

Emissiefactoren van NO_x, KWS, CO, PM₁₀ en SO_x door aardgasverbranding kleine bronnen

TNO 2026 17045 – 9 juli 2026

Emissiefactoren van NO_x, KWS, CO, PM₁₀ en SO_x door aardgasverbranding kleine bronnen

Auteurs	Visschedijk, A.J.H, Dröge, R.
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	TNO Publiek
Rapporttekst	TNO Publiek
Aantal pagina's	26 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	RIVM
Projectnaam	Emissieregistratie
Projectnummer	060.52662

Alle rechten voorbehouden

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

© 2026 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Huishoudens	5
2.1	Introductie	5
2.2	Stikstofoxide (NO _x)	5
2.3	Koolwaterstoffen en NMVOS	9
2.4	Koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM ₁₀) en zwaveloxide (SO _x)	9
3	Landbouw	10
3.1	Introductie	10
3.2	Stikstofoxide (NO _x)	11
3.3	Koolwaterstoffen en NMVOS	14
3.4	Koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM ₁₀) en zwaveloxide (SO _x)	14
4	HDO, bouwnijverheid en waterwinning	16
4.1	Introductie	16
4.2	Stikstofoxide (NO _x)	17
4.3	Koolwaterstoffen en NMVOS	20
4.4	Koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM ₁₀) en zwaveloxide (SO _x)	21
5	Conclusie	22
6	Referenties	24
	Ondertekening	26

1 Inleiding

Deze rapportage beschrijft de emissiefactoren die gebruikt worden voor het berekenen van emissies van stikstofoxiden (NO_x), koolwaterstoffen (KWS), niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS), koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM_{10}), zwaveloxide (SO_x) door verbranding van aardgas door huishoudens, landbouw en HDO (inclusief bouwnijverheid en waterwinning). Grotere industriële bronnen zijn geen onderdeel van dit onderzoek.

Volgens CBS (2025) werd in 2020 het meeste aardgas verbruikt door huishoudens (264,7 PJ), gevolgd door landbouw (123,7 PJ) en HDO inclusief bouwnijverheid en waterwinning (105,8 PJ). Vergeleken met de nationale emissies (zoals gerapporteerd in de Informative Inventory Report (IIR) 2025 (Staats et al, 2025), waren deze emissiebronnen in 2020 samen verantwoordelijk voor 4,9% van de NO_x emissies, 3,1% van de CO emissies, 0,5% van de PM_{10} emissies, 0,6% van de SO_x emissies en 1,2% van de NMVOS emissies.

Met name voor NO_x is de emissiefactor sterk afhankelijk van het type toestel dat gebruikt is om aardgas te verbranden. Omdat de samenstelling van het toestellenpark verschilt per sector en per jaar, is voor iedere sector en jaar een andere NO_x emissiefactor afgeleid. Voor andere stoffen zijn deze verschillen in emissiefactor kleiner, en bovendien zijn deze sectoren voor andere stoffen ook een relatief kleinere bron (vergeleken met de emissies in Nederland). Daarom is voor de andere stoffen dan NO_x in de meeste gevallen gekozen voor een standaard emissiefactor uit het EMEP/EEA Guidebook (2023), met uitzondering van de NMVOS en de CO emissiefactor van WKKs in de landbouw.

In dit rapport wordt beschreven hoe de emissiefactoren voor de verschillende stoffen zijn afgeleid voor verbranding van aardgas door huishoudens (hoofdstuk 2), landbouw (hoofdstuk 3) en HDO (hoofdstuk 4).

2 Huishoudens

2.1 Introductie

Het totale aardgasverbruik door consumenten in 2020 bedroeg 264,7 PJ (CBS, 2025a). Daarmee zijn huishoudens de grootste gasverbruiker binnen de kleine vuurhaarden. Het grootste deel van het verbruikte aardgas gaat naar ruimteverwarming (ca. 77-85%). Daarna komen de warmwatervoorziening (ca. 14-21%) en koken op gas (ca. 2%) (CBS, 2025b). Motoren of turbines worden niet tot nauwelijks toegepast. Voor ruimteverwarming worden ketels van het type HR combi thans verreweg het meest gebruikt, maar VR ketels met aparte warmwatervoorziening (zoals een geiser of boiler) vormen nog steeds een deel van het park. Vernieuwing van het ketelpark verloopt bij huishoudens relatief snel bij een gemiddelde levensduur een ketel van ca. 20 jaar. Kooktoestellen, VR ketels en aparte warmwatertoestellen zijn relatief gezien vaak ouder dan de combiketels en de vernieuwing van het toestelpark verloopt vrij traag, aangezien deze toestellen meestal vervangen worden door toetellen van een ander type, zoals een combiketel.

Door de relatief lage verbrandingstemperatuur en geoptimaliseerde branders zijn de NO_x en CO emissies van kleine ketels relatief laag. In de volgende paragrafen worden de gebruikte emissiefactoren emissie toegelicht.

2.2 Stikstofoxide (NO_x)

Emissiefactoren van NO_x uit huishoudens zijn binnen de Emissieregistratie in meerdere studies onderzocht. Verschillende van de nieuwere studies betreffen een (gedeeltelijke) herziening van de emissiefactoren in oudere studies. Hieronder een overzicht van de verschillende studies en de trend in de emissiefactoren. De omschrijving van de studies geeft een overzicht van de emissiefactoren die in de betreffende studies zijn afgeleid, maar niet alle emissiefactoren zijn gebruikt voor het berekenen van de emissies in emissiereeks 1990-2024. In Figuur 2.1 wordt getoond welke emissiefactoren in de emissiereeks 1990-2024 zijn toegepast in de Emissieregistratie voor het berekenen van de NO_x emissies van aardgasverbruik door huishoudens.

Eerdere studies naar de NO_x emissiefactor van huishoudens

Van Soest-Vercammen et al, 2002 (periode: 1995-2005)

Van Soest-Vercammen et al (2002) heeft emissiefactoren afgeleid voor de periode 1995-2005. In deze studie zijn NO_x emissiefactoren berekend op basis van het type toestellen dat wordt gebruikt, en de bijbehorende emissiefactoren per toestel.

- › Voor hoofdverwarming en warm water is een gewogen gemiddelde emissiefactor berekend van conventionele CV ketels, HR ketels, lokale verwarming, blokverwarming, keukengeisers, badgeisers, combiketels, gasboilers en collectief warm water. Door de toename in HR ketels en de afname in conventionele ketels en lokale verwarming neemt de NO_x emissiefactor af.
- › Voor koken is één NO_x emissiefactor afgeleid voor de gehele periode (57 g NO_x/GJ). Details over de trends in verschillende typen toestellen en de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in van Soest-Vercammen et al (2002). In de

emissiereeks 1990-2024 zijn de NO_x emissiefactoren van Van Soest-Vercammen et al (2002) gebruikt voor de emissiejaren 1990-2005. Hierbij is de emissiefactor van 1990 gelijk verondersteld aan het jaar 1995.

Visschedijk et al, 2007 (periode 2002-2012)

Visschedijk et al (2007) heeft NO_x emissiefactoren afgeleid voor de periode 2002-2012. In deze studie zijn NO_x emissiefactoren berekend op basis van het type toestellen dat wordt gebruikt, en de bijbehorende emissiefactoren per toestel.

-) Voor hoofdverwarming is een gewogen gemiddelde emissiefactor berekend van Blokverwarming, conventionele ketels, HR ketels en lokale verwarming.
-) Voor warm water is geen nieuwe emissiefactor afgeleid, maar is de emissiefactor uit Soest-Vercammen et al (2002) constant verondersteld.
-) Voor koken is dezelfde emissiefactor aangehouden als in Van Soest-Vercammen et al (2002).

Details over de trends in verschillende typen toestellen en de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in Visschedijk et al. (2007). In de emissiereeks 1990-2024 zijn de NO_x emissiefactoren van Visschedijk et al (2007) niet gebruikt.

Kok, 2014 (periode 2006-2018)

Kok (2014) heeft NO_x emissiefactoren afgeleid voor de periode 2006-2018. In deze studie zijn NO_x emissiefactoren berekend op basis van de type toestellen die worden gebruikt en de bijbehorende emissiefactoren per toestel.

-) Voor hoofdverwarming is een gewogen gemiddelde emissiefactor berekend van HR ketels, VR ketels, conventionele ketels en gaskachels.
-) Voor warm water is een gewogen gemiddelde emissiefactor berekend van combiketels, bad- en keukengeisers en gasboilers.
-) Voor koken is dezelfde emissiefactor aangehouden als in Van Soest-Vercammen et al (2002).

Details over de trends in verschillende typen toestellen en de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in Kok (2014). In de emissiereeks 1990-2024 zijn de NO_x emissiefactoren van Kok (2014) gebruikt voor de emissiejaren 2006-2018.

Huidige studie naar de NO_x emissiefactor van huishoudens

Deze studie: Visschedijk et al, 2026 (periode 2019-2025)

Voor de periode 2019 t/m 2025 zijn voor huishoudens de Emissieregistratie emissiefactoren opnieuw tegen het licht gehouden. Hiervoor is de laatste versie van het rekenmodel dat gebruikt wordt voor de schatting van NO_x emissies voor de Klimaat en EnergieVerkenning (KEV) geraadpleegd (zie PBL, 2019), inclusief de meest belangrijke onderliggende informatie. Het NO_x rekenmodel dat onderdeel is van de KEV schat de jaarlijkse aardgasinzet in zes verschillende types apparaten gebruikt door huishoudens (zie Tabel 2.1). Tevens aangegeven is de in het NO_x rekenmodel aangenomen parkgemiddelde emissiefactor per type, gebaseerd op de verdeling tussen VR en HR ketels volgens WoON2018/2024 (BZK/CBS, 2019 / Ministerie van VRO, 2025). Door de hoge aardgasinzet zijn vooral de HR (combi-) ketels van belang. Een geleidelijke vernieuwing van het park vindt met name voor deze categorie ketels plaats. In het NO_x rekenmodel neemt de parkgemiddelde emissiefactor af van 21 g/GJ in 2010 naar 17 g/GJ in 2015 tot 13,3 g/GJ in 2020. Als prognose voor 2025 noemt het NO_x rekenmodel een waarde van 11,4 g/GJ.

Tabel 2.1: Aardgasinzet en NO_x emissiefactor volgens het NO_x rekenmodel voor zes verschillende apparaat types gebruikt in woningen, in 2020 en 2025

	2020 aardgas inzet (%)	2020 NO _x EF (g/GJ)	2025 aardgas inzet (%)	2025 NO _x EF (g/GJ)
CV en combiketel (HR)	92,9%	13,3	93,5%	11,4
CV en combiketel (convent. en VR)	3,87%	39	1,91%	39
Kooktoestellen	2,23%	57	2,46%	57
Gas in elektrische warmtepompen	0,84%	8,0	2,16%	8,0
Gaskachels	0,14%	71	-	-
Gas-geisers	0,05%	42	-	-

In 2010 en 2011 heeft er in Zwitserland een omvangrijk meetprogramma plaatsgevonden waarin van duizenden in gebruik zijnde kleine ketels NO_x en CO emissie is gemeten (BAFU, 2015). Deze studie geeft een parkgemiddelde NO_x emissiefactor voor 2011 aan van 18 g/GJ, voor ketels beneden de 50 kW. Daarnaast is in deze studie apart aangegeven wat de gemiddelde emissiefactor was van de destijds meest moderne ketels (condenserend met “low-NO_x” branders) en deze emissiefactor bedraagt ca. 10 g/GJ. Deze Zwitserse emissiefactoren lijken in lijn met de emissiefactoren aangenomen in het NO_x model, maar verschillen weer aanzienlijk met die uit het EMEP/EEA Guidebook (EMEP/EEA, 2023). Er is in Nederland echter sprake van een relatief modern ketelpark en een relatief duidelijk beeld van de emissies door gasgestookte apparatuur. Voor het NO_x model zijn ook gegevens verstrekt door leveranciers en producenten van ketels meegenomen en deze bevestigen de veel lagere emissies dan wat op basis van de Guidebook emissiefactoren voorspeld zou worden. Mede op basis hiervan is besloten voor huishoudens vanaf 2019 de Emissieregistratie en het NO_x model gelijk te trekken, zowel wat betreft brandstofinzet als emissiefactoren.

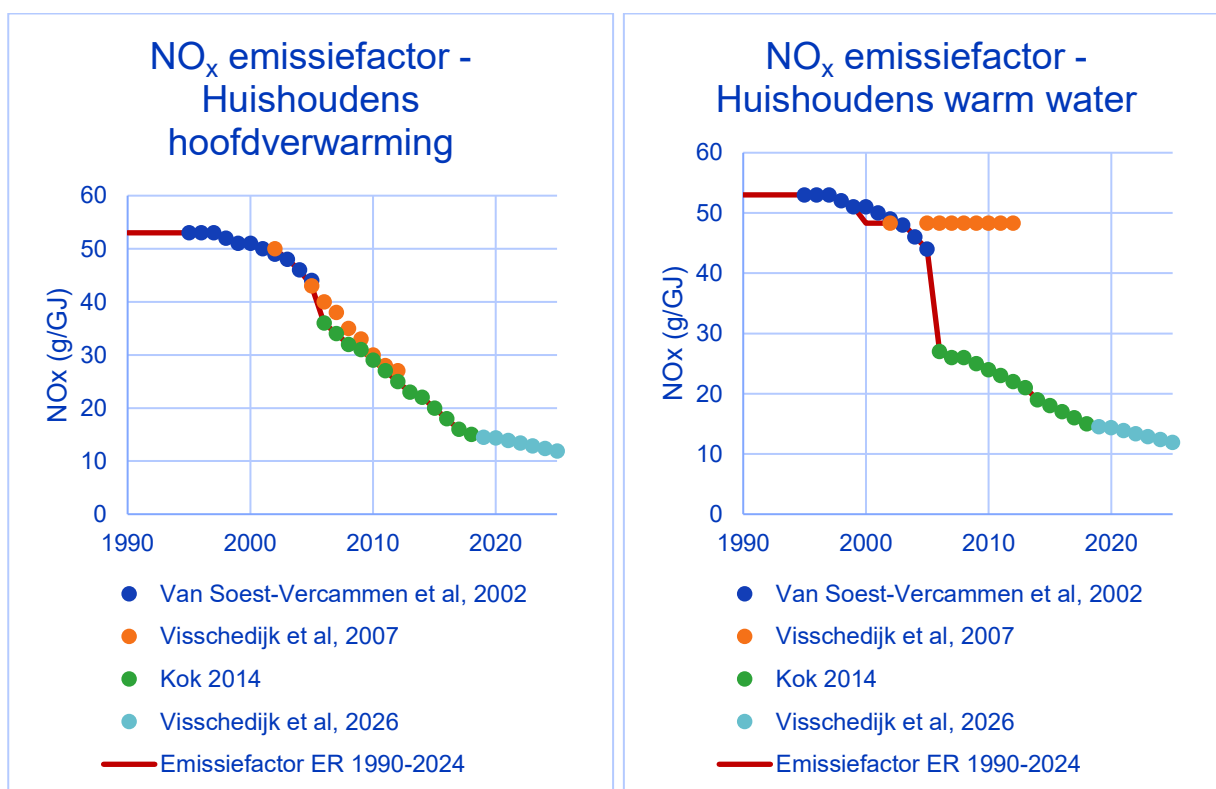
Op basis van Tabel 2.1 zijn voor 2020 en 2025 de onderstaande parkgemiddelde NO_x emissiefactoren afgeleid (zie Tabel 2.2).

Tabel 2.2: NO_x emissiefactoren voor huishoudens in 2020 en 2025

Toepassing	EF 2020 (g/GJ)	EF 2025 (g/GJ)
Huishoudens gemiddeld	15,4	13,0
Hoofdverwarming woningen	14,4	11,9
Warm water voorziening	14,4	11,9
Consumenten, koken	57,0	57,0

Conclusie NO_x emissiefactor voor de gehele tijdreeks

Figuur 2.1 toont de emissiefactoren van huishoudens hoofdverwarming en huishoudens warm water uit de verschillende eerdere studies, en de uiteindelijk gebruikte emissiefactor per jaar. Door nieuwe inzichten zijn de NO_x emissiefactoren regelmatig aangepast. Er is in de emissiereeks 1990-2024 gebruikt gemaakt van de NO_x emissiefactor in de studies van Van Soest-Vercammen et al (2002), Kok (2014) en de huidige studie (Visschedijk et al 2026). De emissiefactoren in Visschedijk et al (2007) zijn herzien door de emissiefactoren in Kok (2014), en zijn niet gebruikt in de emissiereeks 1990-2024.



Figuur 2.1: NO_x emissiefactoren van huishoudens hoofdverwarming en huishoudens warm water in verschillende studies. Visschedijk et al (2026) refereert aan de nieuwe studie naar emissiefactoren in dit rapport.

2.3 Koolwaterstoffen en NMVOS

Bij de verbranding van aardgas door consumenten treden ook emissies op van koolwaterstoffen (KWS), bestaande uit methaan (CH₄) en niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS). In vergelijking tot andere bronnen van koolwaterstof zijn deze emissies relatief laag. De geëmitteerde koolwaterstoffen bestaan voor ongeveer 40% uit NMVOS, en 60% uit methaan. De NMVOS emissiefactor is gebaseerd op het EMEP/EEA Guidebook (2023) (zie Tabel 2.3).

Tabel 2.3: Emissiefactoren voor NMVOS van ruimteverwarming, warm water en koken door huishoudens voor de jaren 1990-2025

	Emissiefactoren (g/GJ)	Referentie
Ruimteverwarming	1,8	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.16
Warm water	1,8	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.16
Koken	2,0	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.13

2.4 Koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM₁₀) en zwaveloxide (SO_x)

Bij de verbranding van aardgas in huishoudens komt een beperkte hoeveelheid koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM₁₀) en zwaveloxide (SO_x) vrij. De emissiefactoren zijn gebaseerd op de tier 2 emissiefactor in het EMEP/EEA Guidebook (2023), en zijn de gehele tijdreeks (1990 tot heden) constant (zie Tabel 2.4).

Tabel 2.4: Emissiefactoren van CO, PM₁₀ en SO_x van ruimteverwarming, warm water en koken door huishoudens voor de jaren 1990-2025

	Emissiefactoren (g/GJ)			Referentie
	CO	PM ₁₀	SO _x	
Ruimteverwarming	22	0,2	0,3	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.16
Warm water	22	0,2	0,3	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.16
Koken	30	2,2	0,3	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.13

3 Landbouw

3.1 Introductie

De totale aardgasinzet in de landbouwsector bedroeg in 2020 123,7 PJ, waarvan 74% (91,4 PJ) werd toegepast in installaties voor gecombineerde elektriciteit (voor belichting en levering aan het net), warmte en CO₂ productie (WKKs) in de glastuinbouw (CBS, 2025).

Het overige deel van het aardgas wordt volgens het NO_x rekenmodel (PBL, 2019) voornamelijk gebruikt in ketels, voor kasverwarming maar ook bijvoorbeeld stalverwarming. Het betreft hier ketels van enkele honderden kWth tot enkele MWth. Sinds 2017 dienen alle middelgrote stookinstallaties (1 – 50MWth) aan een emissiegrenswaarde voor NO_x van 70 mg/Nm³ (3% O₂) te voldoen. Deze grenswaarde geldt als gevolg van het Besluit activiteiten leefomgeving - Emissie eisen stookinstallaties (opvolger van BEES B). Kleinere stookinstallaties (400 kWth – 1 MWth) moeten aan dezelfde grenswaarde voldoen wanneer de volgende periodieke vervanging van de branders plaatsvindt. Installaties kleiner dan 400 kWth vallen onder EU Ecodesign Directive (Directive 2009/125/EC) dat een grenswaarde van 56 mg/Nm³ (3% O₂) voorschrijft. De concentraties 70 mg/Nm³ (3% O₂) en 56 mg/Nm³ (3% O₂) komen overeen met respectievelijk ca. 20 en 16 g/GJ. Alle commercieel verkrijgbare ketels in deze vermogensklasse halen probleemloos deze emissiegrenswaarden. Mogelijk wordt er in de landbouw ook beperkt gebruikt gemaakt van gasgestookte luchtverwarmers/hete luchtkanonnen waar geen grenswaarden voor gelden maar daar zijn helaas geen gegevens over bekend.

WKKs zijn aardgas-aangedreven zuigermotoren en kunnen derhalve relevante bronnen zijn van NO_x en CO. Daarnaast treedt er door gas-slip en de over het algemeen “rijke” afstelling van de brandstof/luchtverhouding van deze motoren, relevante CH₄ emissie op. Overschakelen van een conventionele verwarming op WKKs in de glastuinbouw is lange tijd aangemoedigd door de overheid. WKKs in de tuinbouw hebben over het algemeen lagere NO_x emissies (onder andere door de rijke afstelling) vergeleken met WKKs in andere sectoren, aangezien de CO₂-rijke uitlaatgassen vaak direct voor CO₂ bemesting gebruikt worden en teveel NO_x gewassen aantast. Voor WKKs gelden emissiegrenswaarden afkomstig uit de landelijke milieuregelgeving voor stookinstallaties, opgenomen onder het Besluit activiteiten leefomgeving. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen installaties met een thermisch vermogen groter en kleiner dan 2,5 MWth. De laatste emissienormen zijn in 2017 en 2019 in werking getreden. Grotere WKKs zijn thans uitgerust met een nageschakelde NO_x-verwijdering (Denox). Huidige emissienormen voor NO_x uit WKK installaties zijn als volgt:

- › WKK installaties <2,5 MWth: 115 mg/Nm³ (bij 15% O₂) voor installaties die voor 20-12-2018 in gebruik zijn genomen, en 95 mg/Nm³ (bij 15% O₂) voor installaties die vanaf 20-12-2018 in gebruik zijn genomen
- › WKK installaties >2,5 MWth: 35 mg/Nm³ (bij 15% O₂)

In het vervolg van dit hoofdstuk wordt per stof de in de Emissieregistratie gebruikte emissiefactoren voor WKK en niet-WKK beschreven.

3.2 Stikstofoxide (NO_x)

Emissiefactoren van NO_x uit landbouw zijn binnen de Emissieregistratie over de afgelopen decennia in meerdere studies onderzocht. Verschillende van de nieuwere studies betreffen een (gedeeltelijke) herziening van de emissiefactoren in oudere studies. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de verschillende studies en de afgeleide trend in de emissiefactoren. De omschrijving van de studies geeft een overzicht van de emissiefactoren die in de betreffende studies zijn afgeleid, maar niet alle emissiefactoren zijn gebruikt voor het berekenen van de emissies in emissiereeks 1990-2024. In Figuur 3.1 wordt getoond welke emissiefactoren in de emissiereeks 1990-2024 zijn toegepast in de Emissieregistratie voor het berekenen van de NO_x emissies van aardgasverbruik door de landbouw. Het dient opgemerkt te worden dat voor toepassing in de Emissieregistratie, de emissiefactoren parkgemiddeldes moeten representeren, waarbij uit de resultaten van besproken studies soms ijkpunten moeten worden geselecteerd, waarna dan de emissiefactoren voor de tussenliggende jaren door interpolatie verkregen kunnen worden. Bij het selecteren van het juiste ijkpunt is het belangrijk dat mag worden verwacht dat in het betreffende jaar beleid zoals een nieuwe emissiegrenswaarde volledig geïmplementeerd is. In een installatiepark is dat meestal een geleidelijk proces. Dit is voor zowel WKK als niet-WKK het geval.

Eerdere studies naar de NO_x emissiefactor van landbouw

Van Soest-Vercammen et al, 2002 (periode 1995-2005)

Van Soest-Vercammen et al. (2002) rapporteert emissiefactoren voor de periode 1995-2005. In deze studie zijn NO_x emissiefactoren afgeleid voor toenmalige WKKs en voor ketels (niet-WKK) specifiek voor toepassing in de landbouw.

- › Voor ketels is de emissiefactor gebaseerd op verschillende typen ketels (verschillende typen cv ketels, luchtverwarmers en hete luchtkanonnen) en de bijbehorende emissiefactoren. De trend is constant gehouden, en er is een emissiefactor van 63-64 g NO_x/GJ gehanteerd.
- › Voor WKKs is de emissiefactor afgeleid op basis van emissie-eisen die golden voor gasmotoren in de periode vóór en na 2000.

Details over de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in van Soest-Vercammen et al (2002). Voor WKKs zijn de NO_x emissiefactoren uit Van Soest-Vercammen et al (2002) niet gebruikt in de emissiereeks 1990-2024. Voor ketels (niet-WKK) zijn deze NO_x emissiefactoren wel gebruikt in de emissiereeks 1990-2024, namelijk voor de emissiejaren 1990-2005. Hierbij is de emissiefactor van 1990 gelijk verondersteld aan het jaar 1995.

Visschedijk et al, 2007 (periode 2005-2012)

Visschedijk et al. (2007) presenteert emissiefactoren voor de periode 2005-2012. In deze studie zijn NO_x emissiefactoren afgeleid van prognoses van NO_x emissiefactoren door toenmalig ECN.

- › Voor ketels zijn de NO_x emissiefactoren gebaseerd op de parkverdeling van verschillende typen installaties, en de trend in emissiefactoren van deze typen installaties.
- › Voor WKKs zijn de NO_x emissiefactoren gebaseerd op eerdere waarden en prognoses voor NO_x emissiefactoren voor WKK in de landbouw.

Details over de trends in verschillende typen toestellen en de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in Visschedijk et al (2007). Voor WKKs zijn de NO_x emissiefactoren uit Visschedijk et al (2007) in de emissiereeks 1990-2024 gebruikt voor de jaren 1990-2010. Hierbij is de emissiefactor van 1990 gelijk verondersteld aan het jaar

1995. Voor ketels (niet-WKK) zijn de NO_x emissiefactoren uit deze studie in de emissiereeks 1990-2024 gebruikt voor de jaren 2005-2011.

Kok, 2014 (periode 2010-2020)

Emissiefactoren voor de periode 2010-2020 zijn voorgesteld door Kok (2014). In deze studie zijn NO_x emissiefactoren geschat voor de verschillende types toestellen die worden gebruikt en de bijbehorende emissiefactoren per toestel.

- › Voor ketels zijn de emissiefactoren gebaseerd op een rapport van DCMR uit 2012, en deze zijn door Kok (2014) voor de periode 2010-2020 constant verondersteld.
- › Voor WKKs zijn de emissiefactoren gebaseerd op het feit dat vanaf 1 januari 2017 geldt dat alle WKKs met een thermisch vermogen van > 2,5 MWth moeten voldoen aan strengere emissie eisen, waarvoor wordt aangenomen data alle betreffende WKKs een ingeschakelde katalytische deNO_x moeten gebruiken. Voor de jaren 2016 en eerder wordt door Kok (2014) aangenomen dat 40% van de WKK installaties met deNO_x werken.

Details over de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in Kok (2014). Voor uiteindelijke toepassing in de ER is slechts in beperkte mate gebruik gemaakt van deze studie. Voor ketels is geen gebruik gemaakt van de NO_x emissiefactoren van Kok (2014) in de emissiereeks 1990-2024, en voor WKKs is enkel de waarde voor 2015 als ijkpunt overgenomen.

Hulskotte, 2017 (periode 2017-2019)

Emissiefactoren voor WKK in de landbouw voor 2017-2019 zijn gepresenteerd in een notitie van Hulskotte (2017) aan de taakgroep ENINA. In deze notitie is opnieuw gekeken naar de lage NO_x emissiefactoren van WKKs vanaf 2017, zoals voorgesteld door Kok (2014). In Kok (2014) was aangenomen dat alle WKKs aan nieuwe emissie-eisen zouden voldoen, maar in de praktijk is dit niet verplicht voor alle WKKs. Een deel van de WKKs hoefde pas in 2019 aan de nieuwe eisen te voldoen (WKKs die gebruikt worden voor CO₂ levering) en een ander deel van de WKKs mocht voldoen aan hogere concentratie eisen (WKKs kleiner dan 2,5 MWth). In Hulskotte (2017) is beschreven dat naar schatting ongeveer 1100 MW (van de 3000 MW) in 2017 nog niet aan de strengere regels hoefde te voldoen (700 MW door WKKs < 2,5 MWth plus 400 MW door CO₂-dosering). Op langere termijn blijft ongeveer 700 MW ongemoeid door de regelgeving. Op basis hiervan zijn nieuwe emissiefactoren ingeschat van 61 g/GJ in 2017 en 2018 en 45 g/GJ in 2019. Voor WKKs zijn de NO_x emissiefactoren uit Hulskotte (2017) in de emissiereeks 1990-2024 gebruikt voor de jaren 2018-2019.

Huidige studie naar de NO_x emissiefactor van landbouw

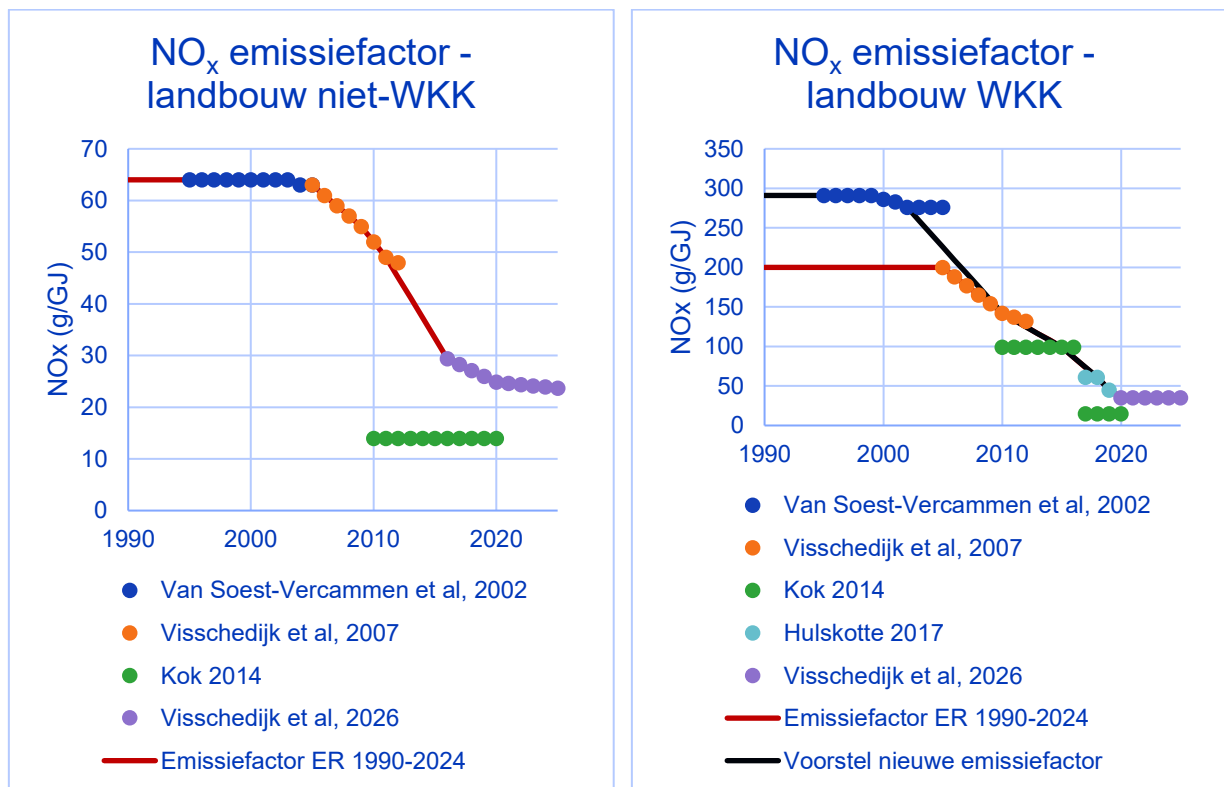
Deze studie: Visschedijk et al, 2026 (periode 2020 – 2025)

- › Voor ketels wordt aangenomen dat de gemiddelde emissiefactor steeds meer de grenswaarde van 20 g/GJ zal benaderen. Directe luchtverwarmers en oude toestellen hebben vaak nog een wat hogere emissiefactor, maar door de hoge gasprijzen zijn afgelopen jaren veel van deze installaties vervangen door efficiëntere ketels. Ook uit inspecties door DCMR van ketels gebruikt in de glastuinbouw komt een waarde van rond de 20 g/GJ naar voren (DCMR, 2025). De aangenomen ontwikkeling van de NO_x emissiefactor is vergelijkbaar met het NO_x rekenmodel.
- › Voor WKK zijn de emissiefactoren voor eenheden >2,5 MWth gebaseerd op de resultaten van een serie metingen die DCMR eind 2019 - begin 2020 heeft laten verrichten aan verschillende grotere WKKs (alle >2,5 MWth) in de glastuinbouw (DCMR, 2021). Alle bemeten installaties waren uitgerust met nageschakelde DeNO_x. Uit deze metingen is een gemiddelde emissiefactor van 16,5 g/GJ afgeleid (dus iets meer dan de helft van de norm, die met een rookgas reiniging makkelijk haalbaar is). Deze waarde wordt

representatief geacht voor installaties groter dan 2,5 MWth die volgens Hulskotte (2017) iets meer dan driekwart van het park betreffen. Voor kleinere installaties (<2,5 MWth) die ongeveer een kwart van het park uitmaken en doorgaans geen rookgasreiniging hebben, is een waarde uit Hulskotte (2017) van 99 g/GJ (ruwweg corresponderend met de norm van 115 mg/Nm³, bij 15 vol% O₂) overgenomen. Voor de periode na 2021 wordt vooralsnog geen verdere daling verwacht, aangezien er vooralsnog geen additioneel beleid of aanscherping van de norm op stapel staat.

Conclusie NO_x emissiefactor voor de gehele tijdreeks

Figuur 3.1 toont de emissiefactoren van landbouw (WKK en niet-WKK) uit de verschillende studies, en de uiteindelijk in de huidige ER gebruikte emissiefactor per jaar. Voor niet-WKK leveren de besproken studies een relatief consistent beeld van geleidelijk dalende emissiefactoren, de lage emissiefactor door Kok (2014) (die betrekking had op kleine condenserende ketels zoals gebruikt in huishoudens) buiten beschouwing gelaten. Voor WKK echter niet en hier is het nodig geweest om voor toepassing in de ER representatieve ijkpunten te selecteren uit besproken studies en daartussen lineair te interpoleren, om een consistent verloop te krijgen zonder (onwaarschijnlijke) grote sprongen. In de emissiereeks 1990-2024 worden nog oudere emissiefactoren voor NO_x gebruikt voor de periode 1990-2010. Voor de volgende ronde wordt voorgesteld om de emissiefactor aan te passen, en de emissiefactoren van Van Soest-Vercammen et al (2002), Visschedijk et al (2007) en een interpolatie daartussen toe te passen (zie Figuur 3.1).



Figuur 3.1: NO_x emissiefactoren van landbouw WKK en niet-WKK in verschillende studies. Visschedijk et al (2026) refereert aan de nieuwe studie naar emissiefactoren in dit rapport.

3.3 Koolwaterstoffen en NMVOS

Bij de verbranding van aardgas in ketels en WKKs in de landbouw treden emissies op van koolwaterstoffen (KWS), bestaande uit methaan (CH₄) en niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS). Voor zowel methaan (CH₄) als NMVOS zijn de WKKs significante bronnen. De methaan emissiefactoren worden besproken in het ENINA Methodiekrapport (Honig et al., 2025). De NMVOS emissiefactor voor ketels is voor de gehele tijdreeks constant (gebaseerd op het EMEP/EEA Guidebook 2023, hoofdstuk 1A4, Tabel 3,27, “non-residential medium-sized boilers (>1 MWth to < 50 MWth”). De NMVOS emissiefactor voor WKKs is voor de periode 1990 tot en met 2005 constant verondersteld en gebaseerd op het EMEP/EEA Guidebook 2023, hoofdstuk 1A4, Tabel 3.30, “non-residential reciprocating engines”, waarna de emissiefactor tussen 2005 en 2020 lineair daalt door geleidelijke invoering van de drieweg-katalysator. Voor 2020 is aangenomen dat dan driekwart van de WKK-capaciteit voorzien is van een driewegkatalysator. Aangezien het EMEP/EEA Guidebook geen emissiefactor geeft voor gasmotoren met katalysator wordt voor dit gedeelte een verwijderingsrendement voor NMVOC van 95% aangenomen, waardoor de emissiefactor 4,5 g/GJ wordt. Voor de overige kwart van de WKK-capaciteit wordt verondersteld dat een hogere emissie-grenswaarde geldt en daarom niet hoeft te worden voorzien van een driewegkatalysator. Voor dit gedeelte geldt nog steeds de eerdergenoemde Guidebook waarde (89 g/GJ). Voor 2020 geldt aldus een gecombineerde emissiefactor van 25,6 g/GJ (zie Tabel 3.1). Vanaf 2021 wordt de emissiefactor weer constant verondersteld tot 2025 (Tabel 3.1).

Tabel 3.1: Emissiefactoren van NMVOS van ketels en WKKs in de landbouw, voor de jaren 1990-2025 (g/GJ)

	1990	2005	2010	2015	2020	2025
Ketel	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
WKK	89,0	89,0	67,8	46,6	25,6	25,6

3.4 Koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM₁₀) en zwaveloxide (SO_x)

Bij de verbranding van aardgas in ketels en WKK in de landbouw komt een beperkte hoeveelheid koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM₁₀) en zwaveloxide (SO_x) vrij. De emissiefactoren voor ketels zijn gebaseerd op de tier 2 emissiefactor in het EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4 small combustion, tabel 3.27, en zijn de gehele tijdreeks constant. Voor WKKs is de CO emissiefactor gebaseerd op de Guidebook waarde voor “stationary reciprocating engines” (tabel 3.30), is de emissiefactor van PM₁₀ gebaseerd op en SO_x gebaseerd op de Guidebook waardes voor ketels. Tabel 3.2 toont de emissiefactoren die in de Emissieregistratie zijn toegepast.

Tabel 3.2: Emissiefactoren van CO, PM₁₀ en SO_x van ketels en WKK in de landbouw voor de jaren 1990-2025

	Emissiefactoren (g/GJ)			Referentie
	CO	PM ₁₀	SO _x	
Ketels	15	0,27	0,2	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.27, minimum waarde
WKK	56	0,2	0,2	CO: EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.30 PM ₁₀ : EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.28 SO _x : EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.27, minimum waarde

4 HDO, bouwnijverheid en waterwinning

4.1 Introductie

De totale aardgasinzet in de Handel, Diensten en Overheid (HDO), de Bouwnijverheid en de Waterwinning bedroeg in 2020 102,8, 2,9 en 0,1 PJ respectievelijk (CBS, 2025). Met name de HDO sector is omvangrijk en zeer divers van samenstelling en installatiepark. Verreweg het grootste deel van de aardgasinzet in de HDO dient voor de verwarming van kantoren en utiliteitsgebouwen (zoals winkels, scholen en ziekenhuizen). Tegenwoordig vindt verreweg de meeste ruimteverwarming hier plaats met behulp van ketels, in ruwweg twee vermogensklassen (30 – 120kW en 120 – 900kW) en twee types (conventioneel en hoog rendement (HR)/Modern). Een ander belangrijk deel van het aardgas wordt ingezet voor de verwarming van bedrijfshallen. Voor dit doel worden verschillende soorten installaties gebruikt, waaronder ketels (zoals bovengenoemd), maar ook toestellen voor directe luchtverwarming, zoals gasgestookte industriële heaters/kachels.

Voor emissies is het belangrijk het aandeel van deze industriële heaters te kennen, aangezien voor deze installaties doorgaans hogere NO_x emissiefactoren gelden dan voor ketels. De afgelopen twee decennia heeft er in de HDO een trend plaatsgevonden waarin het aandeel ketels ten opzichte van andere manieren van ruimteverwarming toe is genomen (van ca. 70% in 2000 tot bijna 90% in 2020; zie volgende paragraaf). Daarnaast heeft er door vervanging van oudere installaties uiteraard ook een modernisering van het ketelpark plaatsgevonden. Middelgrote ketels (1 – 50MWth) dienen in principe aan een emissiegrenswaarde voor NO_x van 70 mg/Nm³ (bij 3% O₂) oftewel 20 g/GJ voldoen, als gevolg van het Besluit activiteiten leefomgeving - Emissie eisen stookinstallaties (opvolger van BEES B). Kleinere installaties (400 kWth – 1 MWth) moeten aan deze grenswaarde voldoen wanneer de volgende periodieke vervanging van de branders plaatsvindt en hebben dus iets meer tijd. Installaties beneden de 400 kWth vallen onder de EU Ecodesign Directive (Directive 2009/125/EC) en hier geldt een grenswaarde van 56 mg/Nm³ (bij 3% O₂) oftewel 16 g/GJ.

Een klein deel (ca. 2%) van het in de HDO gebruikte aardgas wordt tenslotte gebruikt door installaties voor gecombineerde elektriciteit en warmteopwekking (WKKs; doorgaans kleiner dan 2,5 MWth). Het aandeel WKK is in de HDO afgelopen twee decennia geleidelijk afgenomen. In 2000 bedroeg dit aandeel nog ca. 10%. In vergelijking met ketels gelden ook voor WKK installaties hogere NO_x emissiefactoren (zie onder Landbouw WKK).

Het grootste deel van de totale energie inzet in de Bouwnijverheid betreft diesel-aangedreven mobiele werktuigen. Deze vallen echter onder een ander ER werkveld en worden hier niet besproken. Een relatief kleine hoeveelheid aardgas wordt in de Bouwnijverheid ingezet voor ruimteverwarming. Volgens het NO_x model (zie PBL, 2019) betreft dit voornamelijk ketels maar precieze gegevens ontbreken.

Onder de hier besproken groep sectoren vallen ook de drinkwaterbedrijven die onder meer een kleine hoeveelheid biogas produceren. Iets minder dan de helft van deze hoeveelheid wordt volgens het NO_x model gebruikt in gasmotoren (WKKs) en de rest in ketels.

In de Emissieregistratie zijn de sectoren HDO, Bouwnijverheid en Drinkwaterbedrijven samengenomen en de hier besproken emissiefactoren voor HDO worden gebruikt voor deze drie sectoren samen.

4.2 Stikstofoxide (NO_x)

Emissiefactoren van NO_x uit HDO zijn in meerdere studies onderzocht. Verschillende van de nieuwere studies betreffen een (gedeeltelijke) herziening van de emissiefactoren in oudere studies. Hieronder een overzicht van de verschillende studies en de trend in de emissiefactoren. De omschrijving van de studies geeft een overzicht van de emissiefactoren die in de betreffende studies zijn afgeleid, maar niet alle emissiefactoren zijn gebruikt voor het berekenen van de emissies in emissiereeks 1990-2024. In Figuur 4.3 wordt getoond welke emissiefactoren in de emissiereeks 1990-2024 zijn toegepast in de Emissieregistratie voor het berekenen van de NO_x emissies van aardgasverbruik door huishoudens.

Eerdere studies naar de NO_x emissiefactor van HDO

Van Soest-Vercammen et al, 2002 (periode: 1995-2005)

Van Soest-Vercammen et al (2002) heeft emissiefactoren afgeleid voor de periode 1995-2005. In deze studie zijn NO_x emissiefactoren afgeleid voor WKKs en voor ketels (niet-WKK) in HDO. Op basis van deze emissiefactoren is een gewogen gemiddelde emissiefactor voor de gehele HDO afgeleid.

- › Voor ketels is de emissiefactor gebaseerd op verschillende typen ketels (verschillende typen cv ketels, luchtverwarmers en hete-luchtkanonnen) en de bijbehorende emissiefactoren. De trend is constant gehouden, en er is een emissiefactor van 50-52 g NO_x/GJ gehanteerd.
- › Voor WKKs is de emissiefactor gebaseerd op basis van emissie eisen voor en na 2000 voor gasmotoren.

Details over de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in van Soest-Vercammen et al (2002). In de emissiereeks 1990-2024 zijn de NO_x emissiefactoren van Van Soest-Vercammen et al (2002) gebruikt voor de emissiejaren 1990-2005. Hierbij is de emissiefactor van 1990 gelijk verondersteld aan het jaar 1995.

Visschedijk et al, 2007 (periode 2005-2012)

Visschedijk et al (2007) heeft emissiefactoren afgeleid voor de periode 2005-2012. In deze studie zijn NO_x emissiefactoren afgeleid van prognoses van NO_x emissiefactoren door toenmalig ECN voor ketels en WKKs. Op basis van deze emissiefactoren is een gewogen gemiddelde emissiefactor voor de gehele HDO afgeleid.

- › Voor ketels zijn de NO_x emissiefactoren gebaseerd op de parkverdeling van verschillende typen installaties (verschillende typen CV ketels, luchtverwarmers en hete luchtkanonnen), en de trend in emissiefactoren van deze typen installaties (gebaseerd op prognoses van NO_x emissiefactoren door toenmalig ECN).
- › Voor WKKs zijn de NO_x emissiefactoren gebaseerd op prognoses van NO_x emissiefactoren door toenmalig ECN.

Details over de trends in verschillende typen toestellen en de achtergrond van de bijbehorende emissiefactoren zijn beschikbaar in Visschedijk et al (2007). In de emissiereeks 1990-2024 zijn de NO_x emissiefactoren van Visschedijk et al (2007) niet gebruikt.

Huidige studie naar de NO_x emissiefactor van landbouw

Deze studie: Visschedijk et al, 2026 (periode 2004-2025)

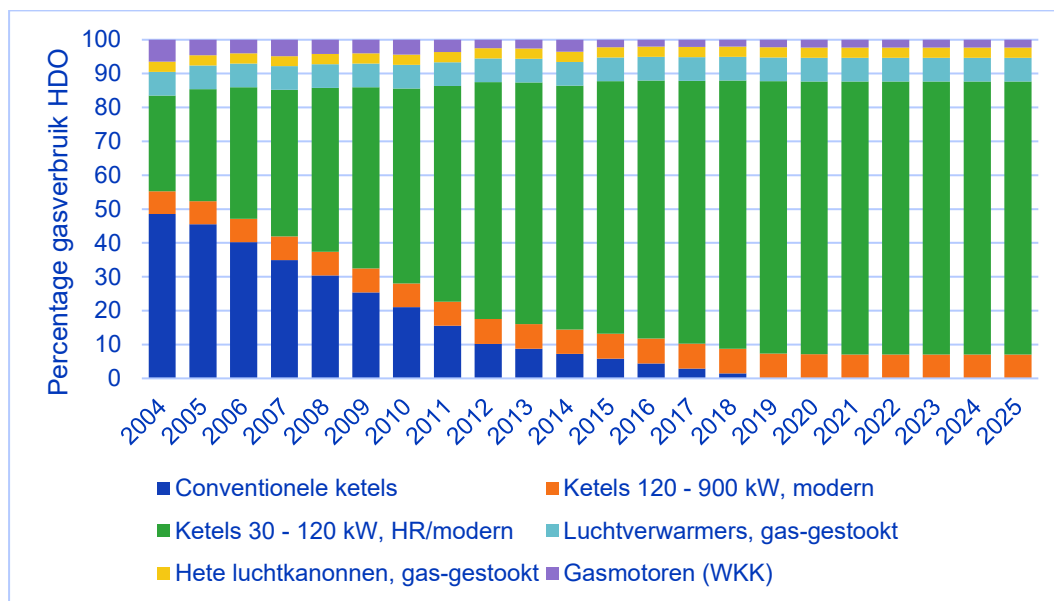
Onlangs zijn de HDO emissiefactoren opnieuw tegen het licht gehouden. De meeste aandacht is hierbij uitgegaan naar de installatieparksamenstelling in de HDO. Met name de verhouding conventionele en moderne HR ketels, het aandeel directe luchtverhitters en het aandeel WKK zijn van belang voor de emissies. Voor het laatst waren deze aandelen geïnterpreteerd voor het jaar 2000 en voor de jaren daarna waren enkel trends aangenomen zonder dat een daadwerkelijke vaststelling van de actuele parksamenstelling plaatsvond.

Het grootste deel van het aardgasverbruik in de HDO betreft het verwarmen van gebouwen in de zorg en het onderwijs, kantoren en winkels. Volgens het CBS bedraagt het verbruik van deze sectoren ca. 70 – 80 PJ. Volgens onderzoeksbureau Panteia varieert de fractie niet door ketels verwarmde (“anders verwarmde”) gebouwen afhankelijk van de sector tussen de 3,5 en 10% (Panteia, 2020). Uit analyse door TNO ETS (Niessink, 2021; Sipma, 2021) van enquêtes door RVO naar aanleiding van de Energieprestatienorm van gebouwen (NTA 880:2022) blijkt dat de “anders verwarmde” gebouwen zoals onderscheiden in de Panteia rapportage, in genoemde sectoren weer voor tussen de 5 en 25% door gasgestookte luchtverwarmers verwarmd worden. Gecombineerd levert dit een gewogen gemiddeld percentage gasgestookte luchtverwarmers op van ca. 1,5% op voor genoemde sectoren.

Het overige deel van het in de HDO verbruikte aardgas wordt voornamelijk gebruikt voor de verwarming van bedrijfshallen. Dit deel is niet precies bekend uit CBS cijfers maar wordt door TNO ETS (Niessink, 2021) geschat op 30 – 40 PJ, op basis van vloeroppervlaktes en warmtevraag voor niet-productiehallen (die weer onder Industrie en niet HDO zouden vallen). De fractie “anders verwarmde” gebouwen is voor bedrijfshallen in genoemde Panteia rapportage veel hoger dan in de eerdergenoemde sectoren, namelijk 30 tot 40%, waarvan het grootste deel gasgestookte luchtverwarmers/kachels betreft. Het totale percentage luchtverwarmers voor bedrijfshallen is vervolgens op 20 – 25% geschat.

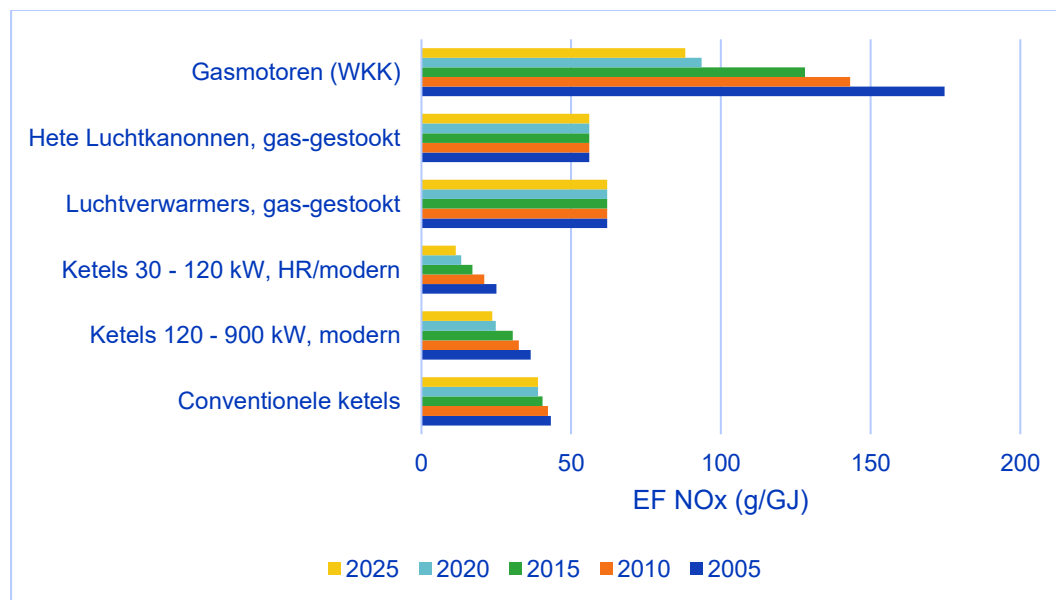
De hierboven geschatte percentages gas-gestookte luchtverwarmers zijn aangenomen representatief te zijn voor de periode 2004 en later.

Figuur 4.1 laat de voor de periode 2004 t/m 2025 op basis van het bovenstaande herberekende installatieparkverdeling voor de sector HDO zien. Het zij opgemerkt dat het NO_x rekenmodel een andere procentuele verdeling hanteert en hierin dus iets verschilt van de Emissieregistratie.



Figuur 4.1: Herberekende procentuele installatieparkverdeling HDO

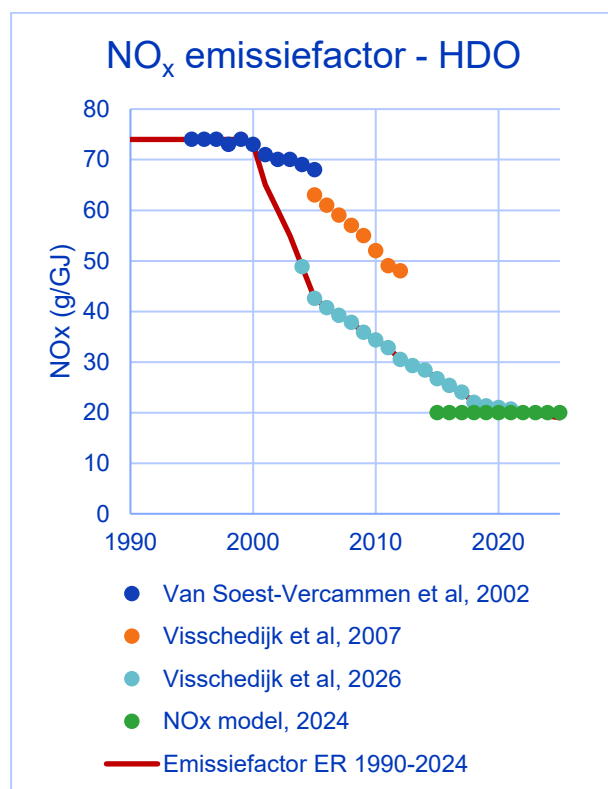
De emissiefactoren per type installatie voor de in Figuur 4.1 onderscheiden categorieën zijn voornamelijk gebaseerd op het NO_x model (dat van de emissiegrenswaardes uit gaat) en laten over de periode 2005 t/m 2020 het onderstaande verloop zien (zie Figuur 4.2).



Figuur 4.2: Installatie-specifieke NO_x emissiefactoren voor de HDO

Conclusie NO_x emissiefactor voor de gehele tijdreeks

Figuur 4.3 toont de gewogen gemiddelde emissiefactoren voor de HDO uit de verschillende studies, en de uiteindelijk gebruikte emissiefactor per jaar. Door nieuwe inzichten zijn de NO_x emissiefactoren regelmatig aangepast. Merk op dat bij de laatste bijstelling (boven beschreven) de HDO NO_x emissiefactor aanzienlijk naar beneden is bijgesteld en net zoals in andere sectoren naar de grenswaarde van 20 g/GJ lijkt te convergeren.



Figuur 4.3: NO_x emissiefactoren van HDO, bouwnijverheid en waterwinning in verschillende studies. Visschedijk et al (2026) refereert aan de nieuwe studie naar emissiefactoren in dit rapport.

4.3 Koolwaterstoffen en NMVOS

Bij de verbranding van aardgas door HDO treden emissies op van koolwaterstoffen (KWS), bestaande uit methaan (CH₄) en niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS). In vergelijking tot andere bronnen zijn deze emissies relatief laag. De NMVOS emissiefactor is gebaseerd op het EMEP/EEA Guidebook (2023) (zie Tabel 4.1).

Tabel 4.1: Emissiefactor voor NMVOS van ketels toegepast in de sector HDO voor de jaren 1990-2025

	Emissiefactoren (g/GJ)	Referentie
HDO	2,0	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.27

4.4 Koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM₁₀) en zwaveloxide (SO_x)

Bij de verbranding van aardgas in HDO komt ook een beperkte hoeveelheid koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM₁₀) en zwaveloxide (SO_x) vrij. De emissiefactoren voor deze stoffen zijn gebaseerd op de minimale waarde van de tier 2 emissiefactor in het EMEP/EEA Guidebook (2023), en zijn de gehele tijdreeks constant (zie Tabel 4.2).

Tabel 4.2: Emissiefactoren van CO, PM₁₀ en SO_x van HDO voor de jaren 1990-2025

	Emissiefactoren (g/GJ)			Referentie
	CO	PM ₁₀	SO _x	
HDO	15,0	0,27	0,2	EMEP/EEA Guidebook (2023), hoofdstuk 1A4, tabel 3.27, minimum waarde

5 Conclusie

Emissiefactoren voor het berekenen van emissies van stikstofoxiden (NO_x), koolwaterstoffen (KWS), niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS), koolstofmonoxide (CO), fijn stof (PM_{10}), zwaveloxide (SO_x) door verbranding van aardgas door huishoudens, landbouw en HDO zijn in deze rapportage beschreven. Bij de verbranding van aardgas zijn vooral NO_x en koolwaterstoffen van belang, naast de broeikasgassen die echter niet onder deze studie vallen. Voor NO_x zijn nieuwe emissiefactoren afgeleid voor huishoudens (2019-2025), landbouw (2020-2025) en HDO (2004-2025). Voor NMVOS en CO zijn nieuwe emissiefactoren afgeleid voor landbouw. Voor andere stoffen en andere jaren zijn de emissiefactoren gebaseerd op eerdere studies.

Een samenvatting van de emissiefactoren wordt weergegeven in Tabel 5.1. Een blik op de NO_x emissiefactoren laat zien dat er sinds het jaar 2000 een aanzienlijke daling van de emissiefactoren heeft plaatsgevonden, met reducties variërend van een factor 4 tot 7. Dit is vooral het resultaat geweest van de implementatie van nieuwe strengere emissiegrenswaarden. Voor NMVOS zijn vooral de WKK installaties in de glastuinbouw van belang, door de relatief hoge aardgas slip bij deze toepassing. In kleinere aardgasgestookte vuurhaarden kunnen ook CO emissies nog significant zijn. CO emissiefactoren zijn in deze studie sinds 1990 constant verondersteld. Bij hernieuwde aandacht voor CO zou dit opnieuw bekeken kunnen worden. De gecombineerde bijdrage van de installaties in deze studie aan het landelijk totaal bedroeg bijna 5% voor CO in 2024, terwijl dat bijna 15% voor NO_x was. Fijnstof en SO_x emissiefactoren zijn over het algemeen laag tot zeer laag bij de verbranding van aardgas.

De verwachting is dat voor de hier meegenomen pollutanten de grootste absolute reducties in het verleden behaald zijn. Op korte termijn worden er geen grote reducties meer verwacht, anders dan de verdere geleidelijke uitfasering van oude (meer vervuilende) toestellen. Dit zal nog voor beperkte daling van parkgemiddelde emissiefactoren leiden.

Tabel 5.1: Emissiefactoren voor aardgasverbranding door consumenten, landbouw en HDO in de periode 1990-2025 (g/GJ)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Stikstofoxiden (NO_x)								
Huishoudens, ruimteverwarming	53	53	51	43	29	20	14,4	11,9
Huishoudens, warm water	53	53	48,3	44	24	18	14,4	11,9
Huishoudens, koken	57	57	57	57	57	57	57	57
Landbouw, niet-WKK	64	64	64	63	52	33	25	24
Landbouw, WKK	291	291	286	226	142	99	35	35
HDO	74	74	73	42,6	34,4	26,7	21,0	20,0
Niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS)								
Huishoudens, ruimteverwarming	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Huishoudens, warm water	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Huishoudens, koken	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Landbouw, niet-WKK	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Landbouw, WKK	89	89	89	89	67,8	46,6	25,6	25,6
HDO	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Koolstofmonoxide (CO)								
Huishoudens, ruimteverwarming	22	22	22	22	22	22	22	22
Huishoudens, warm water	22	22	22	22	22	22	22	22
Huishoudens, koken	30	30	30	30	30	30	30	30
Landbouw, niet-WKK	15	15	15	15	15	15	15	15
Landbouw, WKK	56	56	56	56	56	56	56	56
HDO	15	15	15	15	15	15	15	15
Fijn stof (PM₁₀)								
Huishoudens, ruimteverwarming	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Huishoudens, warm water	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Huishoudens, koken	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Landbouw, niet-WKK	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Landbouw, WKK	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
HDO	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Zwaveloxide (SO_x)								
Huishoudens, ruimteverwarming	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Huishoudens, warm water	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Huishoudens, koken	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Landbouw, niet-WKK	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Landbouw, WKK	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
HDO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

6 Referenties

BAFU, 2015. Faktenblatt Emissionsfaktoren Feuerungen. Hg. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und Bundesamt für Umwelt (BAFU).

BZK/CBS, 2019. WoON2018 energie: release 1.0 – Energiemodule WoON2018. Versie V2 Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) en Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). 2019

CBS, 2025. CBS Statline. Energiebalans, aanbod en verbruik, sector. Beschikbaar via: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83989NED/table?dl=BD633>. Data gedownload op 10 April 2025.

CBS, 2025b. Vernieuwde methode voor het uitsplitsen van het aardgasverbruik bij woningen naar eindverbruik met slimme-meterdata. Discussion Paper. Beschikbaar via: <https://www.cbs.nl/-/media/pdf/2025/26/discussionpaper-eindverbruik-met-slimmemeterdata.pdf>. Publicatie gedownload op 21 december 2025

DCMR, 2021. Resultaten emissiemetingen DCMR – WKKs Glastuinbouw 2019 2020. DCMR Rotterdam, Meetresultaten beschikbaar gesteld door DCMR in 2021.

DCMR, 2025. Waarnemingen DCMR voor ketels de glastuinbouw. Telefonische bevestiging van aangenomen emissiefactoren door DCMR deskundigen. 2025

EMEP/EEA, 2023. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. Technical guidance to prepare national emission inventories. Beschikbaar via <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>

Honig, E., Montfoort, J.A., Dröge, R., van Mil, S.E.H., Guis., B., Baas, K., van Huet, B., van Hunnik, O.R., 2025. Methodology for the calculation of emissions to air from the sectors Energy, Industry and Waste. RIVM report 2025-0002.

Hulskotte, J.H.J., 2017. Emissies WKK glastuinbouw. Notitie ten behoeve van de taakgroep ENINA, 3 februari 2017.

Kok, H.J.G., 2014. Update NOx-emissiefactoren kleine vuurhaarden – glastuinbouw en huishoudens. TNO rapport TNO 2014 R10584.

Ministerie van VRO, 2025. Tussen wensen en wonen - Resultaten van het WoonOnderzoek Nederland 2024. Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening. April 2025.

Niessink, R.J.M. 2021. Onderzoeker energiegebruik gebouwde omgeving. Persoonlijke correspondentie en gegevensuitwisseling, TNO Energietransitie Studies EST

Panteia, 2020. Renovaties in de Utiliteit. Onderzoeksverantwoording meting 2020. Panteia Research voor Beleid.

PBL, 2019. Korte modelbeschrijving NEV RS. Auteurs Jeroen Peters en Cees Volkers, PBL-publicatienummer 3870, Planbureau voor de leefomgeving.

Sipma, J.M. 2021. Onderzoeker energiegebruik gebouwde omgeving. Persoonlijke correspondentie en gegevensuitwisseling, TNO Energietransitie Studies EST

Staat, N., Bolech, M., Dellaert, S.N.C., Dröge, R., van Eijk, E., Honig, E., van Huet, B., van Huijstee, J., van Mil, S.E.H., te Molder, R.A.B., Plomp, A.J., Wever, D., Witt, H., van Zanten, M.C. en van der Zee, T., 2025. Informative Inventory Report 2025. Emissions of transboundary air pollutants in the Netherlands 1990-2023. RIVM rapport 2025-0007.

van Soest – Vercammen, E.L.J., Hulskotte, J.H.J., Heslinga, D.C., 2002. Monitoringsprotocol Bijschatting: Stationaire NOx bronnen kleiner dan 20 MWth. TNO rapport R2002/042.

Visschedijk, A., Appelman, W., Hulskotte, J., Coenen, P., 2007. Onderhoud van methodieken Emissieregistratie 2006-2007. TNO rapport 2007-A-R0865/B.

Ondertekening

TNO) Energy & Materials Transition) Utrecht, 9 juli 2026

Sam van Goethem
Research Manager

Ruben Goudriaan
Project manager

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl