</i>	59
Figuur 10.2	<i>Modelresultaat voor de verdeling van de NO<sub>x</sub>-uitstoot van gasmotoren naar bedrijfsgroep in 2006</i>	60
Figuur 10.3	<i>Ontwikkeling van de NO<sub>x</sub>-emissie bij ongewijzigd beleid per bedrijfsgroep</i>	60
Figuur 10.4	<i>NO<sub>x</sub>-reductiekosten voor nieuwe SCR-installaties afhankelijk van het elektrisch vermogen</i>	62
Figuur 10.5	<i>Totale NO<sub>x</sub>-emissie van gasmotoren voor de verschillende beleidsvarianten</i>	63





# 1. Samenvatting en conclusies

## 1.1 Inleiding

Het ministerie van VROM werkt aan een actualisatie van het Besluit Emissie Eisen Stookinstallaties B (BEES B) (VROM, 1998). In het kader hiervan is de afdeling Beleidsstudies van het Energieonderzoek Centrum Nederland gevraagd om de te verwachten kosten en effecten van de actualisatie in kaart te brengen.

Het doel van deze actualisatie is de emissie-eisen voor stookinstallaties op het niveau te brengen behorend bij toepassing van de Best Beschikbare Technieken (BBT), zoals beschreven in de BBT referentiedocumenten (BREF's). Hierbij is verder van belang dat VROM de emissie-eisen van kleinere elektriciteitsproducerende installaties en warmtekrachtinstallaties (WKK) gelijk wil trekken met die van elektriciteitscentrales.

In juni 2007 is een eerste concept van de actualisatie van BEES B met departementen en vergunningverleners besproken. In juli is het gecommuniceerd met de diverse actoren. Van verschillende kanten zijn hierbij schriftelijke en mondelinge reacties binnengekomen. Dit heeft geleid tot een tweetal punten, die in deze rapportage zullen worden behandeld: (1) een heldere rapportage waarin de toetsingsaspecten voor nieuwe wetgeving worden geadresseerd en (2) extra informatie over kosten en effecten van een aantal beleidsvarianten op het gebied van gasmotoren.

De wijzigingsvoorstellen van de actualisatie van BEES B betreffen zowel nieuwe als bestaande installaties. In de berekeningen is er vanuit gegaan dat de wijzigingen van de eisen voor nieuwe installaties ingaan per 1 januari 2009 en voor bestaande installaties zes jaar later op 1 januari 2015<sup>1</sup>. Als basis voor de berekening van de effecten is uitgegaan van het veelgebruikte WLO GE-scenario (CPB/MNP/RPB, 2006) met bijstellingen voor de sterkere groei van gasmotoren in de glastuinbouw en de toename van co-vergisting van mest.

Tabel 1.1 *Nederlandse emissiedoelstellingen per sector voor 2010 [kton]*

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub> prognose
Industrie, energie en raffinaderijen (IER)	39,5	65	12,1
Huishoudens	1	12	3,6
HDO en bouw	1	7	4,1
Landbouw	0	5	10,0
Transport	4	158	11,5
Reserve	4,5	13	
Totaal	50	260	41,3
Doel: Gothenburg protocol	50	266	
Doel: NEC-richtlijn	50	260	

### *Emissieontwikkeling*

In het kader van internationale afspraken heeft Nederland een aantal emissie doelstellingen voor 2010 (VROM, 2003). Deze doelstellingen zijn opgenomen in Tabel 1.1. Daarnaast heeft een verdeling van de taakstelling over diverse sectoren plaatsgevonden (VROM, 2006a). De 65 kton

<sup>1</sup> Bij alle kostenberekeningen is uitgegaan van een rente van 8% en een afschrijvingstermijn, voor bestaande installaties en nieuwe installaties, van tien jaar. In principe zijn er bestaande installaties, die na aanpassing net voor 2015 minder dan tien jaar in bedrijf zijn. Als het betreffende bedrijf de aanpassing eerder doet, bijvoorbeeld in 2009, wordt wel de periode van tien jaar bereikt.

NO<sub>x</sub> in de sector Industrie, energie en raffinaderijen (IER) is verdeeld in 55 kton in het NO<sub>x</sub>-handelssysteem en 10 kton bij de kleinere bronnen. Voor fijn stof (PM<sub>10</sub>) is er nog geen doelstelling voor 2010. In Tabel 1.1 is een prognose opgenomen uit dezelfde publicatie (VROM, 2006a). In Tabel 1.2 staan cijfers uit de nieuwste milieubalans van het MNP (MNP, 2007). Bij SO<sub>2</sub> dreigt er een overschrijding bij de sector Industrie, energie en raffinaderijen. Ook bij NO<sub>x</sub> is in dezelfde sector een overschrijding. Deze komt vooral voort uit het NO<sub>x</sub>-emissiehandelssysteem. Ook bij de sector Handel diensten en overheid (HDO) en bouw en bij Landbouw zijn er bij NO<sub>x</sub> overschrijdingen. Deze komen vooral door het hoge gebruik van gasmotoren. Omdat veel gasmotoren onder BEES B vallen en deze een relatief hoge emissie hebben vormen gasmotoren een belangrijk aandachtspunt voor de actualisatie. BEES B zal in de toekomst alleen van toepassing zijn op gasmotoren met een thermisch vermogen groter dan 1 MW<sub>th</sub>. Gasmotoren met een thermisch vermogen kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> zullen binnen de werkingssfeer van het Besluit Energieprestatie Gebouwen (BEG) gaan vallen (VROM, 2006b).

Tabel 1.2 *Emissieontwikkeling volgens het GE-scenario[kton]*

GE-scenario	SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>
	2010	2020	2010	2020	2010	2020
Industrie, energie en raffinaderijen	47	51	76	87	12	14
Huishoudens	1	1	11	8	4	3
HDO en bouw	1	2	8	6	2	3
Landbouw	0	0	10	10	10	11
Transport	4	4	156	108	11	8
Totaal	53	57	262	219	38	38

## 1.2 Reductie van SO<sub>2</sub>-emissies onder BEES B

### *Actualisatie SO<sub>2</sub>-emissie-eisen*

Op dit moment staat er alleen een SO<sub>2</sub>-eis van 700 mg/Nm<sup>3</sup> voor ‘nieuwe’ (sinds augustus 1990) kolengestookte installaties in BEES B. In de actualisatie van BEES B wordt gekozen voor een uniforme eis voor alle brandstoffen van 200 mg SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>. Dit is net boven de 164 mg/Nm<sup>3</sup> die samenhangt met het maximumzwavelgehalte van 0,1% van gasolie en huisbrandolie dat per 1 januari 2008 geldt. Alleen voor bestaande kolengestookte installaties, waarvoor deels nog geen eis geldt in BEES B en deels een eis van 700 mg/Nm<sup>3</sup>, vindt een andere aanscherping plaats, namelijk tot 400 mg/Nm<sup>3</sup>. Een overzicht van alle voorgestelde wijzigingen staat in bijlage A. Door de actualisatie komen kolengestookte installaties kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> onder BEG te vallen. Gezien de beperkte omvang en de onzekerheden over het aantal en type kolenketels is hier geen scheiding tussen BEES B en BEG gemaakt.

De totale SO<sub>2</sub>-reductie en de reductiekosten staan in Tabel 1.3. De SO<sub>2</sub>-reductie doet zich voor bij het stoken van kolen en zware stookolie. De huidige trend is dat er geen nieuwe installaties op deze brandstoffen bijkomen. De kostenberekening heeft dan ook alleen betrekking op bestaande installaties. In het jaar 2015 hebben, volgens de huidige inzichten, de SO<sub>2</sub>-maatregelen het grootste effect, vandaar dat hier de cijfers voor 2015 zijn opgenomen. De gemiddelde kosteneffectiviteit is 10 €/kg SO<sub>2</sub>-emissie vermeden. Omdat niet precies bekend is welk deel van het verbruik aan kolen en zware stookolie in BEES B installaties verstoekt wordt, is de totale omvang onzeker. Hoewel er op dit moment geen nieuwe installaties op kolen en zware stookolie worden geplaatst zou dit in de toekomst kunnen veranderen<sup>2</sup>. Daarom blijft het van belang om strenge emissie-eisen te stellen.

<sup>2</sup> Onder invloed van de hoge olieprijs wordt er door bedrijven op dit moment opnieuw naar kolen of hout gekeken. Op dit moment is de kolenprijs echter ook relatief hoog.

Tabel 1.3 *Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> in 2015*

Sector	SO <sub>2</sub> -emissie-reductie [kton/j]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie, energie en raffinaderijen	0,06	0,42
HDO en bouw	0,02	0,16
Landbouw	0,07	0,49
Totaal	0,14	1,06

De huidige SO<sub>2</sub>-emissie van BEES B installaties is beperkt en bedraagt, met circa 0,5 kton, ongeveer 1% van het totaal. Op basis van de voorgestelde eisen zou deze emissie, als de brandstofinzet gelijk blijft, met bijna 60% naar beneden gaan. De trend van de afgelopen jaren is echter een dalende inzet van zware stookolie en kolen. Als deze trend zich door zou zetten daalt de SO<sub>2</sub>-emissie van BEES B installaties zonder extra maatregelen tot circa 0,3 kton.

Tabel 1.4 *Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> per maatregel*

2015	SO <sub>2</sub> -emissie-reductie per jaar [kton]	Jaarlijkse kosten [mln €]	€/kg SO <sub>2</sub> -vermeden	Opmerkingen
Uitstoot bij (zware stook-)oliestook	0,03	0,2	8	Na 2015 wellicht verdere afname
Uitstoot bij gasstook	pm			
Uitstoot bij kolenstook	0,11	0,8	7	Na 2015 wellicht verdere afname

In Tabel 1.4 is een overzicht gegeven per maatregel. Gezien de marges in de kosteneffectiviteit, is het verschil tussen beide maatregelen niet significant. Als het gaat om robuustheid van het beleid, dan spelen de maatregelen ook in op denkbare toekomstige ontwikkelingen die tot een stijging van de SO<sub>2</sub>-emissies kunnen leiden. Onder invloed van de hoge energieprijzen is er op dit moment bijvoorbeeld bij marktpartijen weer belangstelling om kolen of zware olie te gaan stoken. Dit zou weer een stijging opleveren in plaats van de dalende trend. De actualisatie van BEES B beperkt hierbij de mogelijke milieu-impact.

## 1.3 Reductie van NO<sub>x</sub>-emissies onder BEES B

### 1.3.1 Totaal effect actualisatie BEES B

De totale NO<sub>x</sub>-reductie en de reductiekosten staan in Tabel 1.5. Voor gasmotoren is hier de berekening opgenomen waarbij nieuwe en bestaande gasmotoren beide 30 g NO<sub>x</sub>/GJ brandstof gaan. Deze maatregel heeft een grote invloed op het totaal. Van de NO<sub>x</sub>-reductie in 90% afkomstig van de maatregelen bij gasmotoren 2010 omdat hier momenteel nog een sterke groei plaatsvindt. In 2020 is het aandeel van gasmotoren gedaald naar 70%. De gemiddelde kosteneffectiviteit is minder dan 5 €/kg NO<sub>x</sub>-emissie vermeden maar varieert wel sterk per sector. Net als bij SO<sub>2</sub> zijn er ook bij NO<sub>x</sub> de nodige onzekerheden. Voor wat betreft de NO<sub>x</sub>-uitstoot kan de actualisatie van BEES B een belangrijke bijdrage leveren aan het realiseren van het NEC doel.

Tabel 1.5 *Totaal effect BEES B voor reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub>*

	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton/j]	Jaarlijkse kosten [mln €]
2010		
Industrie, energie en raffinaderijen	0,05	0,46
Huishoudens	0,00	0,00
HDO en bouw	0,43	1,57
Landbouw	0,94	4,21
Totaal	1,43	6,25
2020		
Industrie, energie en raffinaderijen	0,53	4,64
Huishoudens	0,02	0,05
HDO en bouw	3,12	9,10
Landbouw	4,51	21,43
Totaal	8,17	35,22

Op dit moment vallen de gasmotoren ongeacht het vermogen nog onder BEES B. In de actualisatie wordt voorgesteld om de installaties kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> onder het Besluit energieprestatie gebouwen (BEG) (VROM, 2006b) te laten vallen.<sup>3</sup> In Tabel 1.6 is het effect van een eis van 30 g/GJ opgenomen voor alle gasmotoren die kleiner zijn dan 1 MW<sub>th</sub> (in dit rapport geïnterpreteerd als < 400kW<sub>e</sub>) en die onder BEG zouden komen te vallen. Het effect in deze tabel komt boven op het effect van Tabel 1.5.

Tabel 1.6 *Effect gasmotoren in BEG op reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> (vermogen < 1 MW<sub>th</sub>)*

	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton/j]	Jaarlijkse kosten [mln €]
2010		
Industrie, energie en raffinaderijen	0,01	0,06
Huishoudens	0,00	0,00
HDO en bouw	0,18	1,31
Landbouw	0,26	1,89
Totaal	0,44	3,26
2020		
Industrie, energie en raffinaderijen	0,03	0,31
Huishoudens	0,00	0,00
HDO en bouw	0,73	5,70
Landbouw	1,36	9,72
Totaal	2,12	15,73

De totale emissiereductie van Tabel 1.5 en Tabel 1.6 in 2010 is 2 kton NO<sub>x</sub> en in 2020 10 kton NO<sub>x</sub>. In het kader van dit project is niet berekend wat de emissie van BEES B installaties is. Eerdere studies wijzen op een totale emissie van de installaties die nu onder BEES B vallen van 20 kton in 2010 en 14 tot 16 kton in 2020 (Kroon, 2005 en 2007). De emissiereductie in 2020 door de actualisatie van BEES B komt daarmee uit in de orde grootte van 70%. Van de BEES B emissies in 2010 en 2020 valt ook 1 tot 1,5 kton onder het NO<sub>x</sub>-emissiehandelssysteem. Ten aanzien van deze installaties in het NO<sub>x</sub>-emissiehandelssysteem wordt de onzekerheid in de kosten van dit systeem verminderd door het zelf nemen van maatregelen. Ook kunnen aankoopkosten van emissierechten worden verminderd of zelfs enige inkomsten worden gegenereerd.

<sup>3</sup> Hier wordt aangenomen dat deze grenswaarde de som van het thermisch en elektrisch vermogen betreft.

### 1.3.2 Effect per NO<sub>x</sub>-maatregel

In Tabel 1.7 is het effect per maatregel opgenomen, zowel voor 2010 als voor 2020. Hieronder worden de kosten per maatregel voor elk installatietype beschreven. Een overzicht van alle voorgestelde wijzigingen staat in bijlage A.

#### *Eisen aan houtgestookte ketels*

Op dit moment valt hout nog niet onder BEES B, maar wordt geregeld in de circulaire ‘Emissiebeleid voor energiewinning uit biomassa en afval’ (VROM, 2002b). De huidige geadviseerde eis voor nieuwe houtgestookte ketels is bij een slecht energetisch rendement 70 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (bij 11% O<sub>2</sub>; 36 g NO<sub>x</sub>/GJ brandstof) en bij een hoog energetisch rendement 130 mg/Nm<sup>3</sup> (66 g/GJ). Voorgesteld wordt om de eis gelijk te trekken aan die van kolen 100 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (bij 6% O<sub>2</sub>; circa 35 g/GJ). De emissie kan gereduceerd worden door toepassing van SCR (selectieve katalytische reductie, onder toevoeging van NH<sub>3</sub> of Ureum als reductiemiddel). Mede omdat het om relatief kleine installaties gaat en SCR bij een vaste brandstof, door de aanwezigheid van fijn stof en andere componenten, duurder is dan aardgas vallen de kosten relatief hoog uit. De kosten van de installatie worden voor de eigenaar 10 tot 20% hoger. Daar staat wel tegenover dat deze, in veel gevallen, nog steeds zijn goedkope afvalproduct als brandstof kan gebruiken. Aan de houtgestookte ketels worden bij de actualisatie ook strengere stoffeisen gesteld.

#### *Eisen oliegestookte ketels*

Voorgesteld wordt om de huidige eis van 120 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (35 g/GJ) die al sinds 1998 van kracht is aan alle installaties op te leggen. Aan deze eis kan veelal worden voldaan door de brander te vervangen. Indien de nieuwe brander nog vijf jaar of meer gebruikt kan worden blijven de kosten beperkt tot 5 €/kg NO<sub>x</sub> vermeden of minder. Wel kan als neveneffect een beperkt vermogensverlies optreden. Al jaren neemt het gebruik van zware stookolie af, en ook hier is in de berekeningen een verdere afname verondersteld. Opgemerkt kan nog worden dat aan zware stookolie ook strengere SO<sub>2</sub>-eisen worden gesteld.

#### *Eisen gasgestookte ketels*

Voor nieuwe ketels wordt de eis van 70 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (20 g/GJ) aangescherpt naar 15 g/GJ<sup>4</sup>. Aan deze waarde kan met goede (wellicht iets duurder) lage NO<sub>x</sub>-branders en een bijpassend ketelontwerp worden voldaan. De eis van 70 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> die sinds 1998 geldt voor nieuwe installaties gaat per 1 januari 2015 ook voor bestaande gelden. Net als bij oliestook betekent dit soms extra brandervervanging en een beperkte terugloop van het vermogen. Omdat de capaciteit meestal voldoende ruim is, zijn hier geen extra kosten voor opgenomen. De kosten bij bestaande installaties vallen enigszins mee, omdat bij een deel van het park toch al voor 2015 nog een brandervervanging plaats zou vinden. Door de juiste brander te kiezen kan dan direct aan de nieuwe eis voldaan worden. Omdat de gasgestookte ketel, naast de gasmotor, de grootste brandstofverbruiker onder de BEES B installaties is, is het effect bij bestaande ketels met bijna 1 kton aanzienlijk.

#### *Eisen kolenstook*

Voorgesteld wordt om de huidige eis van 100 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (35 g/GJ) die al sinds 1994 van kracht is, aan alle installaties op te leggen. Omdat het kolenverbruik in BEES B al jaren afneemt wordt alleen naar bestaande installaties gekeken. Aan deze eis kan voldaan worden door een SCR te plaatsen. Dit is net als bij houtstook een relatief dure techniek. Hoewel de kosten van SCR wel berekend zijn, is het goed mogelijk dat, mede omdat er ook bij de actualisatie strengere SO<sub>2</sub>-eisen worden gesteld, de eis een sanering van oude installaties zal veroorzaken. Van het kolenverbruik is niet precies bekend wat het aandeel van BEES B installaties is. Het is dan ook niet aan te geven in hoeverre het hier berekende effect verandert als de kolenketels kleiner dan 1

<sup>4</sup> Vanuit de sector is naar voren gebracht dat bij hoge druk stoomketels (die door de dikke wanden veel duurder zijn) met hoge vuurhaardbelastingen gewerkt wordt. Omdat lage NO<sub>x</sub>-branders een lage vuurhaardbelasting vragen, ofwel een grotere verbrandingsruimte in de ketel, ligt hier een financieel knelpunt.

$MW_{th}$  onder het BEG komen te vallen. Op dit moment staat er geen ondergrens voor kolenketels in BEES B.

### *Gasturbines*

De huidige emissie-eisen voor nieuwe gasturbines en de meeste bestaande liggen op 45 tot 65 g  $NO_x$ /GJ. Bij deze laatste waarde geldt nog een rendementscorrectie. Voor nieuwe gasturbines is deze waarde haalbaar door toepassing van een lage  $NO_x$ -verbrandingskamer. Voorgesteld wordt om deze eis voor alle bestaande gasturbines te laten gelden. Dit betekent dat ook de laatste categorie van sologasturbines van voor 1998, waar nu nog een eis van 200 g/GJ geldt moet worden aangepast. Deze gasturbines zijn voor zover bekend alleen nog (onshore) bij de gascompressoren in het aardgasnet te vinden. Een deel hiervan valt onder BEES A. Een paar vallen er nog niet onder BEES B, maar komen er wel onder als ook de ondergrens voor BEES B van 1  $MW_e$  veranderd wordt in 1  $MW_{th}$ . Voor de reductiekosten is uitgegaan van de toepassing van waterinjectie. Als er voor het betreffende type een lage  $NO_x$ -verbrandingskamer te koop is, kan ook de verbrandingskamer vervangen worden. Bij ECN is niet bekend in hoeverre bedrijfsspecifieke omstandigheden de reductie moeilijker maken.

Voor nieuwe gasturbines wordt een emissie-eis gesteld van 30 g  $NO_x$ /GJ. Lage  $NO_x$ -verbrandingskamers op dit niveau zijn er al wel voor grotere gasturbines, maar niet voor de meeste kleinere gasturbines, waar het in BEES B over gaat. Voor de kostencijfers is daarom van toepassing van de veel duurdere SCR uitgegaan, waarmee wel altijd dit niveau (en lager) bereikt kan worden. Omdat het aantal kleinere gasturbines waarvoor een dergelijke lage  $NO_x$ -verbrandingskamer beschikbaar is kan toenemen, moet dit met nadruk als een maximum schatting van de kosten beschouwd worden. Het verschil aan meerkosten tussen een verbrandingskamer die wel aan de nieuwe eis voldoet en één die hier nog niet aan voldoet is veel minder dan de kosten van toepassing van SCR.

### *Nieuwe dieselmotoren*

Op dit moment zijn er nauwelijks dieselmotoren die onder BEES B vallen. Er zijn wel veel dieselmotoren, maar de meeste zijn alleen bedoeld als noodaggregaat, of behoren tot de categorie mobiele werktuigen. Wel zijn er inmiddels een aantal motoren op bio-olie. Het aantal hiervan kan de komende jaren toenemen. Voorgesteld wordt om de eis voor nieuwe motoren van 400 g/GJ, die toepassing van SCR noodzakelijk maakt, aan te scherpen naar 130 g/GJ en na zes jaar naar 40 g/GJ. Hier is verondersteld dat ook het beperkte aantal huidige motoren op 1 januari 2015 aan deze eis moet voldoen. Dit stond nog niet zo expliciet vermeld in het beleidsvoornemen van het ministerie. De eis ligt tegen de huidige technische grenzen aan en kan waarschijnlijk gehaald worden door een veel groter katalysator volume toe te passen in de SCR eventueel in combinatie met een oxidatiekatalysator, om ongebruikt reductiemiddel te verwijderen. Omdat het om een relatief hoge reductie gaat, en SCR al standaard toegepast wordt (en alleen uitgebreid hoeft te worden) zijn de kosten beperkt.

Ter vergelijking kan opgemerkt worden dat de Europese commissie voor diesel vrachtwagen (en bussen) een voorstel (versie december 2007; Euro VI) heeft gedaan waarin de eis in 2013 voor  $NO_x$  met 80% wordt aangescherpt. Het niveau komt uit rond de 40 g/GJ diesel wat vergelijkbaar is met de eisen voor stationaire dieselmotoren in de actualisatie van BEES B. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat dieselmotoren in voertuigen een hoger aantal omwentelingen maken per minuut, en daardoor van nature een lagere  $NO_x$ -emissie hebben. Het MNP noemt voor deze aanscherping bij vrachtauto's een kosteneffectiviteit van 10 €/kg  $NO_x$  (Smeets, 2007), waar nog wel de nodige onzekerheidsmarge omheen zit.

Tabel 1.7 *Reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> per maatregel*

Type stookinstallatie en jaar	NO <sub>x</sub> -emissiereductie per jaar [kton]	Jaarlijkse kosten [mln €]	€/kg NO <sub>x</sub> -vermeden	Veronderstelde techniek bij kostenberekening
<b>Eisen houtstook</b>				
2010 nieuw	0,01	0,12	23	SCR
2015 bestaand	0,04	1,11	27	Retrofit SCR
2020 nieuw en bestaand	0,07	1,71	25	SCR
<b>Eisen oliestook</b>				
2015 bestaand	0,01	0,04	3	Brandervervanging
2020 bestaand	0,01	0,02	3	Afname oliestook verondersteld
<b>Eisen Gasgestookte ketels</b>				
2010 nieuw	0,06	0,12	2	
2015 bestaand	0,73	3,24	4	Brandervervanging
2020 nieuw en bestaand	0,99	3,11	3	
<b>Eisen kolenstook</b>				
2015/2020 bestaand	0,02	0,28	13	Retrofit SCR; kan ook tot sluiting leiden
<b>Gasturbines</b>				
2015/2020 Sologasturbines	0,09	0,40	5	Waterinjectie *1 SCR verondersteld met low NO <sub>x</sub> brander goedkoper *2
2010 nieuw	0,01	0,23	25	
2020 nieuw	0,07	1,79	25	
<b>Nieuwe dieselmotoren</b>				
2010 aangepast	0,12	0,10	1	
2020 nieuw incl. aanscherping	1,78	2,24	1	Grotere en/of/uitbreiding SCR
<b>BEES B gasmotoren</b>				
2010 nieuw	1,24	5,67	5	SCR
2020 nieuw	2,49	9,49	4	SCR
2020 bestaand	2,65	16,19	6	SCR
<b>BEG gasmotoren<sup>5</sup></b>				
2010 nieuw	0,45	3,26	7	SCR
2020 nieuw	1,24	7,14	6	SCR
2020 bestaand	0,88	8,59	10	SCR
<b>Totaal 2010, BEES B</b>	1,43	6,25	4,4	
<b>Totaal 2020, BEES B</b>	8,17	35,22	4,3	Maximum schatting gerekend met SCR
<b>Totaal 2010, BEES B plus BEG gasmotoren</b>	1,88	9,51	5,1	
<b>Totaal 2020, BEES B plus BEG gasmotoren</b>	10,29	50,95	5,0	

Noot \*1: Gaat om maximumschatting kan in de praktijk vrijwel nihil zijn

Noot \*2: Kosten kunnen door bedrijfsspecifieke omstandigheden bij aardgascompressoren hoger uitvallen.

<sup>5</sup> Gasmotoren met een vermogen lager dan 1 MW<sub>th</sub>, hier opgevat als 0,4 MW<sub>e</sub>, vallen in de toekomst niet onder BEES B, maar onder het Besluit Energieprestatie Gebouwen (BEG). Zowel voor bestaande als nieuwe gasmotoren (in BEES B en BEG) is uitgegaan van een NO<sub>x</sub> emissie-eis van 30 g/GJ.

### Gasmotoren

Voor gasmotoren is in Tabel 1.7 verondersteld dat alle gasmotoren aan de NO<sub>x</sub>-emissie-eis van 30 g/GJ moeten gaan voldoen (in dit rapport wordt deze beleidsvariant aangeduid als variant I). Bovendien is verondersteld dat de installaties kleiner dan 1 MW<sub>th</sub>, hier opgevat als 0,4 MW<sub>e</sub>, niet langer onder BEES B maar onder het BEG gebracht worden<sup>6</sup>. Verder is aangenomen dat ook biogasmotoren aan deze eisen moeten voldoen.

Om te voldoen aan een eis van 30 g/GJ is toepassing van SCR nodig (of bij de kleinere motoren de toepassing van de zogenaamde driewegkatalysator met een verhoogd onderhoudsregime). Op dit moment vindt de toepassing van SCR al massaal plaats bij gasmotoren op aardgas in de glastuinbouw, om de rookgassen voor CO<sub>2</sub>-bemesting van de kassen te kunnen gebruiken.

De effecten zijn uitgesplitst naar installaties groter dan 1 MW<sub>th</sub> (BEES B) en kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> (de nieuwe BEG-installaties), zie ook Tabel 1.8. Dat de specifieke reductiekosten ook bij de BEG-installaties nog relatief laag zijn, komt omdat in de klasse kleiner dan 50 kW<sub>e</sub> nog hoge NO<sub>x</sub>-emissies zijn toegestaan. Het is waarschijnlijk dat een groot deel van de kleinere gasmotoren als gevolg van de hoge kosten van aanpassing of door technische problemen vervroegd wordt afgestoten. Ook het plaatsen van nieuw vermogen kan door de nieuwe emissie-eisen minder aantrekkelijk worden.

Tabel 1.8 *Overzicht resultaten per maatregel voor gasmotoren*

	NO <sub>x</sub> -emissiereductie per jaar [kton]	Jaarlijkse kosten [mln €]	€/kg NO <sub>x</sub> - vermeden	Opmerkingen
BEES B gasmotoren 30 g/GJ				
2010	1,24	5,67	5	SCR
2020	5,13	25,68	5	SCR
BEG gasmotoren 30 g/GJ				
2010	0,44	3,26	7	SCR
2020	2,12	15,73	7	SCR
Totaal 2010 gasmotoren (BEES B plus BEG)	1,68	8,93	5	SCR
Totaal 2020 gasmotoren (BEES B plus BEG)	7,25	41,41	6	SCR

De variant waarbij aan alle BEES B installaties een emissie-eis van 30 g/GJ wordt opgelegd leidt tot een emissiereductie van 5,13 kton per jaar in 2020. Er is ook een variant uitgewerkt waarin de NO<sub>x</sub> emissie-eis voor bestaande installaties met een vermogen minder dan 2,5 MW<sub>th</sub>, hier opgevat als 1 MW<sub>e</sub>, niet op 30 maar op 80 g/GJ gesteld wordt (variant II, zie Paragraaf 8.4). Dit kan zonder toepassing van SCR gehaald worden met relatief dure wijzigingen in de motorafstelling en een zeer goede motorregeling.

### Offshore installaties

Op platforms die gebruikt worden bij het winnen van olie en gas bevinden zich ook een groot aantal installaties van vergelijkbare grootte als de installaties onder BEES B. Volgens een inventarisatie van DHV gaat het bij 38 platforms voor de installaties groter dan 1 MW<sub>th</sub> om 68 gasturbines, 42 gasmotoren en 24 dieselmotoren (Velde, 2007). Op dit moment vallen deze installaties niet direct onder BEES B, maar dienen ze wel de beste beschikbare techniek (BAT;

<sup>6</sup> Als gasmotoren en gasturbines onder BEG komen te vallen kan er verwarring ontstaan over de vermogensgrens omdat het thermische vermogen en het totale vermogen, afhankelijk van de warmtebenutting. In dat geval kan de grens beter in kW<sub>e</sub> of kW-asvermogen uitgedrukt worden. Hierbij kan net als in dit rapport gekozen worden voor een vergelijkbaar brandstofverbruik. Een gasmotor van 0,4 MW<sub>e</sub> verbruikt ongeveer evenveel als een ketel van 1 MW<sub>th</sub>.



Best Available Technology) toe te passen. De actualisatie van BEES B, en het opnieuw vaststellen van BAT in Nederland, kan dan ook gevolgen hebben voor deze installaties. Het zal duidelijk zijn dat het aanpassen van bestaande installaties of het aanvoeren van hulpstoffen (reductiemiddel voor SCR) op zee duurder is dan op het land. Omdat de offshore installaties geen onderdeel van de ECN-studie uitmaken, zijn de eventuele kosten en effecten niet in dit rapport opgenomen.

#### 1.4 Reductie van de emissies van fijn stof onder BEES B

In Tabel 1.9 zijn de kosten voor wijziging van de emissie-eis van fijn stof opgenomen, zie voor de eisen bijlage A. De cijfers zijn gelijk aan die in Tabel 7.2 en hebben alleen betrekking op de stofuitstoot bij houtgestookte ketels. De kosteneffectiviteit ligt rond de 35 €/kg stofuitstoot vermeden in 2010. In 2020 ligt deze hoger (40 €/kg) omdat dan ook bestaande installaties moeten zijn aangepast.. Bij de kostenberekening zijn de totale kosten van het filter gebruikt en is er geen rekening gehouden met eventuele uitgespaarde kosten. Dat de totale reductie van de stofuitstoot beperkt is, komt mede omdat de BEES B installaties maar weinig bijdrage aan de Nederlandse fijn stofemissie. De emissie van circa 0,5 kton wordt door de maatregelen met circa 50% gereduceerd.

Ter vergelijking kan opgemerkt worden dat het MNP voor de toepassing van roetfilters bij vrachtwagens een kosteneffectiviteit van 275 €/kg fijn stof (PM<sub>10</sub>) noemt (Smeets, 2007). Dit is aanzienlijk hoger dan de hier genoemde kosten. Als het gaat om verbetering van de luchtkwaliteit, levert de reductie van een kg stof uit het verkeer echter wel meer op dan de reductie van een kg stof uit een stationaire bron. Dit komt omdat juist verkeer lokaal vaak de overschrijdingen veroorzaakt.

Tabel 1.9 *Reductie en reductiekosten stof*

	Stof-emissiereductie [kton/j]	Jaarlijkse kosten [mln €]
2010		
Industrie, energie en raffinaderijen	0,0009	0,03
HDO en bouw	0,0002	0,01
Landbouw	0,0001	0,00
Totaal	0,0012	0,04
2020		
Industrie, energie en raffinaderijen	0,010	0,42
HDO en bouw	0,003	0,11
Landbouw	0,001	0,03
Totaal	0,014	0,57

Ook voor nieuwe kolengestookte installaties is een scherpere eis van 5 mg/Nm<sup>3</sup> opgenomen in plaats van de huidige eis van 20 mg/Nm<sup>3</sup>. In principe kan aan deze eis voldaan worden met goede doekfilters. Omdat er op dit moment nog geen trend is naar nieuwe kolengestookte installaties, zijn hiervoor ook geen kosten opgenomen.

#### 1.5 Reductie van de methaan emissies onder BEES B

Na een onderzoek in opdracht van VROM (Olthuis, 2007) is besloten om een eis te formuleren voor nieuwe gasmotoren van 1200 mg koolstof/Nm<sup>3</sup> aanwezig in koolwaterstofverbindingen (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) in het rookgas (bij 3% O<sub>2</sub>). Het is de bedoeling om de eisen ook over zeven jaar voor bestaande motoren door te voeren. Een finaal besluit hierover wordt gekoppeld aan de technische

ontwikkelingen de komende twee jaar. Het aandeel methaan in de koolwaterstofemissie van gasmotoren is 90% of meer. Methaan (CH<sub>4</sub>) is een sterk broeikasgas. Wordt met de toepassing van WKK een “CO<sub>2</sub>-winst” van 20% bereikt ten opzichte van gescheiden opwekking, dan blijft hier na correctie voor methaan, op het niveau van de nieuwe eis, maar 5% CO<sub>2</sub>-equivalent van over.

De emissie van methaan kan het beste gereduceerd worden door een gasmotor te kopen waarin deze emissie al laag is. Het onderzoek van (Olthuis, 2007) laat zien dat er voldoende motoren te koop zijn die aan de nieuwe eis voldoen. Bij de grotere motoren, die de hoogste uitstoot hebben, halen zeven van de tien gemeten motoren met eventueel een aangepaste afstelling de nieuwe eis. Voor nieuwe installaties zijn er dan ook geen additionele kosten.

Voor bestaande motoren is de situatie anders. Het uitlaatgas van een gasmotor is te koud om methaan af te breken met de huidige oxidatiekatalysatoren. Methaan is veel stabielere dan NM-VOS (niet methaan koolwaterstoffen). Dit betekent dat bij de huidige reductietechnologie het uitlaatgas eerst opgewarmd moet worden tot een temperatuur waarbij methaan wel afgebroken kan worden. Dit is relatief duur; volgens (Dijk, 2004) in gunstige investeringsituaties 1700 €/ton. Hoewel er wel onderzoek gedaan wordt naar het afbreken van methaan bij lagere temperaturen, heeft dit nog niet tot succesvolle demonstratieprojecten geleid.

Tabel 1.10 *Schatting effecten koolwaterstofnorm op gasmotoren in 2020*

Sector	Emissiereductie in			Kosteneffectiviteit	
	kton CH <sub>4</sub>	Mton CO <sub>2</sub> eq.	Jaarlijkse kosten [mln €]	€/kg CH <sub>4</sub>	(€/ton CO <sub>2</sub> eq.)
Nieuw via aanschaf en vervanging	4	0,075	-	0	0
Bestaand via huidige technologie rookgasreiniging					
- lage schatting	8	0,155	21	2,5	135
- hoge schatting	8	0,155	35	4,4	225
Totaal 2020	12	0,23	21-35	2-3	90-150

Verwacht mag worden dat de kosten voor bestaande installaties door technologieontwikkeling in de toekomst kunnen dalen. Omdat een definitief besluit over bestaande installaties twee jaar is uitgesteld, zijn deze kosten niet in de BEES B totalen opgenomen. Eventuele kosten komen voor circa 90% bij de sector Landbouw terecht en voor 10% in de sector HDO en bouw.

## 1.6 Conclusies

De actualisatie van BEES B zal tot een substantiële reductie van de emissies van BEES B installaties leiden, zie Tabel 1.11. In deze tabel is ook aangegeven welk deel van de totale emissie afkomstig is uit BEES B installaties. Voor NO<sub>x</sub> gaat het om een substantiële bijdrage, zodat de actualisatie ook een significant effect op de totale NO<sub>x</sub>-uitstoot zal hebben. Bij SO<sub>2</sub> en fijn stof zal er vooral een lokale verbetering zijn. De emissiereductie door de koolwaterstofnorm bij nieuwe gasmotoren reduceert de Nederlandse uitstoot van broeikasgassen in 2020 met circa 0,05%

Tabel 1.11 *Overzicht effecten actualisatie BEES B (inclusief gasmotoren uit BEG)*

Stof	Emissie verwachting 2020 [kton]	Waarvan BEES B installaties [kton]	Reductie percentage	Kosten [mln €/j]
SO <sub>2</sub>	57	0,3	Ca. 50%	1
NO <sub>x</sub>	219	14-16	Ca. 68%	51
Fijn stof	38	0,02-0,03	Ca. 50%	0,6

In Tabel 1.12 zijn de totale kosten van de actualisatie van BEES B opgenomen. De meeste kosten komen, samenhangend met de gasmotoren in de landbouwsector terecht. De investeringskosten vormen een belangrijk deel van de jaarlijkse kosten. De cumulatieve investeringen bedragen voor de berekeningen van BEES B (inclusief gasmotoren in BEG) in 2010 circa 40 mln € en in 2020 ruim 250 mln €, zie voor meer details bijlage D. Omdat een definitief besluit hierover twee jaar is uitgesteld zijn circa 20 mln € aan jaarlijkse kosten voor methaan emissiereductie in 2020 bij bestaande gasmotoren niet in de tabel opgenomen.

Tabel 1.12 *Totale kosten actualisatie BEES B en BEES B plus gasmotoren uit BEG*

	Alleen BEES B Jaarlijkse kosten [mln €]	BEES B plus BEG Jaarlijkse kosten [mln €]
2010		
Industrie, energie en raffinaderijen	0,5	0,5
Huishoudens	0,0	0,0
HDO en bouw	1,6	2,9
Landbouw	4,2	6,1
Totaal	6,3	9,5
2020		
Industrie, energie en raffinaderijen	5,3	5,6
Huishoudens	0,1	0,1
HDO en bouw	9,3	15,0
Landbouw	21,7	31,4
Totaal	36,3	52,0

De specifieke kosten van de reductiemaatregelen in € per ton emissie gereduceerd zijn, gemiddeld gezien, in lijn met wat op andere plaatsen voor nieuwe maatregelen genoemd wordt. Het niveau ligt daarmee wel hoger dan tot nu toe gebruikelijk was. Voor individuele situaties en specifieke maatregelen kunnen de kosten wel aanzienlijk hoger of lager uitvallen dan het gemiddelde

De emissie-eisen in BEES B actualisatie zijn (uitgedrukt per eenheid brandstofverbruik) vergelijkbaar met elektriciteitscentrales en nieuwe eisen aan wegtransport. De actualisatie voorkomt dat BEES B installaties in dit opzicht verder achter gaan lopen. Hierbij wordt wel de grens van de best beschikbare techniek (BBT) opgezocht bij gasbranders, gasturbines, SCR bij dieselmotoren en biogasmotoren. Dit is zeker een uitdaging voor de industrie en zal niet altijd makkelijk zijn, met name bij bestaande installaties.

De actualisatie van BEES B leidt er toe dan het gebruik van duurzame biomassa niet langer een forse tegenvaller voor de luchtkwaliteit is. Dit vergt wel de nodige milieumaatregelen en kosten.

## 1.7 Opmerkingen en bevindingen

De actualisatie van BEES B richt zich deels op het terugdringen van de emissies bij het gebruik van meer milieubelastende brandstoffen als kolen en zware stookolie, ten opzichte van huisbrandolie en aardgas. De milieukosten die hierbij gemaakt worden moeten ook beoordeeld worden in het licht van het financiële voordeel in de lagere brandstofprijs dat de gebruiker heeft ten opzichte van de schonere brandstoffen.

Een aantal eisen in BEES B richten zich niet alleen op het terugdringen van de huidige emissies, maar sturen ook bepaalde toekomstige ontwikkelingen een meer milieuvriendelijke kant op. Zo heeft het bijvoorbeeld wel zin om technieken te ontwikkelen die zwavel beter uit de brandstof

verwijderen, maar geen zin om gasmotoren te maken die ook bij veel zwavel nog goed werken; deze zwavel moet daarna toch nog uit het rookgas verwijderd worden. De situatie rond de eisen aan bestaande houtgestookte installaties heeft een grote onzekerheid. Dit betreft met name de noodzaak en de mogelijkheden om bij een reeds geplaatste installatie toch nog de NO<sub>x</sub>- en fijn stofuitstoot verlagen.

Indien er extra eisen gesteld worden om klimaatvriendelijke (bio-)brandstoffen ook milieuvriendelijk te gebruiken, kan dit consequenties hebben voor de noodzakelijke overheidsfinanciering om het gebruik van deze brandstoffen te bevorderen. Dit geldt ook voor kleinschalige WKK-installaties.

In een aantal gevallen blijken er om praktische redenen meerdere kleinere installaties geplaatst te worden in plaats van één grote. Een praktische reden kan onder andere zijn dat de milieueisen of controle-eisen voor kleinere installaties minder streng zijn.

Het stellen van eisen aan uitstoot van koolwaterstoffen (inclusief methaan) van gasmotoren zal er toe leiden dat motorfabrikanten toch zullen onderzoeken of verlaging van de emissie bij hun motoren, door aanpassing van het ontwerp, mogelijk is.

Gesignaleerde technische knelpunten:

- Niet alle fabrikanten kunnen op dit moment aan de gestelde eisen voldoen. Dit geldt bijvoorbeeld voor gasbranders.
- Ruimtegebrek bij het plaatsen van een SCR-installatie bij een in pandige gasmotor in een stedelijke omgeving. Ook kan het bijplaatsen van een SCR-installatie bij kleine gasmotoren een probleem zijn vanwege de tegendruk die daardoor ontstaat. Tenslotte moet er ook ruimte en mogelijkheden zijn om de ureum oplossing die de SCR nodig heeft op te slaan en aan te voeren.
- Het voldoen aan 80 g/GJ voor alle bestaande gasmotoren door motoraanpassingen kan bij een aantal installaties tot knelpunten leiden. Een vergelijkbare situatie doet zich voor bij de NO<sub>x</sub>-vermindering in gasturbines. In deze gevallen is het altijd mogelijk om naar de duurdere SCR-technologie over te stappen.
- Vermoedelijk gaat de uitstoot van methaan omhoog als voor gasmotoren een eis van 80 g/GJ gesteld wordt. De omvang van de stijging is niet bekend.
- Biogas kan stoffen bevatten die schadelijk zijn voor de SCR-installatie. Omdat deze stoffen ook de levensduur van de gasmotor beperken worden deze stoffen meestal vooraf verwijderd. Hoewel er dus geen knelpunt verwacht wordt, zijn er weinig praktijkvoorbeelden van SCR bij gasmotoren op biogas. Wellicht is het verstandig om hier nog nader onderzoek naar te doen, bijvoorbeeld via een veldtest.
- Ruimtegebrek en extra kosten voor reductietechnieken bij offshore installaties (de offshore installaties zijn verder nog niet in deze rapportage verwerkt).

Overwogen kan nog worden om ook de ondergrens voor gasturbines uit BEES B weg te laten of ook gasturbines op te nemen in BEG. Het is namelijk niet uitgesloten dat er in het segment van de gasmotoren ook grootschalig gasturbines op de markt komen. Overwogen kan worden om alle offshore installaties onder het NO<sub>x</sub>-handelssysteem te brengen.

## 2. Inleiding

Het ministerie van VROM is bezig met een actualisatie van het Besluit Emissie Eisen Stookinstallaties B (BEES B) (Vrom, 1998). In het kader hiervan is de afdeling Beleidsstudies van het Energieonderzoek Centrum Nederland gevraagd om de te verwachten kosten en effecten van de actualisatie te bepalen.

Het doel van deze actualisatie is dat de emissie-eisen voor stookinstallaties op het niveau worden gebracht behorend bij toepassing van de Best Beschikbare Technieken (BBT), zoals beschreven in de BBT referentiedocumenten (BREF's). Deze BREF's worden opgesteld in een onderhandelingsproces tussen de Europese lidstaten en het bedrijfsleven.

De noodzaak tot actualisatie wordt ook ingegeven door milieuproblemen die een te hoge  $\text{NO}_x$ -uitstoot nog steeds met zich mee brengen. In het kader van de verbetering van de Europese luchtkwaliteit en het terugdringen van de verzuring en vermesting zijn in EU-verband afspraken gemaakt. De NEC-richtlijn (EU, 2001) verplicht Nederland om de uitstoot van  $\text{NO}_x$  in 2010 te beperken tot een afgesproken plafondwaarde van maximaal 260 kiloton. Volgens de Milieubalans 2007 van het MNP komt de geraamde emissie van stikstofoxiden in 2010 nog 2 kiloton boven het NEC-plafond uit. Bovendien schat het MNP de onzekerheid in de emissieschatting op 15%.

In de milieubalans wordt, als gevolg van de beleidsmaatregelen, een forse verdere daling van de  $\text{NO}_x$ -emissie verwacht. De emissie in 2020 wordt geschat op 196 tot 219 kton, terwijl door de IIASA, ten behoeve van de EU-onderhandelingen over verdere aanscherping van de NEC-doelstellingen, een indicatief plafond van 176 tot 186 kton is berekend. Per saldo zou dit, afhankelijk van de economische ontwikkelingen en de komende EU-afspraken, een extra reductie van 10 tot 43 kton in kunnen houden.

### *Lange termijn doel*

Het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP4) schetst voor 2030 de volgende doelstellingen:  $\text{NO}_x$  70-120 kton (2020 verwachting circa 207);  $\text{SO}_2$  25-40 kton (2020 verwachting circa 55) en fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ) 5 tot 10 kton (2020 verwachting circa 26) (VROM, 2001). De emissie van  $\text{SO}_2$  en fijn stof uit BEES B installaties is ten opzichte van het landelijke totaal beperkt. Dit geldt echter niet voor  $\text{NO}_x$ . Zou de lange termijn doelstelling vertaald worden in een toegestaan emissieniveau, dan zou dit (bij een totaal brandstofverbruik van 3000 PJ) tussen de 23 en 40 g/GJ uitkomen. Omdat emissies vanuit de transportsector lastiger (=duurder) zijn terug te dringen, en er ook nog procesemissies zijn, zou de gemiddelde  $\text{NO}_x$ -eis voor alle stationaire installaties in 2030 rond de 10 tot 20 g/GJ moeten liggen.

In juni 2007 is een eerste concept van de actualisatie van BEES B met departementen en vergunningverleners besproken. Ook is het in juli 2007 gecommuniceerd met de diverse actoren. Van diverse kanten zijn hierbij schriftelijke en mondelinge reacties binnengekomen. Dit heeft geleid tot een tweetal punten die in deze rapportage zullen worden behandeld.

- a) Voor het verdere beleidstraject is er behoefte aan een heldere rapportage waarin de toetsingsaspecten voor nieuwe wetgeving worden geadresseerd.
- b) Extra informatie over kosten en effecten van een aantal beleidsvarianten op het gebied van gasmotoren.

### 3. Voorgestelde wijzigingen

In het Besluit emissie-eisen stookinstallaties milieubeheer B (BEES B) worden beperkingen opgelegd aan de uitstoot van stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ), zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) en stof door stookinstallaties. Op het gebied van deze emissies zijn er diverse ontwikkelingen, zoals de implementatie van de IPPC richtlijn (Integrated Pollution Prevention and Control; EU richtlijn, 1996). Ook moet de luchtkwaliteit verder verbeterd worden en de verzuring worden verminderd. Daarnaast heeft het klimaatbeleid en de daarmee samenhangende toename van het gebruik van biobrandstoffen effect op deze emissies. Deze ontwikkelingen maken een actualisatie van BEES B noodzakelijk waarvoor VROM de volgende doelen formuleert:

1. De emissiegrenswaarden voor  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  en fijn stof moeten tenminste overeenkomen met laatste inzichten over de beste beschikbare technieken (BBT), zodat de afstand tussen de emissiegrenswaarden bij de grote stookinstallaties enerzijds en de kleinere anderzijds kleiner wordt.
2. De emissiegrenswaarden onder BEES B moeten er toe bijdragen dat de sectoren IER (Industrie, Energie en Raffinaderijen), landbouw en HDO (Handel, Diensten en Overheid) hun NEC-doelstellingen in 2010 kunnen halen.
3. De actualisatie van BEES B moet er toe bijdragen dat er een permanente prikkel is tot innovatie zodat de uitstoot van verontreinigende stoffen afneemt.
4. Het actief meeschakelen met de ontwikkeling van een verdere diversificatie van de brandstofinzet.
5. Vanwege het klimaatbeleid: het opnemen van emissiegrenswaarden voor de uitstoot van methaan ( $\text{CH}_4$ ) bij gasgestookte stationaire installaties.

Een gedetailleerd overzicht van alle voorgetelde wijzigingen staat in bijlage A. In dit rapport wordt er vanuit gegaan dat de nieuwe eisen voor nieuwe installaties ingaan per 1 januari 2009 en voor bestaande installaties zes jaar later op 1 januari 2015. Bij alle kostenberekeningen is uitgegaan van een rente van 8% en een afschrijvingstermijn van tien jaar<sup>7</sup>. Als basis voor de berekening van de effecten is uitgegaan van het veelgebruikte WLO GE-scenario (CPB/MNP/RPB, 2006) met bijstellingen voor de sterkere groei van gasmotoren in de glastuinbouw en de toename van co-vergisting van mest.

In de actualisatie worden nu ook  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NO}_x$ - en stoffeisen opgenomen voor houtgestookte ketels met een vermogen van  $1 \text{ MW}_{\text{th}}$  of meer. Voor een aantal andere stoffen (zoals VOS en CO) blijven er voor deze installaties eisen staan in de Nederlandse Emissie Richtlijn Lucht (NeR) (Infomil, 2003). Voor gasgestookte ketels wordt de grens in BEES B opgehoogd van 0,9 naar  $1 \text{ MW}_{\text{th}}$ . Gasgestookte ketels kleiner dan  $1 \text{ MW}_{\text{th}}$  gaan onder het Besluit energieprestatie gebouwen vallen. Het is de bedoeling om deze  $1 \text{ MW}_{\text{th}}$  grens ook te hanteren bij andere BEES B installaties zoals stationaire gasmotoren.

#### *SO<sub>2</sub>-emissie-eisen*

Op dit moment staat er alleen een  $\text{SO}_2$ -eis van  $700 \text{ mg/Nm}^3$  voor 'nieuwe' (sinds augustus 1990) kolengestookte installaties in BEES B. In de actualisatie van BEES B wordt gekozen voor een uniforme eis voor alle brandstoffen van  $200 \text{ mg/Nm}^3$ . Alleen voor bestaande kolengestookte installaties, waarvoor deels nog geen eis geldt in BEES B en deels een eis van  $700 \text{ mg/Nm}^3$ , vindt een aanscherping plaats tot  $400 \text{ mg/Nm}^3$ .

---

<sup>7</sup> Hierbij hoort een annuïteit van 0,149. De totale kosten worden dan gelijk aan: investeringen \* 0,149 + jaarlijkse variabel kosten.

### *NO<sub>x</sub>-emissie-eisen.*

Een overzicht van de NO<sub>x</sub>-emissie-eisen staat in Tabel 3.1. Zie ook bijlage A voor meer details. Voor de onderlinge vergelijkbaarheid zijn alle eisen omgerekend naar g NO<sub>x</sub> per GJ brandstofverbruik. Bij een aantal eisen zijn nog nadere opmerkingen te maken, die in deze tabel zijn weggelaten. Nieuw is dat nu ook voor (vaste) biomassa eisen gesteld worden. Brandstoffen, zowel gasvormig of vloeibaar, die uit biomassa gemaakt zijn vallen nu ook direct onder BEES B. Belangrijke wijzigingen zitten o.a. bij zuigermotoren op gas en bij nieuwe ketels.

Daarnaast wordt in de actualisatie van BEES B gekozen voor een grens van 1 MW<sub>th</sub> voor alle installaties. Installaties kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> gaan onder de het Besluit energieprestatie gebouwen (BEG) (VROM, 2006b) vallen. Bij de analyse van gasmotoren worden in dit rapport ook de gasmotoren kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> (circa 400 kW<sub>e</sub>) meegenomen. Dit betreft dus de kosten en effecten van het opnemen van, met BEES B vergelijkbare, eisen voor gasmotoren in BEG. Door de verschuiving vallen de kolengestookte installaties kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> niet meer onder BEES B. Er komen ook een paar installaties bij. Door deze verschuiving komen enkele gasturbines tussen de nieuwe grens van 1 MW<sub>th</sub> (circa 350 kW<sub>e</sub>) en de oude grens van 1 MW<sub>e</sub> onder BEES B.

Tabel 3.1 *Vereenvoudigd overzicht voorgestelde NO<sub>x</sub>-emissie-eisen*

Installatie type		Brandstof	Emissiegrenswaarde NO <sub>x</sub>		
			Huidige in mg/Nm <sup>3</sup>	Huidige in g/GJ	Voorstel in g/GJ
Ketel	Nieuw	Kolen	100	36	36
Ketel	Bestaand	Kolen	100-650	36-235	36
					per 1-1-2015
Ketel	Nieuw	Biomassa	geen	geen	34
Ketel	Bestaand	Biomassa	geen	geen	34
					per 1-1-2015
Ketel	Nieuw	Vloeibaar	120	35	35
Ketel	Bestaand	Vloeibaar	120-450	35-131	35
					per 1-1-2015
Ketel	Nieuw	Gasvormig	70	20	15
Ketel	Bestaand	Gasvormig	70-200	20-58	20
					per 1-1-2015
Gasturbine	Nieuw	Gasvormig/ vloeibaar	77	65	30
Gasturbine	Bestaand	Gasvormig/ vloeibaar	77-235	65-200	45-65
					per 1-1-2015
Zuigermotor	Nieuw	Vloeibaar	464	400	130 en na zes jaar 40 <sup>8</sup>
Zuigermotor	Bestaand	Vloeibaar	464-1392	400-1200	400
					per 1-1- 2015
Zuigermotor	Nieuw	Gasvormig	165	140	30
Zuigermotor	Bestaand	Gasvormig	165-948	140-800	30
					per 1-1-2015

Zuigermotoren die gebruikt worden om alleen elektriciteit op te wekken en waarvan de beschikbare restwarmte niet gebruikt wordt, zoals bij een aantal stortplaatsen aanwezig zijn, vallen op dit moment nog buiten BEES B. In deze rapportage wordt er vanuit gegaan dat deze wat emissie-eisen betreft met BEES B meelopen.

<sup>8</sup> In de berekeningen is verondersteld dat recent geplaatste (bio-)dieselmotoren per 1-1-2015 ook naar 40 g/GJ toegegaan. Voor zover bij ECN bekend zijn er geen andere bestaande dieselmotoren die nog onder BEES B vallen.

### *Stofemissie-eisen*

BEES B bevat alleen stofemissie-eisen voor ‘nieuwe’ (sinds augustus 1990) kolengestookte ketels van 50 of 20 mg/Nm<sup>3</sup>. Voor nieuwe ketels gaat de eis naar 5 mg/Nm<sup>3</sup> en voor bestaande installaties naar 20 mg/Nm<sup>3</sup>. Deze eisen gaan ook gelden voor ketels op vaste biomassa en vloeibare brandstof. Voor vloeibare brandstof komt er bij turbines een eis van 5 mg/Nm<sup>3</sup> (nieuw) of 30 mg/Nm<sup>3</sup> (bestaand) en bij zuigermotoren van 30 mg/Nm<sup>3</sup> (nieuw) en 50 mg/Nm<sup>3</sup> (bestaand). De eisen zijn afgestemd op de technische mogelijkheden en eventuele BBT-niveau's.

### *Koolwaterstof (methaan) emissie-eis gasmotoren*

Sinds januari 2005 werd in het kader van het Groen Label Kas (GLK) certificatieschema een methaanemissienorm aan gasmotoren gesteld van max. 240 g/GJ voor kleine motoren met directe ontsteking en max. 320 g/GJ voor grotere motoren met ‘voorkamerontsteking’. In de nieuwste GLK-regeling wordt gesproken over een koolwaterstofemissie-eis van 1100 mg/Nm<sup>3</sup> (bij 3% O<sub>2</sub>) (SMK, 2007). Als dit alleen methaan zou zijn dan komt dit uit op ca. 310 g/GJ.

Na een onderzoek in opdracht van VROM (Olthuis, 2007) is besloten om een eis te formuleren voor nieuwe motoren van 1200 mg koolstof/nm<sup>3</sup> aanwezig in koolwaterstofverbindingen (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) in het rookgas (bij 3% O<sub>2</sub>). Het is de bedoeling om de eisen ook over zeven jaar voor bestaande motoren door te voeren. Een finaal besluit hierover wordt gekoppeld aan de technische ontwikkelingen de komende twee jaar. Omgerekend komt de eis neer op 342 g koolstof/GJ brandstof. Het grootste deel, orde grootte 90% van deze koolstof zal zich in de vorm van methaan, de belangrijkste component van aardgas en biogas, in het uitlaatgas bevinden.



## 4. Aantallen installaties

### 4.1 Eerste inventarisatieslag

Ten behoeve van de discussie over de aanscherping van het Besluit Emissie Eisen Stookinstallaties B, aangeduid met BEES B (VROM, 1998), is een inventarisatie gemaakt van het aantal kleinere installaties. Het betreft een zeer ruwe schatting.

De onzekerheden zijn niet voor alle typen even groot:

- Van gasturbines is er een redelijk goede lijst met installaties.
- Van gasmotoren geeft het CBS het aantal voor 2006. Het aantal gasmotoren groeit op dit moment sterk (Schlatmann, 2006).
- Het aantal glastuinbouwbedrijven is via CBS/LEI bekend. De vraag is echter of deze één of twee ketels hebben staan of dat ze alleen een gasmotor (met afgassenketel) hebben. In sommige gevallen, bij de zogenaamde koude teelt, zijn er alleen losse branders om de kas boven een bepaalde minimumtemperatuur te houden.

De overige installaties in Tabel 4.1 betreffen vooral schattingen. De marge in de tabel is hierbij een maat voor de onzekerheid. Het is niet uitgesloten dat het werkelijke aantal van een bepaald type installatie zich buiten de hier geschetste range bevindt. Bij de actualisatie van BEES B zal er een ondergrens voor het gasmotorvermogen van 1 MW<sub>th</sub> geïntroduceerd worden, waardoor ongeveer de helft van het aantal gasmotoren onder het Besluit Energieprestatie Gebouwen gaat vallen.

Tabel 4.1 *Schatting van het aantal kleinere installaties in BEES B (2006)*

Type	Min. range	Middenwaarde	Max range
In NO <sub>x</sub> -handelssysteem		200	
Waarvan gasturbines	10	15	25
Waarvan ketels	140	185	235
Olie- & gaswinning + gastransp. (o.a. gasturbines)	60	80	100
Gasketels in de glastuinbouw	2500	4250	6000
Gasketels in de industrie	400	800	1200
Gasketels gebouwde omgeving	300	500	1000
Gasturbines	15	22	30
Gasmotoren (geen noodaggregaat)	3700	3900	4100
Waarvan ± 50% BEES B gasmotoren	1850	1950	2050
± 50% BEG gasmotoren	1850	1950	2050
Dieselmotoren (geen noodaggregaat)	5	15	100
Ketels op zware olie	6	20	36
Ketels op biobrandstof	60	70	100
Ketels op kolen	6	8	10
Ketels op huisbrandolie (HBO)	50	100	200
Totaal BEES B	5402	8015	11086
Totaal BEES B plus BEG gasmotoren	7252	9965	13136

Van brandstoffen als kolen en olie geeft het CBS de hoeveelheid die in een bepaalde sector verbruikt wordt om energie op te wekken. Dit biedt enig houvast bij het schatten van het aantal installaties. Maar als bijvoorbeeld het kolenverbruik van een industriële sector bekend is, dan is nog niet duidelijk om welke installaties het gaat. Het kan gaan om grote installaties die onder

BEES A<sup>9</sup> vallen, om kleinere die onder BEES B vallen of om ovens en drogers die onder de Nederlandse emissie richtlijn (NeR)<sup>10</sup> vallen (Infomil, 2003). Als bekend is aan welke eisen de installatie moet voldoen geeft dit echter niet automatisch aan welke emissiefactoren er bij horen.

Aan de andere kant is het totale brandstofverbruik wel een erg belangrijke factor als het gaat om de onzekerheid in de totale Nederlandse emissie. Hoewel er grote marges zijn geeft dit (bij de gebruikelijke marges in de diverse emissiefactoren) wel ongeveer aan welke emissies aan het brandstofverbruik gekoppeld kunnen zijn. Als de verhouding tussen de diverse installaties er in de praktijk anders uitziet, zal het effect op de totale Nederlandse emissie hierdoor toch beperkt zijn.

## 4.2 Specifieke groepen nader toegelicht

### 4.2.1 Grote houtketels

Voor houtgestookte installaties is er in opdracht van SenterNovem in 2005 een inventarisatie uitgevoerd (Koppejan, 2005) (Segers, 2005). Een overzicht daarvan staat in Tabel 4.2, daarnaast zijn er in de huishoudsector nog 792000 'sfeerkachels' aanwezig. Voor de toekomstige BEES B installaties, aangenomen dat dit alle installaties groter dan 1 MW<sub>th</sub> betreft (hangt van de definitieve tekst van het actualisatie voorstel af), gaat het om circa 70 installaties met een gemiddeld vermogen van 2 MW<sub>th</sub> en een brandstofverbruik van circa 1,1 PJ/j.

Tabel 4.2 *Opbouw vermogen houtketels*

Vermogensklasse [kW <sub>th</sub> ]	Aantal ketels	Totaal opgesteld vermogen [MW <sub>th</sub> ]	Gemiddeld vermogen [kW <sub>th</sub> ]	Totaal vermeden fossiele energie [TJ/jaar]
20 - 100	491	25	51	187
100 - 250	55	11	200	84
250 - 500	61	22	361	174
500 - 1000	87	55	632	430
1000 - 2500	52	84	1615	632
>2500	16	57	3563	426
Totaal	762	254	333	1933
Waarvan >1000	68	141	2074	1058

In de rapportage van (Koppejan, 2005) staat dat het aantal nieuwe installaties aan het afnemen is en er overgeschakeld wordt op gas, vooral door bedrijven die het hout moeten inkopen. Alleen bedrijven die zelf houtafval hebben kopen nog nieuwe installaties. Niet uitgesloten is dat hier, onder invloed van de hoge energieprijzen en 'milieudenken'<sup>11</sup> een kentering in komt. Het verwarmen met hout (blokken, snippers of pellets) staat breed in de belangstelling. De nieuwste statistiek van het CBS over duurzame energie van december 2007 (CBS, 2007b) geeft aan dat het aantal houtketels verder is toegenomen. De gegevens hiervan konden niet meer in dit rapport verwerkt worden.

<sup>9</sup> Ook kleine installaties kunnen onder BEES A vallen als ze op een locatie staan die BEES A plichtig is. Normaal gesproken vallen alle BEES A bedrijven, wegens het aanwezige vermogen onder het NO<sub>x</sub>-handelssysteem.

<sup>10</sup> De NeR, Nederlandse Emissie Richtlijn Lucht (Infomil, 2003) geeft aan dat bij een emissie van meer dan 2 kg NO<sub>x</sub> per uur emissiebeperkende maatregelen moeten worden toegepast.

<sup>11</sup> Hout wordt als klimaatneutrale en dus milieuvriendelijke brandstof gezien. Dat hout, wat betreft luchtvervuiling op het gebied van de emissie van fijn stof en NO<sub>x</sub> slechter is dan gas, dreigt hierbij te worden vergeten.

## 4.2.2 Gasmotoren bij mestvergisting

In de overzichten van productiemiddelen elektriciteit van het CBS ontbreken de gasmotoren bij mestvergistingsinstallaties nog grotendeels (CBS, 2007a). Om meer inzicht te krijgen in de ontwikkelingen op het gebied van biogasmotoren bij mest en co-vergistingsinstallaties is uit openbare informatie daarom een overzicht gemaakt van de diverse projecten. Het CBS meldt medio december in de statistiek van duurzame energie 2006, dat er in 2006 op 37 bedrijven een mestvergister in gebruik was (CBS, 2007b). De inventarisatie van ECN leverde ook 37 bedrijven op (en 15 in 2007). Hoewel bij alle projecten wel het geplaatste vermogen te vinden was, was in negen gevallen niet duidelijk om hoeveel gasmotoren het gaat. Geconcludeerd kan wel worden dat er gemiddeld meer dan 1,5 gasmotor per vergistingsinstallatie aanwezig zijn. Vaak zijn de motoren even groot, maar ook de combinatie van een kleine motor met een motor die twee keer zo groot is, komt regelmatig voor. Dit verklaart waarom er zowel bij 100 tot 200 kW<sub>e</sub> een piek bestaat in het aantal installaties als bij 300-400 kW<sub>e</sub>, zie Tabel 4.3. Duidelijk is dat de huidige gasmotoren bij deze installaties vrijwel allemaal kleiner zijn dan 1 MW<sub>e</sub>, zie ook Hoofdstuk 8 en volgende, waar hier nader op wordt ingegaan.

Tabel 4.3 *Opbouw vermogen gasmotoren bij mestvergisting medio 2007*

Vermogens range [kW <sub>e</sub> ]	Aantal gasmotoren	Gemiddeld ver- mogen [kW <sub>e</sub> ]	Totaal vermogen [kW <sub>e</sub> ]	Aandeel per ver- mogens range [%]
<100	7	32	223,5	1
100-200	21	179	3766	14
200-300	5	292	1460	5
300-400	33	343	11310	42
400-1000	4	730	2920	11
>1000	1	1064	1064	4
Onbekend	?		5952	22
Totaal	86 of meer		26696	100

## 4.2.3 BEES B installaties en NO<sub>x</sub>-emissiehandel

In eerste instantie is in dit project alleen gekeken naar de installaties die onder BEES B vallen maar niet onder NO<sub>x</sub>-emissiehandel. In een later stadium bleek dat dit toch breder gezien moest worden en alle BEES B installaties meegenomen moesten worden.

In deze paragraaf wordt dan ook vooral gekeken hoeveel brandstofverbruik of hoeveel installaties (met emissies, emissiereducties en bestrijdingskosten) van locaties boven de 20 MW<sub>th</sub> hier nog bijgeteld moeten worden. Hierbij is zowel gekeken naar de bedrijven of locaties die nu in het NO<sub>x</sub>-register zijn opgenomen (en welke daarvan onder BEES B vallen) als naar de omvang van de huidige opt-out.

Volgens het register NO<sub>x</sub>-emissiehandel op de site van de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) zijn er in 2006 258 bedrijven (of bedrijfslocaties) die deelnamen aan de NO<sub>x</sub>-emissiehandel. De opgebouwde emissierechten in het register geven (na terugrekening met de PSR<sup>12</sup>) een indruk van het brandstofverbruik of de procesemissie. Dit betreft echter niet alle bedrijven die uiteindelijk aan de NO<sub>x</sub>-emissiehandel meedoen. Een deel van de bedrijven, met een geïnstalleerd vermogen van tussen de 20 en 30 MW<sub>th</sub> kon in de periode tot 2008 voor een opt-out kiezen. Volgens informatie op de site van het ministerie van VROM hebben ruim 100 bedrijven een opt-out verzoek ingediend, waarvan ruim 60% inderdaad onder de opt-out regeling valt. Een kwart had

<sup>12</sup> Performance Standard Rate. De PSR geeft aan hoeveel NO<sub>x</sub>-emissierechten men krijgt per GJ brandstofverbruik. In 2006 is de PSR 63 g/GJ, in 2010 40 g/GJ.

geen opt-out-verzoek hoeven doen omdat ze kleiner zijn dan 20 MW<sub>th</sub><sup>13</sup>. Per saldo gaat het in 2008 dus om circa 320 bedrijven. Een lijst met bedrijven die van de opt-out gebruik gemaakt hebben is niet gepubliceerd.

In het kader van CO<sub>2</sub>-emissiehandel zijn er ook overzichten van bedrijven gemaakt. Omdat ook hier een grens bij 20 MW<sub>th</sub> is gelegd, komen de meeste in NO<sub>x</sub>-handelende bedrijven, inclusief de opt-out, hierin terug. Er zijn echter ook verschillen bijvoorbeeld door de aanwezigheid van procesemissies, of door het aangewezen zijn van sectoren (bijvoorbeeld die van bouwmaterialen). Met behulp van de CO<sub>2</sub>-emissiefactor van aardgas kan uit de toegewezen rechten een orde grootte van het brandstofverbruik of de procesemissie verkregen worden.

Uit de diverse bestanden is door ECN een lijst samengesteld van 425 bedrijven (of bedrijfslocaties). Hiervan zijn er ongeveer 250 waarvan het thermisch vermogen waarschijnlijk lager is dan 50 MW<sub>th</sub>. Een deel van deze bedrijven (circa 50) valt echter onder BEES A, bijvoorbeeld in de chemie, bij olieopslag en bij de productie van metalen. Daarnaast valt een deel van deze bedrijven (circa 70) onder de NeR, bijvoorbeeld bij de productie van bouwmaterialen en de grasdrogerijen. Tenslotte bevat de lijst nog circa 20 offshore installaties voor de olie- en gaswinning die ook nog niet onder BEES B vallen en enkele bedrijven die zich met afvalverbranding bezig houden. Uiteindelijk levert dit circa 100 bedrijven op met 150 tot 250 installaties die onder BEES B vallen en mogelijk een vermogen tussen de 20 en 50 MW<sub>th</sub> hebben. Het gebruik van indirecte gegevens maakt dat er de nodige onnauwkeurigheid zit in het aantal bedrijven; het zouden er dus ook 80 of 160<sup>14</sup> kunnen zijn.

In het overzicht is bij de handelende bedrijven circa 25 MW<sub>e</sub> aan gasmotoren aanwezig uit de gebouwde omgeving en industrie. Gezien het beperkte aandeel zijn deze motoren en enkele die wellicht onder BEES A<sup>15</sup> vallen integraal opgenomen bij de gasmotoren in dit rapport (zie Hoofdstuk 8). Daarnaast zit er 51 MW<sub>e</sub> van veertien gasturbines in warmte krachtinstallaties in. Samen met een drietal bij niet handelende bedrijven komt het totaal aan WKK-gasturbines onder BEES B op zeventien (samen 60 MW<sub>e</sub>).

Wordt naar het brandstofverbruik in deze categorie gekeken dan gaat het om circa 29 PJ (marge bij dit aantal bedrijven zeker 10 PJ) omgerekend met een performance standard rate (PSR) van 40 g/GJ is dit in 2010 1,2 kton NO<sub>x</sub>-emissierechten. Van het brandstofverbruik zit 3,5 PJ bij de sector diensten en overheid (waarvan 1,5 PJ WKK), 1 PJ in de glastuinbouw, 5 PJ bij de warmtebedrijven (energiesector) en 17,5 PJ bij de industrie (waarvan 2,5 PJ WKK). In de meeste gevallen was de omvang ten opzichte van de rest van het verbruik van de sector, gezien de diverse onzekerheden, te beperkt om hier separaat berekeningen aan uit te voeren. Naast de al genoemde gasmotoren en gasturbines is er 15 PJ extra verbruik aan de gasgestookte ketels toegevoegd. Het gaat hierbij vooral om energie-inzet bij de voedingsmiddelen industrie (zuivel, aardappelverwerking) en bij de papierindustrie.

Samenvattend kan gesteld worden dat het brandstofverbruik van BEES B installaties die ook onder emissiehandel vallen circa 30 PJ is (marge zeker ± 50%). Het gaat om circa 100 bedrijven (marge 80 tot 160) met 150 tot 250 BEES B installaties en 1,2 kton ± 50% aan NO<sub>x</sub>-

---

<sup>13</sup> Meer recente informatie, die onder andere voortkomt uit inventarisaties in het kader van CO<sub>2</sub>-emissiehandel, wijst erop dat er nog meer bedrijven zijn die over de 20 MW<sub>th</sub> grens heenkomen. Bovendien is de opt-out wat ruimer dan hier aangegeven, omdat bedrijven ook mogen corrigeren, mits voldoende aangetoond, voor reserve vermogen. Indien twee installaties nooit gelijktijdig in gebruik zijn, hoeft voor de bepaling van het vermogen er maar één meegeteld te worden. De opt-out lijst kent op dit moment circa 140 bedrijven, vooral in de glastuinbouw en asfaltinstallaties (NeR).

<sup>14</sup> In de bovenmarge is de nieuwe informatie over de grotere opt-out verwerkt. De beschikbare informatie is echter niet voldoende om hier eenvoudig een aanvullende berekening aan te doen. In deze rapportage wordt daarom een deel van de bedrijven in deze bovenmarge meegenomen alsof deze nog beneden de 20 MW<sub>th</sub> grens zitten. Voor de totale reductiekosten en effecten per BEES B onderdeel maakt dit in deze rapportage geen verschil.

<sup>15</sup> Opgemerkt moet worden dat er ook nog een beperkt aantal gasmotoren (circa 30 MW<sub>e</sub>) in BEES A zitten, bijvoorbeeld van een groot glastuinbouwbedrijf.

emissierechten in 2010. Dit zijn niet alle bedrijven in de categorie tussen de 20 en 50 MW<sub>th</sub>. Er zijn ook nog bedrijven in deze range die onder de NeR vallen, BEES A of het Besluit verbranding afvalstoffen.

#### 4.2.4 Offshore installaties

Op dit moment vallen de offshore installaties niet direct onder BEES B, maar dienen ze wel de beste beschikbare techniek (BAT; Best Available Technology) toe te passen. De actualisatie van BEES B, en het opnieuw vaststellen van BAT in Nederland, kan dan ook gevolgen hebben voor deze installaties. Het zal duidelijk zijn dat het aanpassen van bestaande installaties, of het aanvoeren van hulpstoffen (reductiemiddel voor SCR) op zee duurder is dan op het land. Omdat de offshore installaties geen onderdeel van de ECN-studie uit maken, zijn de eventuele kosten en effecten niet in dit rapport opgenomen.

In de offshore industrie wordt elektriciteit opgewekt met gasmotoren, gasturbines en dieselmotoren. Een database van de installaties op offshore platforms wordt bijgehouden door NOGEPA (Netherlands Oil and Gas Exploration and Production Association). In (Velde, 2007) is een actuele inventarisatie gemaakt van de aantallen installaties. In 2005 waren er in totaal 38 platforms in gebruik (zie Tabel 4.4).

Tabel 4.4 *Aantal offshore platforms in gebruik in 2005 naar geïnstalleerd vermogen*

	Aantal
Platforms met 1 tot 20 MW <sub>th</sub>	17
Platforms tussen de 20 en 30 MW <sub>th</sub>	2
Platforms met meer dan 30 MW <sub>th</sub>	19
Totaal	38

Tabel 4.5 geeft een overzicht van de aantallen installaties met thermisch vermogen groter dan 1 MW<sub>th</sub>.

Tabel 4.5 *Aantal installaties op offshore platforms met thermisch vermogen >1 MW<sub>th</sub>*

Type installatie	Aantal
Gas turbines	68
Gasmotoren	42
Dieselmotoren	24

Volgens de milieujarrapportage 2004 van NOGEPA (FOIndustrie, 2006) bedraagt de offshore NO<sub>x</sub>-emissie circa 3,2 kton bij een brandstofverbruik (berekend uit de CO<sub>2</sub>-uitstoot) van circa 20 PJ. De gemiddelde emissie ligt dus rond de 160 g NO<sub>x</sub>/GJ brandstof. Inclusief de on-shore installaties komt de NOGEPA emissie uit op 3,8 kton NO<sub>x</sub> (gemiddelde emissie bij 28 PJ brandstofverbruik 135 g/GJ). De milieujarrapportage noemt voor 2010 een voorwaardelijke totale emissie van 3,25 kton NO<sub>x</sub> bij een iets lager brandstofverbruik (circa 25 PJ).

## 5. SO<sub>2</sub>-eisen

### 5.1 Meer SO<sub>2</sub>-emissie-eisen in BEES B

Op dit moment staat er alleen een SO<sub>2</sub>-eis van 700 mg/Nm<sup>3</sup> voor ‘nieuwe’ (sinds augustus 1990) kolengestookte installaties in BEES B. In de actualisatie van BEES B wordt gekozen voor een uniforme eis voor alle brandstoffen van 200 mg/Nm<sup>3</sup>. Alleen voor bestaande kolengestookte installaties, waarvoor deels nog geen eis geldt in BEES B en deels een eis van 700 mg/Nm<sup>3</sup>, vindt een aanscherping plaats tot 400 mg/Nm<sup>3</sup>.

### 5.2 Oliestook (gasolie, bio-olie en zware stookolie)

Per 1 januari 2008 gaat het maximum zwavelgehalte van gasolie (inclusief huisbrandolie) en gasolie voor de scheepvaart naar 0,1%. Dit komt overeen met een rookgasemissie van ca. 164 mg SO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup> (bij 3% O<sub>2</sub> in het rookgas). Voor de installaties die gasolie stoken of huisbrandolie gaat er bij een eis van 200 mg/Nm<sup>3</sup> dus niets veranderen. Bio-olie bevat veel minder zwavel dan fossiele olie. De zwavelgehalten liggen doorgaans beneden de 0,01% (de Wilde, 2006).

De eis heeft wel gevolgen voor het gebruik van zware stookolie. In Tabel 5.1 is een overzicht gegeven van het huidige brandstofverbruik van zware stookolie (exclusief het gebruik in de zeescheepvaart), bron CBS. Ten opzichte van 1995 is het gebruik al aanzienlijk verminderd. Het besluit glastuinbouw (VROM, 2002a) maakt het gebruik van zware stookolie (en kolen) in de glastuinbouw minder vanzelfsprekend, omdat hiervoor een aparte vergunning nodig is. Ook met de aardolieraffinaderijen (BEES A bedrijven) bestaan inmiddels afspraken over een verdere afbouw van het gebruik. Omdat niet precies bekend is in wat voor installaties de olie verbruikt wordt, is bij diverse andere sectoren niet direct duidelijk onder welke wetgeving het valt. Bij de glasproductie wordt nog stookolie gebruikt voor het smelten van het glas. Dit valt onder de NeR (Nederlandse Emissie Richtlijn). Ook wordt er nog zware stookolie gebruikt in verwarmingsketels van wasserijen (BEES B). Dit valt onder de dienstensector.

Tabel 5.1 *Energetisch verbruik van zware stookolie [PJ]*

SBI codering en sectornaam	1995	2005	2006
23201 Aardolieraffinage	25,03	7,74	6,68
1500b Voedings- en genotmiddelenind.	0,52	0,19	0,05
26 Glas-, aardewerk-, cement-, kalkind.	2,67	0,53	0,86
Overige energieafnemers (landbouw, diensten en overheid, bouwbedrijven)	1,92	0,01	0,10

Hoewel het theoretisch mogelijk is om met rookgasreiniging de emissie bij het gebruik van zware stookolie binnen de uitstootnorm te brengen, zal in de praktijk (als er geen gasaansluiting mogelijk is) naar diesel worden overgeschakeld. Uitgaande van een stookolieprijs van 8 €/GJ en een dieselprijs van 11 €/GJ en de aanname dat het in SBI 26 niet om BEES B installaties gaat levert dit, op basis van het energiegebruik in 2006, de in Tabel 5.2 gegeven effecten op. In 2015 zal, als de trend zich voortzet, nog minder zware stookolie verbruikt worden, en zullen de kosten en effecten navenant lager zijn. De brandstofkosten voor de betreffende bedrijven stijgen hierdoor met 30%. De kosteneffectiviteit is circa 8 €/kg SO<sub>2</sub>-reductie.

Tabel 5.2 *Effecten op SO<sub>2</sub>-emissie vloeibare brandstoffen bij brandstofinzet als in 2006*

Sector	Aanname olie-inzet BEES B installaties [PJ]	Emissiereductie per jaar [kton]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie	0,05	0,02	(-)	0,15
Diensten	0,10	0,04	(-)	0,31
Totaal '2006'	0,15	0,06	(-)	0,46
Schatting 2015	0,08	0,03	-	0,23

### 5.3 Gasstook

Hoewel sommige aardgasvelden een hoog zwavelgehalte hebben, wordt zwavel er in Nederland uitgehaald voordat het gas het distributienetwerk in gaat. Het Nederlandse aardgas bevat daarom vrijwel geen zwavel<sup>16</sup>.

Ook biogas bevat zwavel. Een eis van 200 mg/Nm<sup>3</sup> rookgas (bij 3% zuurstof) is ongeveer ruim 60 g/GJ biogas of circa 600 mg/Nm<sup>3</sup> biogas. Volgens een EU-inventarisatie liggen de zwavelgehalten bij biogas hier meestal al onder (ICAEN, 2004). Dit geldt ook voor Nederland. Bij stortgas ligt het gehalte tussen de 5 en 300 mg/Nm<sup>3</sup> en dus zonder ontzwaveling al onder de norm (ETC, 1986). Wel kan het gehalte op een aantal plekken in een afvalstort te hoog zijn, als daar zeer specifiek afval is opgeborgen. Bij biogas uit mest kan zwavel door specifieke bacteriën, met een hoog rendement, worden verwijderd door wat lucht toe te voeren. Dit wordt toegepast met het oog op onderhoud en levensduur van de gasmotor waarin dit gas meestal wordt toegepast. Gehaltes liggen tussen de 50 en 300 ppm (7-40 g SO<sub>2</sub>/GJ) met een richtwaarde van 250 ppm (<33 g/GJ) (Infomil, 2005). Ook bij het vergisten van slib van waterzuiveringsinstallaties wordt er meestal, door de aanwezigheid (of toevoeging) van metaalverbindingen in het slib, al voldoende ontzwaveld met het oog op de gasmotoren. In de huidige situatie zal de zwaveleis daarom nauwelijks effect hebben of extra kosten met zich meebrengen<sup>17</sup>.

### 5.4 Kolenstook

De SO<sub>2</sub>-eis heeft ook beperkte gevolgen voor het gebruik van kolen. In Tabel 5.3 is een overzicht gegeven van het huidige brandstofverbruik van kolen, bron CBS. De elektriciteitsproductie valt onder BEES A en bovendien bestaan er voor deze sector aparte afspraken met de overheid. Ook in de sector van bouwmaterialen lijken geen kolen in ketels te worden ingezet (Bank, 1997); ofwel ook dit verbruik valt niet onder BEES B maar onder de NeR. De kolenkachels die bij de huishoudens nog gebruikt worden vallen ook niet onder BEES B.

<sup>16</sup> Aan aardgas wordt wel een zwavelhoudende geurstof toegevoegd.

<sup>17</sup> Dat de maatregel op dit moment weinig effect heeft wil niet zeggen dat dit in de toekomst zo blijft. Indien er meer energietechnieken gebruikt worden, die weinig last van zwavel hebben, zou de eigenaar er voor kunnen kiezen, om de relatief goedkope ontzwavelingsmethodes maar achterwege te laten.

Tabel 5.3 *Energetisch verbruik van steenkool, steenkoolcokes en steenkoolderivaten*

SBI codering en sectornaam [PJ]	1995	2005	2006
Elektriciteitsproductie	242,64	207,55	204,60
1500b Voedings- en genotmiddelenind.	1,27	0,58	0,96
1700a Textiel-, kleding- en lederindustr	0,02	0,05	0,02
26 Glas-, aardewerk-, cement-, kalkind.	2,11	1,46	1,34
2710a Basisferrometaal industrie	0,42	0,20	0,52
Huishoudens	0,23	0,20	0,20
Overige energieafnemers (landbouw, diensten en overheid, bouwbedrijven)	0,99	0,42	0,30

Wat betreft de voedings- en genotmiddelen industrie worden er vooral kolen gebruikt bij de groenvoerdrogerijen, dit valt onder de NeR (Beumer, 1994). Bij de suikerproductie wordt nog wel cokes gebruikt, maar dit valt onder het non-energetische gebruik en staat niet in Tabel 5.3. Hoewel de meeste kolen bij de industrie gebruikt worden in installaties die onder de NeR vallen, zijn er, volgens de kolenbranche, nog een beperkt aantal industriële kolengestookte installaties die onder BEES B vallen<sup>18</sup>. Voor de berekening van de kosten wordt hier verondersteld dat het 10% van het energetische kolenverbruik van de industrie betreft.

Ook in de landbouwsector worden nog kolen (antraciet) gebruikt bij één of enkele varkenshouderijen. Deze laatste vallen waarschijnlijk wel onder BEES B (mede omdat BEES B voor kolen geen ondergrens stelt bij 0,9 of 1 MW<sub>th</sub>). Er lijkt wel discrepantie te bestaan tussen het brandstofverbruik en het aantal installaties. Hoewel hier geen recente informatie over is, is het denkbaar dat er ook in de glastuinbouw nog kolen gestookt worden.

Voor het voldoen aan de emissie-eisen kan waarschijnlijk niet langer volstaan worden met het inkopen van laagzwavelige kolen<sup>19</sup> of antraciet. Een optie die bij grotere installaties wel wordt toegepast is het toevoegen van kalksteen aan de brandstof of het injecteren van kalk in de vuurhaard. Dit neemt de zwavel op en wordt gelijk met de vliegashouding in de stofvanger afgevangen. Op basis van extrapolatie uit (Goovaerts, 2002) zijn hiervoor de kosten geschat die in Tabel 5.4 staan. Als basis is hierbij gekozen voor een gemiddelde van het brandstofverbruik in 2005 en 2006. De extrapolatie, van met name de investeringskosten, geeft een onzekerheid van circa 50%. Er zijn ook andere opties zoals een natte rookgaswasser die ook voor stof afvang kan worden toegepast (zie Tabel 7.1). Tenslotte kan ook overgeschakeld worden op een schonere en meer gebruikelijke brandstof als huisbrandolie of zelfs aardgas, als dit beschikbaar is. De kosten hiervan zijn niet in kaart gebracht, maar wellicht lager. Zoals hiervoor al aangegeven lijkt het kolenverbruik in BEES B installaties te hoog, en vormen de geschatte kosten waarschijnlijk een overschatting. Voor installaties waarbij wel een ontzwaveling toegepast gaat worden stijgen de energiekosten met 20 tot 30%. De kosteneffectiviteit is 7 €/kg SO<sub>2</sub>-reductie. In 2015 zal, als de trend zich voortzet, nog minder kolen verbruikt worden in kleine installaties en zullen de kosten en effecten navenant lager zijn. Omdat het aantal bestaande installaties in 2015 waarschijnlijk lager zal zijn dan op dit moment, zal ook de noodzakelijke investering lager zijn dan op basis van het brandstofverbruik in 2005/2006 bepaald is. Vandaar dat de cumulatieve investering in Tabel 5.4 tussen haakjes is geplaatst. Gezien de leeftijd mag zelfs verondersteld worden dat er in 2020 nog nauwelijks dergelijke installaties zijn.

<sup>18</sup> Een aantal oudere kolengestookte installaties hebben een ambachtelijk of historisch karakter.

<sup>19</sup> De samenstelling van kolen varieert afhankelijk van de locatie van winning. Er wordt in Europa in ieder geval op één plek wel kolen gebruikt, die een zo uitzonderlijk laag zwavelgehalte heeft, dat direct aan de eis voldaan zou kunnen worden.



Tabel 5.4 *Effecten BEES B actualisatie op SO<sub>2</sub>-emissie kolen bij brandstofinzet als 2005/2006*

Sector	Aanname koleninzet BEES B installaties [PJ]	SO <sub>2</sub> -reductie [kton]	Cumulatieve in- vestering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie	0,26	0,10	(1,9)	0,7
Landbouw	0,36	0,13	(2,7)	1,0
Totaal '2006'	0,62	0,23	(4,6)	1,7
Schatting 2015	0,3	0,1	2,3	0,8

Voor nieuwe installaties zijn geen kostenschattingen gemaakt. Net als bij zware stookolie is er bij kolen, mede door het slechte imago en de problemen die dit oplevert bij een vergunningaanvraag, eigenlijk geen sprake van nieuwe installaties. Ook met de voorgestelde aanscherpingen blijft de milieubelasting ten opzichte van het gebruik van aardgas relatief hoog.

## 6. NO<sub>x</sub>-eisen

### 6.1.1 Aangescherpte eisen

Voor alle installaties die onder BEES B vallen worden eisen aan de NO<sub>x</sub>-emissie gesteld. In de loop van de tijd, zijn deze verschillende keren bijgesteld. In een aantal gevallen zijn voor nieuwe installaties telkens scherpere eisen gesteld. De marge bij de bestaande installaties in Tabel 3.1 heeft met deze aanscherping te maken. De huidige bestaande installaties bestaan immers deels uit installaties, die er al voor de invoering van BEES B waren, en deels uit installaties die sindsdien nieuw zijn gebouwd. De eisen voor de volgende installaties worden geactualiseerd:

- Bestaande en nieuwe ketels op vaste biomassa komen in BEES B
- Bestaande ketels op olie
- Bestaande en nieuwe ketels op gas
- Bestaande en nieuwe gasturbines
- Bestaande en nieuwe zuigermotoren
- Bestaande en nieuwe gasmotoren.

Aangezien de impact van de aanscherping het grootste is bij de gasmotoren zijn hier een aantal aparte hoofdstukken aan gewijd (zie Hoofdstukken 8, 9 en 10). De andere installaties worden hieronder besproken.

### 6.1.2 Bestaande en nieuwe ketels op vaste biomassa komen in BEES B

Voorgesteld wordt om voor nieuwe installaties groter dan 1 MW<sub>th</sub> een eis van 100 mg/Nm<sup>3</sup> bij 6% O<sub>2</sub> (circa 34 g/GJ brandstof) in te voeren en voor bestaande installaties dezelfde eis maar dan per 1 januari 2015. Op dit moment vallen houtgestookte ketels niet onder BEES B. Bij de actualisatie van BEES B gaat het om circa 70 installaties groter dan 1 MW<sub>th</sub> met een gemiddeld vermogen van 2 MW<sub>th</sub>. Het bijbehorende brandstofverbruik is circa 1,1 PJ per jaar (zie ook Tabel 4.2). Hoewel er een sterke variatie is, komen er, terugkijkend naar de historische ontwikkeling, jaarlijks circa vier nieuwe installaties bij<sup>20</sup> met een totaal vermogen van 7 MW<sub>th</sub> (Segers, 2005). De levensduur van dit soort installaties komt daarmee uit op ongeveer 20 jaar.

#### *Huidige eisen*

Om het effect van de actualisatie te bepalen, is het belangrijk om te weten welke eisen er tot nu toe aan houtketels gesteld zijn. Volgens (Haas, 2002) geldt tot 2007 de algemene NeR-eis van 200 mg/Nm<sup>3</sup> (bij 11% O<sub>2</sub>; circa 100 g/GJ) en gaat dit in 2007 bij een slecht energetisch rendement over in 70 mg/Nm<sup>3</sup> (36 g/GJ) en bij een hoog energetisch rendement in 130 mg/Nm<sup>3</sup> (66 g/GJ). Deze nieuwe eisen staan echter niet in de NeR. Ze komen wel voor in het Besluit ver-

---

<sup>20</sup> In december 2007 bleek dat er in 2006 sprake was van een extra groei (CBS, 2007b). Deze groei is hier nog niet verwerkt.

branding afvalstoffen (BVA)<sup>21</sup> (VROM, 2004) en de daaraan voorafgaande circulaire ‘Emissie-beleid voor energiewinning uit biomassa en afval’ (VROM, 2002b). In BEES A staat een emissie-eis van 200 mg/Nm<sup>3</sup> vermeld, maar dan bij een ander zuurstofgehalte (bij 6% O<sub>2</sub>; circa 68g/GJ). Uiteindelijk wordt door Infomil aangegeven dat voor afval de circulaire is opgevolgd door de BVA, maar dat deze voor hout nog steeds gebruikt wordt.

Als een gemiddelde emissie van bestaande houtketels wordt hier 100 g/GJ gehanteerd. Een eis van 34 g/GJ betekent een reductie van circa 66 g/GJ. De emissieverlaging kan bereikt worden door toepassing van SCR. In Nederland wordt SCR bij houtstook op dit moment al toegepast bij de houtgestookte wervelbedcentrale van 24 MW<sub>e</sub> in Cuijk (Wilde, 2006), die overigens ook SNCR (selectieve niet katalytische reductie) toepast. Ook de nieuwe houtgestookte installatie van 80 MW<sub>th</sub> van aviTwente heeft SCR (Overijssel, 2006). De aanwezigheid van alkalimetalen (zoutverbindingen) als natrium en kalium in het hout hebben een negatieve invloed op de levensduur van de katalysator in de SCR installatie. Hiermee is in de kostencijfers rekening gehouden.

### Kosten

Het brandstofverbruik van circa 1 PJ is verdeeld over drie sectoren: 75% industrie (vooral houtbewerking), 5% landbouw en 20% diensten en overheid. In 2010 gaat het nog alleen om nieuwe installaties, zie Tabel 6.1. In 2015 moeten de nog aanwezig bestaande installaties aan de eisen voldoen, zie Tabel 6.2. Tabel 6.3 geeft het gezamenlijke effect weer voor het jaar 2020. Hierbij is verondersteld dat de parkomvang van houtgestookte installaties niet verandert. De cumulatieve investeringskosten van 2020 bevatten ook de kosten van inmiddels afgeschreven installaties.

Tabel 6.1 *Effecten BEES B actualisatie nieuwe houtinstallaties in 2010*

Sector	Veronderstelde houtinzet [PJ]	NO <sub>x</sub> -reductie [kton]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie	0,06	0,004	0,32	0,09
Landbouw	0,00	0,000	0,02	0,01
Diensten	0,02	0,001	0,08	0,02
Totaal	0,08	0,005	0,17	0,12

<sup>21</sup> Vanaf 20 kW<sub>th</sub> kunnen er volgens het Activiteitenbesluit (VROM/VenW, 2007) emissie-eisen aan houtgestookte installaties gesteld worden. De NeR geeft medio 2002 alleen een algemene eis van 200 mg/Nm<sup>3</sup>, maar dan bij 3% O<sub>2</sub>; ca. 56 g/GJ. Deze eis geldt pas bij een uitstoot van meer dan 5 kg per uur. Gesteld dat er een emissie is van 100 g NO<sub>x</sub>/GJ, dan komt deze eis pas in het zicht bij installaties van 15 MW<sub>th</sub> en meer. Inmiddels is de NeR aangepast en stelt deze bij de algemene eisen dat, bij een uitstoot van 2 kg NO<sub>x</sub>/uur of meer, emissiebeperkende technieken moeten worden toegepast volgens de stand der techniek. Voor schoon hout wordt door Infomil verwezen naar de NeR (onderdeel F7). In deze regeling voor het verbranden van schoon resthout staat dat er geen emissie-eisen ter beperking van NO<sub>x</sub>-emissie opgelegd hoeven te worden, tenzij het totale thermische vermogen groter is dan 2,5 MW<sub>th</sub> en bovendien het te verbranden resthout voor meer dan 80-90% uit plaatmateriaal (spaanplaat e.d.) bestaat. In dat geval geldt een emissie-eis van 400 mg/Nm<sup>3</sup>. Deze eis dient door middel van primaire maatregelen te worden gerealiseerd. Verder kan nog opgemerkt worden dat er ook VOS- en CO-eisen in dit onderdeel van de NeR staan. Voor ketels op snoeihout en schoon hout verwijst Infomil naar BEES A waar voor nieuwe (vergunning op of na 27 november 2002) biomassa gestookte installaties een eis genoemd wordt van 200 mg/Nm<sup>3</sup>. Voor installaties van voor die tijd geldt de eis van 700 mg/Nm<sup>3</sup>, circa 238 g NO<sub>x</sub>/GJ. Voor ketels die niet onder BEES A vallen wordt de vergunningverlener er door Infomil op gewezen dat toch bij het eisenniveau van BEES A aangesloten kan worden. De cijfers van (Haas, 2002) staan wel in de A-tabellen van het Besluit verbranding afvalstoffen (BVA). Dit gaat echter om vervuild hout en dus niet om installaties die onder BEES B gaan vallen. De tekst rond dit besluit geeft aan dat een installatie niet gelijktijdig onder een eis uit dit besluit kan vallen en onder een eis voor dezelfde stof uit BEES A, BEES B of de NeR.

Tabel 6.2 *Effecten BEES B actualisatie op uitstoot bestaande houtinstallaties in 2015*

Sector	Veronderstelde houtinzet [PJ]	NO <sub>x</sub> -reductie [kton]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie	0,48	0,031	3,31	1,17
Landbouw	0,03	0,002	0,22	0,08
Diensten	0,13	0,008	0,88	0,31
Totaal	0,63	0,041	4,41	1,56

Tabel 6.3 *Effecten BEES B actualisatie op nieuwe en bestaande houtinstallaties in 2020*

Sector	Veronderstelde houtinzet [PJ]	NO <sub>x</sub> -reductie [kton]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie	0,79	0,052	5,75	1,52
Landbouw	0,05	0,003	0,38	0,10
Diensten	0,21	0,014	1,53	0,40
Totaal	1,06	0,069	7,67	2,02

De gemiddelde NO<sub>x</sub>-reductiekosten liggen tussen de 23 (nieuwe ketels) en 27 (bestaande ketels) €/kg NO<sub>x</sub>-emissie vermeden. Hoewel de eisen vergelijkbaar worden met die van kolen, zijn de specifieke kosten hoger. Dit komt onder andere doordat de gemiddelde bedrijfstijd lager, op 2000 uur, ligt. De totale kosten van de eigenaar voor dit soort installaties stijgen richting 2020 met circa 20%.

### 6.1.3 Bestaande ketels op olie

In de BEES B grootte zijn er in Nederland circa 100 tot 150 ketels op huisbrandolie. Daarnaast zijn er nog enkele op zware stookolie. Sinds 1 mei 1998 (en voor installaties kleiner dan 2,5 MW sinds 1 januari 1999) geldt hiervoor een eis van 120 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (35 g/GJ). In de actualisatie van BEES B wordt deze eis niet aangescherpt. Wel gaat hij voor alle bestaande installaties gelden. De emissie-eis voor installaties tussen de 10 en 20 jaar oud is voor zware stookolie 300 mg/Nm<sup>3</sup> (87 g/GJ)<sup>22</sup> en voor huisbrandolie 200 mg/Nm<sup>3</sup> (58 g/GJ). De actualisatie richt zich dan ook alleen op het vervangen van branders die al meer dan tien jaar oud zijn. Per saldo zou de eis per 2015 tot aanpassing kunnen leiden voor 30 huisbrandolie gestookte installaties en één tot twee zware olie gestookte installaties.

De hoeveelheid olie die gestookt wordt in ketels is niet goed bekend. De statistieken geven alleen cijfers waarin ook het oliegebruik van mobiele werktuigen als landbouwtractoren en heftrucks is opgenomen. Uiteindelijk is voor de kostenberekening in Tabel 6.4 verondersteld dat er circa 3 PJ aan olie verbruikt wordt, waarvan 1/3 in installaties kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> (geen BEES B). Van het resterende oliegebruik wordt de helft verbruikt in installaties die al aan de eisen voldoen. Bij het resterende deel moet dus de oude brander vervangen worden, of alvast een nieuwe ketel worden aangeschaft (hier is ketelvervanging verondersteld in 1/3 van de situaties; hiervoor zijn geen kosten berekend omdat bij deze keuze ook verbetering van de bedrijfszekerheid en verlaging van de onderhoudskosten meespeelt). Voor het bepalen van de kosten van nieuwe oliebranders is onder andere gebruik gemaakt van Vito informatie (Derden, 2005). In 2020 zijn de installaties met nieuwe branders uit bedrijf of zouden zonder actualisatie toch ook een nieuwe branders hebben gekregen<sup>23</sup>. Voor 2020 zijn er dan ook geen substantiële kosten op

<sup>22</sup> Theoretisch kunnen er nog oudere installaties op zware stookolie zijn met een emissie rond de 130 g/GJ. Dit is echter niet waarschijnlijk.

<sup>23</sup> Hier wordt gerekend met de totale branderkosten. Volgens (Derden, 2005) zijn de meerkosten bij aanschaf van een nieuwe brander van een low NO<sub>x</sub> uitvoering 15 tot 20%.

te voeren. Wel kunnen er nog steeds emissie-effecten zijn, omdat ook de oudste installaties aan emissie-eisen moeten voldoen<sup>24</sup>.

Tabel 6.4 *Effecten BEES B actualisatie op NO<sub>x</sub>-emissie oliegestookte ketels in 2015*

2010	Brandstofverbruik [PJ]	NO <sub>x</sub> -reductie [kton]	Investing [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Landbouw	0,2	0,005	0,10	0,014
HDO	0,3	0,007	0,15	0,022
Industrie	0,1	0,003	0,06	0,009
Totaal	0,6	0,014	0,30	0,045

De kosteneffectiviteit van de aanpassing is 3 €/kg NO<sub>x</sub>-emissie vermeden. Voor de eigenaar van de installatie stijgen de kosten met circa 3%.

#### 6.1.4 Bestaande ketels op kolen

De ontwikkeling van de afnemende koleninzet is al beschreven Paragraaf 5.4. Sinds 1994 zijn de emissie-eisen voor nieuwe installaties gebaseerd op 100 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (circa 36 g/GJ). Voorgesteld wordt om deze eis ook voor bestaande installaties in te voeren. Omdat de meeste installaties ouder zijn, en een veel hogere emissie hebben, kan een emissiereductie van 140 g/GJ bereikt worden. Voor de kostencijfers wordt dezelfde basis gebruikt als SCR bij houtstook. Hoewel hier een kostencijfer berekend wordt, kan de actualisatie best tot een vernieuwingslag leiden, waarbij oude installaties uit bedrijf genomen worden. Met de nodige aannamen zijn de effecten voor 2015 geschat in Tabel 6.5. Voor het totale kostenoverzicht in 2020 in de samenvatting wordt verondersteld dat de koleninzet dan nog eens met de helft is afgenomen. Met 13 €/kg NO<sub>x</sub>-reductie, zijn de kosten tamelijk hoog.

Tabel 6.5 *Effecten BEES B actualisatie op NO<sub>x</sub>-emissie kolen in 2015*

Sector	Aanname koleninzet BEES B installaties [PJ]	NO <sub>x</sub> -reductie [kton]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie	0,06	0,01	0,45	0,12
Landbouw	0,09	0,01	0,63	0,16
Totaal	0,15	0,02	1,07	0,28

#### 6.1.5 Bestaande en nieuwe ketels op gas

De emissie-eisen aan ketels op gas, die vooral voor verwarming worden gebruikt, zijn vastgelegd in BEES B (en BEES A) voor installaties groter of gelijk aan 0,9 MW<sub>th</sub>. Voor installaties kleiner dan 0,9 MW<sub>th</sub> staan deze in het Besluit typekeuring verwarmingstoestellen luchtverontreiniging stikstofoxide (VROM, 1995), zie Tabel 6.6. Dit laatste besluit gaat vervallen en de NO<sub>x</sub>-eisen zullen te zijner tijd worden ondergebracht in het Besluit energieprestatie gebouwen (VROM, 2006a). Daarnaast zal ook de grenswaarde voor BEES B verschuiven van 0,9 naar 1 MW<sub>th</sub>.

<sup>24</sup> In 1996 zijn in Vlaanderen de ketels in de glastuinbouw geïnventariseerd. Van de oliegestookte ketels bleek 20% op dat moment meer dan 25 jaar oud te zijn. Dit geeft het mogelijke belang aan om bij actualisatie van BEES B toch ook naar de oudere bestaande installaties te kijken.

Tabel 6.6 *Besluit typekeuring verwarmingstoestellen luchtverontreiniging stikstofoxide*

Stoom- of waterketels op gas en olie tot en met 900 kW <sub>th</sub> . Eisen per type brander	NO <sub>x</sub> -eis [mg/Nm <sup>3</sup> bij 3%O <sub>2</sub> ]	NO <sub>x</sub> -eis omgerekend [g/GJ]	Ingaande per
Atmosferische brander (en luchtverwarmers)	157	44	1-1-96
Ventilator brander	105	29	1-1-96
Voorgemengde brander	70	20	1-1-96

In de actualisatieslag van BEES B wordt de emissie-eis voor nieuwe gasgestookte ketels van 70 mg/Nm<sup>3</sup> (20 g NO<sub>x</sub>/GJ) met 25% aangescherpt naar 54 mg/Nm<sup>3</sup> (15 g/GJ). Dit is een niveau waaraan de nieuwe huishoudelijke CV-ketels, met voorgemengde branders, goed kunnen voldoen. Voor de grotere installaties vergt dit echter wel de nodige inspanning<sup>25</sup>. Voor bestaande installaties wordt per 1 januari 2015 dezelfde emissie-eis ingevoerd als nu voor nieuwe installaties geldt namelijk 70 mg NO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (20 g/GJ). Voor een aantal bestaande installaties waarbij de brander toch al vervangen moet worden, levert dit eigenlijk geen additionele kosten op. Voor anderen zal dit of een vervanging of een aanpassing van de brander vergen. Samen met de gasmotoren vormen de gasgestookte ketels de belangrijkste NO<sub>x</sub>-bron van kleinere stationaire installaties. De aanscherpingen leveren dan ook een belangrijke reductie op.

In het kader van het optiedocument (Daniels, 2005) is al naar de aanscherping bij nieuwe ketels gekeken<sup>26</sup>. Technisch gezien kan aan de eis voor nieuwe ketels voldaan worden door aanpassingen aan de branderkop van een ventilatorbrander. Doordat een brander zowel hard als zacht gezet moet kunnen worden (modulerend) wordt deze, om over de hele range aan lage NO<sub>x</sub> te voldoen, wel complexer. De meerkosten worden op 5% van de branderkosten geschat. Afhankelijk van de fabrikant, ofwel de bouw van de huidige brander, kan dit wel uiteenlopen. Er zijn voldoende leveranciers, en er is voldoende ervaring met deze branders. Omdat de toepassing van atmosferische branders (zonder ventilator, het gaat hier om een deel van de brandermarkt) wellicht niet meer mogelijk is, zijn ook extra ventilatiekosten opgenomen.

In het optiedocument is nog uitgegaan van een grens bij 0,9 MW<sub>th</sub>. Het verschuiven van de grens naar 1 MW<sub>th</sub> zal tot gevolg hebben dat het aantal gasgestookte ketelinstallaties onder BEES B afneemt. Theoretisch zou het aantal gasketels onder BEES B met 5% kunnen dalen. Omdat het om kleinere installaties gaat en dus per installatie minder gas verstoekt wordt betreft het maar 1,5% van de warmtevraag, brandstofverbruik en bijbehorende emissies. In de praktijk zal het zelfs om een nog lager aandeel gaan omdat het voor bedrijven op dit moment gunstig is om onder de BEES B grens te blijven door bijvoorbeeld twee of meer kleinere installaties te plaatsen. In Tabel 6.7 zijn de kosten en bijbehorende reductie-effecten aangegeven. In de tweede kolom staat het geschatte totale gasverbruik in ketels die onder BEES B vallen. De cijfers hebben vooral betrekking op de warmtevraag voor ruimteverwarming. Bij de sector industrie en energie is 15 PJ brandstofverbruik toegevoegd voor bedrijven en installaties die ook aan NO<sub>x</sub>-emissiehandel deelnemen (zie ook Paragraaf 4.2.3). Uitgaande van een ingangsdatum van 1 januari 2009, wordt in 2010 7,5% van de brandstof in schonere installaties verbruikt en in 2020 58%. Het uiteindelijke effect kan bij nieuwe installaties oplopen naar 0,55 kton (in 2029). En de kosten zijn met € 1 tot € 2 per ton NO<sub>x</sub>-reductie relatief laag. Voor bestaande installaties wordt het maximum effect van bijna 0,7 kton NO<sub>x</sub>-reductie bereikt in 2015 bij een investering van circa € 22 mln (€ 4 per kg vermeden NO<sub>x</sub>-emissie). Voor 2020 komen de kosten voor beide maatregelen samen gemiddeld rond de € 3 per kg vermeden NO<sub>x</sub>-emissie uit. De verlaging van de NO<sub>x</sub>-uitstoot kan met zich mee brengen dat de vuurhaardbelasting (de hoeveelheid energie die

<sup>25</sup> Bij de grotere installaties is er een scheiding tussen ketelfabrikanten en branderleveranciers. De Europese markt voor oliebranders is veel groter dan die voor gasbranders. Als het gaat om de ontwikkeling van zeer schone branders heeft de kleinere gasmarkt minder prioriteit. Niet alle bedrijven die nu gasbranders op de Nederlandse markt verkopen kunnen op dit moment al deze niveaus halen.

<sup>26</sup> Technisch is het mogelijk om met keramische branders nog een stap verder te gaan. De ervaring hiermee is echter beperkt. Ook vergt dit een belangrijke aanpassing van het ketelontwerp. Volgens de huidige inzichten is dit dan ook een veel duurdere aanpassing.

per oppervlakte-eenheid wandoppervlak kan worden overgedragen) moet worden verlaagd. Hier zijn geen kosten voor verondersteld. Bij bestaande installaties is het aanwezige vermogen meestal voldoende ruim om deze teruggang op te vangen. Bij nieuwe installaties moet bij het ketelontwerp met de lagere vuurhaardbelasting rekening worden gehouden.

Tabel 6.7 *Effecten BEES B actualisatie op gasgestookte ketels*

Sector	Totaal brandstofverbruik [PJ]	NO <sub>x</sub> -reductie [kton]	Cumulatieve in- vestering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
2010				
Land en tuinbouw	84	0,044	0,3	0,09
HDO en bouw	9	0,005	1,0	0,01
Huishoudens	2	0,001	0,1	0,00
Industrie en energie	20	0,010	0,7	0,02
Totaal	115	0,060	2,1	0,12
2020				
Land en tuinbouw	76	0,727	17,29	2,28
HDO en bouw	9	0,075	2,07	0,24
Huishoudens	2	0,016	0,45	0,05
Industrie en energie	21	0,171	4,69	0,54
Totaal	108	0,989	24,50	3,11

Van belang is nog om te vermelden dat ongeveer 2/3 van het brandstofverbruik in kleinere ketels<sup>27</sup> in de categorie beneden de 1 MW<sub>th</sub> valt. De emissie-eisen liggen hier, met name voor de atmosferische branders, op dit moment nog niet op het huidige BEES B niveau. Hier ligt dus ook nog een aanzienlijk reductiepotentieel<sup>28</sup>.

### 6.1.6 Bestaande en nieuwe gasturbines

Voor gasturbines wordt voorgesteld de emissie eis voor nieuwe gasturbines van 45 tot 65<sup>29</sup> g NO<sub>x</sub>/GJ naar 30 g/GJ te verlagen en voor bestaande gasturbines van 65-200 g/GJ tot 45 tot 65 g/GJ.

#### *Bestaande sologasturbines*

Tegenwoordig worden verbrandingskamers van gasturbines zo ontworpen dat deze al een lage NO<sub>x</sub>-uitstoot hebben. De voorgestelde eisen voor bestaande installaties leggen alleen vast wat allang in de praktijk haalbaar is. Bovendien komen de eisen vrijwel overeen met wat al in BEES B stond. Alleen voor sologasturbines van voor 1 mei 1998 gelden nog eisen die hier boven liggen. In de industrie zijn deze, voor zover bij ECN bekend, niet meer aanwezig. Mochten er toch industriële installaties zijn dan kan tegen beperkte kosten een systeem van water of stoominjectie aangebracht worden<sup>30</sup>. Sologasturbines zijn er wel in het aardgasnet. Zo zijn er een 69 gasturbines aanwezig bij de diverse aardgascompressorstations en aardgasgerelateerde installaties (on-shore). Deze vallen vrijwel allemaal onder het NO<sub>x</sub>-handelssysteem, en ook grotendeels onder BEES A. Na correctie voor BEES A blijven er acht gasturbines over die onder BEES B vallen. Ook is er is één locatie met drie sologasturbines die nu nog niet onder BEES B valt, maar

<sup>27</sup> Dit is nog zonder de huishoudelijke CV-ketels.

<sup>28</sup> In dit verband kan nog opgemerkt worden dat soms gekozen wordt om meerdere kleinere installaties in plaats van één grote. Dit kan oplopen tot tien zeer grote huishoudelijke CV-ketels om een warmtevraag van 1 MW<sub>th</sub> te dekken. Doordat huishoudelijke CV-ketels in serie geproduceerd worden, zijn deze relatief goedkoop. Ook wordt onderhoud en regelgeving genoemd bij de economische motieven voor deze keuze.

<sup>29</sup> Eventueel met rendementscorrectie.

<sup>30</sup> De orde van grootte van de extra investering is € 50.000 (minder dan 10% van een nieuwe gasturbine).

na een verlaging van de grens van  $1\text{MW}_e$  naar  $1\text{MW}_{th}$  wel. Uiteindelijk gaat het om 11 gasturbines met een totaal asvermogen van  $37\text{MW}_{as}$  (ongeveer equivalent met  $37\text{MW}_e$ ).

Niet elke bestaande gasturbine kan eenvoudig aangepast worden. Probleemgebieden zijn de oude gasturbines waar geen lage  $\text{NO}_x$ -brander voor ontwikkeld is. In dat soort gevallen kan de  $\text{NO}_x$  gereduceerd worden door stoom of water in de verbrandingskamer te injecteren. Of hiermee altijd de  $65\text{ g/GJ}$  gehaald kan worden, is niet 100% zeker. Dit is van belang als ook de offshore installaties onder BEES B actualisatie gebracht worden. Volgens Velde (2007) zou het in de offshore gaan om vier gasturbines, buiten locaties met meer dan  $20\text{MW}_{th}$ . De offshore installaties zijn hier verder niet meegenomen.

Voor de berekening van de kosten, zie Tabel 6.8, is verondersteld dat de 11 sologasturbines voorzien kunnen worden van waterinjectie en in 2015 nog niet vervangen zijn. De gemiddelde reductiekosten komen rond de  $5\text{ €/kg}$  uit. Voor het kostenoverzicht in 2020 zal van dezelfde cijfers worden uitgegaan. Het kan zijn dat er bedrijfsspecifieke omstandigheden zijn die de toepassing van de hier gebruikte techniek moeilijk maken. ECN heeft echter onvoldoende gegevens om een meer toegespitste berekening te maken. Bovendien zijn er nog andere opties als stoominjectie, lage  $\text{NO}_x$ -verbrandingskamers of SCR die toegepast kunnen worden.

Tabel 6.8 *Effecten BEES B actualisatie op nieuwe kleine gasturbines in WKK-installaties*

	Geschat brandstofverbruik [PJ]	$\text{NO}_x$ -reductie [kton]	Cumulatieve Investing [mln €]	Kosten per jaar [mln €]
2015				
Energiesector	0,6	0,09	0,93	0,40

#### *Nieuwe gasturbines*

Om het effect van het aanscherpen van de eisen voor nieuwe installaties uit te rekenen is uitgegaan van  $60\text{MW}_e$  aan gasturbines (zie Paragraaf 4.2.3) en een brandstofverbruik van ongeveer  $3,5\text{PJ}$ , waarvan het grootste deel zich binnen het  $\text{NO}_x$ -emissiehandel bevindt. Er zijn wel veel meer kleinere gasturbines aanwezig, ca  $180\text{MW}_e$  tussen de  $1$  en  $5\text{MW}_e$ , maar deze staan vooral bij grotere (BEES A) bedrijven. Van deze installaties staat circa 80% bij de industrie. Met de aanname van een levensduur van 20 jaar kan berekend worden welk deel van de installaties (en welk deel van het brandstofverbruik; zie ook Tabel 6.9) het betreft. Het gaat in 2010 om 7,5% en in 2020 om 58% van het genoemde  $3\text{PJ}$  brandstofverbruik.

Tabel 6.9 *Effecten BEES B actualisatie op nieuwe kleine gasturbines in WKK-installaties*

	Brandstofverbruik [PJ]	$\text{NO}_x$ -reductie [kton]	Cumulatieve Investing [mln €]	Kosten per jaar [mln €]
2010				
Industrie	0,2	0,007	0,5	0,19
HDO en bouw	0,1	0,002	0,1	0,05
Totaal	0,3	0,009	0,6	0,23
2020				
Industrie	1,6	0,056	3,7	1,43
HDO en bouw	0,4	0,014	0,9	0,36
Totaal	2,0	0,070	4,7	1,79

Om de kosten uit te rekenen is uitgegaan van de toepassing van SCR. Dit levert eigenlijk een te hoge schatting op de kosten. Het is namelijk mogelijk om met een lage  $\text{NO}_x$ -verbrandingskamer aan de eisen te voldoen zonder SCR. Deze verbrandingskamers zijn voor een aantal zeer grote



gasturbines wel beschikbaar, maar voor de meeste kleinere nog niet. Als deze wel beschikbaar komen vallen de extra kosten veel lager uit. De aanpassing veroorzaakt een kostenstijging voor de eigenaar van circa 5 tot 10%. De kosteneffectiviteit is circa 20 €/kg NO<sub>x</sub>-emissie vermeden. Het gaat hier om een maximum schatting en er is ook geen rekening gehouden met eventuele uitgespaarde kosten<sup>31</sup>.

### 6.1.7 Bestaande en nieuwe zuigermotoren op vloeistof

De NO<sub>x</sub>-eis voor zuigermotoren op vloeibare brandstof (nu 400 g/GJ) wordt aangescherpt naar 140 g/GJ en na zes jaar naar 40 g/GJ. Hiermee wordt over zes jaar het uiterste van de reductietechnieken gevraagd. Een belangrijk aspect is dat er ook om aan 400 g NO<sub>x</sub>/GJ te voldoen al een SCR-installatie aanwezig moet zijn, en dus een belangrijk deel van de investering in de reductietechniek al gedaan is. Dit beperkt de meerkosten.

Voor bestaande zuigermotoren op vloeistof wordt de eis van 400 g/GJ, die al voor installaties van op of na 1 augustus 1990 geldt, ook voor oudere installaties van kracht. Het gaat hierbij om WKK-installaties (of motoren met meer dan 5000 draaiuren per jaar) die al meer dan 18 jaar oud zijn. De installaties moeten dan net als nieuwe motoren met een SCR worden uitgerust. Net als bij zuigermotoren op gas is er hier een ondergrens bij 1 MW<sub>th</sub>. Dit betekent dat ook de 600 kW<sub>e</sub> Bio-olieturbine bij sportcentrum Calluna in Ermelo onder BEES B valt.

#### *Bestaande motoren*

Het aantal dieselmotoren voor elektriciteitslevering aan het net is beperkt. Volgens de statistiek over productiemiddelen elektriciteit van het CBS zijn er twee dieselmotoren (samen 7 MW<sub>e</sub>) in bedrijf in de gezondheidszorg en vier dual fuel motoren bij de overige sectoren (CBS, 2007a). De twee dieselmotoren worden naar verwachting voor 2009 gesloopt. De totale aardgasinzet bij de vier motoren dual fuel motoren is veel hoger dan de olie-inzet, waardoor ze waarschijnlijk alle vier onder de gasmotoren vallen. Het is niet uitgesloten dat er in de industrie nog dieselmotoren zijn voor het aandrijven van apparaten. ECN heeft hier wel onderzoek naar gedaan, maar geen aanwijzingen gevonden dat deze daadwerkelijk aanwezig zijn. Er zijn wel een aantal vrij nieuwe motoren op bio-olie. Voor de kostenberekening is aangenomen dat deze te zijner tijd ook aan de eisen voor nieuwe installaties moeten voldoen.

#### *Nieuwe motoren*

Verwacht wordt dat het aantal biomotoren door subsidieregelingen verder zal groeien. Voor de te verwachten NO<sub>x</sub>-emissie is begin 2007 een schatting gemaakt (Kroon, 2007). De status van de vergunningaanvraag rond het stopzetten van de regeling Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP) in augustus 2006 is geschat op 10 MW<sub>e</sub> kleine motoren en 100 MW<sub>e</sub> grotere motoren (2 BEES A installaties van 50 MW<sub>e</sub>). Op basis van een indruk (en niet meer dan dat) van de plannen in 2006, kan er nog 100 MW<sub>e</sub> klein en 100 MW<sub>e</sub> groot vermogen bijkomen.

Voor de kostenberekening zal hier uitgegaan worden van 10 MW<sub>e</sub> voor 2010 (die voor 2015 alsnog aan een strengere eis wordt aangepast) en 110 MW<sub>e</sub> klein vermogen in 2020. De 200 MW<sub>e</sub> grote bio-olieinstallaties worden hier buiten beschouwing gelaten. De vraag is wat de kosten voor de scherpere eisen zijn bij bio-olie. Een motorfabrikant geeft aan dat dit kan door een twee maal groter katalysator volume in de SCR-installatie te gebruiken. Dit is dan ook in Tabel 6.10 verwerkt. Hoewel de motoren in de tabel, bij gebrek aan sectorinformatie, bij de sector HDO en bouw geplaatst zijn, kunnen ze ook in andere sectoren, zoals de industrie, voorkomen.

---

<sup>31</sup> Als toch SCR toegepast wordt, kan wellicht met een goedkopere verbrandingskamer worden volstaan.

Tabel 6.10 *Effecten BEES B actualisatie op nieuwe dieselmotoren*

	Brandstofver- bruik [PJ]	NO <sub>x</sub> -reductie [kton]	Cumulatieve Investing [mln €]	Kosten per jaar [mln €]
Van installaties aanwezig in 2010 de effecten van de aanpassingen per 1-1-2015				
HDO en bouw	0,5	0,12	0,05	0,10
2020 (bestaand en nieuw)				
HDO en bouw	5,0	1,78	2,75	2,22

Mede wegens de relatief hoge NO<sub>x</sub>-reductie en omdat het eigenlijk om een uitbreiding van de reeds aanwezige SCR-installatie gaat, zijn de kosten beperkt. De kosteneffectiviteit is iets hoger dan 1 €/kg NO<sub>x</sub>-emissie vermeden. Voor de eigenaar van de installatie stijgen de kosten met circa 5%.

Ter vergelijking kan opgemerkt worden dat de Europese commissie voor diesel vrachtwagens (en bussen) een voorstel (versie december 2007; Euro VI) heeft gedaan waarin de eis in 2013 voor NO<sub>x</sub> met 80% wordt aangescherpt. Het niveau komt uit rond de 40 g/GJ diesel wat vergelijkbaar is met de eisen voor stationaire dieselmotoren in de actualisatie van BEES B. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat dieselmotoren in voertuigen een hogere aantal omwentelingen maken per minuut, en daardoor van nature een lagere NO<sub>x</sub>-emissie hebben. Het MNP noemt voor deze aanscherping bij vrachtauto's een kosteneffectiviteit van 10 €/kg NO<sub>x</sub> (Smeets, 2007), waar nog wel de nodige onzekerheidsmarge omheen zit.

Opgemerkt moet worden dat er nog veel andere dieselmotoren, buiten de transportsector, in Nederland aanwezig zijn. Het gaat hierbij om stationaire dieselmotoren die als noodaggregaat in gebouwen aanwezig zijn, en die wegens het beperkte aantal draaiuren buiten BEES B vallen. Ook zijn er nog verplaatsbare dieselaggregaten die wel veel draaiuren maken maar tot de mobiele werktuigen gerekend worden. Deze worden gehuurd bij evenementen en stroomstoringen en ingezet op bouwlocaties en bij wegwerkzaamheden.

## 7. Stofeisen

### 7.1 Stofeisen in actualisatie BEES B uitgebreid

BEES B bevat alleen emissie eisen van 50 of 20 mg/Nm<sup>3</sup> voor 'nieuwe' (sinds augustus 1990) kolengestookte ketels. Voor nieuwe kolenketels gaat de eis naar 5 mg/Nm<sup>3</sup> en voor bestaande installaties naar 20 mg/Nm<sup>3</sup>. Deze eisen gaan ook gelden voor ketels op vaste biomassa en vloeibare brandstof. Voor vloeibare brandstof komt er bij turbines een eis van 5 mg/Nm<sup>3</sup> (nieuw) of 30 mg/Nm<sup>3</sup> (bestaand) en bij zuigermotoren van 30 mg/Nm<sup>3</sup> (nieuw) en 50 mg/Nm<sup>3</sup> (bestaand). De eisen zijn afgestemd op de technische mogelijkheden en eventuele BBT-niveau's.

### 7.2 Kolengestookte ketels

Voor bestaande installaties wordt de eis 20 mg fijn stof/Nm<sup>3</sup> en voor nieuwe 5 mg/Nm<sup>3</sup>. Met goede filters is aan de eis voor bestaande installaties prima te voldoen. De eis geldt al jaren voor nieuwe installaties (hoewel die er waarschijnlijk niet zijn geweest). Op dit moment zijn er wellicht nog tien bestaande installaties. Waarschijnlijk hebben de meeste van deze installaties al een filtersysteem. Zoals uit Tabel 7.1 blijkt zijn de gevolgen van een eis van 50 mg/Nm<sup>3</sup> en 10 mg/Nm<sup>3</sup> vergelijkbaar. In beide gevallen zal waarschijnlijk hetzelfde filtersysteem geplaatst worden. Omdat er ook scherpere SO<sub>2</sub>-eisen gesteld worden (zie Paragraaf 5.4) is het niet zinvol om in deze paragraaf voor fijn stof<sup>32</sup> een aparte berekening uit te voeren. Indien bij SO<sub>2</sub> gekozen wordt voor natte reiniging, zie Tabel 7.1, dan daalt de stofuitstoot gelijktijdig mee. Wordt gekozen voor kalkinjectie, dan was er waarschijnlijk al een systeem met voldoende stofafvang aanwezig. Per saldo leidt de combinatie van beide eisen er waarschijnlijk toe dat het voor de eigenaar goedkoper is om net als anderen naar een schonere brandstof als huisbrandolie of aardgas over te stappen.

Tabel 7.1 *Stofverwijdering uit rookgassen*

Type filtering	Te bereiken stofconcentratie [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Opmerkingen
Multicycloon met axiale cyclonen	150	Voor brandstoffen met veel vocht >25%.
Multicycloon met tangenciale cyclonen	100	Voor brandstoffen met tot 25% vocht.
Natte reiniging	25	Weinig ruimte nodig. Duur door waterverbruik, kan ook andere stoffen zoals SO <sub>2</sub> verwijderen.
Doekenfilter	10 (<5 gerapporteerd voor o.a. biomassa installaties)	Hoge luchtweerstand; filters gaan twee tot vier jaar mee. Bij hout steeds minder toegepast i.v.m. brandgevaar.
Elektrostatisch filter	10 (<5 haalbaar bij combinatie met water)	Voor alle brandstoffen; laag energiegebruik; bedrijfszeker.

Omdat er geen concrete plannen zijn voor nieuwe kolenketels, zijn hiervoor ook geen stofreductiekosten te melden.

<sup>32</sup> Voor een stoffilter moet bij deze grootte van installaties met een investering van meer dan € 50.000 gerekend worden.

In Tabel 7.1 is aangegeven welke stofconcentraties er met rookgasreiniging bereikt kunnen worden (bron internetsite Kara). In de literatuur worden voor doekfilters ook al lagere waarden genoemd. Ook elektrostatische filters komen lager uit als er voor de fijne deeltjes een wasser aanwezig is (Wilde, 2006). Hoewel de informatie bij Kara vermeld wordt voor houtgestookte installaties in de vermogensrange van BEES B, gelden de restemissies ook voor andere vaste brandstoffen zoals kolen.

### 7.3 Oliegestookte installaties

Er wordt vanuit gegaan dat de nieuwe eisen met een zorgvuldige branderkeuze en goed onderhoud gehaald kunnen worden.

### 7.4 Houtgestookte ketels

De NeR stelt sinds 1995 de volgende eisen voor verbranding van schoon resthout (regeling F7). Bij een totaal thermisch vermogen:

- kleiner of gelijk aan 0,5 MW<sub>th</sub> geldt een emissie-eis van 100 mg/Nm<sup>3</sup>,
- tussen 0,5 MW<sub>th</sub> en 1,5 MW<sub>th</sub> geldt een emissie-eis van 50 mg/Nm<sup>3</sup>,
- tussen 1,5 MW<sub>th</sub> en 5 MW<sub>th</sub> geldt een emissie-eis van 25 mg/Nm<sup>3</sup>.

De eisen gelden voor droog rookgas omgerekend naar 11% zuurstof.

Uitgegaan is van een nieuwe norm voor bestaande installaties van 20 mg/Nm<sup>3</sup> en 5 mg/Nm<sup>3</sup> voor nieuwe installaties (beide bij 6% O<sub>2</sub>). In Tabel 7.2 zijn de effecten zo goed mogelijk geschat. Hierbij zijn wel de nodige aannamen gedaan. Uitgegaan is van het houtketelpark uit Paragraaf 6.1.2. Van de installaties groter dan 1 MW<sub>th</sub> is een kleine 50% in de categorie tussen 1 en 1,5 MW<sub>th</sub>. Het aandeel in het brandstofverbruik is hierbij ruim 30%. Het is deze categorie waar de meeste investeringen plaats moeten vinden. Aangenomen is dat installaties van 50 mg/Nm<sup>3</sup> bij 11% zuurstof (25 g stof/GJ) naar 20 mg/Nm<sup>3</sup> bij 6% zuurstof gaan (7 g/GJ). Net als bij kolenketels wordt verwacht dat installaties die aan de eis van 25 mg/Nm<sup>3</sup> voldoen ook (zonder substantiële meerkosten) aan de scherpere eisen voldoen (zie Tabel 7.1). Ten aanzien van de kosten moet nog opgemerkt worden dat de totale kosten van de filterinstallatie zijn opgenomen. Er heeft geen correctie plaatsgevonden voor eventuele uitgespaarde kosten om aan de oude NeR eisen te voldoen.

Tabel 7.2 *Effecten BEES B actualisatie op houtgestookte ketels*

	Brandstofverbruik [PJ]	Stofreductie [kton]	Investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
2010 (nieuw)				
Industrie	0,06	0,0009	0,14	0,03
Landbouw	0,00	0,0001	0,01	0,00
Diensten	0,02	0,0002	0,04	0,01
Totaal	0,08	0,0012	0,18	0,04
2020 (nieuw en bestaand)				
Industrie	0,79	0,010	1,82	0,42
Landbouw	0,05	0,001	0,12	0,03
Diensten	0,21	0,003	0,48	0,11
Totaal	1,06	0,014	2,42	0,57

Voor de kosten van stoffilters is onder andere gekeken naar BBT rapporten van Vito (Jacobs, 2003), naar informatie van Infomil en naar informatie in de EPA/USA factsheets over emissie-

technieken om luchtverontreiniging tegen te gaan. De noodzakelijke goede filters kunnen de investering in de houtketel (zonder filters) wel 30% tot 40% duurder maken. De kosteneffectiviteit ligt in 2010 voor nieuwe installaties rond de 35 €/kg stofuitstoot vermeden. In 2020 ligt deze hoger (40 €/kg) omdat dan ook bestaande installaties moeten zijn aangepast en er, uitgaande van de emissie-eisen, bij bestaande installaties een lagere reductie plaatsvindt.

Ter vergelijking kan opgemerkt worden dat het MNP voor de toepassing van roetfilters bij vrachtwagens een kosteneffectiviteit van 275 €/kg fijn stof ( $PM_{10}$ ) noemt (Smeets, 2007). Dit is aanzienlijk hoger dan de hier genoemde kosten. Als het gaat om verbetering van de luchtkwaliteit, levert de reductie van een kg stof uit het verkeer echter wel meer op dan de reductie van een kg stof uit een stationaire bron. Dit komt omdat juist verkeer lokaal vaak de overschrijdingen veroorzaakt.

## 8. Parkopbouw en emissiereductie bij gasmotoren

### 8.1 Inleiding gasmotoren

Het Besluit emissie-eisen stookinstallaties milieubeheer B (BEES B) is van toepassing op een groot aantal gasmotoren. Uitzonderingen zijn onder andere gasmotoren bij grote inrichtingen (zoals bijvoorbeeld elektriciteitscentrales, raffinaderijen en grote chemische bedrijven), waarop het besluit BEES A van toepassing is. Gasmotoren die gebruikt worden als noodstroomvoorziening en alleen elektriciteit kunnen produceren vallen ook (nog) niet onder BEES B. Hoewel deze op dit moment ook niet onder BEES B vallen zijn gasmotoren op biogas die alleen gebruikt worden voor elektriciteitsproductie (op plekken waar geen warmtevraag is) wel in de berekening opgenomen. Deze installaties zijn in de statistieken niet apart onderscheiden, bovendien lopen de gestelde emissie-eisen meestal gelijk op met gasmotoren die wel in een WKK-installatie gebruikt worden.

De bedoeling is dat kleine gasmotoren in de toekomst niet meer onder BEES B maar onder de werkingssfeer van het Besluit Energieprestatie Gebouwen (BEG) vallen. Voor BEG wordt de grens bij 1 MW<sub>th</sub> gelegd. Omdat gasmotoren elektriciteit of asvermogen leveren al dan niet in combinatie met warmte is in dit rapport gekozen voor een grens van 400 kW<sub>e</sub> (0,4 MW<sub>e</sub>). Wat brandstofverbruik betreft is dit vergelijkbaar met een ketel van 1 MW<sub>th</sub>.

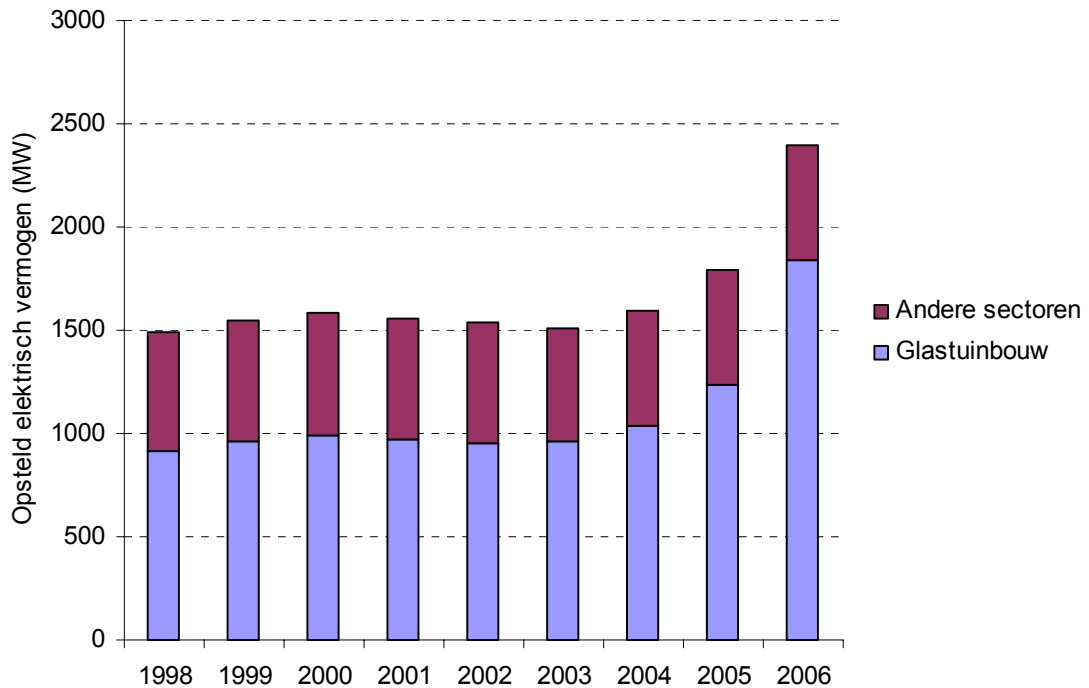
In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van het Nederlandse gasmotorpark. De op dit moment geldende BEES B wetgeving wordt samengevat in Paragraaf 8.3, waarna in Paragraaf 8.4 een aantal mogelijke wijzigingen van de NO<sub>x</sub>-emissie-eisen worden beschreven.

### 8.2 Het gasmotorpark

Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) verzamelt gegevens over het Nederlandse gasmotorpark voor de energiestatistieken. De statistiek 'Productiemiddelen elektriciteit' (CBS, 2007a) bevat onder andere informatie over de inzet van brandstoffen, het opgesteld vermogen en de elektriciteitsproductie van gasmotoren.

#### *Ontwikkeling van het opgesteld gasmotorvermogen*

In de periode van 1998 tot 2003 heeft het opgesteld elektrisch gasmotorvermogen weinig ontwikkeling vertoond. Vanaf 2004 stijgt het vermogen echter aanzienlijk (zie Figuur 8.1, bron CBS). In de gebouwde omgeving worden op dit moment maar weinig nieuwe gasmotoren geplaatst. De vermogenstoename beperkt zich voornamelijk tot de glastuinbouw. De elektriciteit die door de gasmotoren wordt geproduceerd kan aan het net worden geleverd of bestemd zijn voor eigen gebruik, bijvoorbeeld voor assimilatiebelichting in tuinbouwkassen.

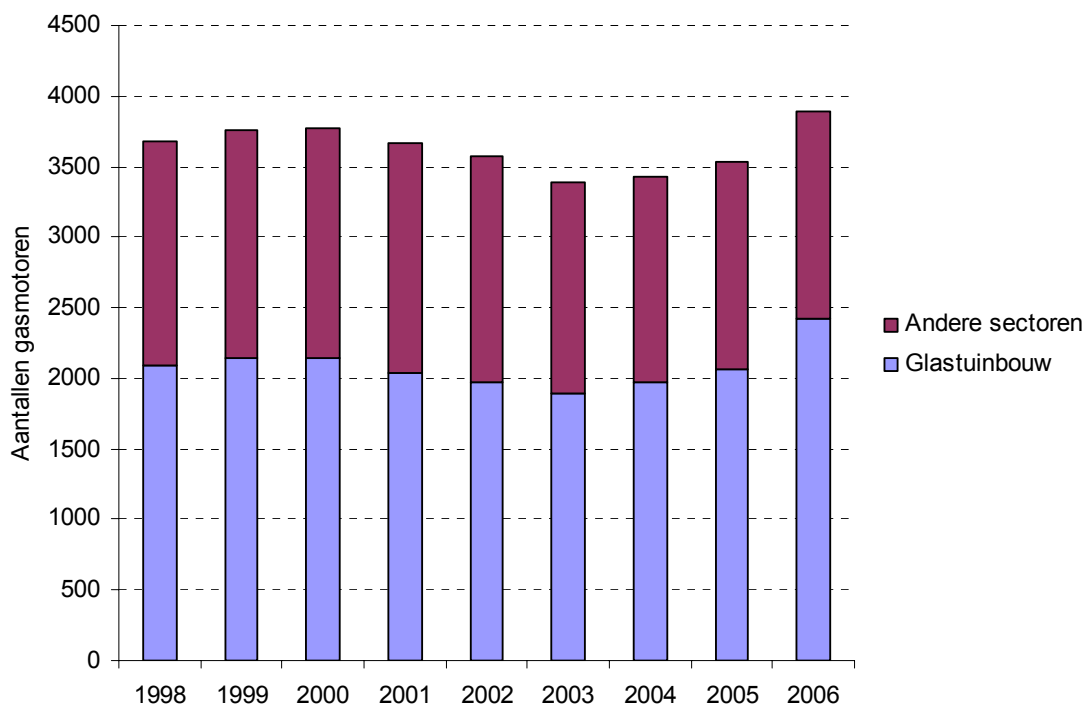


Figuur 8.1 *Ontwikkeling van het opgesteld elektrisch vermogen van gasmotoren in de periode 1998-2006*

Noot: Cijfers voor 2006 zijn voorlopig.

In de glastuinbouw vindt een sterk proces van schaalvergroting plaats, waarbij grote glastuinbouwbedrijven worden gebouwd op nieuwe locaties en bedrijven op bestaande locaties worden samengevoegd. Mede hierdoor vindt op dit moment een ontwikkeling plaats naar het gebruik van gasmotoren met grotere vermogens. Het aantal gasmotoren is daarom minder sterk gestegen dan het totale vermogen (zie Figuur 8.2). In 2006 waren er 3887 gasmotoren in gebruik.

In 2002 was het gemiddelde vermogen van een gasmotor nog 431 kW<sub>e</sub>. In 2006 was dit gemiddelde al toegenomen tot 616 kW<sub>e</sub>. Het gemiddelde vermogen van nieuw geplaatste gasmotoren ligt tussen de 1,5 en 2 MW<sub>e</sub>. Er zijn ook al gasmotoren met een vermogen van 8 MW<sub>e</sub> geplaatst.



Figuur 8.2 *Ontwikkeling van het aantal gasmotoren in de periode 1998-2006*

Noot: Cijfers voor 2006 zijn voorlopig.

Volgens de CBS-gegevens worden gasmotoren vrijwel altijd gebruikt voor gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit. Als brandstof wordt meestal aardgas en soms fermentatiegas gebruikt.

Gasmotoren in de offshore-industrie vallen op dit moment niet onder de BEES B wetgeving. Een studie van NOGEP (Netherlands Oil and Gas Exploration and Production Association) geeft aan dat het hierbij gaat om 42 gasmotoren (Velde, 2007).

#### *Gegevensindeling van het CBS*

Voor dit onderzoek heeft het CBS gedetailleerde informatie aangeleverd over de gasmotorparken in 2002 en 2006. Dit betreft informatie over aantallen installaties, bouwjaar, vermogensklassen en de economische sector waar de gasmotor is geïnstalleerd. Voor de sectorindeling van bedrijven gebruikt het CBS de Standaard Bedrijvenindeling '93 (SBI). In dit geval zijn de gasmotoren ingedeeld in de volgende zes bedrijfsgroepen (die nader zijn omschreven in Tabel B.1 van de bijlage):

- Glastuinbouw
- Industrie
- Diensten & Energie
- Gezondheid & Welzijn
- Milieudienstverlening
- Cultuur & Recreatie.

Bij gasmotoren in de land- en tuinbouw gaat het in het overgrote deel van de gevallen om installaties op glastuinbouwbedrijven. Voor de analyse in deze studie wordt nog een extra groep toegevoegd met daarin gasmotoren op biogas uit mest:

- Mestvergisting.



De installaties zijn daarnaast ingedeeld in vijf verschillende vermogensklassen, te weten:

- 0-250 kW<sub>e</sub>
- 251-500 kW<sub>e</sub>
- 501-750 kW<sub>e</sub>
- 751-1000 kW<sub>e</sub>
- >1000 kW<sub>e</sub>.

Door de keuze voor deze indeling is er een aanzienlijke spreiding in de vermogens die in de hoogste vermogensklasse vallen.

Tenslotte zijn de gasmotoren ingedeeld naar bouwjaar:

- ≤1985
- 1986-1990
- 1991-1995
- 1996-2000
- 2001-2006
- Jaartal onbekend.

Voor elke klasse is zowel het aantal installaties gegeven als het totale elektrisch en thermisch vermogen. Verder zijn er gegevens over de productie van elektriciteit, de productie van stoom/warmte en over de aardgasinzet.

#### *Opmerkingen over de CBS-data*

In 2002 heeft het CBS een uitvoerige inventarisatie gemaakt van het Nederlandse gasmotorenpark. Hiervoor werden onder andere gegevens van installateurs gebruikt. Na 2002 is de primaire waarneming van gasmotoren echter beëindigd en op dit moment is er geen complete lijst met installaties beschikbaar.

Het CBS heeft voor 2005 en 2006 wel informatie over nieuwe WKK-installaties die verzameld is door SenterNovem in verband met de energie-investeringsaftrek (EIA). Naar verwachting geeft dit een vrij compleet beeld van de nieuwe installaties. De nieuwbouw in de glastuinbouw is uitsluitend toegevoegd aan de categorie met een vermogen groter dan 1 MW<sub>e</sub>, waardoor voor de aantallen in deze categorie waarschijnlijk een overschatting is ontstaan. Van de installaties die in de periode 2001-2006 in de glastuinbouw zijn gebouwd valt 87% in de grootste vermogensklasse.

Er bestaat geen directe waarneming van de installaties die na 2002 zijn verdwenen. Om toch vermogen te schrappen maakt het CBS schattingen, waarbij wordt aangenomen dat gasmotoren een levensduur hebben van 15 tot 20 jaar. In de door het CBS beschikbaar gestelde bestanden is dit maar beperkt gebeurd. Bovendien is er geen zicht op de motorvervangings die heeft plaatsgevonden (een oude motor in het CBS bestand kan inmiddels best door een nieuwere zijn vervangen). Desondanks is besloten het CBS bestand (zonder handmatige correctie) als uitgangspunt te gebruiken.

De elektriciteitsproductie wordt door het CBS bepaald door te vragen naar het vermogen en het aantal draaiuren. Omdat het aantal draaiuren niet vanzelfsprekend overeenkomt met het aantal vollasturen moet daarvoor nog een schatting moet worden gemaakt.

#### *Gegevens over het gasmotorenpark in 2002 en 2006*

Een aantal kenmerken van het gasmotorenpark van 2002 is weergegeven in Tabel 8.1 (bron CBS). De glastuinbouw droeg in 2002 voor 62% bij aan het totale geïnstalleerde vermogen van ca. 1.500 MW<sub>e</sub>. Na de glastuinbouw hebben de sectoren Diensten & Energie (13%) en Gezondheid & Welzijn (11%) het meeste vermogen.

Tabel 8.1 *Kenmerken van het gasmotorenpark in 2002*

	Glastuinbouw	Industrie	Diensten & Ener- gie	Gezondheid & Welzijn	Milieudienstverlening	Cultuur & Re- creatie	Totaal
Aantal installaties	1.972	124	521	505	147	301	3.570
Elektrisch vermogen (MW <sub>e</sub> )	956	68	199	167	58	91	1.539
Elektriciteitsproductie (GWh)	3.043	175	686	605	269	378	5.156
Thermisch vermogen (MW)	1.412	97	296	255	69	148	2.277
Stoomproductie (TJ)	15.589	916	3.479	3.113	1.351	1.931	26.378

Een zelfde overzicht, maar dan voor 2006, is te zien in Tabel 8.2 (bron CBS). Het aandeel van de glastuinbouw in het totale vermogen is hier toegenomen tot 77%. In alle overige sectoren (met uitzondering van de Milieudienstverlening) is het aantal installaties afgenomen ten opzichte van 2002.

Tabel 8.2 *Kenmerken van het gasmotorenpark in 2006*

	Glastuin- bouw	Industrie	Diensten & Energie	Gezondheid & Welzijn	Milieu- dienst- verlening	Cultuur & Recreatie	Totaal
Aantal installaties	2.422	108	494	455	149	259	3.887
Elektrisch vermogen (MW <sub>e</sub> )	1.841	62	191	162	61	78	2.396
Elektriciteitsproductie (GWh)	4.326	176	610	666	245	236	6.259
Thermisch vermogen (MW)	2.662	87	290	239	74	128	3.481
Stoomproductie (TJ)	22.590	945	3.223	3.890	1.528	1.280	33.455

Een meer gedetailleerde opsplitsing van de aantallen gasmotoren in 2006 naar vermogensklasse en bouwjaar is te zien in Tabel 8.3. Het aandeel van de hogere vermogens neemt duidelijk toe voor latere bouwjaren. Het beeld kan worden vertekend doordat het CBS alle nieuwe motoren in de glastuinbouw in de klasse van >1000 kW heeft geplaatst. Van een aanzienlijk deel van de kleinere installaties is het bouwjaar bij het CBS niet bekend. Ongeveer de helft van de gasmotoren heeft een elektrisch vermogen kleiner dan 400 kW<sub>e</sub>. Deze grens komt voor gasmotoren ongeveer overeen met een totaal vermogen van 1 MW<sub>th+e</sub>. Daarmee zal ongeveer de helft van de bestaande gasmotoren in 2006 binnen de werkingssfeer van het Besluit Energieprestatie gebouwen vallen.

Tabel 8.3 *Aantallen gasmotoren naar jaargroep en vermogensklasse voor 2006*

Jaargroep	Vermogensklasse (kW <sub>e</sub> )					Totaal
	0-250	251-500	501-750	751-1000	>1000	
<=1985	30	20	14			64
1986-1990	134	135	30	11	4	314
1991-1995	388	734	179	81	82	1.464
1996-2000	168	361	161	56	110	856
2001-2006	27	17	28	23	610*	705
Jaartal onbekend	217	164	46	18	39	484
Totaal	964	1.431	458	189	845	3.887

\* Aandeel kan overschat zijn door de CBS-aanname bij de glastuinbouw

### *Gasmotoren op biogas uit mest*

In de statistiek van duurzame energie (CBS, 2005) is aangegeven wat de elektriciteitsproductie uit biogas is. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar biogas uit waterzuiveringsinstallaties, biogas gewonnen uit afvalstortplaatsen en overig biogas, zie Tabel 8.4. Bij overig biogas doet zich

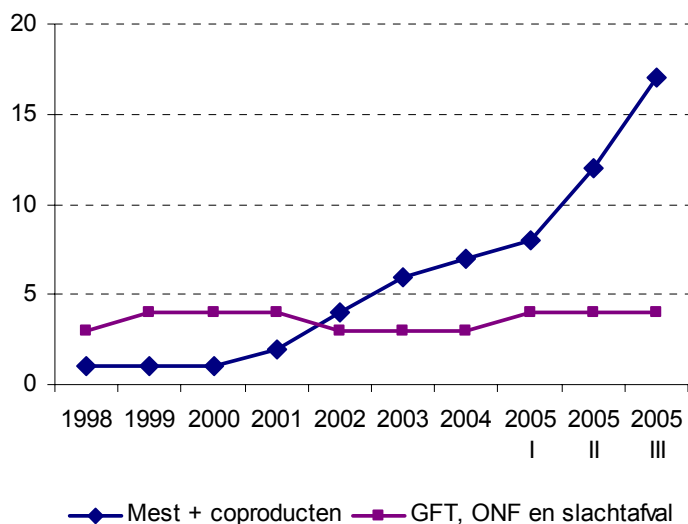
vanaf 2005 een stijging voor. Uit de elektriciteitsproductie kan met een aanname over de bedrijfstijd een opgesteld vermogen worden berekend en met een aanname over het elektrische rendement een brandstofinzet. Deze brandstofinzet blijkt niet overeen te komen met de inzet aan overige energiedragers (geen aardgas, olie of kolen) in gasmotoren volgens de CBS statistiek van elektriciteitsproductie.

Tabel 8.4 *Elektriciteitsproductie en inzet biogas*

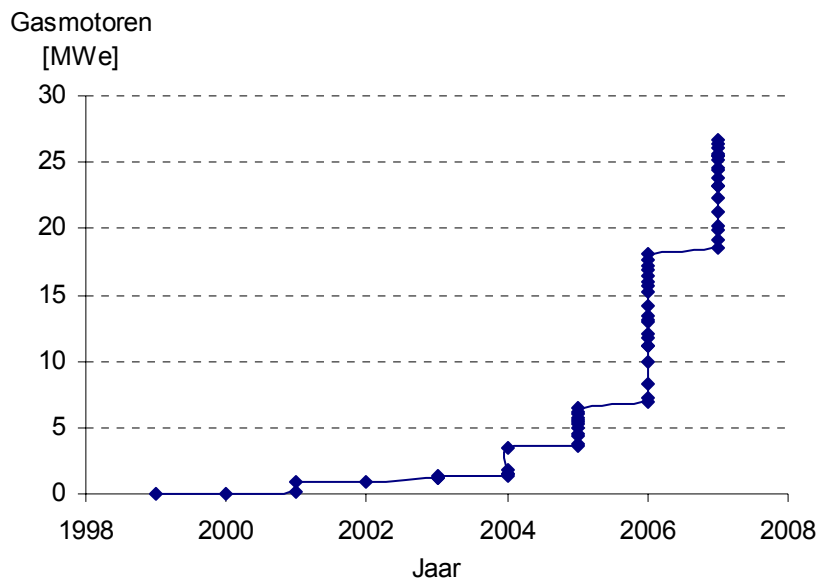
	E-productie uit rioolgas	E-productie uit stortgas	E-productie uit overig biogas	Vermogen bij 4600 uur/jaar	Gasverbruik bij 35% rendement	Verbruik overige gasmotoren CBS
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[MW <sub>e</sub> ]	[TJ]	[TJ]
1990	64	16	4	18.3	0.9	
1995	97	138	7	52.6	2.5	
2000	108	153	16	60.2	2.8	1.8
2001	115	160	16	63.3	3.0	1.9
2002	119	176	21	68.7	3.3	2.0
2003	111	166	27	66.1	3.1	2.1
2004	126	134	21	61.1	2.9	2.2
2005	119	127	39	62.0	2.9	2.0

Bij overig biogas is het vermogen opgelopen van ca. 4,6 MW<sub>e</sub> in 2002 tot 8,5 MW<sub>e</sub> in 2005. Een toename van het aantal vergistinginstallaties is ook geconstateerd door (Kwant, 2006), zie Figuur 8.3. Een inventarisatie van biogasinstallaties op mest of co-vergisting die in de publiekheid zijn geweest levert Figuur 8.4. Dit overzicht is niet uitputtend, maar geeft wel een beeld van de sterke stijging de laatste jaren.

Aantal installaties



Figuur 8.3 *Toename van het aantal vergistingsinstallaties*



Figuur 8.4 *Groei vermogen gasmotoren bij mest- en co-vergisting*

Uit (Kroon, 2007) kan berekend worden dat er voldoende subsidie is voor 60 MW<sub>e</sub> in de voortzetting van de MEP voor biogas<sup>33</sup> uit mest. Gesteld dat een deel van de projecten al MEP-subsidie had voordat de regeling werd stilgezet, dan komt het potentieel bij de huidige financiering uit op 70 tot 80 MW<sub>e</sub>. In 2002, het jaar waarin voor het laatst op een brede manier WKK-gasmotordata zijn verzameld, stond er nog vrijwel geen WKK op biogas uit mest. Ofwel, van deze 70 tot 80 MW<sub>e</sub> is circa 70 MW<sub>e</sub> additioneel ten opzichte van de WKK-cijfers van het CBS. Het gemiddelde vermogen per locatie ligt in de gevonden projecten rond de 500 kW<sub>e</sub> met meestal één of twee en soms drie motoren. Het gemiddelde vermogen van de gasmotoren ligt daarmee rond de 350 kW<sub>e</sub>. Gekoppeld aan de verwachtingen kan geconcludeerd worden dat de realisatie vooral betrekking heeft op relatief kleinere projecten en dat projecten met een vermogen boven de 1 MW<sub>e</sub> minder vaak voorkomen.

Er van uitgaande dat circa 1/3 van de geplande projecten met de beperkte MEP-regeling kan worden gerealiseerd, dan ligt er nog een potentieel van ca. 120 MW<sub>e</sub> dat met een opvolger van de MEP, de SDE-regeling, op termijn gerealiseerd kan worden. Hoewel hier grote onzekerheden aan gekoppeld zijn, moet er toch van uitgegaan worden dat in 2020 190 MW<sub>e</sub> (afgerond naar 200 MW<sub>e</sub>) meer aan gasmotor WKK door mestvergisting aanwezig is dan het huidige CBS cijfer.

### 8.3 Huidige BEES B wetgeving

De huidige NO<sub>x</sub>-emissie eisen voor gasmotoren zijn beknopt weergegeven in Tabel 8.5 (bron: Tabel 7 Infomil, 1999). Er wordt onderscheid gemaakt naar het asvermogen en de datum van vergunningverlening. De emissie-eisen worden uitgedrukt in het toegestane aantal gram NO<sub>x</sub> per GJ aan warmte-inhoud van de toegevoerde brandstoffen. Het bevoegd gezag mag in een aantal gevallen ook strengere eisen stellen dan de basiseisen uit BEES B.

<sup>33</sup> De subsidieregeling voor duurzame elektriciteit (MEP) is in september 2005 stilgelegd. In december 2005 is een regeling met een vast budget gepubliceerd, die alleen geldt voor mestvergistingsprojecten kleiner dan 2 MW<sub>e</sub>.

Tabel 8.5 *Hoofdlijnen van de emissie-eisen voor gasmotoren*

Datum vergunning	Asvermogen [kW]	NO <sub>x</sub> emissie-eis [g/GJ]
voor 29-5-1987	>50	500
op/na 29-5-1987 tot 1-8-1990	>50	800*
op/na 1-8-1990	≤50	800*
op/na 1-8-1990 tot 1-1-1994	>50	270*
op/na 1-1-1994	>50	140*

\* Maal 1/30 van het motorrendement.

Bij de NO<sub>x</sub>-eisen voor zuigermotoren wordt meestal een rendementsfactor toegepast (aangeduid met \*). Gasmotoren met een hoger rendement hebben hierdoor een hogere toegestane emissie van stikstofoxiden. Deze rendementsfactor bedraagt 1/30 van het motorrendement.

## 8.4 Beleidsvarianten

In dit onderzoek worden de kosten- en milieueffecten geschat van aanpassingen van de BEES B emissie-eisen voor gasmotoren. Hierbij worden een aantal mogelijke beleidsvarianten vergeleken.

### *Geen wijziging*

Bij de variant ‘Geen wijziging’ worden geen strengere emissie-eisen aan gasmotoren opgelegd. Dit houdt in dat nieuwe installaties (met een elektrisch vermogen van meer dan 50 kW<sub>e</sub>) moeten voldoen aan een NO<sub>x</sub> emissie-eis van 140 g/GJ met daarop een rendementscorrectie. Deze variant is te beschouwen als referentie.

Voor de wijziging van de emissie-eisen voor gasmotoren worden twee varianten (I en II) onderzocht:

### *Variant I*

Bij variant I wordt met ingang van 1 januari 2009 aan alle nieuwe installaties een NO<sub>x</sub> emissie-eis opgelegd van 30 g/GJ. In de praktijk betekent dit dat nieuwe gasmotoren moeten worden uitgerust met rookgasreiniging via selectieve katalytische NO<sub>x</sub>-reductie met ammoniak (een SCR-installatie) of een driewegkatalysator (dit is wellicht kosteneffectief bij zeer kleine motoren). Daarnaast wordt de emissie-eis voor bestaande installaties per 1 januari 2015 aangescherpt tot 30 g/GJ.

### *Variant II*

Bij variant II wordt met ingang van 1 januari 2009 aan nieuwe gasmotoren een emissie-eis opgelegd van 30 g/GJ. Voor bestaande gasmotoren met een elektrische vermogen van 1 MW<sub>e</sub> (circa 2,5 MW<sub>th+e</sub>) geldt per 1-1-2015 een emissie-eis van 30 g/GJ. Voor gasmotoren met een thermisch vermogen kleiner dan 1 MW<sub>e</sub> (circa 2,5 MW<sub>th+e</sub>) geldt vanaf 1-1-2015 een eis van 80 g/GJ. Een deel van de bestaande installaties zal aan de eis van 80 g/GJ kunnen voldoen door een wijziging van de motorafstelling, al dan niet gecombineerd met de aanschaf van een nieuw motormanagementsysteem.

## 9. Modelbeschrijving en aannames gasmotoren

### 9.1 Bepaling van het gasmotorenpark

Voor het bepalen van de milieu- en kosteneffecten van de verschillende beleidsvarianten wordt gebruik gemaakt van een model dat in dit hoofdstuk wordt beschreven. Voor vier verschillende jaren (te weten 2002, 2006, 2010 en 2020) wordt een schatting gemaakt van het totale gasmotorenpark. Uitgangspunt hiervoor zijn de door het CBS geleverde data voor 2002 en 2006. Van een aanzienlijk aantal motoren is het bouwjaar onbekend. Daarvan wordt 20% toegerekend aan de periode met bouwjaren 1987-1990, 40% aan de bouwjaren 1990-1993 en 40% aan de bouwjaren 1994-2006. De bouwjaarindeling zoals die wordt gehanteerd door het CBS valt niet precies samen met de periodes waarvoor gelijke BEES B emissie-eisen gelden. Waar nodig wordt aangenomen dat de bouw van gasmotoren gelijkmatig over de periodes is verdeeld.

Voor gasmotoren met een asvermogen kleiner dan 50 kW<sub>e</sub> gelden afwijkende emissie-eisen. De gasmotoren in de CBS-klasse 0-250 kW<sub>e</sub> worden voor 10% toegerekend aan de vermogensklasse van 0-50 kW<sub>e</sub>. Om de reductiekosten te kunnen berekenen wordt per vermogensklasse een gemiddeld vermogen verondersteld (zie Tabel A.2). Wanneer er onderscheid gemaakt wordt tussen gasmotoren met een thermisch vermogen groter of kleiner dan 1 MW<sub>th</sub>, wordt aangenomen dat van de gasmotoren in de klasse 250-500 kW<sub>e</sub> 60% een thermisch vermogen heeft kleiner dan 1 MW<sub>th</sub>.

Om de toekomstige effecten van de beleidsmaatregelen te kunnen schatten moeten aannames worden gemaakt over hoe het gasmotorenpark zich tot 2010 en 2020 zal ontwikkelen. Tabel 9.1 toont het opgesteld vermogen per sector. Er is van uit gegaan dat het gasmotorvermogen in de glastuinbouw doorgroeit tot 3000 MW<sub>e</sub> in 2010 en daarna stabiliseert. In de overige sectoren is op dit moment geen sterke ontwikkeling te zien en wordt aangenomen dat het vermogen tot 2020 stabiel blijft. Het is mogelijk dat het opgesteld vermogen in de glastuinbouw verder stijgt tot 3.500 MW<sub>e</sub>. In Paragraaf 10.5 wordt aangegeven hoe dit de resultaten zou beïnvloeden.

Om de samenstelling van het gasmotorpark in 2010 en 2020 te schatten moeten ook aannames worden gemaakt over de levensduur van gasmotoren. Uitgangspunt hierbij is dat een aanzienlijk deel van de installaties revisies ondergaat en nog in gebruik blijft tot ongeveer 18 jaar na het bouwjaar.

De verschillende sectoren hebben een eigen karakteristieke vermogensopbouw. Verondersteld wordt dat de nieuwbouw dezelfde vermogensopbouw kent als het bestaande park in de betreffende sector met bouwjaar tussen 2001 en 2006. Op deze manier wordt de trend naar hogere vermogens in de glastuinbouw verdisconteerd.

Tabel 9.1 *Modelaannames voor de ontwikkeling van het opgesteld vermogen per sector*

	Totaal vermogen [MW <sub>e</sub> ]			
	2002	2006	2010	2020
Glastuinbouw	1.023	1.832	3.000	3.000
Industrie & Energie	70	63	63	63
Diensten	211	203	203	203
Gezondheid & Welzijn	168	155	155	155
Milieudienstverlening	55	58	58	58
Cultuur & Recreatie	93	80	80	80
Totaal	1.620	2.390	3.560	3.561

Er is geschat dat 20% van de gasmotoren die worden gebruikt voor mest- en co-vergisting in de categorie met vermogen van 0-250 kW<sub>e</sub> valt. De overige 80% valt in de categorie 250-500 kW<sub>e</sub>. De waarden voor het jaarlijkse aantal draaiuren en het elektrisch rendement worden identiek verondersteld aan die van de bedrijfsgroep Milieudienstverlening. In Tabel 9.2 is de verwachting voor de ontwikkeling van het opgesteld elektrisch vermogen weergegeven. Dit vermogen neemt toe tot 200 MW<sub>e</sub> in 2020.

Tabel 9.2 *Modelaanname voor het opgesteld elektrisch vermogen van mest- en co-vergistingsinstallaties*

	Mest- en co-vergisting			
	2002	2006	2010	2020
Opgesteld vermogen [MW <sub>e</sub> ]	0	15	70	200
Aantal gasmotoren	0	46	212	606

Bij de modelberekeningen wordt aangenomen dat de keuze voor een van de beleidsvarianten geen invloed heeft op de ontwikkeling van het gasmotorpark. Dit maakt het beter mogelijk om de milieu- en kosteneffecten van de verschillende varianten met elkaar te vergelijken. Strengere emissie-eisen kunnen daarentegen wel degelijk van invloed zijn op de beslissing tot aankoop of sloop van WKK-installaties. Schattingen van dit effect worden besproken in Paragraaf 10.6.

Gasmotoren met een thermisch vermogen lager dan 1 MW<sub>th</sub> zullen onder het Besluit Energieprestatie Gebouwen gaan vallen. Voor de berekening van de totale kosten en effecten van actualisatie van het besluit BEES B is deze categorie van gasmotoren daarmee niet relevant. Voor de volledigheid worden in dit rapport, waar toepasselijk, toch resultaten voor deze gasmotoren gepresenteerd.

## 9.2 Berekening van de kosten

De extra kosten ten gevolge van een aanscherping van de emissie-eisen kunnen bestaan uit verschillende componenten. Ten eerste zijn er kosten voor de investering in een SCR-installatie. Gasmotoren moeten beschikken over een SCR-installatie om aan een NO<sub>x</sub>-emissie eis van 30 g/GJ te kunnen voldoen. De geschatte investeringskosten (inclusief 30% installatiekosten), afhankelijk van de grootte van de installatie, staan in Tabel 9.3. Deze kosten zijn in de laatste zes jaar met ca. 40% gedaald.

Tabel 9.3 *Investeringskosten voor SCR-installatie (inclusief installatiekosten)*

Vermogensklasse [kW <sub>e</sub> ]	Gemiddeld vermogen [kW <sub>e</sub> ]	Investeringskosten SCR-installatie [€/kW <sub>e</sub> ]	Gemiddelde investeringskosten SCR-installatie [€]
0-250	150	160	24.000
250-500	375	110	41.250
500-750	625	80	50.000
750-1000	875	70	61.250
>1000	1.500	50	75.000

De afschrijvingstermijn voor een SCR-installatie is tien jaar bij een rente van 8%. Hierbij komen jaarlijkse kosten voor onderhoud (5% van de investering) en kosten voor vervanging van het katalysatormateriaal. Aangenomen wordt dat dit katalysatormateriaal vijf jaar mee gaat en dat vervanging 30% van de originele investering kost. Verder verbruikt een SCR-installatie ureum, waarvan de kosten ca. € 0,72 per kg NO<sub>x</sub>-reductie bedragen. Met 1 kg ureum kan 1,4 kg NO<sub>x</sub> worden gereduceerd.

Er zijn extra kosten verbonden aan het aanbrengen van een katalysator bij bestaande installaties (retrofit). Hiervoor wordt uitgegaan van 40% meerkosten. Vooral in de gebouwde omgeving kan ruimtegebrek een probleem vormen. Ook zijn er extra kosten voor aanpassing van de installaties.

De kosten die gepaard gaan met een wijziging van de motorafstelling om de uitstoot te beperken tot 80 g/GJ verschillen sterk van installatie tot installatie. Veel moderne motoren kunnen zonder veel moeite aan de eis voldoen en ook een deel van de oudere installaties draait in de praktijk al bij lagere emissie dan wettelijk is vereist. Toch zal wijziging van de motorafstelling voor een aanzienlijk aantal installaties moeilijk zijn en hoge kosten met zich mee brengen. Het is waarschijnlijk dat een verplichte uitstootbeperking tot 80 g/GJ zal leiden tot een versnelde afstoting van een deel van het bestaande gasmotorpark. Hierop zal in Paragraaf 10.6 verder worden ingegaan.

Voor de bepaling van de kosten is de aanname dat in 2015 een kwart van de bestaande gasmotoren alleen een andere afstelling nodig heeft om de uitstoot te beperken tot 80 g/GJ. Een kwart van de installaties heeft veel nieuwe onderdelen (een motormanagementsysteem) nodig. Aangenomen wordt dat de helft van de gasmotoren toe kan met weinig nieuwe onderdelen (zie Tabel 9.4).

Tabel 9.4 *Investeringskosten voor aanpassing bestaande gasmotoren aan 80 g/GJ*

	Investering [€/kW <sub>e</sub> ]	Aandeel bestaande installaties [%]
Alleen andere afstelling	0,45	25
Weinig nieuwe onderdelen	13	50
Veel nieuwe onderdelen	121	25

Door wijziging van de motorafstelling kan het rendement van een gasmotor dalen. Bij een rendementsverlies van 1,3 procentpunt (ofwel minder elektriciteitsproductie bij hetzelfde gasverbruik) en een elektriciteitsprijs van 9 ct/kWh komen de jaarlijkse kosten vanwege rendementsverlies uit op 9,2 €/kW<sub>e</sub>. Deze kosten worden ook meegenomen bij de bepaling van de kosten van actualisatie van BEES B.

Aan het plaatsen van SCR-katalysatoren bij gasmotoren op offshore platforms zijn hogere kosten verbonden dan bij installaties op land, onder andere vanwege ruimtegebrek en de complicaties bij aanvoer van materialen en personeel. BEES B is op dit moment niet van toepassing op de offshore-industrie en deze kosten zijn hier niet berekend.

### 9.3 Toepassing SCR-katalysatoren bij gasmotoren op biogassen

SCR-technologie wordt toegepast bij kolencentrales en een aantal grotere industriële stookinstallaties. Ook bij gasmotoren wordt SCR op grote schaal toegepast, maar voor zover bekend is deze technologie echter nog nauwelijks toegepast bij gasmotoren op biogas. Er zijn een beperkt aantal voorbeelden onder andere bij stortgas en biogas uit de landbouw (Ruch, 2005). Het Platform Gasmotoren geeft aan dat er nog geen onderzoek is verricht naar de invloed van de afkomst en de kwaliteit van biogas op rookgasreinigingsinstallaties. De brancheorganisatie Euro-mot stelt dat SCR-katalysatoren voor gasmotoren die draaien op hernieuwbare gassen nog niet beschikbaar zijn. Als probleem wordt genoemd dat sporenelementen in de uitlaatgassen de oxidatiekatalysator beschadigen.

Hier kan tegen worden ingebracht dat SCR-installaties al tientallen jaren worden gebruikt bij kolengestookte installaties en ook al jaren bij vuilverbrandingsinstallaties. Vooral de gasstroom van vuilverbrandingsinstallaties bevat hoge concentraties aan zware metalen. Verder wordt de



mogelijkheid geopperd dat organische siliciumverbindingen (silicaten) die de katalysator bedekken een probleem vormen. Deze siloxanen kunnen in biogas van afvalwaterzuivering voorkomen als bestanddeel van anorganische vetten (onder andere uit sommige zeepsoorten). Siloxanen zijn ook schadelijk voor de gasmotoren. Waar nodig kunnen ze worden verwijderd, bijvoorbeeld door toepassing van een actief kool filter bij een temperatuur onder  $-2^{\circ}\text{C}$  (BTG, 2005),(Credner, 2004)<sup>34</sup>. Ook alkalimetalen als natrium en kalium kunnen de werking van de katalysator in de SCR-installatie aantasten. Dit effect wordt onder andere genoemd bij het bijstoken van hout in kolencentrales (Baxter, 2005). Omdat deze alkalimetalen heel goed in water oplossen, zitten deze niet in biogas dat via vergisting is gemaakt.

De fabrikant Cumming brengt gasmotoren op de markt voor gassen met een lagere verbrandingswaarde (waarbij expliciet biogas genoemd wordt) en geeft daarbij aan dat SCR als extra bijgeleverd kan worden. Verder zijn er plannen in het South Coast Air Quality district in de VS om per 1 januari 2012 eisen aan biogasmotoren te stellen die overeenkomen met ca. 20 g  $\text{NO}_x/\text{kg}$  (SCAQMD, 2007). SCR-technologie wordt verder ook toegepast bij bio-olie (palmolie). Een katalysatorfabrikant die hierover benaderd is, gaf ad hoc aan geen problemen te verwachten.

Al met al is het wellicht verstandig om, bijvoorbeeld via een veldtest, nader onderzoek te doen naar de toepassing van SCR-technologie bij gasmotoren op biogas.

## 9.4 Overige aannames

Voor elk van de bedrijfsgroepen zijn ook aannames gemaakt over de ontwikkeling van het aantal draaiuren per jaar. De gekozen waarden voor het gemiddelde aantal draaiuren in 2002 en 2006 zijn bepaald met behulp van de gegevens van het CBS. Voor 2010 en 2020 zijn de aantallen draaiuren per sector gelijk verondersteld aan die in 2006. De enige uitzondering vormt de glastuinbouw, waar het aantal draaiuren in 2006 met 2.350 erg laag uitviel. Voor de jaren 2006, 2010 en 2020 is voor de glastuinbouw uitgegaan van 3.300 draaiuren. De keuzes zijn weergegeven in Tabel A.3.

Het gemiddelde rendement van gasmotoren is ook afhankelijk van waar ze worden gebruikt. Zoals te zien in Tabel A.4 is zowel voor de periode 2006-2010 als voor 2010-2020 een gemiddelde rendementsstijging van 2 procentpunt aangenomen. Uitzondering is de glastuinbouw, waarvoor vanwege het hoge aantal grote nieuwe installaties is uitgegaan van een rendementsstijging van 3 procentpunten per periode.

Op basis van de aannames voor aantallen installaties, draaiuren en het rendement kunnen het brandstofverbruik en de elektriciteitsproductie worden bepaald. Voor het vaststellen van de bijbehorende  $\text{NO}_x$ -uitstoot is aangenomen dat de uitstoot gelijk is aan de geldende emissienorm. De correctie afhankelijk van het motorrendement is hierbij verwaarloosd. In de praktijk wordt de motor bij onderhoud vaak zodanig afgesteld dat de wettelijke norm wordt gehaald.

Voor gasmotoren met een SCR-installatie wordt gerekend met een uitstoot van 30 g/GJ. Dit geldt zowel voor nieuwe installaties met een katalysator als bestaande installaties in de glastuinbouw die daarvan al zijn voorzien. Tuinders gebruiken SCR-installaties om de gereinigde rookgassen te kunnen gebruiken voor  $\text{CO}_2$ -bemesting. Een aanzienlijk deel van de gasmotoren in de glastuinbouw gebruikt al een rookgasreiniger met meet- en regelsysteem en oxidatiekatalysator. De aannames daarover staan in Tabel A.5. Een belangrijk gegeven bij de bepaling van de kosten van aanpassing van BEES B is dat van alle nieuwe installaties in de glastuinbouw, ook bij on-

---

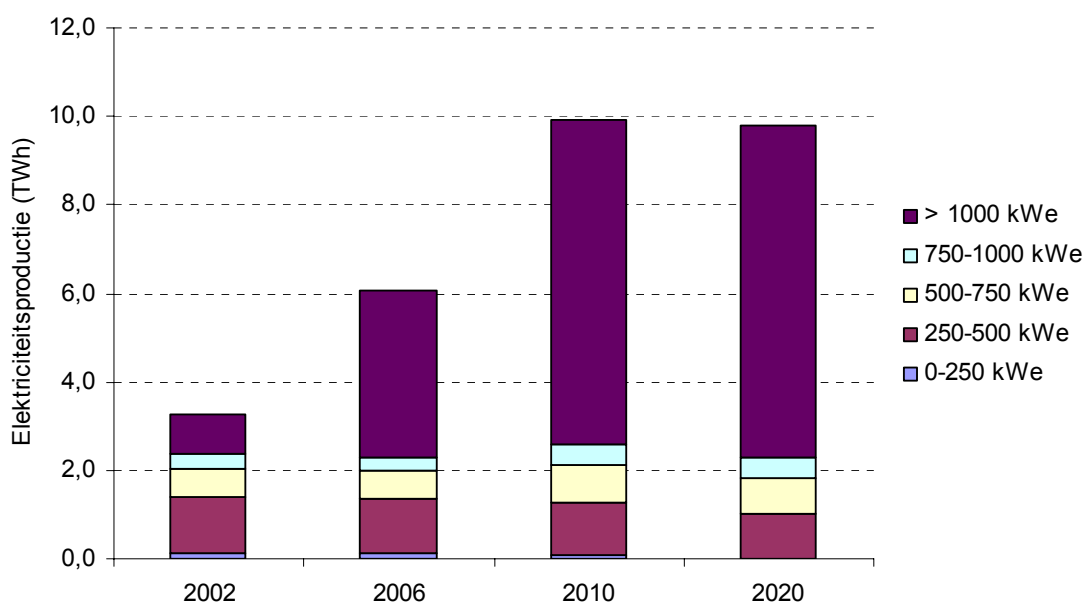
<sup>34</sup> Technisch is het mogelijk om stortgas en biogas, zowel uit mest als uit slib van afvalwaterzuiveringsinstallaties, met commercieel beschikbare technieken zo te reinigen en op te werken dat het ook in het aardgasnet gebruikt kan worden.

gewijzigd beleid, ca. 70% al voorzien zal zijn van een rookgasreinigingsinstallatie. Dit geldt vanwege de hoge kosten per kW<sub>e</sub> niet voor gasmotoren met een vermogen kleiner dan 500 kW<sub>e</sub>.

## 10. Resultaten voor gasmotoren

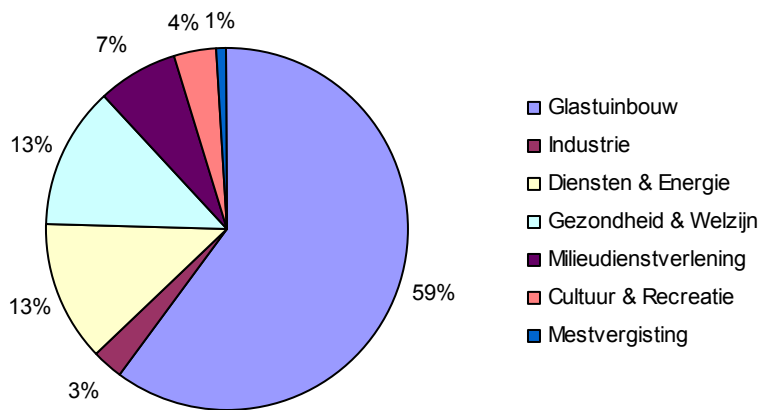
### 10.1 Elektriciteitsproductie en NO<sub>x</sub>-emissie gasmotoren

Op basis van de eerder besproken aannames kunnen de elektriciteitsproductie en NO<sub>x</sub>-uitstoot door gasmotoren voor de verschillende evaluatiejaren worden bepaald. Door de te verwachten stijging van het opgesteld gasmotorvermogen neemt de hoeveelheid opgewekte elektriciteit toe. Figuur 10.1 geeft de ontwikkeling van de elektriciteitsproductie weer. Een toenemend deel van de elektriciteit wordt geproduceerd met gasmotoren uit de grootste vermogensklasse (>1 MW<sub>e</sub>).



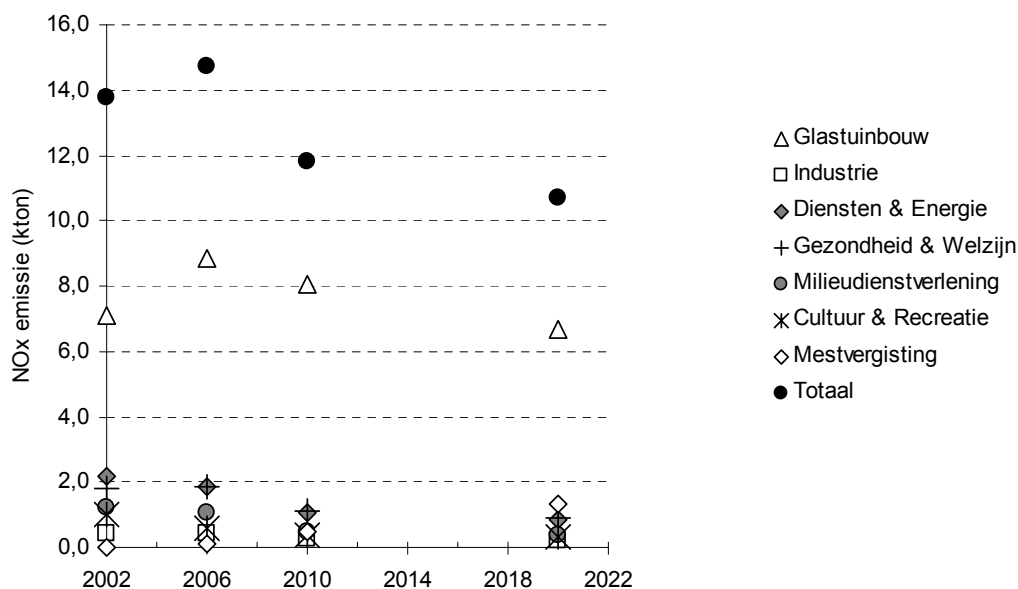
Figuur 10.1 *Modelresultaat voor de elektriciteitsproductie door gasmotoren per vermogensklasse*

Uit de berekeningen resulteert de verdeling van de uitstoot over de verschillende bedrijfspgroepen in 2006 in Figuur 10.2. De glastuinbouw levert duidelijk de grootste bijdrage aan de uitstoot.



Figuur 10.2 Modelresultaat voor de verdeling van de NO<sub>x</sub>-uitstoot van gasmotoren naar bedrijfspgroep in 2006

De modelresultaten voor de ontwikkeling van de NO<sub>x</sub>-uitstoot bij ongewijzigd beleid zijn per bedrijfspgroep weergegeven in Figuur 10.3 (zie ook Tabel 10.1). Het is niet aannemelijk dat de ontwikkeling tussen deze punten lineair verloopt. Doordat het opgesteld vermogen in de glastuinbouw in de periode 2002-2006 sterk is gegroeid stijgt de uitstoot van NO<sub>x</sub>. Het verwijderen van oude installaties, waarvoor minder strenge NO<sub>x</sub>-eisen gelden, zorgt in de periode tot 2010 voor een verlaging van de totale uitstoot. Door de verwachte sterke toename van het aantal gasmotoren op biogas uit mest vertoont de uitstoot van de bedrijfspgroep Mestvergisting tot 2020 een stijging.



Figuur 10.3 Ontwikkeling van de NO<sub>x</sub>-emissie bij ongewijzigd beleid per bedrijfspgroep

Tabel 10.1 *Ontwikkeling van de NO<sub>x</sub>-uitstoot per bedrijfspgroep bij ongewijzigd beleid [kton]*

Jaar	Glastuin- bouw	Industrie	Diensten & Energie	Gezondheid & Welzijn	Milieu- dienst- verlening	Cultuur & Mestvergisting Recreatie	Totaal
2002	7,1	0,4	2,2	1,8	1,2	1,0	13,8
2006	8,8	0,4	1,9	1,9	1,1	0,6	14,7
2010	8,0	0,3	1,1	1,1	0,5	0,4	11,8
2020	6,7	0,2	0,9	0,9	0,4	0,3	10,7

## 10.2 Kosten voor individuele bedrijven

Als een NO<sub>x</sub> emissie-eis opgelegd wordt van 30 g/GJ betekent dit in de praktijk dat gasmotoren moeten worden uitgerust met een SCR-installatie. De kosten voor individuele bedrijven die hier mee gepaard gaan hangen sterk af van de grootte van het gasmotorvermogen.

De geschatte investeringskosten voor een SCR-installatie bij nieuwe gasmotoren (inclusief 30% installatiekosten) staan in Tabel 10.2. Deze tabel geeft verder een indicatie van de jaarlijkse kosten waarmee een eigenaar van een gasmotor wordt geconfronteerd en van de kosten uitgedrukt in ct/kWh.

Bij het berekenen van de jaarlijkse kosten wordt uitgegaan van een afschrijvingstermijn van tien jaar bij een rente van 8%. Hierbij komen jaarlijkse kosten voor onderhoud en kosten voor vervanging van het katalysatormateriaal. Verder verbruikt een SCR-installatie ammoniak in de vorm van ureum.

Tabel 10.2 *Jaarlijkse kosten voor een SCR-installatie bij nieuwe gasmotoren*

Elektrisch vermogen	Thermisch vermogen	Som elektrisch en thermisch vermogen	Gemiddelde investeringskosten SCR-installatie	Jaarlijkse kosten SCR-installatie	SCR kosten per kWh
[kW <sub>e</sub> ]	[kW <sub>th</sub> ]	[kW]	[€]	[€]	[ct/kWh]
0-250	0-375	0-625	24.000	6.000	1,2
250-500	375-750	625-1250	41.250	10.000	0,9
500-750	750-1125	1250-1875	50.000	12.000	0,7
750-1000	1125-1500	1875-2500	61.250	15.000	0,6
>1000	>1500	>2500	75.000	20.000	0,4

Er zijn extra kosten verbonden aan het aanbrengen van een katalysator bij bestaande installaties (retrofit). Hiervoor wordt uitgegaan van 40% meerkosten. Vooral in de gebouwde omgeving kan ruimtegebrek een probleem vormen. Ook zijn er extra kosten voor aanpassing van de installaties en voor aanvoer- en opslagmogelijkheden van de ureumoplossing.

Tabel 10.3 *Kosten voor SCR-installatie bij bestaande gasmotoren (retrofit)*

Elektrisch vermogen	Thermisch vermogen	Som elektrisch en thermisch vermogen	Gemiddelde investeringskosten SCR-installatie	Jaarlijkse kosten SCR-installatie	SCR kosten per kWh
[kW <sub>e</sub> ]	[kW <sub>th</sub> ]	[kW]	[€]	[€]	[ct/kWh]
0-250	0-375	0-625	33.600	7.000	1,6
250-500	375-750	625-1250	57.750	13.000	1,1
500-750	750-1125	1250-1875	70.000	16.000	0,8
750-1000	1125-1500	1875-2500	85.750	19.000	0,7
>1000	>1500	>2500	105.000	25.000	0,6

Bij een groot deel van de bestaande gasmotoren is wijziging van de motorafstelling (om aan de eis van 80 g/GJ te voldoen) niet erg ingrijpend. Bij de installaties die wel veel nieuwe onderdelen nodig hebben kunnen de extra kosten ongeveer 0,8 ct/kWh bedragen. Naar schatting betreft dit een kwart van de installaties. Voor een gasmotor van 500 kW<sub>e</sub> betekent dit bij de gebruikte aannames een investering van ca. € 60.000 en jaarlijkse kosten van ca. € 12.000.

Bij gasmotoren die gebruikt worden voor mestvergisting is het aandeel van NO<sub>x</sub>-reducerende maatregelen in de totale kosten lager vanwege het feit dat deze installaties duurder in het gebruik zijn dan de andere gasmotoren.

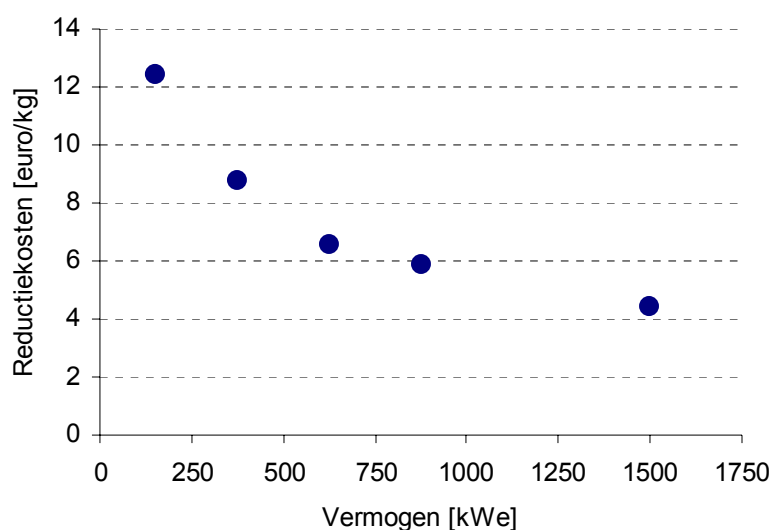
### 10.3 Reductiekosten afhankelijk van vermogensklasse

Het is relatief goedkoper om NO<sub>x</sub>-uitstoot reducerende maatregelen te treffen bij gasmotoren met een hoog elektrisch vermogen. Om de reductiekosten te bepalen wordt hier een gasmotor zonder SCR-installatie vergeleken met een gasmotor die wel aan een NO<sub>x</sub>-eis van 30 g/GJ voldoet. De gasmotor zonder SCR voldoet aan de huidige emissie-eis voor nieuwe installaties van 140 g/GJ. Het gasmotorrendement is in beide gevallen 40%.

Door gebruik van de SCR-installatie vermindert de uitstoot van NO<sub>x</sub>. Tabel 10.4 geeft een indicatie van de reductiekosten per vermogensklasse (uitgedrukt in euro per kilogram NO<sub>x</sub>). Grafisch is dit weergegeven in Figuur 10.4. Bij afnemend gasmotorvermogen nemen de reductiekosten sterk toe.

Tabel 10.4 *NO<sub>x</sub>-reductiekosten per vermogensklasse*

Elektrisch vermogen [kW <sub>e</sub> ]	Thermisch vermogen [kW <sub>th</sub> ]	Som elektrisch en thermisch vermogen [kW]	Reductiekosten [€/kg]
0-250	0-375	0-625	12,4
250-500	375-750	625-1250	8,8
500-750	750-1125	1250-1875	6,6
750-1000	1125-1500	1875-2500	5,8
>1000	>1500	>2500	4,4

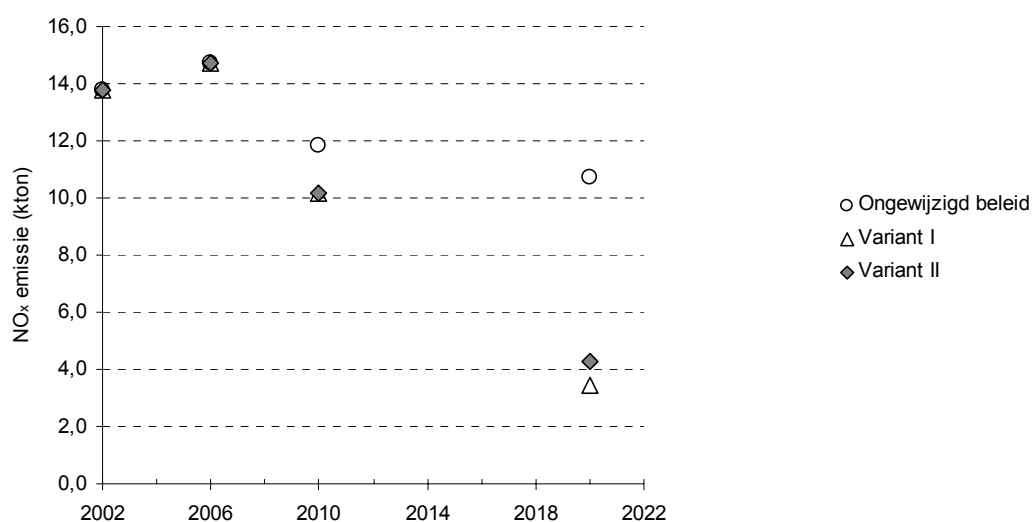


Figuur 10.4 *NO<sub>x</sub>-reductiekosten voor nieuwe SCR-installaties afhankelijk van het elektrisch vermogen*

## 10.4 Totale emissiereductie en kosten beleidsvarianten

Met gebruikmaking van de aannames uit Paragraaf 9.2 zijn de emissiereducties die gerealiseerd worden met invoering van de beleidsvarianten I (alles 30 g/GJ) en II (alles 30 g/GJ; behalve bestaand <1 MW<sub>e</sub> die naar 80 g/GJ gaat) bepaald. De strengere NO<sub>x</sub>-emissie-eisen voor nieuwe installaties gaan in op 1 januari 2009. Aanpassing van de eisen voor bestaande installaties vindt plaats op 1 januari 2015. De beleidsvarianten zijn omschreven in Paragraaf 8.4.

Een overzicht van de ontwikkeling van de totale NO<sub>x</sub>-uitstoot is gegeven in Figuur 10.5. In 2002 en 2006 is de uitstoot voor alle varianten gelijk, omdat een eventuele actualisatie van BEES B pas van kracht wordt in 2009. Ten opzichte van ongewijzigd beleid bestaat er zowel bij Variant I als Variant II een sterke vermindering van de NO<sub>x</sub>-uitstoot in 2020. Variant I, waarin aan zowel nieuwe als bestaande installaties een NO<sub>x</sub>-emissie-eis van 30 g/GJ wordt opgelegd, heeft de grootste emissiereductie tot gevolg.



Figuur 10.5 Totale NO<sub>x</sub>-emissie van gasmotoren voor de verschillende beleidsvarianten

Tabel 10.5 geeft de totale emissie in de jaren 2010 en 2020 en laat per beleidsvariant zien hoe de totale emissie is verdeeld over de verschillende bedrijfstypen.

Tabel 10.5 Overzicht van NO<sub>x</sub>-emissie per bedrijfstypen in 2010 en 2020

	NO <sub>x</sub> -emissie in 2010 [kton]			NO <sub>x</sub> -emissie in 2020 [kton]		
	Geen wijziging	Variant I	Variant II	Geen wijziging	Variant I	Variant II
Glastuinbouw	8,0	7,0	7,0	6,7	2,6	3,0
Industrie	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1
Diensten	1,1	0,9	0,9	0,9	0,2	0,3
Gezondheid & welzijn	1,1	0,9	0,9	0,9	0,2	0,3
Milieudienstverlening	0,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1
Cultuur & recreatie	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1
Mestvergistings	0,5	0,4	0,4	1,3	0,3	0,4
<b>Totaal</b>	<b>11,8</b>	<b>10,2</b>	<b>10,2</b>	<b>10,7</b>	<b>3,5</b>	<b>4,3</b>

Met behulp van het model zijn ook de kosten te bepalen die gepaard gaan met de keuze voor de emissiebeperkende normen. Ook hier worden resultaten gegeven voor de varianten I en II.

Voor de jaren 2010 en 2020 worden de totale investeringskosten gegeven die tot dat moment zijn gemaakt. De investeringen die nodig zijn voor aanpassing van bestaande installaties zullen na 2010, maar voor het jaar 2015 plaatsvinden. Ook zijn voor de jaren 2010 en 2020 de jaarlijkse kosten bepaald. Door de jaarlijkse kosten te delen door de jaarlijkse bespaarde NO<sub>x</sub>-uitstoot worden de reductiekosten in euro per kg gevonden.

Op deze plaats wordt een overzicht gegeven van de totale effecten. De gasmotoren zijn hiervoor ingedeeld in drie vermogensklassen. Het besluit BEES B geldt alleen voor gasmotoren met een thermisch vermogen groter dan 1 MW<sub>th</sub>. Om een volledig beeld te geven worden de resultaten voor de kleinere gasmotoren toch vermeld. Bij de emissie-eisen wordt daarnaast onderscheid gemaakt naar gasmotoren met een vermogen groter of kleiner dan 2,5 MW<sub>th</sub>.

Bij de variant I wordt een emissie-eis van 30 g/GJ opgelegd aan alle nieuwe en alle bestaande gasmotoren. Hierdoor ontstaan kosten voor aanschaf, onderhoud en gebruik van SCR-installaties. Dit resulteert tot 2020 in totale investeringskosten voor de gasmotoren in BEES B van € 131 miljoen. De NO<sub>x</sub>-emissiereductie ten opzichte van ongewijzigd beleid bedraagt in 2020 5,1 kton (Tabel 10.6).

Tabel 10.6 Resultaten variant I

		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
2010	Investeringskosten [mln €]	13,6	11,0	11,2	35,7	22,1
	Jaarlijkse kosten [mln €]	3,3	2,7	3,0	8,9	5,7
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,4	0,5	0,8	1,7	1,2
	Reductiekosten [€/kg]	7,4	5,9	3,8	5,3	4,6
2020	Investeringskosten [mln €]	82,0	65,1	65,8	212,9	130,9
	Jaarlijkse kosten [mln €]	15,7	12,6	13,1	41,4	25,7
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	2,1	2,0	3,1	7,2	5,1
	Reductiekosten [€/kg]	7,4	6,3	4,2	5,7	5,0

Bij de variant II wordt aan nieuwe gasmotoren een eis opgelegd van 30 g/GJ. Van de bestaande gasmotoren hoeven alleen gasmotoren met vermogen groter dan 2,5 MW<sub>th</sub> aan dezelfde eis van 30 g/GJ te voldoen. Aan de kleinere gasmotoren wordt een eis van 80 g/GJ opgelegd. De kosten en de emissiereductie (zie Tabel 10.7) vallen hierdoor lager uit dan in de variant I.

Tabel 10.7 Resultaten variant II

		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
2010	Investeringskosten [mln €]	13,6	11,0	11,2	35,7	22,1
	Jaarlijkse kosten [mln €]	3,3	2,7	3,0	8,9	5,7
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,4	0,5	0,8	1,7	1,2
	Reductiekosten [€/kg]	7,4	5,9	3,8	5,3	4,6
2020	Investeringskosten [mln €]	45,6	37,0	65,8	148,3	102,7
	Jaarlijkse kosten [mln €]	10,2	8,7	13,1	32,0	21,8
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	1,7	1,6	3,1	6,5	4,7
	Reductiekosten [€/kg]	5,9	5,5	4,2	5,0	4,6

Gedetailleerde resultaten per bedrijfsgroep voor kosten en uitstoot zijn te vinden in Bijlage C. Daar is te zien dat de reductiekosten voor de verschillende bedrijfsgroepen verschillen als gevolg van de verschillen in opbouw van het gasmotorpark.



## 10.5 Gevoeligheidsanalyse voor toename gasmotorvermogen

In de voorafgaande berekeningen is er vanuit gegaan dat het opgesteld elektrisch vermogen in de glastuinbouw stijgt tot 3000 MW<sub>e</sub> in 2010 en daarna stabiliseert. Het is mogelijk dat het vermogen na 2010 verder toeneemt. Dit brengt zowel extra NO<sub>x</sub>-uitstoot met zich mee als extra kosten voor uitstootbeperkende maatregelen. In Tabel 10.8 wordt aangegeven wat de gevolgen zouden zijn van een vermogen van 3.500 MW<sub>e</sub> in de glastuinbouw in 2020. Bij ongewijzigd beleid veroorzaakt de mogelijke toename van het gasmotorvermogen een extra uitstoot van 1,0 kton NO<sub>x</sub>. Omdat veel nieuwe gasmotoren in de glastuinbouw al voorzien zijn van een SCR-installatie is deze uitstoot maar beperkt te reduceren. De resultaten voor 2010 en eerder blijven onveranderd.

Tabel 10.8 *Gevolgen van een toename van gasmotorvermogen in de glastuinbouw tot 3.500 MW<sub>e</sub> in 2020*

	2020		
	Additionele NO <sub>x</sub> -emissie in de glastuinbouw [kton]	Additionele jaarlijkse kosten [mln €]	Additionele investeringskosten [mln €]
Geen Wijziging	1,0	n.v.t.	n.v.t.
I	0,4	4,1	13,9
II	0,4	3,6	13,9

## 10.6 Discussie gasmotoren

In aanvulling op de modelresultaten worden hier nog een aantal opmerkingen gemaakt over de gevolgen van de aanscherping van de NO<sub>x</sub> emissie-eisen voor gasmotoren.

Reductie van de NO<sub>x</sub>-uitstoot tot 30 g/GJ betekent in de praktijk dat gasmotoren verplicht moeten worden uitgerust met rookgasreiniging door middel van een SCR-installatie. Omdat de kosten hiervan vooral voor kleinere types gasmotoren relatief hoog zijn, kan deze verplichting tot gevolg hebben dat het gebruik van een gasmotor minder aantrekkelijk wordt. Bij oudere installaties gaat de verhoging van de tegendruk ten koste van het rendement. Voor een deel van de installaties ontstaan ook problemen door ruimtegebrek bij het inpassen van een katalysator. Dit is vooral een probleem bij gasmotoren in de gebouwde omgeving (flats en kantoren). Bij de installatie van gasmotoren is er in het algemeen geen rekening gehouden met de mogelijkheid van bijplaatsing van een rookgasreiniger.

Het is waarschijnlijk dat een groot deel van de kleinere gasmotoren als gevolg van deze problemen wordt afgestoten. Deze maatregel zal ook de aanschaf van nieuwe gasmotoren minder aantrekkelijk maken. De omvang van dit effect is niet bekend. Afgaande op eerdere studies zou het hierbij om 90% van de gasmotoren met een vermogen kleiner dan 250 kW<sub>e</sub> en 50% van de motoren met een vermogen tussen 250 en 500 kW<sub>e</sub> kunnen gaan. Omdat WKK-installaties bijdragen aan energiebesparing door de gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit heeft dit een lichte toename van het energiegebruik tot gevolg.

Voor de kosten voor een SCR-installatie of het aanpassen van gasmotoren is gebruik gemaakt van een schatting van de gemiddelde kosten. In individuele gevallen kunnen deze kosten hoger uitvallen.

Het Ministerie van Economische zaken heeft een regeling Stimulering van Duurzame Energie (SDE) aangekondigd. Deze SDE-subsidie bevordert de opwekking van energie uit WKK en mestvergisting door het aanvullen van de onrendabele top van deze installaties. Voor het bepalen van de hoogte van de SDE-subsidie wordt een schatting gemaakt van de kosten voor exploi-

tatie van gasmotoren. Op dit moment (april 2008) is nog niet bekend of er daadwerkelijk een SDE subsidie komt. Met deze subsidie zouden eventueel extra kosten voor het installeren van een SCR-installatie kunnen worden gecompenseerd.

Onderdeel van de beleidsvariant II is een verlaging van de toegestane emissie voor bestaande gasmotoren tot 80 g/GJ. Bij een deel van de installaties kan hieraan op eenvoudige wijze worden voldaan door een wijziging van de motorafstelling. Deze aanpassing van het motormanagement is echter niet voor alle gasmotoren haalbaar. Nadelig gevolg van deze strengere eis is dat wijziging van de afstelling van de motor een rendementsverlaging tot gevolg kan hebben. Ook kan er misfiring optreden, waarbij het lucht/brandstofmengsel niet ontsteekt. Het is aanneemelijk dat deze maatregel zal leiden tot een versnelde afstoting van een deel van het bestaande gasmotorpark. Het gaat daarbij naar schatting om 50% van de installaties met een elektrisch vermogen kleiner dan 250 kW<sub>e</sub>, en 40% van de installaties met een vermogen van 250 tot 500 kW<sub>e</sub>. Voor nieuwe installaties is deze eis wel haalbaar.

Een ander negatief gevolg van de wijziging van de motorafstelling is een toename van de uitstoot van methaan (van Dijk, 2004). Methaan is een sterker broeikasgas dan CO<sub>2</sub>. Een toename van de uitstoot van methaan kan het gunstige effect op de CO<sub>2</sub>-emissie door gebruik van warmtekrachtkoppeling deels teniet doen (zie Hoofdstuk 11).

Veel gasmotoren in de glastuinbouw kunnen al aan een NO<sub>x</sub>-eis van 30 g/GJ voldoen, omdat het rookgas wordt gebruikt voor CO<sub>2</sub>-bemesting. Tuinders kunnen ook in hun behoefte aan CO<sub>2</sub> voorzien door aardgas te verbranden of CO<sub>2</sub> aan te voeren met een pijpleiding. In dit geval dat de WKK-installatie wordt gebruikt voor CO<sub>2</sub>-bemesting worden de kosten voor het gebruik van een SCR-katalysator (deels) gecompenseerd door vermeden kosten voor de inkoop van CO<sub>2</sub> of productie van CO<sub>2</sub> met een ketel. Deze mogelijke baten zijn niet meegenomen bij de berekening van de kosten van de actualisatie van BEES B. Bij gasmotoren die al voorzien zijn van een rookgasreinigingsinstallatie kan overigens eenvoudig een extra NO<sub>x</sub>-reductie worden bereikt door de verplichting deze altijd aan te laten staan.

Door Plagamo wordt er van uitgegaan dat de schatting van de bedrijfstijden zoals die volgt uit de CBS-gegevens voor de glastuinbouw een onderschatting van het aantal bedrijfsuren oplevert. Voor de gebouwde omgeving worden de bedrijfstijden juist als hoog beschouwd. Er is tamelijk veel onzekerheid over de toekomstige ontwikkeling van het gasmotorpark. Ook het toekomstige aantal bedrijfsuren, dat een grote invloed heeft op de NO<sub>x</sub>-uitstoot, is onzeker. Omdat aannames over deze waarden bij de verschillende varianten gelijk zijn gehouden, is een vergelijking van de verschillende varianten wel mogelijk.

## 11. Koolwaterstof (methaan) emissie-eisen gasmotoren

Medio december 2007 is de methaan emissie-eis die in BEES B aan gasmotoren gesteld gaat worden nog niet vastgesteld. Sinds januari 2005 werd in het kader van het Groen Label Kas (GLK) certificatieschema een methaanemissienorm aan gasmotoren gesteld van max. 240 g/GJ (1,2% niet verbrand) voor kleine motoren met directe ontsteking en max. 320 g/GJ (1,6% niet verbrand)<sup>35</sup> voor grotere motoren met 'voorkamerontsteking'. In het nieuwste Certificatieschema Groen Label Kas wordt gesproken over een koolwaterstofemissie-eis van 1100 mg/Nm<sup>3</sup> (bij 3% O<sub>2</sub>) (SMK, 2007). Als dit alleen methaan (CH<sub>4</sub>) zou zijn dan komt dit uit op ca. 310 g/GJ.

Na een onderzoek in opdracht van VROM (Olthuis, 2007) is besloten om een eis te formuleren voor nieuwe motoren van 1200 mg koolstof/Nm<sup>3</sup> aanwezig in koolwaterstofverbindingen (C<sub>x</sub>-H<sub>y</sub>) in het rookgas (bij 3% O<sub>2</sub>). Het is de bedoeling om de eisen ook over zeven jaar voor bestaande motoren door te voeren. Een finaal besluit hierover wordt gekoppeld aan de technische ontwikkelingen de komende twee jaar. Omgerekend komt de eis neer op 342 g koolstof/GJ brandstof. Het grootste deel, orde grootte 90%, van deze koolstof zal zich in de vorm van methaan, de belangrijkste component van aardgas en biogas, in het uitlaatgas bevinden. Gesteld dat het 100% methaan zou zijn dan is de methaan uitstoot 456 g methaan/GJ. Ofwel dan komt 2,3% van de methaan onverbrand de uitlaat uit (2,3% methaan slip).

Methaan is een sterk broeikasgas. Uitgaande van de aanname in (Olthuis, 2007) van 93% methaan veroorzaakt de 342 g C/GJ een toename van de emissie van de gasmotor met 15% CO<sub>2</sub> equivalent. Normaal aardgas heeft een CO<sub>2</sub>-emissie van 56,8 kg/GJ. Gebruik in een gasmotor die net aan de eis voldoet is de CO<sub>2</sub>-equivalent emissie 65 kg/GJ. Als een WKK-installatie met een gasmotor ten opzichte van gescheiden opwekking een CO<sub>2</sub>-reductie van 20% oplevert dan blijft na correctie voor de methaanuitstoot slechts 6% CO<sub>2eq</sub>-reductie over.

### *Recente metingen in Nederland*

In Tabel 11.1 staan de gegevens van metingen aan een 15tal gasmotoren met SCR<sup>36</sup>. Het gebruik van de SCR heeft volgens de metingen geen effect op de uitstoot aan koolwaterstoffen. De eerste set van metingen van de KEMA (Olthuis, 2007) laat zien dat van de tien grote gasmotoren tussen de 1,5 en 5 MW<sub>e</sub> waar metingen aan gedaan zijn, er vijf zijn die direct aan de nieuwe eis voldoen. De andere twee zitten er zo dicht bij dat er met beperkte aanpassingen of plaatsing van een goedkope oxidatiekatalysator aan de nieuwe eis kan worden voldaan. Bovendien ontstaat bij de invoering van strengere NO<sub>x</sub>-normen de mogelijkheid om de motor op een andere manier te optimaliseren wat tot een lagere methaanuitstoot en een iets hoger rendement kan leiden. De overige drie zitten er zo ver vandaan (gemiddeld 50% hoger) dat hier meer ingrijpende maatregelen nodig zijn.

De cijfers van de Wageningen Universiteit (Dueck, 2008), een studie die niet tot doel had om een goed beeld van de methaanuitstoot te krijgen<sup>37</sup>, laten ook een gespreid beeld zien. De al be-

<sup>35</sup> Bij een zogenaamde GWP voor methaan van 23 kan uitgerekend worden dat 1% onverbrand aardgas in het uitlaatgas de CO<sub>2</sub>-equivalente emissies van de installatie met 7,4% verhoogd. De methaanuitstoot veroorzaakt een forse daling van de CO<sub>2</sub>-winst van de WKK-installatie.

<sup>36</sup> De metingen, die het afgelopen jaar in Nederland zijn uitgevoerd, laten zien dat de NO<sub>x</sub>-uitstoot van gasmotoren die in de glastuinbouw gebruikt worden fors kan worden gereduceerd door toepassing van SCR technologie. De studie van (Dueck, 2008) laat echter ook zien dat de SCR-installatie een belangrijk deel van de tijd is uitgeschakeld; met name als de gasmotor wel draait, maar er geen CO<sub>2</sub> aan de kas wordt geleverd.

<sup>37</sup> De studie is bedoeld om te onderzoeken waarom kassen die CO<sub>2</sub> uit gasmotoren gebruiken toch slechtere resultaten hebben dan kassen die pure CO<sub>2</sub> gebruiken. Voor gebruik in de tabel zijn de cijfer omgerekend. Omdat de definities in het rapport niet geheel eenduidig waren kan bij de omrekening (door de aanwezigheid van waterdamp) een fout van 10% zijn ontstaan.

kende tendens dat de methaanemissie hoger is naarmate de motor groter wordt, is in de cijfers zichtbaar.

Oudere cijfers uit 2001 (Polman, 2001) komen tot een vergelijkbaar beeld. In het betreffende rapport is van het toenmalige park een schatting gemaakt van de methaanuitstoot, namelijk 13,5 kton ( $\pm 6$  kton), waarbij 20% van het gasmotorpark (met 30% van het gasverbruik) boven de voorgestelde norm zit. Ook hier zijn het een deel van de grotere motoren die een te hoge uitstoot hebben. In een studie van Gastec (Polman, 2001) is een schatting gemaakt van de gemiddelde methaanuitstoot van het gasmotorpark. Dit levert een gemiddelde waarde op van 272 g/GJ, en als de brandstofinzet wordt meegewogen 358 g/GJ. In een ander overzicht in dezelfde publicatie komt een aantal motoren met een NO<sub>x</sub>-regime van 140 g/GJ tot een gemiddelde uitstoot van 2,1% onverbrande brandstof. Hierbij moet tenslotte nog opgemerkt worden dat de afstelling van de motoren een rol speelt. Het is niet uitgesloten dat de methaan emissie verder toe gaat nemen als motoren nog armer afgesteld worden om aan de NO<sub>x</sub>-eis van 80 g/GJ te voldoen.

Geconcludeerd kan worden dat met name een deel van de grotere motoren een probleem met de nieuwe emissie-eisen zal hebben. De KEMA metingen laten echter ook duidelijk zien dat er ook bij de grotere motoren voldoende aanbod is om ook in de grotere vermogensklasse een motor aan te schaffen die aan de nieuwe eisen voldoet. Per saldo kan hieruit geconcludeerd worden dat de nieuwe koolwaterstofeis de keuzemogelijkheden enigszins vermindert, maar niet automatisch tot extra kosten leidt.

Tabel 11.1 *Gemeten emissies van NO<sub>x</sub> en koolwaterstoffen van gasmotoren in Nederland*

Motor vermogen in MW <sub>e</sub>	NO <sub>x</sub> -emissie zonder SCR in g/GJ	NO <sub>x</sub> -emissie met SCR in g/GJ	Verwijderingsgraad SCR	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> in g C/GJ (CH <sub>4</sub> in g/GJ)	Toename uitstoot in CO <sub>2</sub> -equivalent door C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> emissie
<b>Bron 2 (Olthuis, 2007)</b>					
Tussen 1,5 en 5	184	22	88%	355	15%
Tussen 1,5 en 5	109	12	89%	642	28%
Tussen 1,5 en 5	93	17	82%	316	14%
Tussen 1,5 en 5	155	21	86%	305	13%
Tussen 1,5 en 5	160	13	92%	353	15%
Tussen 1,5 en 5	240	15	94%	321	14%
Tussen 1,5 en 5	173	5.6	97%	230	10%
Tussen 1,5 en 5	95	11	88%	483	21%
Tussen 1,5 en 5	219	7.8	96%	234	10%
Tussen 1,5 en 5	147	10	93%	413	18%
Gemiddeld	157	13	91%	365	16%
<b>Bron 1: (Dueck, 200b)</b>					
0,69	77	19	76%	122 (163)	5%
1,6	113	11	90%	260 (347)	11%
1,9	38	14	63%	571 (761)	25%
2,0	81	12	85%	351 (468)	15%
3,4	68	9	87%	688 (917)	30%
Gemiddeld	75	13	80%	389 (531)	17%

#### *Huidige emissie in Denemarken*

Uit Denemarken zijn cijfers over gasmotoren bekend. In de Deense inventarisaties wordt zelf een aandeel onverbrand van 3% aangehouden (Fenhann, 2001). De inventarisatie van 2004 laat zelfs tot 2000 een stijging zien (Nielsen, 2007), zie Tabel 11.2. Voor de jaren 2001-2004 wordt deze factor constant gehouden. De cijfers zijn gebaseerd op metingen bij 114 aardgasmotoren. De metingen geven aan dat de emissie van vooral motoren met voorkamerontsteking erg hoog is (dit is ook bij de Nederlandse Groen Label eisen gesignaleerd), hoewel ook de onderlinge verschillen hier groot zijn. Voor biogas zijn metingen verricht aan 13 verschillende installaties. Dat

de emissies van deze (lean burn) motoren lager zijn, komt omdat deze geen voorkamer ontsteking hebben. In (Nielsen, 2003) staan meer details over de Deense metingen.

Tabel 11.2 *Deense tijdreeks met methaan-emissiefactoren voor gasmotoren*

Jaar	Methaanemissie aardgasmotoren [g/GJ]	Methaanemissie biogasmotor [g/GJ]
1990	257	239
1991	299	251
1992	347	264
1993	545	276
1994	604	289
1995	612	301
1996	596	305
1997	534	310
1998	525	314
1999	524	318
2000	520	323

Denemarken is één van de weinige landen die al expliciet een emissie-eis voor de koolwaterstofemissie van gasmotoren heeft. Het niveau is 1500 mg C/Nm<sup>3</sup> bij 5% zuurstof en een elektrisch rendement van 30% (Wit, 2005). Dit komt overeen met 470 g C/GJ brandstof, wat ruimer is dan de nieuwe Nederlandse eis.

#### *Mogelijkheden tot emissiereductie*

Anders dan bij andere vluchtige koolwaterstoffen (VOS) is het niet mogelijk om de methaan er met een oxidatiekatalysator uit te halen. Methaan is in tegenstelling tot andere koolwaterstoffen (NMVOS) weinig reactief (Sklorz, 2003), (Wit, 2005).

In een Gasunie rapport uit 2004 zijn de opties voor NO<sub>x</sub>- en CH<sub>4</sub>-reductie bij gasmotoren geïnventariseerd (Dijk, 2004). Het rapport geeft de mogelijkheid van na-oxidatiesystemen aan. Hierin wordt de rookgastemperatuur tijdelijk verhoogd om zo de koolwaterstoffen inclusief methaan alsnog af te breken. Volgens de Gasunie zijn deze systemen op de markt beschikbaar en kunnen ze minimaal 95% van de methaan omzetten. De installaties vergen wel veel ruimte (net als SCR), wat plaatsing bij bestaande installaties (retrofit) duur maakt. Gasunie schat de CH<sub>4</sub>-reductiekosten voor installaties van circa 1 MW<sub>e</sub> in de range van ruim 1700 €/ton (nieuwbouw en gunstige afschrijvingscondities) tot ruim 4100 €/ton (retrofit en ongunstige afschrijvingscondities). De resulterende reductiekosten per eenheid van elektriciteitsproductie, in de range van ongeveer 0,5 €/kWh<sub>e</sub> tot bijna 1,2 €/kWh<sub>e</sub><sup>38</sup>. In de praktijk komt, volgens Gasunie, slechts een beperkt deel van het bestaande gasmotorpark in aanmerking voor retrofit met een na-oxidatiesysteem.

Als referentie noemt Gasunie een Gasmotorfabrikant Jenbach die een dergelijk systeem heeft draaien. CANMET het EnergyTechnology Centre in Canada heeft het CH<sub>4</sub>MIN systeem ontwikkeld (Sapoundjiev, 2004). Ook in dit systeem wordt net als bij Jenbach gebruik gemaakt van warmtewisselaars en de warmte die bij het verbranden van methaan vrijkomt. Afgezien van de drukval vergt het systeem geen extra energie.

<sup>38</sup> Gasunie: "In de fictieve situatie dat deze maatregel op het gehele Nederlandse gasmotorpark (stand 2002) toegepast zou kunnen worden, bedraagt het reductiepotentieel ongeveer 7,7 kton tot 12,5 kton CH<sub>4</sub> op een totale uitstoot in 2002 van 10,1 kton tot 16,5 kton. De bijbehorende specifieke reductiekosten liggen in de orde van grootte van € 2640 tot bijna € 4300 per ton CH<sub>4</sub>. Inclusief correctie voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot verbonden aan de hulpenergie voor het thermisch opstarten van het na-oxidatiesysteem bedragen de reductiekosten ongeveer € 145 tot € 260 per ton CO<sub>2</sub>-equivalent.

Het ECN heeft onderzoek gedaan naar katalysatoren die ook bij lagere temperatuur zowel methaan als NO<sub>x</sub> afbreken. Door de samenstelling van het rookgas (aanwezigheid van zwavelverbindingen) was de levensduur van deze katalysatoren echter beperkt. Bij TNO vindt onderzoek plaats naar een SCR die met plasma ondersteund wordt. Deze zou naast NO<sub>x</sub> ook CH<sub>4</sub> kunnen afbreken. Helaas is dit systeem nog niet voldoende uitontwikkeld.

Er zijn ook andere opties zoals de ‘Lean NO<sub>x</sub> Trap Catalysis’ van het Oak Ridge National Laboratory (Parks, 2005). Deze katalysator neemt NO<sub>x</sub> op, en breekt gelijktijdig ook ca. 50% van het methaan af<sup>39</sup>.

### *Kostenschatting*

Hoewel er grote onzekerheden zijn is hier toch getracht om een schatting van kosten en effecten te maken. Hier zijn wel een groot aantal veronderstellingen voor nodig. Uitgaande van de gemiddelde emissie uit 2001 (Polman, 2001) kan de emissie van methaan toenemen van de genoemde 13,5 kton tot 42 kton in 2020. Een hoeveelheid onverbrand methaan van 42 kton veroorzaakt een extra emissie van 0,8 Mton CO<sub>2</sub> equivalent. Als 30% van de brandstofverbruik in gasmotoren plaatsvindt die een te hoge emissie hebben dan gaat het hierbij om 18 kton. Bij ongeveer de helft hiervan kan via aankoop en vervanging een overschrijding vermeden worden (4 kton minder uitstoot). Bij de andere helft zou actief ingegrepen moeten worden. Als dit met een goede efficiency gebeurt, kan hier circa 8 kton gereduceerd worden. Uitgaande van de kostencijfers uit (Dijk, 2004) kan dan een voorzichtige schatting van de kosten van toepassing van deze rookgasreiniging bepaald worden, zie Tabel 11.3. Bij de gebruikte technologie, waarbij nog van herverhitting gebruik gemaakt wordt, komen de kosten uit op 2 tot 3 €/kg CH<sub>4</sub><sup>40</sup>, of 90 tot 150 €/ton CO<sub>2</sub> equivalent. Verwacht mag worden dat de kosten in de toekomst nog aanzienlijk gaan dalen. De kosten per ton CO<sub>2</sub>eq. zijn veel hoger dan de huidige CO<sub>2</sub>-handelsprijs maar liggen lager dan momenteel per ton CO<sub>2</sub>-reductie voor biobrandstoffen in de transportsector uitgegeven wordt.

Tabel 11.3 *Schatting effecten koolwaterstofnorm op gasmotoren in 2020*

Sector	Gasinzet in motoren boven de norm [PJ]	Emissiereductie [kton CH <sub>4</sub> ]	Emissiereductie [Mton CO <sub>2</sub> eq.]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Via aanschaf en vervanging	18	4	0,075	-	-
Via huidige technologie rookgasreiniging	18				
- lage schatting		8	0,155	14	21
- hoge schatting		8	0,155	33	35
Totaal 2020	36	12	0,23	14-33	21-35

Afgaande op de aanwezigheid van grotere motoren komt 90% van deze kosten terecht in de Land- en tuinbouwsector en 10% in de sector HDO. Samen met een strengere NO<sub>x</sub>-eis die SCR nodige kan maken, zal een beperkt deel van deel van het bestaande gasmotorpark met aanzienlijke kosten geconfronteerd worden. Dit kan er toe leiden dat er, met name kleinschalig, vermogen vervroegd uit bedrijf genomen wordt.

<sup>39</sup> Een ander traject dat mogelijk bruikbare technieken oplevert is het werk wat gedaan wordt aan het verwijderen van methaan uit de ventilatielucht van kolenmijnen. Ook hier wordt over zeer lage methaan concentraties gesproken. Technieken die genoemd wordt zijn, naast al hier genoemd, het verbranden in een gasturbine (in plaats van een oxidatiekatalysator tussen de warmtewisselaars) of een eerste processtap waarbij de methaan eerst geconcentreerd wordt.

<sup>40</sup> De rookgasreiniging zal ook gevolgen hebben voor de emissie van andere koolwaterstoffen uit de betreffende motoren. Omdat 90% of meer van de koolwaterstofemissie methaan betreft, liggen deze effecten meer dan een factor 10 lager.

## Literatuur

- Bakema, G.F., Kroon, P. (1988): *Vermijden of Bestrijden? Emissies en kosten van emissiebeperking van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en stof tot 2010, behorend bij de Nationale Energie Verkenningen 1987*. ESC-44, Energie Studie Centrum, ECN, Petten, mei 1998.
- Bank, M.P. van de, H.M. Venderbosch (1997): *Sectorstudie Bouwmaterialen*. NDS--96-013, Adromi b.v. voor NEEDIS, Petten, April 1997.
- Baxter, L. (2005): *Biomassa impact on SCR catalyst; Technical report*. IEA Bioenergy Task 32, Brigham Young University, Provo, UT, USA, October 2005.
- Beumer, H., H.L. Heeres (1994): *Sectorstudie Veevoederindustrie*. TNO Voeding, afdeling IGMB, Wageningen, oktober 1994.
- BTG (2005): *BTG-Factsheet biogas*. Biomass technology group, Enschede, 2005
- CBS (2006): *Duurzame energie in Nederland 2005*. Centraal Bureau voor de Statistiek Voorburg/Heerlen, 2006.
- CBS (2007a): *Statistiek productiemiddelen elektriciteit*. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag/Voorbrug, 2007.
- CBS (2007b): *Duurzame energie in Nederland 2006*. Centraal Bureau voor de Statistiek Voorburg/Heerlen, 2007.
- CPB/MNP/RPB (2006): *Welvaart en leefomgeving, incl. achtergronddocument*. Centraal Planbureau/Milieu- en Natuurplanbureau/Ruimtelijk Planbureau, Den Haag/Bilthoven.
- Credner, M. (2004) *Energetische und wirtschaftliche Analyse des Aufbereitungsverfahrens für Biogas zum Betrieb einer Mikrogastrubine*. Fachhochschule Trier Umwelt Campus Birkenfeld, Birkenfeld. 2004
- Daniëls, B.W., J.C.M. Farla (coörd.) (2006): *Optiedocument energie en emissies 2010/2020*. ECN-C--05-105/MNP 7730001038, ECN & MNP, Petten/Bilthoven, maart 2006.
- Derden, A., L. Goovaerts, P. Vercaemst, K. Vrancken (2005): *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de glastuinbouw*. <http://www.emis.vito.be>, BBT-kenniscentrum Vito, Mol, juni 2005.
- Dijk, G.H.J. van (2004): *Inventarisatie CH<sub>4</sub>-en NO<sub>x</sub>-emissiereductie voor aardgasmotoren*. RE 2003.R.0612. Gasunie Research, Energy Innovation & Consultancy, Groningen, 17 februari 2004.
- Dueck, Th. A., C.J. van Dijk, F. Kempes en T. van der Zalm (2008): *Emissies uit WKK-installaties in de glastuinbouw. Methaan, etheen en NO<sub>x</sub> concentraties in rookgassen voor CO<sub>2</sub> dosering*. Nota 505 Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen, januari 2008.
- Eck, T. van (1996): *NO<sub>x</sub>-marktanalyse*. Van Eck Marketing, Arnhem, november 1996.
- ETC (1986): *Tabel stortgasgegevens*. symposium verslag van 18 en 19, Energie Technologisch Centrum, maart 1986.
- EU Directive (1996): *Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control*. Internet: [http://europa.eu.int/eur-lex/en/lif/reg/en\\_register\\_151020.html](http://europa.eu.int/eur-lex/en/lif/reg/en_register_151020.html), 31996L0061, Official Journal L 257, 10/10/1996 P. 0026 - 0040.

- EU (2001): *Richtlijn 2001/81/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2001 inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen*. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, L 309/22, 27 oktober 2001.
- Fenhann, J. (2001): *Denmark's Greenhouse Gas Projections until 2012*. ISBN 87-7844-213-3 Systems Analysis Department RISØ National Laboratory, Roskilde, Denemarken, april 2001.
- FO-Industrie (2006): *Uitvoering intentieverklaring Olie- en gaswinningsindustrie Jaarrapportage 2004; Level I Olie- en gaswinningsindustrie*. R060124c, Facilitaire Organisatie Industrie Den Haag, 9 juni 2006.
- Jacobs, A., B. Gielen, I. Van Tomme Ch. De Roock, R. Dijkmans (2003): *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de houtverwerkende nijverheid. Eindrapport*. 2003/IMS/R/149. Vlaams Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (Vito), Mol, oktober 2003.
- Goovaerts, L., W. Luyckx, P. Vercaemst, G. De Meyer, R. Dijkmans (2002): *Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor stookinstallaties en stationaire motoren; Eindrapport*. 2002/IMS/R/059. Vlaams Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken (Vito), Mol, mei 2002.
- Haas, J., J. Koppejan, P. Meulman (2002): *Duurzame warmtevoorziening voor grote gebouwen met hout als brandstof Informatie voor gemeenten*. E.V.A. - The Austrian Energy Agency, Wenen / TNO-MEP, Apeldoorn, Augustus 2002.
- ICAEN (2004): *Interim Report - Regulation Draft of Biogas; Commercialisation in Gas Grid - BIOCOM*. European Commission, 4.1030/C02-082/2002, Institut Català d'Energia, november 2004.
- Infomil (1999): *Leidraad Besluit emissie-eisen stookinstallaties milieubeheer B*. Publicatie LBO03 Lucht, Infomil Informatiecentrum Milieuvergunningen, Den Haag, april 1999.
- Infomil (2003): *Nederlandse Emissie Richtlijn Lucht (NeR)*. Publicatie L27 Lucht, Infomil Informatiecentrum Milieuvergunningen, versie april 2003.
- Infomil (2005): *Handreiking (co-)vergiftiging van mest*. LA06 Infomil, Den Haag, April 2005
- Koppejan, J., P. D. M. de Boer-Meuleman (2005): *Status Warmteproductie 2005*, TNO voor SenterNovem, Utrecht, 4 november 2005.
- Kroon, P. Beeldman, M., Rijkers, F.A.M. (2000): *Mogelijke effecten van NO<sub>x</sub>-beleid op het warmtekrachtpotentieel; Een analyse van de invloed van bestrijdingskosten op de rentabiliteit van warmtekracht*. ECN-C--00-111, ECN, Petten, december 2000.
- Kroon, P. (2003): *NO<sub>x</sub>-uitstoot van kleine bronnen; De uitstoot in 2000 en 2010*, ECN-C--03-125, <http://www.ecn.nl/library/reports/2003/c03125.html>, Petten, ECN, oktober 2003.
- Kroon, P., S. A. J. Bakker, H.P.J. de Wilde (2005): *NO<sub>x</sub>-uitstoot van kleine bronnen; Update van de uitstoot in 2000 en 2010*, ECN-C--05-015, Petten, ECN, februari 2005.
- Kroon, P. (2007): *Update NO<sub>x</sub>-emissies en reductieopties van kleine bronnen in het SE- en GE-scenario*. ECN-E--07-027, ECN, Petten, januari 2007.
- Kwant, K. (2006) *Status en stimulering van bioenergie in Nederland*. Symposium 'Bio-energie in de industrie', Eindhoven, 11 mei 2006.
- Nielsen, O.K., M. Nielsen, J. B. Illerup (2007): *Danish Emission Inventories for Stationary Combustion Plants; Inventories until year 2004*. NERI Technical Report No. 628, National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Denmark, april 2007.



- Limburg (2005): *Besluit van Gedeputeerde Staten van Limburg over aanvraag van 7 april 2005 van Laarakker Groenteverwerking B.V. voor een revisievergunning*. Kenmerk 2005/17215, <http://www.limburg.nl/upload/vergunningen/050720LaarakkerBesluit.pdf>, 12 juli 2005.
- MNP (2007): *Milieubalans 2007*. MNP-publicatienummer 500081004, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilhoven, september 2007.
- Nielsen, M., J B. Illerup (2003): *Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme; Eltra PSO projekt 3141 Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker Delrapport 6*. Faglig rapport fra DMU, nr. 442, Danmarks Miljøministeriet, København, mei 2003.
- Olthuis, H.J., P.A.C. Engelen (2007); *Overzichtrapportage emissieonderzoek methaanemissie bij gasmotoren op continu vollast*. Nummer: 50762926-TOS/TCM 07-7080, KEMA Technical & Operational Services, Arnhem, 4 september 2007.
- Overijssel (2006): *Beschikking Veranderingsvergunning voor het uitbreiden van de bestaande afvalverbrandingsinstallatie met een biomassa-elektriciteitscentrale bij aviTwente B.V.*. Kenmerk EMT/2005/4554, 16 januari 2006. <http://provincie.overijssel.nl/beleid/milieu/milieuvergunningen/beschikkingen>
- Parks, J., J. Tassitano, J. Storey (2005): *Lean NO<sub>x</sub> Trap Catalysis: NO<sub>x</sub> Reduction for Lean Natural Gas Engine*. Oak Ridge National Laboratory. 2nd Annual Advanced Stationary Reciprocating Engines Conference, Diamond Bar, CA, March 15-16, 2005.
- Polman, E.A., J.C. de Laat, H. Hondeman, W. Bouwman (2001): *Kwaliteit van gasmotoren in Nederland; Onderzoek naar de emissie van het aardgasgestookte W/K gasmotorpark*. GL/010476/pln, Gastec, Apeldoorn, 23 november 2001.
- Rompaey, H. van, R. De Fré, E. De Spiegeleer, C. Polders, P. Vanderstraeten, M. Wevers (2000): *Emissies van dioxines en PAK's door gebouwenverwarming met vaste brandstoffen; Ontwerp eindrapport*. 2000/IMS/R/0, Vito, Mol, december 2000.
- Ruch, D. (2005): *BHKW-Optimierung und SCR Katalysator Kompaktbiogasanlage Küsnacht*. In opdracht van Bundesamt für Energie, Genesys GmbH, Frauenfeld, december 2005
- Sapoundjiev, H. (2004): *CH<sub>4</sub>MIN Technology A Sustainable EnergySolution for Destruction of Dilute Methane Emissions and the Production of Useful Energy*. Catalytic Solutions for Vents, Fugitives and Incomplete Combustion Emissions, Calagry, Canada, 1 april 2004.
- SCAQMD (2007): *Final Environmental Assessment: Proposed Amended Rule 1110.2 - Emissions from Gaseous- and Liquid-Fueled Internal Combustion Engines (ICEs)*. SCAQMD No. 280307JK South Coast Air Quality Management District, Diamond Bar, California, november 2007.
- Segers, R. (2005): *Houtkachels voor warmte (>18 kW), classificatie, betrouwbaarheid en uitsplitsingen*. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen, 12 september 2005.
- SIRA (2004): *Nulmeting AL Ministerie van VROM*, SIRA Consulting B.V. Nieuwegein, 2004.
- SIRA (2007): *Onderzoek Administratieve Lasten actualisatie BEES-B*, Sira Consulting B.V., Nieuwegein, 2007.

- Sklorz, M., et. al. (2003): *Katalysatoren an Biogasmotoren; Schlussbericht Untersuchungen zum Einsatz von Oxidationskatalysatoren an landwirtschaftlichen Biogas-Verbrennungsmotoren*. Nr. 182, www.lfu.bayern.de, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU), Augsburg, oktober 2003.
- Smeets, W.L.M., et. al. (2007): *Kosteneffectiviteit van aanvullende maatregelen voor een schonere lucht*. MNP Rapport 500091001/2007. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilhoven, 23 augustus 2007.
- SMK (2007): *Certificatieschema Groen Label Kas*. GLK.8-2007, Stichting Milieukeur, Den Haag, ingaande 24 oktober 2007.  
[http://www.milieukeur.nl/upload/schema/glkschema\\_nl8.pdf](http://www.milieukeur.nl/upload/schema/glkschema_nl8.pdf).
- Velde R. van der (2007): *Preliminary assessment of the effects of the proposed new BEES B regulation for the offshore E&P industry*. B3155-01-001, DHV voor NOGEPa, Zaandam, november 2007.
- VROM (1974): *Besluit zwavelgehalte brandstoffen*. Staatsblad, 27 september 1974.
- VROM (1998): *Besluit emissie-eisen stookinstallaties milieubeheer B*. Staatsblad 1998, nr. 166, 18 maart 1998.
- VROM (2001): *Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP4); Een wereld en een wil: werken aan duurzaamheid*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, juni 2001.
- VROM (2002a): *Besluit van 21 februari 2002, houdende regels voor glastuinbouwbedrijven en voor bepaalde akkerbouwbedrijven (Besluit glastuinbouw)*., Staatsblad, 28 februari 2002.
- VROM (2002b): *Circulaire: Emissiebeleid voor energiewinning uit biomassa en afval*. KVI2002023389, 11 april 2002.
- VROM (2003): *Emission ceilings acidification and continental air pollution; Report of the Netherlands 2002*, vrom 02.1107/04-03, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Hague, mei 2003.
- VROM (2004): *Besluit van 2 maart 2004, houdende implementatie van richtlijn nr. 2000/76/EG van het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie van 4 december 2000 betreffende de verbranding van afval (PbEG L 332) (Besluit verbranden afvalstoffen)*, Staatsblad, no 97, 18 maart 2004.
- VROM, (2006a): *NEC-rapportage 2006; Uitvoeringsnotitie emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2006*. Ministerie VROM, DGM/KVI, Den Haag, november 2006.
- VROM (2006b): *Besluit van 24 november 2006 tot implementatie van de richtlijn betreffende de energieprestatie van gebouwen (Besluit energieprestatie gebouwen)*. Staatsblad, no 608, 5 december 2006
- VROM/VenW (2007): *Besluit van 19 oktober 2007, nr. 07.001133 houdende algemene regels voor inrichtingen (Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer/ Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, 7 november 2007.
- Wilde, H.P.J. de, et. al. (2006): *Effect biobrandstoffen op fijn stof in de buitenlucht*. ECN-C--06-010, Petten, ECN, juni 2006..
- Wit, J. de, I, Mofid. (2005): *Methane Oxidation Catalyst for Gas Engines*. Danish Gas Technology Centre, Hørsholm, 2005.

## Internet sites

<http://www.kara.nl/> Leverancier houtkachels

<http://www.lfu.bayern.de> Duitse site met veel informatie over energiegerelateerde emissies

<http://www.emis.vito.be/index.cfm?PageID=364> Vlaamse site Beste Beschikbare Technieken

<http://www.synterprise.com/ecotube.htm> Producent ecotube voor betere verbranding

[http://www.epa.gov/ttnca1/cica/atech\\_e.html](http://www.epa.gov/ttnca1/cica/atech_e.html) EPA/USA factsheets emissietechnieken lucht

<http://www.emissieautoriteit.nl/> Met onder andere het register NO<sub>x</sub> emissiehandel

[http://www.senternovem.nl/emissiehandel/Allocatieperiode\\_2008-2012/](http://www.senternovem.nl/emissiehandel/Allocatieperiode_2008-2012/) CO<sub>2</sub>-allocatieplan

<http://www.vrom.nl/pagina.html?id=22840#b22847> Dossier NO<sub>x</sub>-emissiehandel

## Bijlage A Overzicht huidige en voorgestelde eisen

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de huidige en de voorgestelde BEES B eisen. Voorgesteld wordt om de eisen voor nieuwe installaties in te laten gaan per 1 januari 2009 en voor bestaande installaties per 1 januari 2015. Nieuw in BEES B is dat er nu ook eisen opgenomen worden voor vaste biomassa en biogas. Bio-olie viel formeel al onder BEES B. Verder wordt voorgesteld om de werkingssfeer voor BEES B te beperken tot installaties van 1 MW<sub>th</sub> en groter. Een deel van de kleinere installaties (zoals kleinere gasmotoren en ketels tussen 0,9 en 1 MW<sub>th</sub>) komen dan met vergelijkbare eisen onder het BEG te vallen.

In Tabel A.1 zijn de emissie-eisen opgenomen. Op dit moment staan in BEES B alleen SO<sub>2</sub> eisen voor kolengestookte installaties. De marge bij de huidige eisen geeft aan dat deze afhankelijk van de datum van vergunningverlening kunnen variëren (in de loop van de tijd strenger geworden). Dit betekent niet dat er voor de andere installaties geen eisen zijn. Deze staan niet in BEES B maar in het Besluit zwavelgehalte brandstoffen. Voor Gasolie en HBO is het maximum zwavelgehalte per 1 januari 2008 0,1% (ca 47 g SO<sub>2</sub>/GJ), voor zware stookolie 1% (ca. 487 g/GJ) en voor kolen 1,2% (827-923 g/GJ; afhankelijk van de verbrandingswaarde). Voor overige brandstoffen geldt een maximum zwavelgehalte van 1,2% zwavel. In Tabel A.1 zijn de emissies uitgedrukt in mg/Nm<sup>3</sup>. Voor het volume wordt gerekend met watervrij rookgas bij 273 K en 101,3 kPa. Bij kolen en vaste biomassa gaat het om rookgas met 6% zuurstof, bij olie en gas om rookgas met 3% zuurstof. Voor de onderlinge vergelijkbaarheid zijn de eisen ook in g per GJ brandstofverbruik opgenomen. Voorgesteld wordt om de eisen voor nieuwe installaties in te laten gaan per 1 januari 2009 en voor bestaande installaties per 1 januari 2015.

Tabel A.1 Vereenvoudigd overzicht voorgestelde SO<sub>2</sub>-emissie-eisen

Brandstof	Installatie	Emissiegrenswaarde SO <sub>2</sub>			
		Huidige in [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Omgerekende in [g/GJ]	Voorstel in [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Omgerekend in [g/GJ]
Kolen	Nieuw	700	253	200	72
Kolen	Bestaand	700-geen	253-geen	400	144
Biomassa (vast)	Nieuw	geen	geen	200	68
Biomassa (vast)	Bestaand	geen	geen	200	68
Vloeibaar	Nieuw	geen	geen	200	69-70
Vloeibaar	Bestaand	geen	geen	200	69-70
Gasvormig	Nieuw	geen	geen	200	Ca. 67
Gasvormig	Bestaand	geen	geen	200	Ca. 67

Voor NO<sub>x</sub> staan de eisen in Tabel A.2. De rookgascondities zijn dezelfde als bij SO<sub>2</sub>. Omdat de eis voor nieuwe installaties de loop van de tijd is aangescherpt staat ook hier bij huidige een marge. Er gelden soms ook eisen bij brandervanging. De wetgeving zit dus complexer in elkaar dan uit dit schema blijkt. Bij gas- en diesel motoren en gasturbines zijn de eisen direct in g/GJ geformuleerd. Hierbij is in de huidige wetgeving een correctiefactor toegevoegd van 1/30 maal het asrendement. Omdat het asrendement meestal boven de 30% ligt, is de feitelijke norm hoger dan het hier aangegeven getal. Alleen voor nieuwe sologasturbines geldt deze rendementscorrectie niet. Hoewel niet in de wetgeving opgenomen zijn de huidige eisen in de tabel ook omgerekend naar mg/Nm<sup>3</sup> bij 15% zuurstof. Bij de voorgestelde eisen in de actualisatie van BEES B is de rendementscorrectie niet meer aanwezig. Opgemerkt kan nog worden dat voor dieselmotoren de NO<sub>x</sub>-eis voor nieuwe installaties in 2015 aangescherpt wordt. Tenslotte kan nog opgemerkt worden dat overwogen wordt om BEES B ook te laten gelden voor zuigermotoren die wel elektriciteit produceren maar dit niet in een warmtekrachtinstallatie doen.

Tabel A.2 Vereenvoudigd overzicht voorgestelde NO<sub>x</sub>-emissie-eisen

Installatie type	Brandstof	Emissiegrenswaarde NO <sub>x</sub>				
		Huidige in [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Omgerekend [g/GJ]	Voorstel in [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Omgerekend in [g/GJ]	
Ketel	Nieuw	Kolen	100	36	100	36
Ketel	Bestaand	Kolen	100-650	36-235	100	36
Ketel	Nieuw	Biomassa	geen	geen	100	34
Ketel	Bestaand	Biomassa	geen	geen	100	34
Ketel	Nieuw	Vloeibaar	120	35	120	35
Ketel	Bestaand	Vloeibaar	120-450	35-131	120	35
Ketel	Nieuw	Gasvormig	70	20	52,5	15
Ketel	Bestaand	Gasvormig	70-200	20-58	70	20
Gasturbine	Nieuw	Gasvormig/ vloeibaar	(77*rc bij 15% O <sub>2</sub> )	65*rc		30
Gasturbine	Bestaand	Gasvormig/ vloeibaar	(70-200 *rc bij 15% O <sub>2</sub> )	65-200*rc		45-65
Zuigermotor	Nieuw	Vloeibaar	(464*rc bij 15% O <sub>2</sub> )	400*rc		130 en na zes jaar 40 <sup>41</sup>
Zuigermotor	Bestaand	Vloeibaar	(464-1392 *rc bij 15% O <sub>2</sub> )	400-1200 *rc		400
Zuigermotor	Nieuw	Gasvormig	(165* rc bij 15% O <sub>2</sub> )	140*rc		30
Zuigermotor	Bestaand	Gasvormig	(165-948 * rc bij 15% O <sub>2</sub> )	140-800*rc		30 of 80

Noot: rc is de rendementscorrectie. Het werkelijke asrendement in % gedeeld door 30%.

Tabel A.3 Vereenvoudigd overzicht voorgestelde Stofemissie-eisen

Brandstof	Installatie	Emissiegrenswaarde stof			
		Huidige in [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Omgerekend in [g/GJ]	Voorstel in [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Omgerekend in [g/GJ]
Kolen	Nieuw	20	7	5	1,8
Kolen	Bestaand	20-geen	7-geen	20	7
Biomassa (vast)	Nieuw	geen	geen	5	1,7
Biomassa (vast)	Bestaand	geen	geen	20	7
Vloeibaar	Ketels Nieuw	geen	geen	5	1,7
Vloeibaar	Ketels Bestaand	geen	geen	20	7
Vloeibaar	Gasturbine Nieuw	geen	geen	5	1,7
Vloeibaar	Gasturbine Bestaand	geen	geen	30	10
Vloeibaar	Zuigermotor Nieuw	geen	geen	30	10
Vloeibaar	Zuigermotor Bestaand	geen	geen	50	17

De BEES B eisen voor de stof uitstoot staan in Tabel A.3. Vergelijkbaar met SO<sub>2</sub> houdt het op dit moment ontbreken van een eis voor stof niet in dat er geen stof eisen gesteld worden. De zuurstofgehalten waarbij deze eisen gelden zijn weer 6% respectievelijk 3%, ook voor de gasturbines en zuigermotoren.

<sup>41</sup> In de berekeningen is verondersteld dat recent geplaatste (bio-)dieselmotoren per 1-1-2015 ook naar 40 g/GJ toegegaan. Voor zover bij ECN bekend zijn er geen andere bestaande dieselmotoren die nog onder BEES B vallen.

Nieuw in BEES B is een eis aan de emissie van koolwaterstof uit gasmotoren, zie Tabel A.4. De eis is geformuleerd bij een zuurstofgehalte van 3%. De eis is geformuleerd in het gewicht aan koolstof in de uitstoot aan koolwaterstofverbindingen. Eerder zijn er in Nederland eisen gestel aan de methaanuitstoot in het certificatieschema Groen Label Kas. Omdat de koolwaterstofemissie voor 90% of meer uit methaan bestaat, hebben beide eisen grotendeels betrekking op dezelfde stof.

Tabel A.4 *Overzicht koolwaterstof eisen*

Brandstof	Installatie	Huidige in mg/Nm <sup>3</sup>	Emissiegrenswaarde stof
			Voorstel in mg C van C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> /Nm <sup>3</sup>
Gas	Zuigermotor Nieuw	geen	1200
Gas	Zuigermotor Bestaand	geen	Waarschijnlijk 1200, besluit binnen 2 jaar

## Bijlage B Gasmotoren

Tabel B.1 *Indeling in bedrijfsgroepen zoals gebruikt voor de aangeleverde CBS-gegevens*

SBI-codering	Omschrijving	Naamgeving
SBI 011-015	Landbouw, jacht en dienstverlening voor de landbouw en jacht	Glastuinbouw
SBI 11-37	Winning van delfstoffen Industrie	Industrie
SBI 40-80	Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en water Bouwnijverheid Reparatie van consumentenartikelen en handel Horeca Vervoer, opslag en communicatie Financiële instellingen Verhuur van en handel in onroerend goed, verhuur van roerende goederen en zakelijke dienstverlening Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen Onderwijs	Diensten & Energie
SBI 85	Gezondheids- en welzijnszorg	Gezondheid & Welzijn
SBI 90	Milieudienstverlening	Milieudienstverlening
SBI 91-99	Cultuur, recreatie en overige dienstverlening Particuliere huishoudens met personeel in loondienst Extraterritoriale lichamen en organisaties	Cultuur & Recreatie

In Tabel B.2 is uitgegaan van een elektrisch rendement van 36% en een thermisch rendement van 54%.

Tabel B.2 *Modelaanname gemiddeld vermogen van gasmotoren per vermogensklasse*

Elektrisch vermogen	Gemiddeld elektrisch vermogen [kW <sub>e</sub> ]	Thermisch vermogen [kW <sub>th</sub> ]	Som elektrisch en thermisch vermogen [kW]
<50 kW <sub>e</sub>	40	0- 60	0-100
50-250 kW <sub>e</sub>	150	60-375	100-625
250-500 kW <sub>e</sub>	375	375-750	625-1250
500-750 kW <sub>e</sub>	625	750-1125	1250-1875
750-1000 kW <sub>e</sub>	875	1125-1500	1875-2500
>1000 kW <sub>e</sub>	1500	>1500	>2500

Tabel B.3 *Modelaannames over het aantal draaiuren van gasmotoren per sector*

	2002	Draaiuren (vollasturen)		2020
		2006	2010	
Glastuinbouw	3.182	3.300	3.300	3.300
Industrie & Energie	2.568	2.831	2.831	2.831
Diensten	3.458	3.186	3.186	3.186
Gezondheid & Welzijn	3.620	4.110	4.110	4.110
Milieudienstverlening	4.627	3.994	3.994	3.994
Cultuur & Recreatie	4.153	3.039	3.039	3.039
Mestvergisting	4.627	3.994	3.994	3.994

Tabel B.4 *Modelaannames over elektrisch rendement van gasmotoren*

	2002	Rendement [%]		2020
		2006	2010	
Glastuinbouw	33,7	35,0	38,0	41,0
Industrie & Energie	33,4	35,8	37,8	39,8
Diensten	33,6	34,4	36,4	38,4
Gezondheid & Welzijn	33,1	32,5	34,5	36,5
Milieudienstverlening	27,0	27,2	29,2	31,2
Cultuur & Recreatie	34,4	35,0	37,0	39,0
Mestvergisting	27,0	27,2	29,2	31,2

Tabel B.5 *Modelaannames over de aanwezigheid van SCR-rookgasreinigingsinstallaties bij gasmotoren in de glastuinbouw*

[%]	Percentage uitgerust met SCR naar vermogensklasse (kW <sub>e</sub> )						
	Bouwjaar	0-50	50-250	251-500	501-750	751-1000	>1000
Voor 29-5-1987	-	-	-	-	-	-	-
29-5-1987 tot 1-8-1990	-	-	-	-	-	-	-
1-8-1990 tot 1-1-1994	-	-	-	40	40	40	40
1-1-1994 tot 1-6-2008	-	-	-	60	60	60	60
1-6-2008 tot 1-1-2012	-	-	-	70	70	70	70
Na 1-1-2012	-	-	-	70	70	70	70



## Bijlage C Overzicht van effecten per bedrijfspgroep voor gasmotoren

### C.1 Toelichting

In deze Appendix wordt per bedrijfspgroep aangegeven wat de kosten- en milieueffecten zijn van de beleidsvarianten I en II voor aanscherping van de NO<sub>x</sub> emissie-eisen voor gasmotoren. De eisen aan nieuwe installaties gaan in op 1-1-2009. Omdat strengere eisen aan bestaande installaties pas in 2015 van kracht worden is pas voor 2020 de keuze van een emissie-eis voor bestaande gasmotoren van belang. De beleidsvarianten zijn beschreven in Paragraaf 8.4.

De gasmotoren in elke bedrijfspgroep zijn ingedeeld in drie vermogensklassen. Alleen de gasmotoren met een thermisch vermogen groter dan 1 MW<sub>th</sub> zullen onder de werkingssfeer van BEES B vallen. Gasmotoren kleiner dan 1 MW<sub>th</sub> zullen onder het Besluit Energieprestatie Gebouwen vallen. In de tabellen worden kosten en effecten aangegeven voor alle gasmotoren en ook apart voor de gasmotoren waarop BEES B van toepassing is.

### C.2 Glastuinbouw

Tabel C.1 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Glastuinbouw in 2010*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	1,3	1,8	5,0	8,0	6,8
	Investeringskosten [mln €]	6,8	6,2	9,3	22,2	15,5
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	1,6	1,5	2,5	5,6	4,0
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,2	0,2	0,6	1,1	0,9
	Reductiekosten [€/kg]	7,9	6,6	3,9	5,2	4,6

Tabel C.2 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Glastuinbouw in 2020*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B	
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,9	1,3	4,5	6,7	5,8	
	Investeringskosten [mln €]	12,3	11,2	16,9	40,4	28,1	
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	2,1	1,9	3,3	7,3	5,2	
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,3	0,4	1,1	1,8	1,5	
	Reductiekosten [€/kg]	6,0	5,1	3,0	4,0	3,6	
	Investeringskosten [mln €]	20,7	21,3	38,0	80,0	59,3	
Bestaande gasmotoren	I	Jaarlijkse kosten [mln €]	3,8	4,0	7,6	15,4	11,6
		NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,3	0,4	1,5	2,3	1,9
		Reductiekosten [€/kg]	10,9	8,9	5,2	6,8	6,1
	II	Investeringskosten [mln €]	4,3	5,6	38,0	47,9	43,6
		Jaarlijkse kosten [mln €]	1,4	1,9	7,6	10,9	9,5
		NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,2	0,2	1,5	1,9	1,7
Reductiekosten [€/kg]	7,4	7,7	5,2	5,7	5,6		

## C.3 Industrie & Energie

Tabel C.3 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Industrie & Energie in 2010*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,0	0,1	0,1	0,3	0,2
	Investeringskosten [mln €]	0,2	0,3	0,3	0,9	0,6
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Reductiekosten [€/kg]	9,3	7,1	4,4	6,1	5,4

Tabel C.4 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Industrie & Energie in 2020*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B	
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	
	Investeringskosten [mln €]	0,7	1,0	0,9	2,5	1,8	
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,1	0,2	0,2	0,5	0,4	
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	
	Reductiekosten [€/kg]	7,9	6,1	3,8	5,2	4,7	
Bestaande gasmotoren	Investeringskosten [mln €]	1,0	1,4	1,3	3,8	2,8	
	I	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,2	0,3	0,2	0,7	0,5
		NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
		Reductiekosten [€/kg]	12,6	9,5	5,8	8,1	7,2
	II	Investeringskosten [mln €]	0,2	0,4	1,3	1,9	1,7
		Jaarlijkse kosten [mln €]	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4
NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]		0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	
	Reductiekosten [€/kg]	8,1	8,7	5,8	6,7	6,5	

## C.4 Diensten

Tabel C.5 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Diensten in 2010*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,4	0,4	0,3	1,1	0,7
	Investeringskosten [mln €]	2,0	1,5	0,7	4,2	2,2
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,5	0,4	0,2	1,0	0,6
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	8,3	6,2	3,8	6,2	5,1

Tabel C.6 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfsgroep Diensten in 2020*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B	
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,3	0,3	0,3	0,9	0,6	
	Investeringskosten [mln €]	4,7	3,6	1,7	9,9	5,2	
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,9	0,7	0,4	1,9	1,0	
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	
	Reductiekosten [€/kg]	6,8	5,1	3,2	5,1	4,2	
	Investeringskosten [mln €]	6,6	5,0	2,4	14,0	7,4	
Bestaande gasmotoren	I	Jaarlijkse kosten [mln €]	1,2	0,9	0,5	2,6	1,4
		NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
		Reductiekosten [€/kg]	11,3	8,3	5,1	8,4	6,8
	II	Investeringskosten [mln €]	1,2	1,4	2,4	5,0	3,8
		Jaarlijkse kosten [mln €]	0,4	0,5	0,5	1,3	0,9
		NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Reductiekosten [€/kg]	6,7	7,5	5,1	6,2	6,0		

## C.5 Gezondheid & Welzijn

Tabel C.7 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfsgroep Gezondheid & Welzijn in 2010*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,5	0,4	0,3	1,1	0,7
	Investeringskosten [mln €]	2,0	1,1	0,5	3,7	1,6
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,5	0,3	0,1	0,9	0,4
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	6,5	4,7	3,0	5,0	4,0

Tabel C.8 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfsgroep Gezondheid & Welzijn in 2020*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B	
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,4	0,3	0,2	0,9	0,5	
	Investeringskosten [mln €]	4,6	2,6	1,2	8,4	3,8	
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,9	0,5	0,3	1,7	0,8	
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	
	Reductiekosten [€/kg]	5,3	3,9	2,5	4,1	3,3	
	Investeringskosten [mln €]	6,0	3,3	1,6	11,0	4,9	
Bestaande gasmotoren	I	Jaarlijkse kosten [mln €]	1,1	0,7	0,3	2,1	1,0
		NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
		Reductiekosten [€/kg]	8,8	6,3	3,9	6,7	5,2
	II	Investeringskosten [mln €]	1,0	0,9	1,6	3,5	2,5
		Jaarlijkse kosten [mln €]	0,4	0,3	0,3	1,0	0,6
		NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Reductiekosten [€/kg]	4,7	5,5	3,9	4,6	4,5		

## C.6 Milieudienstverlening

Tabel C.9 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Milieudienstverlening in 2010*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,1	0,3	0,1	0,5	0,3
	Investeringskosten [mln €]	0,5	0,7	0,1	1,4	0,9
	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,1	0,2	0,0	0,4	0,2
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	5,6	3,9	2,7	4,2	3,7

Tabel C.10 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Milieudienstverlening in 2020*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3
	Investeringskosten [mln €]	1,0	1,5	0,2	2,7	1,7
	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,2	0,3	0,1	0,5	0,3
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	4,4	3,2	2,2	3,3	3,0
Nieuwe gasmotoren	Investeringskosten [mln €]	1,5	2,2	0,4	4,0	2,6
	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,3	0,4	0,1	0,8	0,5
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	7,6	5,3	3,5	5,6	4,9
	Investeringskosten [mln €]	0,3	0,7	0,4	1,3	1,0
Bestaande gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	4,3	4,8	3,5	4,4	4,4
	Reductiekosten [€/kg]	4,3	4,8	3,5	4,4	4,4

## C.7 Cultuur & Recreatie

Tabel C.11 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfspgroep Cultuur & Recreatie in 2010*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2
	Investeringskosten [mln €]	1,0	0,5	0,2	1,7	0,7
	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,2	0,1	0,0	0,4	0,2
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
	Reductiekosten [€/kg]	8,9	6,9	4,0	7,2	5,8

Tabel C.12 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfsgroep Cultuur & Recreatie in 2020*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
	Investeringskosten [mln €]	2,6	1,3	0,5	4,4	1,8
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,5	0,3	0,1	0,8	0,4
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	7,5	5,8	3,5	6,1	4,9
	Investeringskosten [mln €]	3,8	1,9	0,7	6,4	2,6
I	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,7	0,3	0,1	1,2	0,5
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	12,1	9,3	5,3	9,8	7,7
	Investeringskosten [mln €]	0,7	0,5	0,7	1,9	1,2
Bestaande gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,2	0,2	0,1	0,5	0,3
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
	Reductiekosten [€/kg]	7,0	8,0	5,3	6,7	6,5
	Investeringskosten [mln €]	0,7	0,5	0,7	1,9	1,2
II	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,2	0,2	0,1	0,5	0,3
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
	Reductiekosten [€/kg]	7,0	8,0	5,3	6,7	6,5
	Investeringskosten [mln €]	0,7	0,5	0,7	1,9	1,2

## C.8 Mestvergisting

Tabel C.13 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfsgroep Mestvergisting in 2010*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,3	0,2	0,0	0,5	0,2
	Investeringskosten [mln €]	1,1	0,6	0,0	1,7	0,6
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,3	0,2	0,0	0,4	0,2
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
	Reductiekosten [€/kg]	5,3	5,0	n.v.t.	5,2	5,0
	Investeringskosten [mln €]	0,3	0,2	0,0	0,4	0,2

Tabel C.14 *Effecten voor gasmotoren in de bedrijfsgroep Mestvergisting in 2020*

Beleidskeuze		<1 MW <sub>th</sub>	1-2,5 MW <sub>th</sub>	>2,5 MW <sub>th</sub>	Totaal	Totaal BEES B
Geen wijziging	NO <sub>x</sub> -emissie [kton]	0,8	0,5	0,0	1,3	0,5
	Investeringskosten [mln €]	10,8	5,8	0,0	16,6	5,8
Nieuwe gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	2,5	1,4	0,0	3,9	1,4
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,5	0,3	0,0	0,8	0,3
	Reductiekosten [€/kg]	5,3	5,0	n.v.t.	5,2	5,0
	Investeringskosten [mln €]	5,7	3,1	0,0	8,8	3,1
I	Jaarlijkse kosten [mln €]	1,3	0,7	0,0	2,0	0,7
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,2	0,1	0,0	0,3	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	7,1	6,7	n.v.t.	7,0	6,7
	Investeringskosten [mln €]	1,2	0,7	0,0	1,9	0,7
Bestaande gasmotoren	Jaarlijkse kosten [mln €]	0,5	0,3	0,0	0,7	0,3
	NO <sub>x</sub> -emissiereductie [kton]	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
	Reductiekosten [€/kg]	4,7	4,7	n.v.t.	4,7	4,7
	Investeringskosten [mln €]	1,2	0,7	0,0	1,9	0,7

## Bijlage D Investeringsbeslag

Bij de reductiekosten die in dit rapport uitgerekend worden spelen de investeringskosten vaak een belangrijke rol. De investeringskosten zijn met een afschrijvingsduur van 10 jaar en een rente van 8% verwerkt in de jaarlijks kosten. Voor de volledigheid worden in deze bijlage de diverse cumulatieve investeringsbedragen opgenomen. Cumulatief houdt in dat de totale investeringskosten ten gevolge van de actualisatie van BEES B tot het genoemde jaar zijn opgenomen. Hier kunnen in 2020 ook nog kosten bij zitten van inmiddels afgeschreven installaties. De diverse randvoorwaarden en onzekerheden die in dit rapport voor de jaarlijks kosten zijn opgenomen gelden natuurlijk ook voor de investeringsbedragen.

### D.1 Total investeringen

Tabel D.1 *Totale kosten actualisatie BEES B en BEES B plus gasmotoren uit BEG*

	Alleen BEES B		BEES B plus BEG	
	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
<b>2010</b>				
Industrie, energie en raffinaderijen	2,4	0,5	2,7	0,5
Huishoudens	0,1	0,0	0,1	0,0
HDO en bouw	6,8	1,6	12,2	2,9
Landbouw	16,5	4,2	24,3	6,1
Totaal	25,7	6,3	39,3	9,5
<b>2020</b>				
Industrie, energie en raffinaderijen	23,7	5,3	25,4	5,6
Huishoudens	0,4	0,1	0,4	0,1
HDO en bouw	38,2	9,3	69,1	15,0
Landbouw	115,5	21,7	164,9	31,4
Totaal	177,9	36,3	259,9	52,0

### D.2 Investerings voor SO<sub>2</sub>-reductie

Tabel D.2 *Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> in 2015*

Sector	SO <sub>2</sub> -emissie-reductie [kton/j]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
Industrie, energie en raffinaderijen	0,06	1,0	0,42
HDO en bouw	0,02	0,0	0,16
Landbouw	0,07	1,3	0,49
Totaal	0,14	2,3	1,06

Tabel D.3 *Reductie en reductiekosten SO<sub>2</sub> per maatregel*

2015	SO <sub>2</sub> -emissie-reductie per jaar [kton]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]	€/kg SO <sub>2</sub> -vermeden	Opmerkingen
Uitstoot bij (zware stook-)oliestook	0,03	0,0	0,2	8	Na 2015 wellicht verdere afname
Uitstoot bij gasstook	pm				
Uitstoot bij kolenstook	0,11	2,9	0,8	7	Na 2015 wellicht verdere afname

### D.3 Investerings voor NO<sub>x</sub>-reductie

Tabel D.4 *Totaal effect BEES B voor reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub>*

	NO <sub>x</sub> -emissie-reductie [kton/j]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
2010			
Industrie, energie en raffinaderijen	0,05	2,3	0,46
Huishoudens	0,00	0,1	0,00
HDO en bouw	0,43	6,7	1,57
Landbouw	0,94	16,4	4,21
Totaal	1,43	25,5	6,25
2020			
Industrie, energie en raffinaderijen	0,53	21,4	4,64
Huishoudens	0,02	0,4	0,05
HDO en bouw	3,12	37,7	9,10
Landbouw	4,51	114,7	21,43
Totaal	8,17	174,3	35,22

Tabel D.5 *Effect gasmotoren in BEG op reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> (vermogen < 1MW<sub>th</sub>)*

	NO <sub>x</sub> -emissie-reductie [kton/j]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]
2010			
Industrie, energie en raffinaderijen	0,01	0,2	0,06
Huishoudens	0,00	0,0	0,00
HDO en bouw	0,18	5,5	1,31
Landbouw	0,26	7,9	1,89
Totaal	0,44	13,6	3,26
2020			
Industrie, energie en raffinaderijen	0,03	1,7	0,31
Huishoudens	0,00	0,00	0,00
HDO en bouw	0,73	30,9	5,70
Landbouw	1,36	49,5	9,72
Totaal	2,12	82,0	15,73

Tabel D.6 *Reductie en reductiekosten NO<sub>x</sub> per maatregel*

Type stookinstallatie en jaar	NO <sub>x</sub> -emissie-reductie per jaar [kton]	Cumulatieve investering [mln €]	Jaarlijkse kosten [mln €]	€/kg NO <sub>x</sub> -vermeden	Veronderstelde techniek bij kostenberekening
<b>Eisen houtstook</b>					
2010 nieuw	0,01	0,4	0,12	23	SCR
2015 bestaand	0,04	4,4	1,11	27	Retrofit SCR
2020 nieuw en bestaand	0,07	7,7	1,71	25	SCR
<b>Eisen oliestook</b>					
2015 bestaand	0,01	0,3	0,04	3	Brandervanging
2020 bestaand	0,01	0,3	0,02	3	Afname oliestook verondersteld
<b>Eisen Gasgestookte ketels</b>					
2010 nieuw	0,06	2,1	0,12	2	Brandervanging
2015 bestaand	0,73	21,7	3,24	4	
2020 nieuw en bestaand	0,99	24,5	3,11	3	
<b>Eisen kolenstook</b>					
2015/2020 bestaand	0,02	1,1	0,28	13	Retrofit SCR; kan ook tot sluiting leiden
<b>Gasturbines</b>					
2015/2020 Sologasturbines	0,09	0,9	0,40	5	Waterinjectie *1 SCR verondersteld met low NO <sub>x</sub> brander goedkoper *2
2010 nieuw	0,01	0,8	0,23	25	
2020 nieuw	0,07	6,2	1,79	25	
<b>Nieuwe dieselmotoren</b>					
2010 aangepast	0,12	0,1	0,10	1	Grotere en/of/uitbreiding SCR
2020 nieuw incl. aanscherping	1,78	2,8	2,24	1	
<b>BEES B gasmotoren</b>					
2010 nieuw	1,24	22,1	5,67	5	SCR
2020 nieuw	2,49	48,3	9,49	4	SCR
2020 bestaand	2,65	82,6	16,19	6	SCR
<b>BEG gasmotoren<sup>42</sup></b>					
2010 nieuw	0,45	13,6	3,26	7	SCR
2020 nieuw	1,24	36,7	7,14	6	SCR
2020 bestaand	0,88	45,4	8,59	10	SCR
<b>Totaal 2010, BEES B</b>	1,43	25,5	6,25	4,4	Maximum schatting gerekend met SCR
<b>Totaal 2020, BEES B</b>	8,17	174,3	35,22	4,3	
<b>Totaal 2010, BEES B plus BEG gasmotoren</b>	1,88	39,1	9,51	5,1	
<b>Totaal 2020, BEES B plus BEG gasmotoren</b>	10,29	256,4	50,95	5,0	

Noot \*1: Gaat om maximumschatting kan in de praktijk vrijwel nihil zijn

Noot \*2: Kosten kunnen door bedrijfsspecifieke omstandigheden bij aardgascompressoren hoger uitvallen.

<sup>42</sup> Gasmotoren met een vermogen lager dan 1 MW<sub>th</sub>, hier opgevat als 0,4 MW<sub>e</sub>, vallen in de toekomst niet onder BEES B, maar onder het Besluit Energieprestatie Gebouwen (BEG). Zowel voor bestaande als nieuwe gasmotoren (in BEES B en BEG) is uitgegaan van een NO<sub>x</sub> emissie-eis van 30 g/GJ.



## D.4 Investerings voor fijn stof en C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>-reductie

Tabel D.7 *Reductie en reductiekosten stof*

	Stof-emissiereductie	Cumulatieve investe-	Jaarlijkse kosten
	[kton/j]	ring [mln €]	[mln €]
2010			
Industrie, energie en raffinaderijen	0,0009	0,14	0,03
HDO en bouw	0,0002	0,04	0,01
Landbouw	0,0001	0,01	0,00
Totaal	0,0012	0,18	0,04
2020			
Industrie, energie en raffinaderijen	0,010	1,82	0,42
HDO en bouw	0,003	0,48	0,11
Landbouw	0,001	0,12	0,03
Totaal	0,014	2,42	0,57

Omdat het stellen van eisen aan de koolwaterstofemissie van bestaande gasmotoren maximaal twee jaar is uitgesteld en geen integraal onderdeel van de huidige actualisatie uitmaakt, zijn de kosten in tabel D.8 niet in de totale kosten opgenomen.

Tabel D.8 *Schatting effecten koolwaterstofnorm op gasmotoren in 2020*

Sector	Emissiereductie in			Jaarlijkse kosten [mln €]	Kosteneffectiviteit	
	kton CH <sub>4</sub>	Mton CO <sub>2</sub> eq.	Cumulatieve investering [mln €]		€/kg NO <sub>x</sub>	(€/ton CO <sub>2</sub> )
Nieuw via aanschaf en vervanging	4	0,075	-	-	0	0
Bestaand via huidige technologie rookgasrei- niging						
- lage schatting	8	0,155	14	21	2,5	135
- hoge schatting	8	0,155	33	35	4,4	225
Totaal 2020	12	0,23	14-33	21-35	2-3	90-150