

**TNO-rapport****TNO 2014 R10584****Update NOx-emissiefactoren kleine  
vuurhaarden - glastuinbouw en huishoudens -****Earth, Life & Social Sciences**Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 42 56

[infodesk@tno.nl](mailto:infodesk@tno.nl)

Datum	31 maart 2014
Auteur(s)	H.J.G. Kok
Aantal pagina's	28 (excl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	RIVM - CMM Emissieregistratie Antonie van Leeuwenhoeklaan 9 3721 MA BILTHOVEN
Projectnaam	NOx-emissiefactoren kleine vuurhaarden
Projectnummer	060.03100

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2014 TNO



## Samenvatting

In dit rapport zijn op basis van recente metingen aan vuurhaarden in de glastuinbouw en bij huishoudens nieuwe NO<sub>x</sub>-emissiefactoren berekend voor de door CBS ten behoeve van de landelijke Emissieregistratie uit te voeren bijschatting voor stationaire bronnen kleiner dan 20 MW<sub>th</sub>.

### *Glastuinbouw*

De op basis van recente emissiemetingen vastgestelde NO<sub>x</sub>-emissiefactoren voor gasgestookte WKK-installaties in de glastuinbouw zijn in onderstaande Tabel opgenomen voor het jaar 2010. Voor de daaropvolgende jaren is op basis van de dan van toepassing zijnde NO<sub>x</sub>-emissie-eisen aangegeven welke NO<sub>x</sub>-emissiefactoren dan gehanteerd kunnen worden.

Prognose NO <sub>x</sub> -emissiefactoren	2010	2012	2014	2016	2017	2018	2020	...	2024
<b>WKK's</b>									
. Aardgasgestookt (na deNO <sub>x</sub> ) [g/GJ]	15	15	15	15	15	15	15		15
. Aardgasgestookt (geen deNO <sub>x</sub> ) [g/GJ]	155	155	155	155	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.
. Biogasgestookt [g/GJ]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	100	80	40		30
<b>Ketels</b>									
. Aardgas [g/GJ]	14	14	14	14	14	14	14		10
. Biogas [g/GJ]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	20	20	20		20
<b>Gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor [g/GJ]</b>									
	80	82	84	85	15	16	17		17

Vanaf 1 januari 2017 geldt, dat alle WKK's met een thermisch vermogen > 2,5 MW moeten voldoen aan een NO<sub>x</sub>-emissiefactor van 28 g/GJ. De WKK's zullen dan altijd met ingeschakelde katalytische deNO<sub>x</sub> bedreven worden, hetgeen nu niet het geval is. De bijdrage van biogasgestookte WKK's zal pas na 2016 substantieel worden en vanaf 1 januari 2017 moeten alle biogasgestookte WKK's voldoen aan een NO<sub>x</sub>-emissiefactor van 100 g/GJ evenals alle aardgasgestookte WKK's met thermische vermogens < 2,5 MW, die in de toekomst steeds minder zullen voorkomen. Ook voor biogasgestookte ketels gaat vanaf 2017 een strengere NO<sub>x</sub>-emissie-eis gelden (20 g/GJ).

In de onderste regel van de Tabel is voor opeenvolgende jaren de voor de glastuinbouw van toepassing zijnde gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor gegeven. Deze is vastgesteld op basis van de situatie rond 2010 en een scenario voor het gebruik van de energiedragers voor de diverse stookinstallaties. De aanscherping van de eisen zal in 2017 een scherpe daling van de gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor tot gevolg hebben, waarna deze weer geleidelijk kan gaan stijgen door substantiële toename van het biogasgebruik en de daarvoor geldende minder strenge emissie-eisen. Als de NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor biogasgestookte WKK's na 2017 verder verlaagd wordt naar 30 g/GJ zal de gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor in 2024 iets afgenomen zijn, maar als volgens verwachting gelijktijdig het percentage verstoekt biogas t.o.v. het totale gasverbruik (aardgas + biogas) tussen 2020 en 2024 toeneemt van 10% tot bijvoorbeeld 20% dan wordt de afname weer teniet gedaan. Als de geschatte gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor de glastuinbouw als geheel voor het jaar 2012 wordt vergeleken met de in de Emissieregistratie voor dat jaar gebruikte 'oude' emissiefactor van 72 g/GJ, dan blijkt, dat de 'nieuwe' NO<sub>x</sub>-emissiefactor bijna 15% hoger is dan de 'oude'.

### *Huishoudens*

De prognose voor de 'nieuwe' NOx-emissiefactoren voor gasgestookte huishoudelijke apparaten zijn weergegeven in onderstaande Tabel. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de 3 hoofdfuncties (ruimteverwarming, warmwaterbereiding en koken). De emissiefactoren zijn gebaseerd op emissiegegevens in de periode 2000 tot 2012. Voor de jaren na 2012 tot 2024 is op grond van waargenomen trends en in gang gezette regelgeving een prognose opgesteld voor de dan mogelijk van toepassing zijnde NOx-emissiefactoren.

Huishoudelijke g toestellen	Prognose gemiddelde NOx-emissiefactoren [g/GJ]								
	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	..	2024
Verwarmingstoestellen	36	32	29	25	22	18	15		12
Warmwatertoestellen	27	26	24	22	19	17	15		13
Kooktoestellen	57	57	57	57	57	57	57		57

Aangezien de individuele huishoudelijke ruimteverwarming en warmwatervoorziening de komende jaren in toenemende mate door middel van gasgestookte HR-combiketels verzorgd zal worden en het aandeel van het aardgasverbruik voor het koken beperkt zal blijven (nu ca. 3%) zal de gemiddelde NOx-emissiefactor voor het aardgasverbruik van de huishoudens steeds meer overeen gaan komen met die van de hoofdverwarming door gasgestookte ketels.

Uit vergelijking van de 'nieuwe' NOx-emissiefactoren voor de hoofdverwarming met de toegepaste 'oude' NOx-emissiefactoren blijkt, dat voor het jaar 2012 de 'nieuwe' NOx-emissiefactor voor de hoofdverwarming (ruimteverwarming) bijna 15% lager is dan de 'oude'.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Algemene inleiding.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>NOx-emissiefactoren voor de glastuinbouw.....</b>	<b>9</b>
2.1	Inleiding glastuinbouw .....	9
2.2	De NOx-emissiefactor voor WKK installaties in de glastuinbouw .....	9
2.3	De NOx-emissiefactor voor gasgestookte ketels in de glastuinbouw .....	11
2.4	Het verloop van de gemiddelde NOx-emissiefactor voor de glastuinbouw .....	11
<b>3</b>	<b>NOx-emissiefactoren voor huishoudens.....</b>	<b>17</b>
3.1	Inleiding huishoudens.....	17
3.2	De nieuwe NOx-emissiefactoren voor gasgestookte huishoudelijke apparaten.....	17
3.3	De verdeling van de verschillende typen apparaten per huishoudelijke functie .....	19
3.4	Het verloop van de gemiddelde NOx-emissiefactor per huishoudelijke functie.....	22
<b>4</b>	<b>Referenties.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Ondertekening.....</b>	<b>27</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A Oude' NOx-emissiefactoren voor huishoudelijke functies [1]	
	B Literatuurgegevens over NOx-emissies van huishoudelijke toestellen	



# 1 Algemene inleiding

In het TNO-rapport TNO-MEP – R2002/042 [1] is het protocol voor de berekening van emissiefactoren voor de NO<sub>x</sub>-emissies uit stationaire bronnen kleiner dan 20 MW<sub>th</sub> opgenomen. Deze emissiefactoren worden door CBS gebruikt voor het bijschatten van de NO<sub>x</sub>-emissies van emissies die niet individueel worden bepaald. In bijlage 1 zijn de in het genoemde TNO rapport opgenomen ('oude') NO<sub>x</sub>-emissiefactoren voor kleine vuurhaarden voor de jaren 2000, 2002 en 2004 vermeld. Vervolgens zijn de emissiefactoren binnen de Emissieregistratie gebruikt om voor de daaropvolgende jaren (t/m 2012) de te gebruiken emissiefactor voor het totale aardgasverbruik van de glastuinbouw en de huishoudens vast te stellen. Ook deze emissiefactoren zijn opgenomen in bijlage 1.

De in de bijlage genoemde emissiefactoren kunnen gezien de technologische ontwikkelingen als achterhaald beschouwd worden waardoor een update wenselijk is.

In dit rapport zijn op basis van recente metingen aan vuurhaarden in de glastuinbouw en bij huishoudens nieuwe NO<sub>x</sub>-emissiefactoren berekend ten behoeve van de door CBS uit te voeren bijschatting.





## 2 NOx-emissiefactoren voor de glastuinbouw

### 2.1 Inleiding glastuinbouw

In de glastuinbouw zijn over het algemeen twee typen verbrandingsinstallaties, die een belangrijke bijdrage leveren aan de NOx-emissie van de glastuinbouw. Het gaat daarbij om gasgestookte installaties voor Warmte-Kracht-Koppeling (WKK) en gasgestookte boilers voor verwarming van de kassen.

De NOx-emissiefactoren voor de glastuinbouw zijn dan ook bepaald aan de hand van de combinatie van NOx-emissiefactoren voor de WKK's en de boilers.

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de NOx-emissiefactoren voor de WKK's en de boilers als gemiddelde voor de Nederlandse glastuinbouw vastgesteld. Vervolgens wordt op basis van de verdeling in aardgasverbruik tussen WKK's en boilers de gemiddelde NOx-emissiefactor voor de glastuinbouw vastgesteld.

### 2.2 De NOx-emissiefactor voor WKK installaties in de glastuinbouw

Er zijn drie redelijk recente rapportages beschikbaar over metingen aan WKK installaties in de glastuinbouw:

- Luchtemissies in de Glastuinbouw – Een onderschatte NOx bron (2012), DCMR Rijnmond [2];
- Emissies uit de WKK installaties in de glastuinbouw – Methaan, etheen en NOx concentraties in rookgassen voor CO2 dosering (2008), Nota 505, Wageningen UR Glastuinbouw [3];
- Hydrocarbon emissions from gas engine CHP-units 2011 measurement program (2012), KEMA rapport 74100741-GCS 12-1002 [4].

De gegevens uit deze rapporten zijn gebruikt om een NOx emissiefactor van de WKK installaties voor de huidige situatie in de glastuinbouw vast te stellen.

#### 2.2.1 *Algemene gegevens over de WKKs en de aanwezigheid van een DeNOx reiniging*

Volgens het WUR rapport [3] produceren WKK-installaties elektriciteit voor belichting (bv. bij rozenkwekerijen) en levering aan het net, warmte voor de kas en rookgassen voor CO2 dosering t.b.v. gewasgroei en productie. In de rookgassen zit behalve CO2 ook NOx en etheen, die toxisch zijn voor planten, en het broeikasgas methaan. Een DeNOx installatie reduceert de NOx- en etheenconcentraties (en heeft nauwelijks effect op de methaan concentratie). Een DeNOx wordt dan ook vooral ingezet om de rookgassen te reinigen als er CO2-vraag is.

De gegevens over de WKK's en de aanwezigheid van een DeNOx installatie zijn samengevat in Tabel 1. Per meetinstantie zijn de gegevens, voor zover beschikbaar, weergegeven als gemiddelden en voor de drie instanties samen als gewogen gemiddelde op basis van de aantallen installaties waarvoor de gemiddelden gelden. Dit geldt ook voor de hierna volgende Tabellen.

Tabel 1 Algemene gegevens WKKs

Meet- instantie	Periode	Aantal WKKs	Elektrisch vermogen		WKKs met deNOx
			gemiddeld	range	
WUR	2007	5	2,3 MW	1,6 - 3,2	100 %
DCMR	2010-2011	28	4,3 MW	1,5 - 6	68 %
KEMA	2011	10	1,8 MW	0,3 - 8	70 %
<b>Gewogen gemiddelde</b>	<b>2007-2011</b>		<b>3,0 MW</b>	<b>0,3-8</b>	<b>72 %</b>

Uit Tabel 1 volgt, dat gemiddeld 72 % van de WKK's zijn uitgerust met een DeNOx installatie. Hierbij wordt ervan uitgegaan, dat de bij de onderzoeken betrokken WKK's willekeurig gekozen zijn. Of dat ook geldt voor de 5 door de WUR gemeten installaties is de vraag, omdat ze alle 5 een DeNOx hadden, terwijl in 2007 het deel van de WKKs, dat voorzien was van DeNOx lager was dan tegenwoordig. Volgens telefonische mededeling van Arcadis heeft tegenwoordig driekwart van de WKKs een DeNOx [5].

### 2.2.2 Meetgegevens van de WKK installaties

In Tabel 2 zijn de door de betreffende meetinstanties vastgestelde meet- en registratie gegevens opgenomen.

Tabel 2 Meet- en registratie gegevens van de WKKs

Meet- instantie	Totaal draaiuren		Draaiuren met DeNOx		NOx concentratie/emissie		DeNOx rendement
	per jaar	range	per jaar	range	zonder deNOx	na deNOx	
WUR	5590 (64%)	2900-8760	3240 (37%)		84 ppm	14,5 ppm	83%
DCMR	4570 (52%)	1500-6000	1780 (20%)	0-5000	151 g/GJ	17 g/GJ	89%
KEMA					743 mg/Nm <sup>3</sup> *)	41 mg/Nm <sup>3</sup> *)	93%
<b>Gewogen gemiddelde</b>	<b>4800 (55%)</b>	<b>1500-8760</b>	<b>2200 (25%)</b>	<b>0-5000</b>			<b>90%</b>

\*) Bij 3 vol.% O<sub>2</sub>

Uit deze Tabel blijkt, dat de NOx-gegevens van de rookgassen vóór en na de DeNOx niet in dezelfde eenheden zijn opgenomen in de rapportages, hetgeen een gevolg is van verschil in doelstelling bij de metingen (bv. toetsing aan emissie-eisen, vergelijking met NOx-emissiefactor).

De (gewogen) gemiddelde bedrijfstijd van de beschouwde WKK's bedraagt ca. 4800 uur per jaar (55% van de tijd) en dat is veel langer dan over het algemeen wordt vermeld door de glastuinbouw branche. Verder wordt opgemerkt, dat er gemiddeld geen verschil is tussen de bedrijfstijd van WKKs met en zonder DeNOx installatie.

Gemiddeld over alle WKKs is de DeNOx ca. 2200 uur per jaar ingeschakeld. Voor de WKKs, die voorzien zijn van een DeNOx installatie is de DeNOx ca. 2/3 van de tijd ingeschakeld als de WKK in bedrijf is. Hieruit volgt, dat voor WKKs met DeNOx deze gedurende ca. 3100 uur per jaar in bedrijf is. Dat is langer dan er gemiddeld volgens de branche CO<sub>2</sub>-vraag is voor de kassen (2000 tot 2300 uur/jaar). Blijkbaar zijn de DeNOx installaties niet alleen in bedrijf tijdens CO<sub>2</sub> vraag.

### 2.2.3 Omrekening meetgegevens naar NOx emissiefactoren voor de WKK's in g/GJ

In Tabel 3 zijn de resultaten van de omrekeningen van de NOx-gegevens uit Tabel 2 gegeven en is per meetinstantie de gemiddelde NOx emissiefactor berekend, waarbij er rekening mee gehouden is dat de DeNOx installatie (indien aanwezig) niet altijd is ingeschakeld bij WKK bedrijf.

Tabel 3 Gemiddelde NOx emissiefactor voor de WKKs

Meet- instantie	NOx emissiefactoren WKKs			
	zonder deNOx [g/GJ]	na deNOx [g/GJ]	Deel WKK tijd met deNOx [-]	Gemiddeld WKK [g/GJ]
WUR	84	14	0,5	66
DCMR	151	17	0,39	100
KEMA	203	11	-	-
<b>Gewogen gemiddelde</b>	<b>155</b>	<b>15</b>	<b>0,46</b>	<b>90</b>

Uit Tabel 3 volgt, dat de gemiddelde tijd, dat DeNOx bij een WKK ingeschakeld is ca. 45% bedraagt van de WKK bedrijfstijd in de jaren rond 2010.

Rekening houdend met de het verschil tussen WKK-bedrijf met en zonder deNOx wordt als gewogen gemiddelde voor de 43 bij deze studie betrokken WKK's een NOx emissiefactor voor de WKK's in de glastuinbouw vastgesteld van ca. 90 g/GJ voor de situatie rond 2010.

## 2.3 De NOx-emissiefactor voor gasgestookte ketels in de glastuinbouw

Alleen in het DCMR rapport [2] staan gegevens over de gasgestookte ketels in de glastuinbouw, waaruit blijkt, dat de gemiddelde NOx-emissiefactor voor de ketels bij de geselecteerde bedrijven rond 2010 ca. 15 g/GJ bedroeg.

## 2.4 Het verloop van de gemiddelde NOx-emissiefactor voor de glastuinbouw

Er zijn een aantal ontwikkelingen betreffende de energiesituatie, de regelgeving en de technologie in de glastuinbouwsector, die invloed hebben op de toekomstige NOx-emissie en de NOx-emissiefactoren van gasgestookte installaties:

- Energiesituatie

Verwacht wordt, dat het gasgebruik van de WKK's in de landbouw en tuinbouw tot 2040 ongeveer gelijk blijft (ca. 96,5 PJ) [6].

Eventuele uitbreidingen van het glastuinbouw areaal worden waarschijnlijk gecompenseerd door energie-efficiency verbetering en toenemend gebruik van duurzame energie (oa. zon, wind, geothermie en biogas).

In het kader van het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren [7] is afgesproken, dat de glastuinbouw in 2020 d.m.v. duurzame energie voorziet in 20% van de energiebehoefte, waarbij verbranding van aardgas nog voorziet in 80% van de energiebehoefte. Op langere termijn streeft de sector ernaar dat nieuwe kassen na 2020 onafhankelijk zijn van fossiele brandstof.

Hierbij wordt opgemerkt, dat verbranding van door de sector geproduceerd biogas weliswaar geen bijdrage levert aan het broeikas effect, maar dat verbranding van biogas in WKK's wel NO<sub>x</sub>-emissies tot gevolg hebben, die anders zijn dan geldt voor verbranding van aardgas. Voor het vaststellen van de toekomstige NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor het verbranden van de totale hoeveelheid aardgas en biogas in de sector wordt hierbij aangenomen dat in 2020 ongeveer de helft van de duurzame energie afkomstig is van biogas, dus 10% van de energiebehoefte voor verbranding.

- Regelgeving

In Tabel 4 zijn de naar NO<sub>x</sub>-emissiefactoren omgerekende emissiegrenswaarden opgenomen, die vanaf april 2010 van kracht zijn voor nieuwe middelgrote stookinstallaties volgens BEMS [8], die gebruikt (zullen) worden in de glastuinbouw. De grenswaarden gelden vanaf 1 januari 2017 (in enkele gevallen 2019) ook voor alle bestaande middelgrote stookinstallaties.

Tabel 4 NO<sub>x</sub>-emissie-eisen en emissiefactoren middelgrote stookinstallaties

Stookinstallatie	NO <sub>x</sub> -emissie-eisen [mg/Nm <sup>3</sup> ]	NO <sub>x</sub> -emissie-factor [g/GJ]
Ketels op alle gasvormige brandstoffen (> 1 MW <sub>th</sub> )	70	20
Gasmotoren (zuigermotoren):		
. gasvormige brandstof m.u.v. biogas (< 2,5 MW <sub>th</sub> )	340	100
. gasvormige brandstof m.u.v. biogas (> 2,5 MW <sub>th</sub> )	100	30
. biogas	340	100

Een moderne aardgasgestookte WKK met SCR katalysator kan voldoen aan een NO<sub>x</sub>-emissie van 20 g/GJ [10].

Uit Tabel 4 blijkt, dat de NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor gasmotoren van o.a. WKK-installaties > 2,5 MW<sub>th</sub> bij verbranding van biogas meer dan 3 maal zo hoog is als voor aardgasgestookte gasmotoren. In [9] wordt hierover opgemerkt, dat "VROM de emissiegrenswaarden voor aardgasmotoren met een thermisch vermogen kleiner dan 2,5 MW en biogasmotoren gelijk wil trekken met de eisen voor aardgasmotoren met een thermisch vermogen van 2,5 MW en meer".

- Technologische ontwikkelingen

In de praktijk zal een aardgasgestookte WKK na 1 januari 2017 altijd met een katalysator in bedrijf zijn (hetgeen nu niet het geval is) [11].

Aangezien de huidige aardgasgestookte WKK's vooral in de jaren 2006 – 2009 geplaatst zijn zullen deze in verband met een gemiddelde levensduur van 10 tot 15 jaar in de periode 2016 – 2024 vervangen moeten worden [12]. Voor kleine aardgasmotoren tot ca. 2,5 MW<sub>th</sub> is er geen technische belemmering om te voldoen aan de NO<sub>x</sub>-eis van 100 mg/Nm<sup>2</sup>. Overwogen kan worden om voor deze stookinstallaties op termijn een emissie-eis van 140 mg/Nm<sup>3</sup> (omgerekend 40 g/GJ) aan te houden [9].

Ook biogasmotoren kunnen voldoen aan de NO<sub>x</sub>-emissie-eis van 100 mg/Nm<sup>3</sup>. Voor kleine biogasmotoren (1 MW<sub>e</sub> / 2,5 MW<sub>e</sub>) kan overwogen worden ook een emissie-eis van 140 mg/Nm<sup>3</sup> (40 g/GJ) aan te houden en

deze voor nieuwe biogasmotoren niet eerder in werking te laten treden dan 2016 [9].

Op grond van bovenstaande overwegingen is in het bovenste deel van Tabel 5 de toekomstige ontwikkeling van de NO<sub>x</sub>-emissiefactoren voor de stookinstallaties in de glastuinbouw geschetst. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen NO<sub>x</sub>-emissiefactoren voor ketels, WKK's met en zonder ingeschakelde deNO<sub>x</sub>, zowel voor aardgas als biogas. In eerste instantie zijn als richtjaren de jaren 2010 (vanwege de meetgegevens uit die jaren), 2016/2017 (vanwege het in 2017 moeten voldoen aan strengere NO<sub>x</sub>-emissie-eisen) en 2020 (vanwege de dan substantiële inzet van biogas) gekozen met vervolgens een blik op 2024.

In het onderste deel van Tabel 5 is voor dezelfde richtjaren de verwachte verdeling aangegeven van het gasverbruik (aardgas en biogas) over de verschillende te onderscheiden stookinstallaties. Vervolgens zijn voor de tussenliggende jaren de verdelingen bepaald door interpolatie.

Tot slot is op basis van de verschillende emissiefactoren en de verdeling van de energiedragers het verloop van de gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor over de jaren berekend en opgenomen in de laatste regel van Tabel 5. De NO<sub>x</sub>-emissiefactor heeft betrekking op de totale energie-inhoud op basis van onderwaarde (GJ) van de verbruikte gasvormige brandstoffen (aardgas en biogas).

Tabel 5 Verwacht verloop van de NO<sub>x</sub>-emissiefactoren voor de glastuinbouw

Prognose NO <sub>x</sub> -emissiefactoren	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	...	2024
<b>WKK's</b>													
. Aardgasgestookt (na deNO <sub>x</sub> ) [g/GJ]	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		15
. Aardgasgestookt (geen deNO <sub>x</sub> ) [g/GJ]	155	155	155	155	155	155	155	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.
. Biogasgestookt [g/GJ]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	100	80	60	40		30
<b>Ketels</b>													
. Aardgas [g/GJ]	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14		10
. Biogas [g/GJ]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	20	20	20	20		20
<b>Gemiddelde verdeling gasverbruik</b>													
. Deel aardgasgebruik in ketels	0,22	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15			0,1		0,1
. Deel aardgasverbruik in WKKs	0,78	0,79	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85			0,9		0,9
... deel tijd met ingeschakelde deNO <sub>x</sub>	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	1			1		1
... deel tijd zonder deNO <sub>x</sub>	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	n.v.t.			n.v.t.		n.v.t.
Deel aardgas vervangen door biogas	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0			0,1		0,25
<b>Gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor [g/GJ]</b>	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>85</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>17</b>		<b>17</b>

Het verwachte verloop van de NO<sub>x</sub>-emissiefactoren is hierbij gebaseerd op de volgende aannamen:

- De huidige aardgasgestookte WKK's voldoen met ingeschakelde deNO<sub>x</sub> (SCR) al aan de NO<sub>x</sub>-eisen, die in 2017 van toepassing zijn.
- Vanaf 2017 zijn alle gasgestookte WKK's voorzien van deNO<sub>x</sub>, die in bedrijf is als de WKK in bedrijf is. Tot die tijd zal de deNO<sub>x</sub> alleen in bedrijf zijn als er in CO<sub>2</sub>-vraag ten behoeve van de groei in de kassen nodig is.
- Pas vanaf 2017 zal het stoken WKK's met biogas in plaats van aardgas substantieel worden en in 2020 voorzien in 10% van de energiebehoefte.

Hierbij wordt er vanuit gegaan, dat de (nieuwe) biogasgestookte WKK's en ketels vanaf dan voldoen aan een NO<sub>x</sub>-emissiefactor van 40 g/GJ (140 mg/Nm<sup>3</sup>).

- Omdat het gasverbruik van de ketels in de sector nu al veel minder is dan van de WKK's en dit in de toekomst nog minder wordt door de inzet van geothermie en het verschil in emissiefactor tussen stoken op aardgas of biogas beperkt is is een eventuele overschakeling van de ketels op biogas niet meegenomen.
- Op de langere termijn (2024) zou de NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor aardgasgestookte ketels door nog strengere regelgeving teruggebracht kunnen worden tot 10 g/GJ, wat bereikt kan worden met voorgemengde Low-NO<sub>x</sub> branders. Omdat er bij biogasgestookte WKK's en ketels geen technologische belemmeringen zijn om te voldoen aan een emissie-eis van 100 mg/Nm<sup>3</sup> (30 g/GJ) zou de NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor deze stookinstallaties in 2024 kunnen worden teruggebracht naar 30 g/GJ.

Om te komen tot een gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor de sector als geheel en het verloop daarvan in de toekomst zijn aannamen nodig met betrekking tot de verdeling van het aardgasverbruik (en op de langere termijn ook het biogas) tussen de verschillende stookinstallaties:

- 2010: Op 30% van het glastuinbouwareaal is geen WKK aanwezig [13] (dus vindt bij die bedrijven de verwarming vrijwel uitsluitend plaats met gasgestookte ketels). Ca. 78% van het aardgas is in 2011 verbruikt door WKK's en de rest door ketels [14]. Tijdens de bedrijfstijd van een WKK is de DeNO<sub>x</sub> gemiddeld minder dan de helft van de tijd ingeschakeld (om ureum te besparen). Deze situatie blijft waarschijnlijk bestaan tot en met 2016, omdat pas in 2017 de deNO<sub>x</sub> altijd zal zijn ingeschakeld om te voldoen aan de dan geldende strengere emissie-eisen. Wel zal het glastuinbouwareaal zonder WKK's waarschijnlijk tussen 2010 en 2017 geleidelijk afnemen.
- 2017: Het tuinbouwareaal zonder WKKs is door installatie van WKKs afgenomen, waardoor het percentage van het aardgasverbruik van de sector dat in WKKs wordt verstoekt is opgelopen tot ca. 85% (het percentage dat in 2010 van toepassing was op de bedrijven met WKK's). Nog maar 15% wordt dan verstoekt in ketels. Alle WKK's zijn voorzien van deNO<sub>x</sub> en worden alleen met ingeschakelde deNO<sub>x</sub> bedreven. Er wordt nog maar zeer beperkt gebruik gemaakt van zelf geproduceerd biogas.
- 2020: Het tuinbouwareaal zonder WKKs is door installatie van WKKs en geothermie verder afgenomen, waardoor het percentage van het aardgasverbruik van de sector dat in WKKs wordt verstoekt is opgelopen tot ca. 90%. Nog maar 10% wordt dan verstoekt in ketels. Alle WKK's zijn voorzien van deNO<sub>x</sub> en worden alleen met ingeschakelde deNO<sub>x</sub> bedreven. Zelf opgewekt biogas vervangt ca. 10% van het aardgas voor verbranding in zowel WKKs als ketels.

Uit Tabel 5 blijkt, dat de gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor de glastuinbouw:

- Voor de jaren tussen 2010 en 2016 waarschijnlijk geleidelijk toeneemt van ca. 80 tot ca. 85 g/GJ, wat vooral een gevolg is van een verdere verschuiving van het aardgasverbruik in ketels naar aardgasverbruik door WKK's.
- Rond 1 januari 2017 neemt de NO<sub>x</sub>-emissiefactor in principe plotseling af van ca. 85 naar ca. 15 g/GJ, omdat de WKK's dan niet meer zonder deNO<sub>x</sub> bedreven mogen worden om aan de strengere eisen te voldoen.

- Tussen 2017 en 2020 neemt de NO<sub>x</sub>-emissiefactor vermoedelijk weer geleidelijk toe als gevolg van verder toenemend gebruik van WKK's t.o.v. ketels en substantiële toename van eigen productie en gebruik van biogas dat bij verbranding meer NO<sub>x</sub>-emissie geeft dan aardgas. Voor het scenario 2020 geldt, dat de grootste bijdrage aan de gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor (ca. 70%) afkomstig is van verbranding van aardgas in WKK's.
- Door de verdere verlaging van de NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor biogasgestookte WKK's naar 30 g/GJ in 2024 zal de gemiddelde NO<sub>x</sub>-emissiefactor iets afnemen, maar als gelijktijdig het percentage verstookte biogas t.o.v. het totale gasverbruik (aardgas + biogas) tussen 2020 en 2024 toeneemt tot bijvoorbeeld 20% dan wordt de afname weer teniet gedaan.

Als de geschatte gemiddelde 'nieuwe' NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor de glastuinbouw als geheel voor het jaar 2012 (82 g/GJ) wordt vergeleken met de in de Emissieregistratie voor dat jaar gebruikte 'oude' emissiefactor van 72 g/GJ, dan blijkt, dat de 'nieuwe' NO<sub>x</sub>-emissiefactor bijna 15% hoger is dan de 'oude'.





## 3 NOx-emissiefactoren voor huishoudens

### 3.1 Inleiding huishoudens

De in TNO rapport R 2002/042 [1] opgenomen NOx emissiefactoren voor huishoudens zijn voor de jaren t/m 2005 gebaseerd op gegevens van de NOx emissies van de rond het jaar 2000 op de markt zijnde huishoudelijke processen/apparaten (waarin aardgas wordt verbrand), de verwachte NOx reducties van toekomstige processen/apparaten en de implementatiegraad van de processen en apparaten. Het gaat bij deze processen/apparaten om verschillende typen toestellen voor de verschillende huishoudelijke functies (ruimteverwarming, warmwatervoorziening en koken). Vervolgens zijn toen ten behoeve van het Project Emissieregistratie NOx-emissiefactoren voor de verschillende huishoudelijke functies vastgesteld voor de jaren tot en met 2013. De in [1] opgenomen ('oude') NOx-emissiefactoren zijn opgenomen in bijlage 1.

Er is nu behoefte aan een update van de NOx-emissiefactoren en een inschatting van de toekomstige verandering hierin.

Bij de bepaling van 'nieuwe' NOx emissiefactoren voor huishoudens is gebruik gemaakt van openbare literatuurgegevens, waarbij de volgende aanpak is gehanteerd:

- Verzamelen van vastgestelde NOx-emissiefactoren voor de verschillende huishoudelijke toestellen, waarbij aardgas wordt verbrand, en het op basis hiervan vaststellen van nieuwe NOx-emissie factoren (in g/GJ) voor het toestellenbestand in de periode tussen 2000 en 2012.
- Het op grond van literatuurgegevens inschatten van de NOx-emissiefactoren voor nieuw op de markt te verschijnen toestellen voor de periode tussen 2012 en 2024.
- Het vaststellen van de relatieve verdeling van het totale bestand aan gebruikte type toestellen per functie en de verwachte verandering hierin tot het jaar 2024.
- Het vaststellen van de ouderdom van de in een bepaald jaar in gebruik zijnde toestellen en een inschatting hiervan voor de toekomst.
- Het berekenen van gemiddelde NOx-emissiefactoren voor de verschillende typen toestellen voor de periode tussen 2000 en 2024.
- Het voor de periode 2000 tot 2024 berekenen van de gemiddelde NOx-emissiefactoren voor de verschillende huishoudelijke functies (ruimteverwarming, warmwatervoorziening en koken) op basis van de verdeling van de verschillende typen toestellen per functie en de bijbehorende NOx-emissiefactoren voor de betreffende apparaten.

### 3.2 De nieuwe NOx-emissiefactoren voor gasegestookte huishoudelijke apparaten

De in de literatuur gevonden gegevens over de NOx-emissies en NOx-emissiefactoren voor de verschillende typen huishoudelijke apparaten zijn opgenomen in bijlage 2. Uit de beschikbare gegevens blijkt, dat er relatief veel gegevens beschikbaar zijn voor de richtjaren 2000, 2006 en 2012, die dan ook gekozen zijn voor het maken van een tijdreeks.

Per richtjaar is een NOx-emissiefactor afgeleid voor het totale apparatenbestand in dat jaar en een emissiefactor voor de relatief nieuwe apparaten, die in de voorgaande 6 jaar op de markt zijn gekomen.

In een aantal gevallen zijn de NOx-gegevens niet beschikbaar in de vorm van de gewenste NOx-emissiefactor (in g/GJ), maar als NOx-concentratie in de verbrandingsgassen. Deze zijn dan voor aardgas omgerekend naar een NOx-emissiefactor op basis van de omrekeningsfactor [8]: 0,28 g NOx/GJ per mg NOx/Nm<sup>3</sup>.

In Tabel 6 zijn de NOx-emissiefactoren voor nieuwe toestellen samengevat. In de laatste kolom is de prognose voor nieuwe toestellen in 2018 opgenomen.

Tabel 6 NOx-emissiefactoren voor huishoudelijke apparaten

Apparaten	NOx-emissiefactoren [g/GJ]		
	aanschaf 2002-2006	Nieuw in 2009	Prognose nieuw 2018
<u>Verwarmingketels</u>			
. HR-ketels (+ combi)	13	9	8
. VR-ketels	39	39	-
. CR-ketels (conventioneel)	50	50	-
. Gaskachels (lokaal)	71	71	
<u>Warmwatertoestellen</u>			
. Combi-tap/vat	13	9	8
. Bad- en keukengeiser	42	42	-
. Gasboiler	57	57	-
<u>Koken</u>			
. Gasfornuis	57	57	57

Uit Tabel 6 volgt voor de verwarmingsketels, dat de NOx-emissiefactoren in de periode tussen 2002 en 2009 voor nieuwe HR-ketels lager zijn geworden en voor VR- en CR-ketels en gaskachels onveranderd zijn gebleven. Aangenomen wordt, dat de NOx-emissiefactor voor nieuwe HR-ketels in 2018 nog wat lager zal zijn (prognose).

Een nadere toelichting wordt onderstaand gegeven met een onderbouwing van de samenstelling van het toestellenbestand voor de richtjaren (zie ook het volgende hoofdstuk).

#### Ruimteverwarmingstoestellen

Voor de periode tot 2024 is van belang, dat overeenkomstig de 'Eco-design Directive' [22] alle ruimteverwarmingstoestellen en combinatieverwarmingstoestellen met brandstof gestookte ketel op gasvormige brandstoffen vanaf 26 september 2018 moeten voldoen aan een NOx-emissie van 56 mg/kWh brandstofinput in termen van bovenste verbrandingswaarde (GCV). Dit komt overeen met 15,6 g/GJ. Uit Tabel 6 volgt, dat de huidige generatie HR-ketels en HR-combiketels al ruimschoots aan deze eis voldoen en er wat dat betreft geen ontwikkelingen nodig zijn om tot een verdere NOx-reductie bij nieuwe generaties HR-ketels te komen. Toch zal dat naar verwachting vanuit concurrentie-overwegingen nog het geval zijn.

Nieuwe VR-ketels konden in 2006 niet voldoen aan de NO<sub>x</sub>-eis voor 2018 en zullen van de markt verdwijnen [18]. Hetzelfde geldt voor de CR-ketels, die vanwege het lage energierendement nu al nauwelijks meer verkocht worden. Voor de VR- en CR-ketels is aangenomen, dat de NO<sub>x</sub>-emissiefactor hiervan sinds 2000 niet is veranderd.

#### Warmwatertoestellen

Voor de huishoudens, die in hun warmwaterbehoefte voorzien door middel van een HR-combiketel geldt voor de warmwatervoorziening in principe dezelfde NO<sub>x</sub>-emissiefactor als voor de ruimteverwarming (zelfde toestel), hetgeen ook in toekomst het geval zal zijn. Omdat er de laatste jaren vanwege het hoge rendement op grote schaal wordt overgestapt op HR-combiketels zullen de geisers en gasboilers geleidelijk uit de huishoudens verdwijnen en is er geen noodzaak nieuwe geisers en gasboilers te ontwikkelen, die kunnen voldoen aan de nieuwe eco-design eis. Er is dan ook aangenomen, dat de NO<sub>x</sub>-emissiefactor van deze toestellen sinds 2000 niet is veranderd.

#### Koken

Over de NO<sub>x</sub>-emissie van gasfornuizen zijn via een internetsearch weinig recente gegevens gevonden. Alleen in een rapport uit 2002 [21] wordt ingegaan op verbeteringen, die kunnen leiden tot een significant lagere NO<sub>x</sub> emissie. Dit zou dan mogelijk zijn door een aanpassing van de gasvlam, waardoor de temperatuur van de vlam verlaagd wordt. Uit metingen in het laboratorium zou blijken, dat de NO<sub>x</sub>-emissie hiermee zelfs met meer dan 90% zou kunnen worden verminderd. De NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor een standaard gasfornuis was bij deze experimenten ca. 42 g/GJ, wat meer dan 20% lager is dan de tot nu toe in de Emissieregistratie gehanteerde waarde van 57 g/GJ.

### **3.3 De verdeling van de verschillende typen apparaten per huishoudelijke functie**

De verdeling van de verschillende typen verwarmingstoestellen per huishoudelijke functie zijn ontleend aan de module Energie WoON 2012 [23] en gegevens van [25] en zijn samengevat in Tabel 7 voor de jaren 2000, 2006 en 2012. Vervolgens is op basis van deze tijdreeks voor de jaren 2018 en 2024 ingeschat wat de toekomstige verdeling zou kunnen zijn als rekening gehouden wordt met de in het vorige hoofdstuk vermelde trends. De in Tabel 7 opgenomen verdeling voor de ruimteverwarming en de warmwatervoorziening wordt in de volgende paragrafen toegelicht.

Wat betreft de gasgestookte kooktoestellen gaat het in de huishoudens alleen nog om gasfornuizen. Koken op gas wordt langzaam vervangen door elektrisch (bv. inductie en waterkokers). Gasgestookte ovens worden steeds meer vervangen door elektrische ovens en microgolfovens. Hierdoor neemt het aandeel van het koken in het aardgasgebruik per huishouden af. Hoewel verbetering van de NO<sub>x</sub>-emissiefactor voor koken op gas mogelijk is [21] wordt er vanwege de beperkte bijdrage van het koken (ca. 3%) aan het huishoudelijk gasverbruik niet vanuit gegaan dat nieuwe gasfornuizen een significant lagere NO<sub>x</sub>-emissie zullen hebben.

Tabel 7 Verdeling van toestellen/systemen per huishoudelijke functie

Toestellen/systemen	Verdeling van typen per functie				
	2000	2006	2012	2018	2024
<u>Ruimteverwarming</u>					
. HR-ketels	0,30	0,55	0,72	0,84	0,77
. VR-ketels	0,39	0,21	0,11	0	0
. CR-ketels	0,09	0,05	0,02	0	0
. Gaskachels (lokaal)	0,11	0,08	0,03	0,01	0
. Collectieve ketels	0,08	0,08	0,07	0,05	0,03
. Collectief (niet-aardgas)	0,03	0,03	0,05	0,1	0,2
<u>Warmwater</u>					
. Combi-tap/vat	0,62	0,78	0,87	0,93	0,97
. Bad- en keukengeiser	0,30	0,15	0,08	0,04	0,02
. Gasboiler	0,03	0,02	0,01	0,01	0
. Collectieve ketel	0,05	0,05	0,03	0,02	0,01
<u>Koken</u>					
. Gasfornuis	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

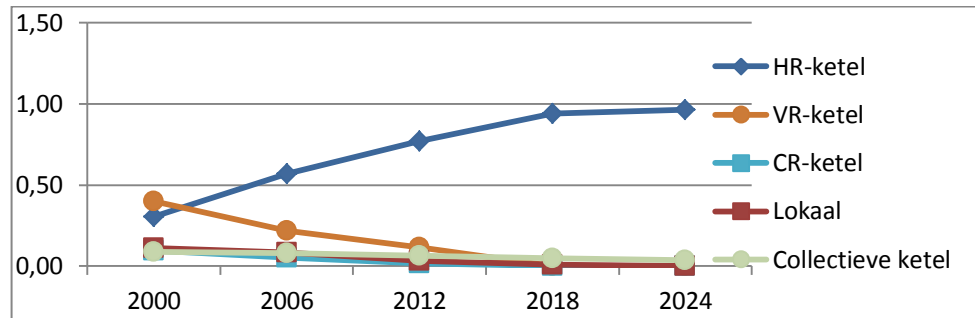
### 3.3.1 Verdeling in (gasgestookte) ruimteverwarmingstoestellen

Voor de 'Collectieve/warmtelevering' systemen voor ruimteverwarming is niet bekend bij welk deel hiervan de geleverde warmte niet afkomstig is van verbranding van aardgas (maar bv. bodemwarmte). In deze studie is er vanuit gegaan, dat het in 2012 nog om een verwaarloosbaar deel ging. Bij deze groep van systemen gaat het over het algemeen om een veel groter verwarmingsvermogen dan bij individuele ruimteverwarming. Doordat HR-ketels bij grotere vermogens kosten-effectiever zijn dan bij kleinere vermogens zullen de 'Collectieve/warmtelevering' systemen in 2012 waarschijnlijk al grotendeels gebaseerd zijn geweest op aardgasgestookte HR-ketels.

In de toekomst zal de collectieve warmtelevering voor ruimteverwarming aan huishoudens door middel van alternatieve warmtebronnen (niet-aardgas) toenemen. In 2006 was bij 3% van de huishoudens de ruimteverwarming afkomstig van alternatieve warmtebronnen, terwijl dat in 2012 was toegenomen tot 5% [25]. Aangenomen is dat dit verder zal toenemen tot 10% in 2018 en 20% in 2024 en dat het gebruik van aardgasgestookte ketels voor collectieve verwarming zal afnemen tot 3% in 2024.

Aan de hand van Figuur 1 wordt de prognose voor de verdeling van de ruimteverwarming over de verschillende typen gasgestookte ketels toegelicht.

Voor de jaren tot en met 2012 is de in Tabel 7 gegeven verdeling tussen de verschillende typen gasgestookte ketels gecorrigeerd voor de ruimteverwarming op basis van alternatieve verwarmingsbronnen (niet aardgas). De gecorrigeerde verdeling tussen de typen is opgenomen in Figuur 1 voor de jaren tot en met 2012.



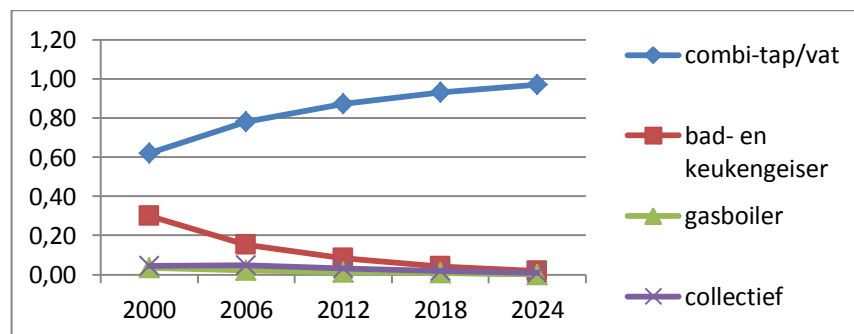
Figuur 1 Relatieve verdeling van gasgestookte ruimteverwarmingstoestellen

De verdeling tussen de verschillende typen in de jaren 2018 en 2024 is vervolgens gebaseerd op de waargenomen trends, waarbij uitgegaan is van de volgende aannamen:

- Alle VR- en CR-ketels zullen in 2018 vervangen zijn door HR-ketels;
- Vanaf 2012 worden er alleen nog HR-ketels in nieuwe woningen geplaatst als er individuele verwarming nodig is.
- Lokale verwarming als hoofdverwarming komt in 2024 niet meer voor.
- Collectieve ruimteverwarming afkomstig van gasgestookte ketels zal afnemen en bij vervanging zullen dat nieuwe HR-ketels zijn (de collectieve ruimteverwarmingsvoorziening via warmtenetten, die niet gevoed worden met warmte afkomstig van de verbranding van aardgas, zal naar verwachting sterk toenemen).

### 3.3.2 Verdeling in gasgestookte warmwatertoestellen

Aan de hand van Figuur 2 wordt de prognose voor de verdeling voor de jaren 2018 en 2024 toegelicht.



Figuur 2 Relatieve verdeling van gasgestookte warmwatertoestellen

Bij het opstellen van de prognose is er voor het bestand in 2018 en 2024 vanuit gegaan, dat door de opkomst van de combiketels de bad- en keukengeiser en de gasboiler van de markt verdwijnen en in 2024 zullen zijn vervangen door warmwatervoorziening uit HR-combiketels.

### 3.4 Het verloop van de gemiddelde NOx-emissiefactor per huishoudelijke functie

Het bestand aan gasgestookte huishoudelijke toestellen in een bepaald jaar is opgebouwd uit toestellen die in de jaren daarvoor zijn aangeschaft. Vooral voor de verwarmingsketels geldt, dat de NOx-emissies door een beter ontwerp steeds verder zijn afgenomen en dat nieuwe ketels in 2018 moeten voldoen aan de Europese eis van 15,6 g/GJ. Voor het vaststellen van de NOx-emissiefactor voor het bestand in een bepaald jaar moet dus rekening gehouden worden met de ouderdom van de toestellen. Voor gasgestookte ketels ligt de gemiddelde levensduur tussen een economische levensduur van ca. 12 jaar en een technische levensduur van ca. 20 jaar. Voor het vaststellen van de NOx-emissiefactoren voor het bestand in een bepaald jaar is uitgegaan van een vervangingstermijn van gemiddeld 15 jaar.

Voor het ketelbestand van:

- 2012 betekent dit, dat 40% (=6/15) van de toestellen is aangeschaft in de periode tussen 2006 en 2012 en dat 60% vóór 2006 is aangeschaft;
- 2018 geldt ongeveer het volgende:
  - o Van de huishoudens, die in 2012 al een HR-ketel hadden, zal eveneens 40% in de periode 2012 tot 2018 een nieuwe HR-ketel hebben aangeschaft;
  - o Vrijwel alle huishoudens, die in 2012 nog een VR- of een CR-ketel hadden zullen deze in 2018 vervangen hebben door een HR-ketel;
  - o Voor de toename van het aantal huishoudens in de periode tussen 2012 en 2018 (ca. 50.000 per jaar [24]) geldt, dat deze HR-ketels zullen installeren.Dit komt neer op in totaal ca. 3 miljoen nieuwe HR-ketels in de periode 2012 tot 2018 ofwel ca. 40% van het verwachte aantal huishoudens in 2018.
- 2024 betekent dit, dat 40% (=6/15) van de toestellen is aangeschaft in de periode tussen 2018 en 2024 en dat 60% vóór 2018 is aangeschaft.

Voor de richtjaren 2012, 2018 en 2024 geldt bij een vervangingstermijn van 15 jaar dus dat ongeveer 40% is aangeschaft in de 6 jaar vóór het richtjaar en 60% ouder is dan 6 jaar.

Op grond van deze verdeling en de in de tijd veranderende NOx-emissiefactor is een gemiddelde NOx-emissiefactor berekend voor de richtjaren 2012, 2018 en 2024. Op basis van de in Tabel 5 opgenomen NOx-emissiefactoren voor de aanschaf in de verschillende perioden en bovenstaande verdeling tussen 'oud' en 'nieuw' zijn de gemiddelde NOx-emissiefactoren voor de richtjaren opgenomen in Tabel 8. Vervolgens zijn voor de jaren tussen 2006 en 2018 door lineaire interpolatie de NOx-emissiefactoren voor ieder jaar berekend. De resultaten hiervan zijn tevens opgenomen in Tabel 8.

Tabel 8 Nieuwe NOx-emissiefactoren voor huishoudelijke gasgestookte toestellen

Huishoudelijke toestellen	NOx-emissiefactoren huishoudelijke gasgestookte toestellen [g/GJ]														
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	..	2024
<b>Hoofdverwarming</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>15</b>		<b>12</b>
. HR-ketels	24	23	23	22	21	21	20	19	18	17	16	15	14		12
. VR-ketels	53	52	52	51	50	50	49	47	46	44	42	41	39		39
. CR-ketels	60	58	57	55	53	52	50	50	50	50	50	50	50		50
. Gaskachels	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71		71
<b>Warmwater</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>15</b>		<b>13</b>
. Combi-tap/vat	24	23	23	22	21	21	20	19	18	17	16	15	14		12
. Bad-/keukengeiser	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42		42
. Gasboiler	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57		57
. Collectief (HR)	24	23	22	21	20	19	18	17	17	16	15	15	14		12
<b>Koken (gasfornuis)</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>		<b>57</b>

Uit Tabel 8 blijkt verder, dat in de periode tussen 2012 en 2018 de NOx-emissiefactor voor:

- de hoofdverwarming nog ongeveer 40% lager zal worden;
- de warmwatervoorziening nog ongeveer 30% lager zal worden;
- het koken ongeveer gelijk zal blijven.

Aangezien de individuele huishoudelijke ruimteverwarming en warmwatervoorziening de komende jaren in toenemende mate door middel van gasgestookte HR-combiketels verzorgd zal worden en het aandeel van het aardgasverbruik voor het koken beperkt zal blijven (nu ca. 3%) zal de gemiddelde NOx-emissiefactor voor het aardgasgebruik door de huishoudens steeds meer overeen gaan komen met die van de hoofdverwarming door gasgestookte ketels.

Uit vergelijking van de 'nieuwe' NOx-emissiefactoren voor de hoofdverwarming met de 'oude' NOx-emissiefactoren uit bijlage 1 blijkt, dat voor het jaar 2012 de 'nieuwe' NOx-emissiefactor voor de hoofdverwarming (ruimteverwarming) bijna 15% lager is dan de 'oude'.





## 4 Referenties

- [1] Vercammen, E.L.J.; Monitoringsprotocol Bijschatting: Stationaire NOx bronnen kleiner dan 20 MW<sub>th</sub>. Rapport TNO-MEP – R 2002/042.
- [2] Luchtemissies in de Glastuinbouw – Een onderschatte NOx bron. DCMR Rijnmond, 2012.
- [3] Emissies uit de WKK installaties in de glastuinbouw – Methaan, etheen en NOx concentraties in rookgassen voor CO<sub>2</sub> dosering. Wageningen UR Glastuinbouw, Nota 505, 2008.
- [4] Hydrocarbon emissions from gas engine CHP-units 2011 measurement program. KEMA rapport 74100741-GCS 12-1002, 2012.
- [5] Telefonische mededeling Ard van Eck (Arcadis Nederland BV, Rotterdam), december 2013.
- [6] Volkers, C. (2013): Nieuwste inzichten Nederlands gasverbruik. Externe notitie ECN-N-13-028, juli 2013.
- [7] Convenant Schone en zuinige agrosectoren (versie 3-12-2008). Ministerie van Economische Zaken.
- [8] Groot, G.M. de (2010): BEMS – Emissie-eisen voor middelgrote stookinstallaties. RIVM Briefrapport 609021107/2010, oktober 2010.
- [9] Plomp, A.J. (2013): De mogelijke aanscherping van vijf eisen in het Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties. Rapport ECN-E—13-029, mei 2013.
- [10] Koolwijk, E.M. (2010): WKK en bioWKK in de glastuinbouw. TVVL Magazine, 06, 2011 Duurzame Energie.
- [11] Kamminga, H. (2010): Nieuwe emissie-eisen geen belemmering voor tuinbouw-WKK. Vakblad voor de Bloemisterij, 22, 2010.
- [12] Velden, N. van der (2013): Groei elektriciteitsconsumptie glastuinbouw – Hoe verder? LEI rapport 2013-022, april 2013.
- [13] In perspectief – Over de toekomst van de Nederlandse agrosector. LEI-rapport 2011-051, december 2011.
- [14] Velden, N. van der (2012): Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2011. LEI-rapport 2012-059, december 2012.
- [15] Roeterdink, W.G. (2010); Gas-, hout- en oliegestookte ketels – NEC en fijn stof emissies van ketels met een vermogen van minder dan 1 MW<sub>th</sub>. Rapport ECN-E—10-115.

- [16] Smeets, W.L.M. (2004); Potentieel effect op emissies van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NMVOS en PM<sub>10</sub> en kosten van door VROM aangedragen beleidsopties. RIVM rapport 725501008/2004.
- [17] Nefit documentatie: TopLine HR ([www.nefitzakelijk.nl](http://www.nefitzakelijk.nl))
- [18] Bijlage bij Optiedocument 2010/2020, NOx-HH-01 versie 13 maart 2006.
- [19] Intergas documentatie: Technische gegevens Intergas VR staande cv-ketel Low NOx.
- [20] Project Emissieregistratie. RIVM.
- [21] Silversand, F.A. (2002); Catalytic combustion in gas stoves – feasibility study. Svenskt Gastekniskt Center rapport SGC 121, April 2002.
- [22] Eco-design Directive (Richtlijn 2009/125/EG); Eisen inzake ecologisch ontwerp voor ruimteverwarmingstoestellen en combinatieverwarmingstoestellen.
- [23] Tigchelaar, C. (2013); Energiebesparing: Een samenspel van woning en bewoner – Analyse van de module Energie WoON 2012. Vertrouwelijk Rapport ECN-E—13-037, ECN/RIGO.
- [24] Prognose aantal huishoudens naar grootte. Rijksoverheid ([www.cowb.datawonen.nl](http://www.cowb.datawonen.nl)).
- [25] Cijfers over Wonen en Bouwen 2013. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties ([www.cowb.datawonen.nl](http://www.cowb.datawonen.nl)).

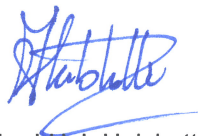
## 5 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever  
RIVM - CMM Emissieregistratie  
Antonie van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA BILTHOVEN

Naam en functies van de medewerkers: n.v.t.

Periode waarin het onderzoek plaatsvond  
November 2013 – Maart 2014

Naam en paraaf tweede lezer



Ir. J.H.J. Hulskotte

Ondertekening



Ir. H.J.G. Kok  
Auteur

Autorisatie vrijgave



Ir. R.A.W. Albers MPA  
Research Manager



## A Oude' NOx-emissiefactoren [1]

Gasgestookte installaties	NOx emissiefactoren (g/GJ)							
	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012
<b>Glastuinbouw</b>				97	88	77	74	72
<i>Verwarmingsketels</i>	64	64	63					
<i>WKK-installaties</i>	286	276	276					
<b>Huishoudelijk aardgasgebruik</b>				42	36	33	30	29
<i>Ruimteverwarmingstoestellen</i>								
. Collectief	57	57	57					
. CV-ketel (VR)	57	57	55					
. CV-ketel (HR)	31	31	30					
. Lokaal	71	71	71					
. Blok	57	57	57					
<i>Warm water</i>								
. Keukengeijser	43	43	43					
. Badgeiser	40	40	40					
. Combi-tap	48	46	43					
. Combi-vat	48	46	43					
. Gasboiler	57	57	57					
<i>Koken</i>								
. Kooktoestel (Gasfornuis)	57	57	57					



## B Literatuurgegevens over NO<sub>x</sub>-emissies van huishoudelijke toestellen

In Tabel 2.1 zijn de literatuurgegevens opgenomen en omgerekend naar g/GJ. Per type toestel zijn vervolgens op basis van de literatuurgegevens emissiefactoren voor de typen toestellen voor verschillende jaren afgeleid.

Tabel 2.1 Literatuurgegevens NO<sub>x</sub>-emissiefactoren voor huishoudelijke toestellen en de daarvan afgeleide gemiddelde emissiefactoren

Toestellen	NO <sub>x</sub> -emissiefactoren												Ref.
	aanschaf 2002-2006						Bestand 2006	Nieuw in 2009					
	aantal	gemidd.	range	conc.	gemidd.	range		aantal	conc. (gem.)	range	gem.		
		[mg/Nm <sup>3</sup> 3%O <sub>2</sub> ]	[mg/Nm <sup>3</sup> 3%O <sub>2</sub> ]	[mg/Nm <sup>3</sup> 0%O <sub>2</sub> ]	[g/GJ]	[g/GJ]	[g/GJ]		[mg/Nm <sup>3</sup> 3%O <sub>2</sub> ]	[mg/Nm <sup>3</sup> 3%O <sub>2</sub> ]	[g/GJ]	[g/GJ]	
<b>Verwarmingsketels</b>													
. HR-ketels					13		24				9		Gem.
	80	47	30-80		13	10-25		5	32	15-50	9	5-15	[15]
					14	12-15							[16]
											8		[17]
							24						[18]
. VR-ketels					39		53				39		Gem.
									138	-	39		[15]
				140	34								[19]
							53						[18]
. CR-ketels					50		60				50		Gem.
					50								[16]
<b>Warmwatertoestellen</b>													
. Combi-tap/vat							24						[1]
. Bad-/keukengeiser							42						[1]
. Gasboiler							57						[1]
<b>Koken</b>													
. Gasfornuis							57				57		Gem.
							57						[1]
									150 (mg/kWh)		42		[21]

Omrekeningen aardgas:

1 mg/kWh = 0,278 g/GJ

1 mg/Nm<sup>3</sup>, 3%O<sub>2</sub> = 0,28 g/GJ

1 mg/Nm<sup>3</sup>, 0%O<sub>2</sub> = 0,24 g/GJ