

RIVM rapport 773001018

**Onderbouwing emissieprognose van de
niet-CO₂-broeikasgassen in de MV5**

*Achtergronddocument bij de Nationale
Milieuverkenning 5*

R.J.M. Folkert en C.J. Peek

April 2001

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Strategische Planning, in het kader van project Milieuverkenning 5, projectnummer 773001.

Abstract

This background document provides insight into the main processes, developments in volume, and the policy, technology and assumptions on which the emission prognoses for the non-CO₂-greenhouse gases in the National Environmental Outlook 5 are based. The main developments in the emission trends for methane, nitrous oxide and fluorine gases (HFCs, PFCs and SF₆) are discussed here.

The total emissions of non-CO₂ greenhouse gases decrease by about 30% (16 Mton CO₂ eq.) from 1995 to 2030 for scenario European Coordination and Global Competition. This large decrease, which takes place mainly from 1995-2010, is almost completely the result of a decrease in methane emissions in both scenarios.

The uncertainty of the prognoses seems to be mainly caused by the uncertainties in emission factors and to a lesser extent by uncertainties in future socio-economic developments.

Voorwoord

Conform de Wet Milieubeheer stelt het RIVM elke vier jaar een milieuverkenning op ter voorbereiding op een nationaal milieubeleidsplan. De Vijfde Milieuverkenning (MV5) is in september 2000 uitgekomen en dient als voorbereiding op het Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) dat begin 2001 zal verschijnen. De MV5 rapporteert over de verwachte gevolgen van maatschappelijke ontwikkelingen voor het milieu met effecten op mens en natuur in Nederland, tegen de achtergrond van de ontwikkelingen in Europa en op wereldschaal in de periode 2000-2030. De MV5 biedt hiermee basisscenario's die vergeleken kunnen worden met streefbeelden, doel- en taakstellingen van het Nederlandse beleid.

De MV5 is gebaseerd op een veelheid aan informatie die niet allemaal in de verkenning zelf kon worden opgenomen. Het betreft met name onderbouwingen van analyses maar ook extra informatie ten opzichte van de MV5. Omdat deze informatie voor bepaalde groepen lezers relevant is wordt dit gepubliceerd in een serie achtergronddocumenten.

Aan dit achtergronddocument hebben eveneens R.M.M. van den Brink (verkeer), P.M. van Egmond (landbouw), K.W. van der Hoek (landbouw) en D. Nagelhout (afvalverwerking) een inhoudelijke bijdrage geleverd.

Samenvatting

Dit achtergronddocument geeft inzicht in de belangrijkste processen, volume-ontwikkelingen, beleid, technologie en aannames die ten grondslag liggen aan de prognose van de niet-CO₂-broeikasgassen in de Nationale Milieuverkenning 5 (RIVM, 2000a). De belangrijkste ontwikkelingen en trends bij de emissies van methaan, lachgas en de F-gassen (HFKs, PFKs, SF₆) worden besproken.

De totale emissie van de overige broeikasgassen neemt af met zo'n 30% (zo'n 16 Mton CO₂-eq) van 1995-2030 in EC en GC. De afname van de totale emissies van niet-CO₂-broeikasgassen vindt vooral plaats in de periode 1995-2010. Deze grote afname wordt in beide scenario's bijna in zijn geheel veroorzaakt door de afname van methaanemissies.

Met behulp van expertschattingen over onzekerheden in emissiefactoren wordt een indicatie gegeven van de onzekerheid waarmee de berekening van volume (bv. aantal koeien) naar emissie omgeven is. Het gebruik van twee verschillende omgevingsscenario's GC en EC is een indicatie voor de onzekerheid in volume ten gevolge van verschillende sociaal-economische ontwikkelingen. De onzekerheid lijkt hoofdzakelijk te worden bepaald door onzekerheden in emissiefactoren en minder door onzekerheden over toekomstige sociaal-economische ontwikkelingen.

Inhoud

1. Inleiding 6

2. Ontwikkeling in de niet-CO₂-broeikasgassen 1995-2030 8

3. Opbouw emissies methaan 11

3.1 Methaan uit de landbouw 11

3.2 Methaan uit de afvalverwerking 13

3.3 Methaan uit de energiesector 14

4. Opbouw emissie van N₂O 15

4.1 N₂O uit de industrie 15

4.2 N₂O uit de landbouw 16

4.3 N₂O uit verkeer en vervoer 17

5. F-gassen: HFK's/PFK's/SF₆ 19

5.1 Aannames 19

5.2 Prognose 22

Referenties 25

Bijlage I **Gerealiseerde Emissies van HFK's/PFK's/SF₆ per emissiebron in Mton CO₂-eq 27**

Bijlage II **Emissieverloop HFK's / PFK's / SF₆ in Nederland voor het EC scenario van 1980-2030 28**

Bijlage III **Emissieverloop HFK's / PFK's / SF₆ per emissiebron voor het EC-scenario, 1998-2030 29**

Bijlage IV **Verzendlijst 30**

1 Inleiding

In Kyoto zijn naast CO₂ de overige broeikasgassen (CH₄, N₂O, HFKs, PFKs en SF₆) opgenomen in het klimaatverdrag (Kyoto-protocol). Emissies van de overige broeikasgassen tellen via een weegfactor (GWP) net zo mee als CO₂. Reductie van deze gassen tellen zo mee in het behalen van de afgesproken emissiedoelstellingen waaraan Nederland zich via het klimaatverdrag in Europees verband gecommitteerd heeft. Om deze doelstelling te bereiken moet er fors gereduceerd worden. De reductiekosten van de niet-CO₂-broeikasgassen zijn in een aantal gevallen lager dan verdergaande CO₂-reducties. Emissies van niet-CO₂-broeikasgassen hebben hierdoor een belangrijke rol gekregen in het behalen van de nationale klimaatdoelstelling.

Dit achtergronddocument heeft als doel inzicht te geven in de drijvende krachten (processen, volume ontwikkelingen, beleid, technologie, etc), die ten grondslag liggen aan de prognose van de niet-CO₂-broeikasgassen in de Nationale Milieuverkenning 5 (MV5) (RIVM, 2000a). De belangrijkste ontwikkelingen bij de emissies van methaan, lachgas en de F-gassen (HFKs, PFKs, SF₆) worden hier besproken.

Met behulp van expert schattingen (Amstel et al., 2000; Olivier, 2000) van onzekerheden in emissiefactoren (95% betrouwbaarheidsinterval) wordt een indicatie gegeven van de onzekerheid waarmee de berekening van volume naar emissies omgeven is. Daarnaast zijn prognoses omgeven met additionele onzekerheid over toekomstige volume-ontwikkelingen omdat er nooit voldoende kennis is om de sociaal-economische ontwikkelingen precies te voorspellen. De (enige) indicatie voor deze onzekerheid in de MV5 is de ruimte omspannen door twee verschillende omgevingsscenario's.

Als de twee verschillende omgevingsscenario zijn de economische lange termijn verkenningen European Coordination (EC) en Global Competition (GC) van het Centraal Planbureau (CPB) gebruikt (CPB, 1997). De scenario's beschrijven de economische ontwikkeling van Nederland van 1995 tot 2020.

Om de milieudruk van 1995-2030 te berekenen zijn de economische scenario's vertaald in fysieke indicatoren en op hoofdlijnen doorgetrokken tot 2030. De prognose in de MV5 is een

actualisering van de Nationale Milieuverkenning 4 (RIVM, 1997) waarbij rekening is gehouden met nieuwe wetenschappelijke inzichten en nieuwe beleidsontwikkelingen waarvan de regelgeving of financiering op 1-1-2000 rond was. De MV5 emissiescenario's zijn bedoeld als referentiepaden waartegen nieuw beleid geëvalueerd kan worden.

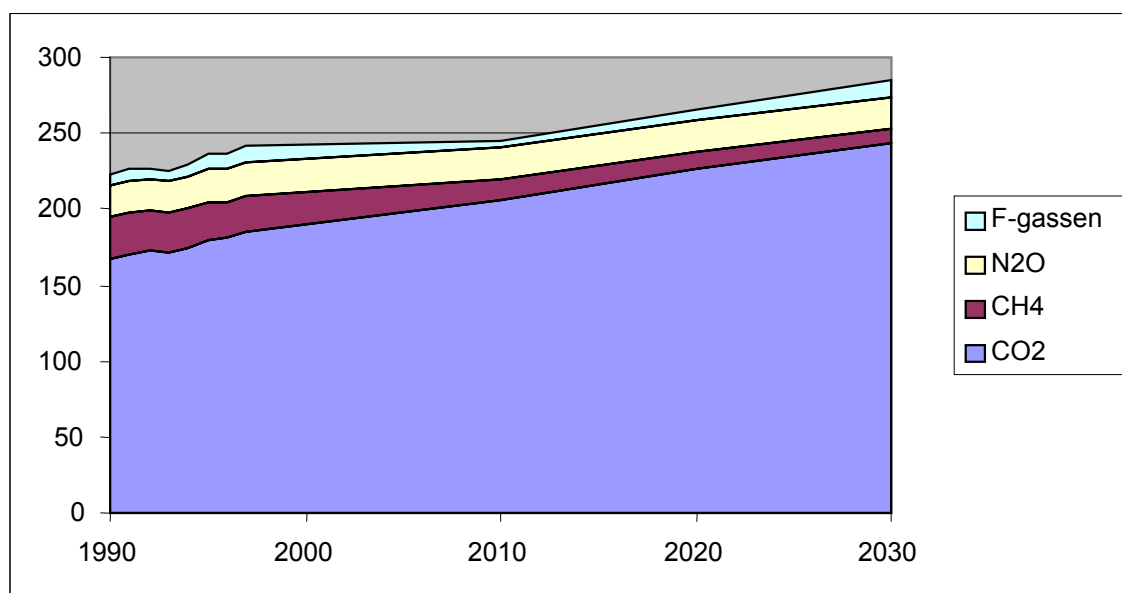
Deze notitie is bestemd voor alle partijen betrokken bij het klimaatbeleid die in meer detail de opbouw van prognoses van de overige broeikasgassen willen weten.

In deze notitie wordt eerst een totaal beeld gegeven van de ontwikkelingen van alle overige broeikasgassen. Vervolgens wordt voor methaan en N₂O per sector uiteengezet hoe de emissieprognose is opgebouwd. Als laatste wordt voor de F-gassen (HFKs, PFKs en SF₆) per emissiebron uiteengezet hoe de prognose is opgebouwd.

2 Ontwikkeling in de niet-CO₂-broeikasgassen 1995-2030

De totale uitstoot van broeikasgassen bedroeg 234 Mton CO₂ eq. (zonder temperatuurcorrectie) in 1995 (RIVM, 2000b). Hiervan is circa 25% (56 Mton CO₂-eq.) afkomstig van de niet-CO₂-broeikasgassen. Terwijl de emissie van CO₂ in de periode 1995-2030 een sterk stijgende trend laat zien voor zowel EC als GC (figuur 1) neemt de totale emissie van de overige broeikasgassen af met zo'n 30% (zo'n 16 Mton CO₂-eq.) in EC en circa 25% (14 Mton CO₂-eq.) in GC.

De afname van de totale emissies van niet-CO₂-broeikasgassen vindt vooral plaats in de periode 1995-2010. Deze grote afname wordt in beide scenario's bijna in zijn geheel veroorzaakt door de afname van methaanemissies.



Figuur 1 Ontwikkeling van de broeikasgassen van 1990-2030 in referentiescenario GC.

De belangrijkste sectoren verantwoordelijk voor de methaanreductie zijn de afvalverwerking, de landbouw en de energiesector. De sector 'afvalverwerking' reduceert de uitstoot van methaan van 1995-2010 met 5.5 Mton CO₂-eq. Dit komt voornamelijk door een verregaande toename van recycling van organisch afval. In de landbouw neemt de jaarlijkse emissie van methaan tussen 1995 en 2010 met 2 (EC) tot 2.5 Mton (GC) af door een verdere inkringing van de veestapel. Als laatste daalt de jaarlijkse methaanemissie in de energiesector met 2 Mton tussen 1995-2010 door het uitgeput raken van offshore gasvelden en technische maatregelen bij winning en distributie.

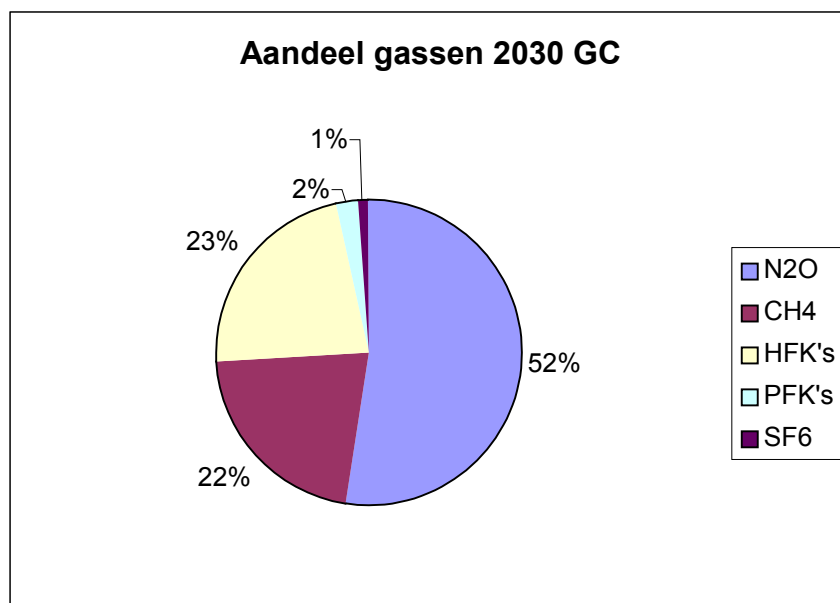
Na 2010 stabiliseren de emissies zich rond het niveau van 2010 in EC. In EC groeien weliswaar de HFKs-emissies (voornamelijk als alternatief voor (H)CFKs) na 2010, maar neemt de emissie van methaan verder af. In GC nemen de totale jaarlijkse emissies na 2020 wel weer toe met 2.5 Mton CO₂-eq. t.o.v. 2010. Dit komt met name door een toename van het gebruik van HFK's en doordat N₂O-emissies in de industrie stijgen.

Tabel 1 Ontwikkeling van de emissies van de overige broeikasgassen 1995-2030 in Mton CO₂-eq.

	1990	1995	2010		2020		2030	
			EC	GC	EC	GC	EC	GC
N ₂ O	20,1	22,3	19,1	19,7	19,1	20,4	19,6	21,8
CH ₄	27,1	24,6	14,8	14,3	11,3	10,7	9,7	9,0
HFK's	5,1	6,7	4,3	4,5	6,5	6,9	8,7	9,5
PFK's	2,4	1,9	0,4	0,3	0,6	0,5	0,8	0,9
SF ₆	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
TOTAAL	54,8	55,6	38,8	39,1	37,8	39,0	39,2	41,6

In EC is de totale afname van de overige broeikasgassen groter dan in GC, voornamelijk omdat de N₂O emissie meer afneemt (2.5 Mton CO₂-eq. 1995-2030 EC; 0.5 Mton CO₂-eq. GC). In EC neemt de jaarlijkse N₂O emissie af met 2.5 Mton CO₂-eq. tussen 1995 en 2030. De belangrijkste oorzaken zijn een vermindering van N₂O emissies door de landbouw en het wegverkeer. In GC neemt de emissie af met 0.5 Mton CO₂-eq. van 1995-2030. Dit komt omdat de veronderstelde groei van emissie uit de industrie (salpeterzuurproductie) de reductie bij landbouw en het wegverkeer bijna overschaduwde.

Vanaf 2010 is N₂O het belangrijkste niet-CO₂-broeikasgas. Was in 1995 methaan nog goed voor de bijna helft van de emissie van de niet-CO₂-broeikasgassen, in 2030 vertegenwoordigt N₂O de helft van de emissies (figuur 2). Methaan heeft een aandeel van 22% , HFK's 23% en SF₆ en PFK's samen de overige 3%. De aandelen van de genoemde stoffen zijn in EC en GC vrijwel gelijk.



Figuur 2 Het aandeel van de verschillende niet-CO₂-broeikasgassen in 2030 in referentiescenario GC.

De onzekerheid in de berekening van fysieke indicatoren (volume) naar emissies is ca. 40% voor de niet-CO₂-broeikasgasemissies (zie Inleiding). Door verschillende toekomstige fysieke indicatoren (volume) in GC en EC bedraagt het verschil in emissieprognose zo'n 5%. Het verschil omspannen door de scenario's EC en GC is hiermee vele malen kleiner dan de range ten gevolge van onzekerheden in de berekening van volume naar emissies. De kleine range tussen de scenario's komt met name doordat het gros van de emissies van de overige broeikasgassen niet gekoppeld is aan economische groei, maar aan specifieke processen, technieken en beleid. Hierin verschillen de scenario's niet zo veel. De onzekerheid in de prognose lijkt hoofdzakelijk te worden bepaald door onzekerheden in emissiefactoren en minder door onzekerheden over toekomstige sociaal-economische ontwikkelingen.

3 Opbouw emissies methaan

In 1995 werd er zo'n 25 Mton CO₂-eq. aan methaan uitgestoten. In de prognose van MV5 zijn de belangrijkste doelgroepen voor methaanemissies in volgorde van belangrijkheid de landbouw, de afvalverwijdering en de energiesector. De landbouw emitteerde 40% van alle methaan in 1995. In 2030 zal dit opgelopen zijn tot meer dan 70%. De algemene trend van de methaanemissie is dalend van 25 Mton in 1995 naar 9 Mton (GC) en 10 Mton (EC) CO₂-eq. in 2030. De sterkste daling (70% van het totaal 1995-2030) vindt plaats van 1995 tot 2010.

Tabel 2 Prognose methaanemissies van 1995 tot 2030 volgens scenario EC en GC.

Emissie (Mton CO ₂ -eq.)	1990	1995	2010		2020		2030	
			EC	GC	EC	GC	EC	GC
Landbouw	10.7	10	8.1	7.6	7.7	7.1	7.2	6.4
Afvalverwijdering	11.8	10.1	4.6	4.6	2.2	2.2	1.1	1.1
Energiesector	3.8	3.7	1.5	1.6	0.8	0.9	0.8	0.9
Overig	0.8	0.8	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6
TOTAAL	27.1	24.6	14.8	14.3	11.3	10.7	9.7	9.0

De omrekenfactor (GWP) van kilogram CH₄ naar kilogram CO₂-eq. is 21. Over een periode van 100 jaar veroorzaakt een kilogram CH₄ 21 maal zoveel opwarming als een kilogram CO₂.

3.1 Methaan uit de landbouw

De landbouw stootte in 1995 10 Mton CO₂-eq. aan methaan uit. De veestapel is hiervoor verreweg de belangrijkste emissiebron. De emissie zijn voornamelijk (80%) afkomstig van pensfermentatie (spijsverteringsgassen) bij herkauwers (voornamelijk rundvee). Ook komt er methaan vrij door anaërobe biologische afbraak bij opslag van mest (rundvee, varkens en kippen). De emissie van methaan door rundvee neemt af van 1995-2030 door een inkrimpende rundveestapel (tabel 3).

Tabel 3 *Prognose veestapel in de MV5 uitgedrukt in percentage ten opzichte van 1990 (1990=100%).*

Index tov 1990	1990	1995	2010	2020	2030	2010	2020	2030
	Aantal dieren*1000		EC			GC		
Rundvee	5.753	95	76	72	70	69	66	61
Varkens	8.724	101	90	86	82	85	79	74
Kippen	94.902	97	90	90	91	86	86	86
Totaal	109380	97	89	89	89	85	84	83

Bron RIVM. Bron 1990/1995 cijfers CBS.

De inkrimpende rundveestapel vanaf 1995 is een effect van de melkquotering. Het melkquotum neemt nauwelijks toe (na 2010 licht door bevolkingsgroei), maar de melkgift per koe wel. Dit resulteert in een kleinere rundveestapel. Het aantal varkens daalt tussen 1995 en 2030 met ca. 20% (EC) tot 25% (GC). Bepalende factoren zijn de kostprijs van krachtvoer, milieumaatregelen t.o.v. andere EU-lidstaten en de vraag naar varkensvlees. In EC blijft het kostenvoordeel van geïmporteerd krachtvoer nog het meest in stand en wordt het milieubeleid in EU-verband aangepakt. Hierdoor is de varkensstapel in EC groter. Voor de pluimveestapel geldt hetzelfde. Het voorgenomen beleid van Brinkhorst (een aanscherping van de normen) is niet meegenomen in de berekening van broeikasgasemissies in de MV5, omdat dit beleid nog niet gerealiseerd was per 1-1-2000. Dit beleid zal worden doorgerekend ten bate van de tussentijdse ijking van het nationale klimaatbeleid eind 2001.

In GC krimpt de veestapel harder dan in EC omdat de landbouw in GC in een concurrerende wereldmarkt opereert versus een afgeschermd markt met gezamenlijk landbouwbeleid in EC. Hierdoor neemt de methaanemissie in GC iets sneller af dan in EC. In 1995 is de methaanemissie uit de landbouw 10 Mton CO₂-eq. De emissies zakken geleidelijk tot 7.2 Mton en 6.4 Mton CO₂-eq. in 2030 voor respectievelijk EC en GC.

Tabel 4 *Methaan emissies uit de landbouw van 1995-2030*

Emissie (Mton CO ₂ -eq.)	1995	2010		2020		2030	
		EC	GC	EC	GC	EC	GC
Totaal	10.0	8.1	7.6	7.7	7.1	7.2	6.4
w.v. pensfermentatie	7.9	6.4	6.0	6.1	5.6	5.7	5.1
w.v. mestopslag	2.1	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.3

Bron RIVM.

De emissiefactoren voor methaan uit de landbouw zijn constant gehouden volgens Spakman et al. (1997). Het voerrantsoen in de melkveehouderij is bepalend voor de emissie van methaan. Zo leidt een voerrantsoen met meer ruwvoer tot een hogere emissiefactor. Onder het toekomstige mestbeleid is een groot aandeel ruwvoer aantrekkelijk in het voerrantsoen. De emissiefactor zal in de toekomst hierop worden aangepast.

Het Reductieplan Overige Broeikasgassen (ROB) is opgestart in het kader van de uitvoeringsnota klimaatverandering om aanvullende reductiemogelijkheden voor de overige broeikasgassen in kaart te brengen. Hierin zijn o.a. studies gaande om de reductiemogelijkheden en emissies voor methaan in de landbouw in de eerste budgetperiode verder te onderbouwen.

De onzekerheid in de emissiefactor voor methaan uit de landbouw wordt geschat op zo'n 35% (Olivier, 2000).

3.2 Methaan uit de afvalverwerking

Methaanemissie bij afvalverwerkingsbedrijven is afkomstig uit gestort biologisch afbreekbaar afval. Na het storten van biologisch afbreekbaar afval komt door vergisting methaan vrij. In 1995 was deze emissie zo'n 10 Mton CO₂-eq. dat is 40% van de totale methaanemissie. Er vindt een snelle emissiedaling plaats van 1995-2010 naar 4.5 Mton CO₂-eq. in 2010. De daling is het gevolg van bestaand beleid: preventie en hergebruik van afval, Besluit stortverboden, Stortbesluit bodembescherming, uitbreiding van de verbrandingscapaciteit en verhoging van de storttarieven.

Voor 1995-2030 zijn de volgende veronderstellingen gebruikt:

1. Een daling van de hoeveelheid gestort afval met 90%
2. Een daling van het aandeel verteerbaar organisch materiaal met 99%
3. Een toename van de fractie gewonnen stortgas (200%).

In totaal gaat de methaanemissie van 1995 tot 2030 met 9 Mton CO₂-eq. omlaag waarvan meer dan 50% van de reductie de eerste 15 jaar plaats vindt (GC & EC). In 2030 is emissie gedaald tot 1 Mton CO₂-eq. per jaar.

Kleine wijzigingen door nieuwe inzichten van TNO over stortgasproductie worden meegenomen in nieuwe berekeningen. Deze wijzigingen hebben echter geen significante invloed op de prognose.

In het kader van het ROB worden studies uitgevoerd om betere inzichten te verkrijgen in de oxidatie van methaan in en de vorming van stortgas in stortplaatsen. Nieuwe inzichten zullen mogelijk de onzekerheid rondom methaanemissies uit stortplaatsen verkleinen.

De onzekerheid in de emissiefactor van methaan uit stortplaatsen wordt geschat op zo'n 35% (Olivier, 2000).

3.3 Methaan uit de energiesector

Bij de winning van aardgas komt methaan vrij door het affakkelen en afblazen van gasstromen. Bij de distributie van aardgas komt er door lekverliezen (oude stadsgasnet) en bij onderhoudswerkzaamheden (spoelen van gascompressoren) methaan vrij.

In 1995 was de methaanemissie 3.7 Mton CO₂-eq. De grootste bron voor emissie is de winning op zee (2 Mton 1995). In 2010 is verondersteld dat driekwart van de offshore gasvelden in Nederland is uitgeput (GC&EC) en in 2020 is 90% van de totale gasvoorraad t.o.v. 1995 is uitgeput (ECN, 1998). Aangenomen is dat er geen nieuwe gasvelden worden ontdekt en dat er geen verbeterde winningstechnieken ontstaan voor extra winning uit bestaande velden. De gaswinning is verder constant verondersteld van 2020 tot 2030. De distributie van gas neemt toe met meer dan 30% in EC en meer dan 40% in GC van 1995-2030. Door met name het volume effect bij winning en door technische maatregelen bij winning en distributie (beter gasnet, beter droogproces aardgas, betere winningstechnieken) loopt de emissie van methaan terug tot 1 Mton CO₂-eq. in 2030. In het kader van meerjarenafspraken worden afspraken gemaakt over efficiency verbeteringen onder andere door het beperken van de ventemissies (betere winningstechnieken). In het kader van het ROB wordt bekeken of er nog extra maatregelen nodig zijn vanuit het klimaatbeleid.

De onzekerheid van de emissiefactor in de energiesector wordt geschat op zo'n 35% (Olivier, 2000).

4 Opbouw emissie van N₂O

In 1995 werd er 22 Mton CO₂-eq. N₂O geëmitteerd. De belangrijkste doelgroepen verantwoordelijk voor deze lachgasemissies zijn in volgorde van belangrijkheid: industrie, landbouw en verkeer en vervoer. In 1995 is de industrie verantwoordelijk voor 30% van de N₂O emissies. In 2030 is dit opgelopen tot zo'n 60%. Van 1995 tot 2010 neemt de N₂O emissie met zo'n 10% (3 Mton) af. In EC is de N₂O emissie daarna vrijwel constant tot 2030. In GC neemt na 2010 de emissie van N₂O echter toe tot bijna 22 Mton CO₂-eq. en is daarmee bijna weer op het 1995 niveau door een emissietoename in de industrie.

Tabel 5: Prognose N₂O-emissies van 1995 tot 2030 volgens scenario EC en GC.

Emissie (Mton CO ₂ -eq.)	1990	1995	2010		2020		2030	
			EC	GC	EC	GC	EC	GC
Industrie	9.8	9.8	10.2	11	10.6	12.1	11.1	13.3
Landbouw	6.9	8.6	6.5	6.2	6.2	5.8	6.1	5.7
Verkeer en vervoer	1.7	2.2	0.8	0.9	0.7	1.0	0.8	1.2
Overig	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6
TOTAAL	20.1	22.3	19.1	19.7	19.1	20.4	19.6	21.8

De omrekenfactor (GWP) van kilogram N₂O naar kilogram CO₂-eq. is 310. Over een periode van 100 jaar veroorzaakt een kilo N₂O 310 maal zoveel opwarming als een kilogram CO₂.

4.1 N₂O uit de industrie

N₂O emissies in de industrie, zo'n 10 Mton CO₂-eq. in 1995, zijn hoofdzakelijk afkomstig van de salpeterzuurproductie (85% in 1995) en de productie van caprolactam en acrylonitril. In GC neemt de emissie evenredig toe met een stijging van de productie van salpeterzuur (0.4% per jaar) met 3 Mton CO₂-eq. van 1995-2030. In EC is er een afname van salpeterzuurproductie (-0.2% per jaar) en neemt de emissie toe door een toename van emissies uit het overige deel van de basischemie (caprolactam en acrylonitril) met 1 Mton van 1995-2030. Omdat het CPB geen apart groeicijfer geeft voor de salpeterzuurproductie en er geen goede differentiatie daarvan beschikbaar is, wordt de salpeterzuurgroei gekoppeld aan de groei van de stikstofchemie. Berekening met emissiefactoren geschiedt volgens Spakman et al. (1997).

In de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid (VROM, 1999) is in het reservepakket de mogelijke installatie van katalysatoren opgenomen. Deze katalysatoren zouden de emissie van N₂O uit installaties met 90% kunnen reduceren, wat neer komt op in totaal zo'n 10 Mton CO₂-eq. in 2010. Installatie is afhankelijk van de ontwikkeling van dergelijke katalysatoren. Als er geschikte katalysatoren ontwikkeld worden zal deze maatregel worden geïmplementeerd voor de 1ste budget periode in 2002 of 2005.

De onzekerheid van de N₂O emissiefactor in de industrie wordt geschat op zo'n 35% (Olivier, 2000).

4.2 N₂O uit de landbouw

De emissie van N₂O uit de landbouw (8.6 Mton CO₂-eq. in 1995) is vooral een gevolg van de omzetting van stikstofverbindingen in de bodem. Deze stikstofverbindingen zijn vooral afkomstig van kunstmest en dierlijke mest die op het land worden gebracht. De emissie van N₂O in de landbouw neemt in de periode 1995-2030 met zo'n 35% (2.5 in EC, 3.0 Mton CO₂-eq. GC) af vanwege een inkrimping van de veestapel en een verminderd gebruik van kunstmest. Kunstmest wordt minder gebruikt doordat het sinds kort onder de Minas-normen valt. De Minas-normen worden gefaseerd aangescherpt. De inkrimping van de veestapel heeft dezelfde grondslag zoals vermeld onder paragraaf 3.3. In GC is deze afname iets sneller doordat hier de veestapel sneller inkrimpt dan in EC. Het voorgenomen beleid van Brinkhorst (een aanscherping van de Minas-normen) is niet meegenomen in de berekening van broeikasgasemissies in de MV5, omdat dit beleid nog niet gerealiseerd was per 1-1-2000.

De emissie van N₂O wordt via een massabalans benadering van stikstof volgens Spakman et al. (1997) berekend.

De onzekerheid in de emissiefactor voor N₂O voor landbouw is groot en wordt geschat op 75% (Olivier, 2000).

Tabel 6 *Prognose N₂O emissies uit de landbouw van 1995-2030*

Emissie (Mton CO ₂ -eq.)	1995	2010		2020		2030	
		EC	GC	EC	GC	EC	GC
Totaal	8.6	6.5	6.2	6.2	5.8	6.1	5.7
w.v. kunstmestgebruik	2.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
w.v. mestaanwending	3.5	2.5	2.3	2.3	2.0	2.2	1.9
w.v. beweiding	1.2	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7
w.v. stal en mestopslag	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
w.v. achtergrond (incl. Vlinderbloemigen)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Bron RIVM.

4.3 N₂O uit verkeer en vervoer

In 1995 was de sector verkeer en vervoer verantwoordelijk voor 2.2 Mton N₂O emissie. In verbrandingsmotoren ontstaan kleine hoeveelheden N₂O. In voertuigen die zijn uitgerust met een geregelde driewegkatalysator treedt daarnaast ook vorming van N₂O in de katalysator op.

De uitstoot is in 2010 0.8-0.9 Mton CO₂-eq. doordat nieuwe auto's schoner worden door het aanscherpen van de Euro-richtlijnen. Dit betekent een reductie van 0.8 Mton CO₂-eq. (GC) ten opzichte van 1990. Niet berekend in de MV5 is hoeveel deze maatregel oplevert tegen een referentie zonder deze Euro-richtlijnen. Deze maatregel wordt ook genoemd in de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid en levert zo'n 0.5-1 Mton CO₂-eq. reductie ten opzichte van GC zonder deze maatregel (ECN/RIVM, 1998). Door een aanhoudende groei in het wegverkeer (tabel 7) neemt na 2020 de emissie langzaam weer toe naar zo'n 1.2 Mton in 2030 in GC en 0.8 Mton in EC.

Tabel 7: *Volumeindex aantal voertuigkilometers wegverkeer t.o.v. 1995 in GC en EC*

	1995	2010	2020	2030
GC	100	135	164	186
EC	100	135	158	172

De nieuwste inzichten uit metingen van TNO uitgevoerd in het kader van het ROB waren niet beschikbaar toen de MV5 werd berekend (medio 1999). Voor de berekening van de N₂O-emissies is de emissie van N₂O gekoppeld aan de hoeveelheid uitgestoten NO_x. De hoeveelheid N₂O per NO_x is afhankelijk verondersteld van het type brandstof, de

aanwezigheid van een katalysator en de ouderdom van die katalysator. Deze relatie heeft niet in alle gevallen een fysische grondslag omdat bijvoorbeeld een NO_x vermindering ten gevolge van een vergroting van het omzettingsrendement van een werkende katalysator niet tot minder N₂O zal leiden. Wel is het zo dat een NO_x-vermindering ten gevolge van motortechnische verbeteringen in het algemeen wel zal leiden tot een lagere N₂O-emissie. Dit is ook het geval als de NO_x-vermindering het gevolg is van het verkorten van de opwarmduur van de katalysator na een koude start. Dit blijkt uit de literatuurstudie van Feijen-Jeurissen et al. (2001). Uit deze literatuurstudie blijkt verder dat voertuigtechnische ontwikkelingen in de toekomst vermoedelijk tot een vermindering van de N₂O-emissie door personenauto's zullen leiden. Deze resultaten spreken het gehanteerde uitgangspunt in de MV5 (koppeling N₂O aan NO_x) dus niet tegen.

Uit recente metingen door TNO blijkt dat de N₂O-emissie van vrachtwagens met dieselmotor aanzienlijk veel lager zijn dan in de MV5 wordt aangenomen. Het overnemen van de nieuwe inzichten in de nationale emissie-inventarisatie leidt er bijvoorbeeld toe dat de schatting voor de N₂O-emissies door verkeer en vervoer in 1999 met zeker 50% zal afnemen (ca. 1 Mton CO₂-eq.).

De geschatte onzekerheid in de emissiefactor voor N₂O voor verkeer en vervoer is 35% (Olivier, 2000).

5 F-gassen: HFK's / PFK's / SF6

HFK's (onvolledig gehalogeneerde fluorkoolwaterstoffen), PFK's (perfluorkoolwaterstoffen, koolstofverbindingen met alleen fluor) en SF₆ (zwavelhexafluoride) -ook wel de F-gassen genoemd- komen van nature niet voor. De emissie van deze stoffen in kilogrammen is relatief gering ten opzichte van de totale broeikasgasemissie, maar ze leveren omgerekend naar effect op klimaatverandering toch een bijdrage van circa 5% op het totaal. Dit wordt veroorzaakt door het grote opwarmend vermogen van deze stoffen, die een orde 100 tot 10000 hoger ligt dan een vergelijkbare massahoeveelheid CO₂.

De omrekenfactor voor klimaatverandering (GWP) van HFK's in kg naar kg CO₂-eq. ligt tussen de 140 en 11700, afhankelijk van de verschillende soorten HFK verbindingen. Dit betekent dat over een periode van 100 jaar een kilo HFK's dus 140 tot 11700 maal zoveel opwarming veroorzaakt als een kilo CO₂. Voor PFK's varieert het GWP van 6500 tot 9200 en voor SF₆ is het GWP 23900 maal groot als die van 1 kg CO₂ (de GWP van CO₂ is per definitie 1).

Van de F-gassen werd in 1998 zo'n 11 Mton CO₂-eq. uitgestoten, waarvan 8.7 Mton HFK's. In bijlage I zijn de gerealiseerde emissies van HFK's / PFK's / SF₆ per bron weergegeven. Circa 85% van de HFK's kwamen in 1998 vrij bij de productie van HCFC22. De PFK's werden voornamelijk uitgestoten bij de productie van primair aluminium. De stijging van de totale emissie aan F-gassen is het gevolg van de toename van de HFK-emissies. Tot 1994 is deze stijging veroorzaakt door de toename van de HCFC22 productie en daarna ook door het gebruik van HFK's als vervanging van (H)CFK's in diverse toepassingen.

5.1 Aannames

Voor de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid (UK1) is voor de F-gassen het European Renaissance (ER) scenario uit de Milieuverkenning³ gebruikt. Omdat dit scenario achterhaald bleek, zijn op basis van scenario's GC en EC en nieuwe inzichten verbeterde scenario's voor de MV5 gemaakt. De voorliggende "nieuwe" scenario's zullen in 2001 wederom een verbeterslag ondergaan omdat er in de loop van 2001 nieuwe cijfers en inzichten uit diverse lopende HFK's / PFK's / SF₆ onderzoeken (ROB via Novem) beschikbaar zullen komen.

Voor de F-gassen is in afwijking tot methaan en N₂O als basisjaar voor de prognose 1998 gebruikt. De cijfers uit dat jaar waren voor de MV5 kwalitatief de best beschikbare cijfers. Daarom zal er aan 1998 gerefereerd worden. Bij het vaststellen van de referentiepaden en prognoseberekeningen zijn voor de bronnen stationaire koeling, mobiele airco en drijfgas in PUR-schuimbussen KPMG-gebruikscijfers 1995-1998 als uitgangspunt gebruikt (KPMG, 1999). Verder zijn tot 2020, waar mogelijk, de groeireeksen uit de CPB-scenario's EC en GC gebruikt. Tussen 2020 en 2030 is dezelfde groei in procenten op jaarbasis aangehouden als tussen 2010 en 2020. Tenslotte is bij het vaststellen van de referentiepaden tot 2030 rekening gehouden met een aantal aannames. De aannames worden hieronder per emissiebron gegeven.

1. Stationaire Koeling

Door autonome vervanging van oude stationaire koelinstallaties door lekdichtere nieuwe koelinstallaties zal vanaf 2000 een gemiddeld lekpercentage van 10% en vanaf 2006 en daarna van 4% worden bereikt (was 17% in 1994 (Matthijssen et al., 1996)). Het nog opgestelde (H)CFK koelvermogen zal volledig worden vervangen door HFK's (ECOZONE, 2000). Na raadpleging van de Nederlandse Verenigingen van Ondernemingen in de Koudetechniek en Luchtbehandeling (NVKL) is in het EC-scenario uitgegaan van een groei van het volume aan koelvloeistof van 1.5 % en in het GC-scenario van 2 % per jaar.

2. Airco Mobiel

Hierbij is uitgegaan van de scenario-reeksen MV5 tot 2030 van het aantal personenauto's met airco's (bron: AVV, RIVM) en een gemiddeld lekpercentage in 2000 van 33% (Matthijssen et al., 1996), in 2010 van 20 %, in 2020 en 2030 van 15%.

3. Drijfgas in PUR-schuimbussen

Naast de KPMG-cijfers zijn hierbij de economische groei-index cijfers van de bouwmaterialen-industrie uit de CPB reeksen EC en GC gebruikt.

4. Gesloten schuimen

Momenteel worden hiervoor nog HCFK's gebruikt. Deze zullen vanaf 2003 uitgefaseerd worden en ondermeer vervangen worden door pentanen. Alleen waar het niet anders kan zullen de HCFK's vervangen worden door HFK's (Veenendaal, 1997 en 1999). Dit zal vanaf 2002 circa 2000 ton per jaar zijn (Veenendaal, 1997 en 1999). Verder zijn ook hierbij de economische groei-index cijfers van de bouwmaterialen-industrie uit de CPB reeksen EC en GC gebruikt.

5. Productie van HCFK22

De emissie van HFK23 bij de productie van HCFK22 zal door het verhogen van de effectiviteit van 50% naar 90% van de reeds geïnstalleerde naverbrander bij de producent na 2000 nog verder dalen naar circa 4 Mton CO₂-eq. Vanaf 2005 stijgen de emissies weer evenredig met de fysieke groei van de petrochemie.

6. Productie van Primair Aluminium

Hierbij zijn de resultaten uit het 'meetprogramma PFC-emissies' bij Pechiney (Pechiney Nederland) en de PFK-emissies uit het Milieujaarsverslag 1997 van Aldel (Aluminium Delfzijl BV, 1998) als basis voor de berekeningen gebruikt. Daarnaast is in beide scenario's verondersteld dat Aldel in 2005 sluit en in het GC-scenario dat ook Pechiney voor 2010 zal sluiten.

7. Halfgeleider-industrie

Bij deze berekening zijn als uitgangspunt vertrouwelijke cijfers –zowel emissie als groeicijfers- van de producent gebruikt (Philips, 2000).

8. Vermogensschakelaars

Hier zijn gebruiks- en emissie-percentages, afkomstig uit de sector (Ned. SF₆-workshop verslag van 1997) gebruikt. Als CPB-groeireeks is de productie van de electriciteitscentrales gebruikt.

9. Overigen

Tot deze bron behoren ondermeer open schuimen, brandblusmiddelen en verpakkingen. Hiervoor zijn, omdat er geen nieuwe informatie voorhanden was, de cijfers uit het European Renaissance (ER) scenario van de MV3 aangehouden.

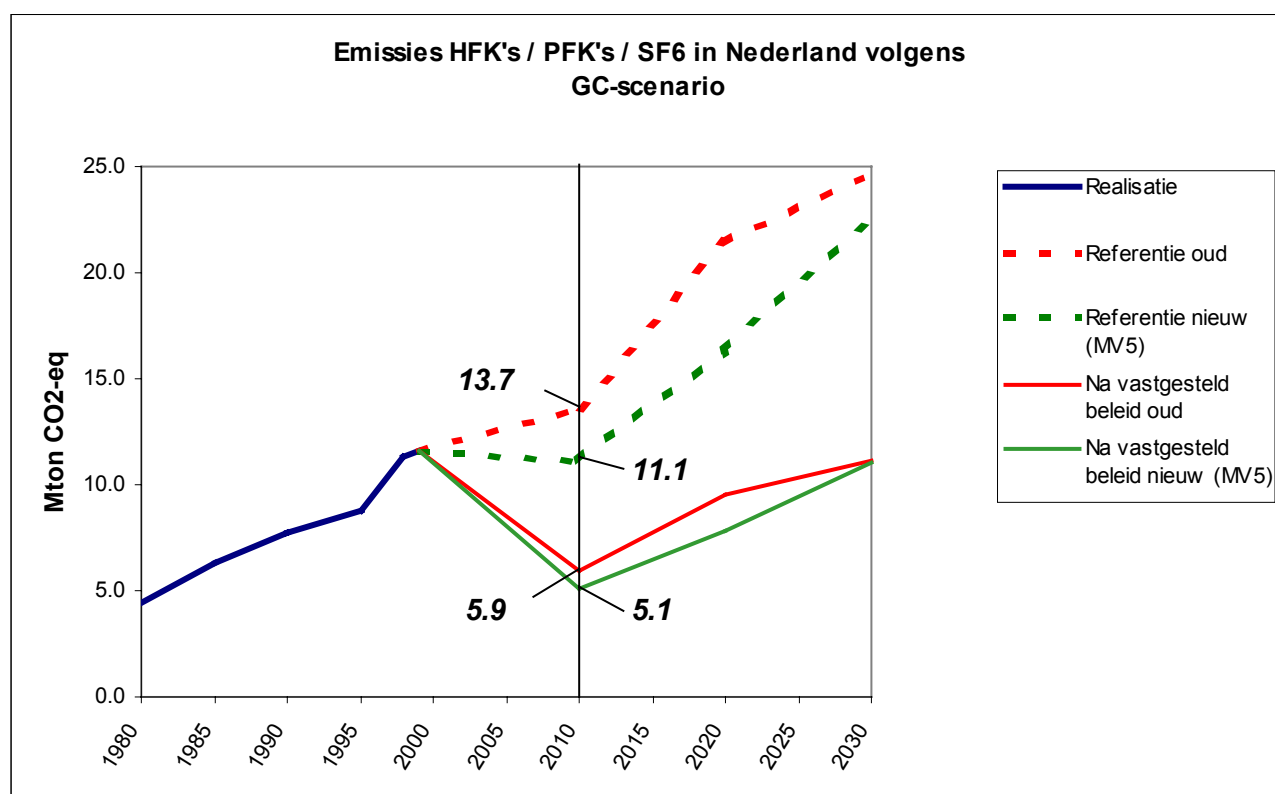
Voor de prognoseberekeningen is rekening gehouden met de zekere maatregelen uit de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid (UK1). Het gaat hierbij om de volgende 3 maatregelen:

1. Reductie van PFK-emissies bij de aluminiumproductie door procesaanpassingen. De veronderstelde reductie in de UK1 was 1.2 Mton CO₂-eq. Dit kan bereikt worden door afspraken met de aluminiumproducenten en in de milieuvergunning.
2. Het reduceren van de HFK23 procesemissie bij de productie van HCFK22 door het verhogen van de effectiviteit van de reeds geïnstalleerde naverbrander. In de UK1 werd een reductie verondersteld van 2.5 Mton CO₂-eq. Deze maatregel vormt onderdeel van de milieuvergunning.
3. Reductie HFK's en PFK's bij gebruik als alternatief voor (H)CFK's en halonen.

De veronderstelde reductie in de UK1 bedroeg 4.0 Mton CO₂-eq. De in te zetten instrumenten om dit te bereiken zijn regelgeving, convenanten en investeringssteun.

5.2 Prognose

De emissie van de F-gassen neemt in de periode van 1998 tot 2030 af met zo'n 1.3 Mton in EC en 0.3 Mton CO₂-eq. in GC. Figuur 3 (GC) en bijlage 2 (EC) tonen de resultaten van zowel de referentie(REF)- als de prognose (PROG)-berekeningen. In beide figuren zijn ook de oude(UK) referentie- en prognose-lijn en de realisatie (REAL)-lijn opgenomen, omdat ze sterk afwijken van de nieuwe. Hierdoor sorteren o.a. de maatregelen van de UK een ander effect. De onderliggende cijfers zijn terug te vinden in de tabel 8 en bijlage 3.



Figuur 3. Emissieverloop HFK's / PFK's / SF6 in Nederland voor het GC scenario van 1980-2030

Zowel de figuren als de tabellen laten zien dat de reductie door de maatregelen uit de UK1 in 2010 door de nieuwe vastgestelde referentiepaden lager zijn dan in het UK1 scenario. In de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid (UK1) werd er van uitgegaan dat er in 2010 een reductie van $13.7 - 5.9 = 7.8$ Mton CO₂-eq. (VROM, 1999), behaald kon worden, terwijl dit in het GC-scenario $11.1 - 5.1 = 6.0$ en in het EC-scenario $11.8 - 5.0 = 6.8$ Mton CO₂-eq. bedraagt. In tabel 9 zijn de verschillen in reducties tussen het UK1 en de MV5 scenario's per maatregel uit de UK1 opgenomen.

Tabel 8. Emissieverloop HFK's / PFK's / SF6 per emissiebron voor het GC-scenario, 1998-2030 (Bron: RIVM)

Stof (groep)	Emissiebron	1998	2010	2010	2020	2020	2030	2030
		REAL	REF	PROG	REF	PROG	REF	PROG
HFK's	1. Stationaire koeling	0.4	1.4	0.8	2.4	1.3	3.5	2.0
	2. Airco mobiel	0.1	1.0	0.7	1.4	1.0	1.7	1.2
	3. Drijfgas PUR-schuim	0.7	0.8	0.5	0.9	0.6	1.0	0.7
	4. Gesloten schuimen	0.0	1.4	0.9	2.9	1.8	4.5	2.9
	5. Productie van HCFK22	7.4	5.0	1.2	6.5	1.6	8.3	2.0
	9. Overigen	0.1	0.6	0.4	1.0	0.6	1.3	0.8
	Totaal	8.7	10.2	4.5	14.9	6.9	20.3	9.5
PFK's	6. Prod Primair Aluminium	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	7. Halfgeleider-industrie	0.1	0.6	0.3	1.0	0.5	1.8	0.9
	Totaal	2.5	0.6	0.3	1.0	0.5	1.8	0.9
SF6	7. Halfgeleider-industrie							
	8. Vermogensschakelaars							
	Totaal	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
TOTAAL	NEDERLAND	11.3	11.1	5.1	16.3	7.8	22.6	11.0

Tabel 9. Vergelijking van de emissiereductie (Mton CO₂-eq.) t.g.v. de zekere beleidsmaatregelen uit de UK1 tussen het UK1 scenario en de MV5-scenario's

Emissiebron(nen)	MAATREGEL	UK1-scenario	MV5-GC-scenario	MV5-EC-scenario
Productie primair aluminium	1. Reduceren PFK-emissies uit de Primaire aluminiumindustrie	1.2	0.0	1.0
Productie van HCFK22	2. reduceren HFK als procesemissie	2.5	3.8	3.6
Stationaire koeling, Airco mobiel, Drijfgas PUR-schuim, Gesloten schuimen, Productie van halfgeleiders, Vermogensschakelaars, Overigen	3. Reduceren HFK's en PFK's bij gebruik als alternatief voor (H)CFK's	4.0	2.2	2.2
	TOTALE REDUCTIE	7.8	6.0	6.8

Het verschil in reductie bij maatregel 3 tussen het UK1 en de MV5 scenario's wordt vooral veroorzaakt door het lagere gebruik van HFK's in gesloten schuimen. Bij maatregel 1 wordt het verschil in reductie tussen het UK1 en MV5-GC scenario veroorzaakt omdat in het MV5-GC scenario de producenten van primair aluminium beiden sluiten.

Omdat in de MV5-scenario's de emissie-reductie bij maatregel 2 door grotere economische groei ruim 1 Mton hoger is dan in het UK1 scenario, is het verschil in de totale reductie tussen het UK1 en de MV5-scenario's minder groot.

De onzekerheid in de emissiefactor van HFK's, PFK's en SF₆ voor elk van deze stofgroepen wordt geschat op respectievelijk 50%, 100% en 50% (Olivier, 2000).

Referenties

Aluminium Delfzijl BV (1998), Milieujaarverslag 1997

Amstel AR van, Olivier JGJ and Ruysenaars PG (2000), Monitoring of Greenhouse Gases in the Netherlands: Uncertainty and Priorities for Improvement. Proceedings of a National Workshop held in Bilthoven, The Netherlands, 1 september 1999. WIMEK report / RIVM report 773201 003. Bilthoven, May 2000.

CPB (1997), Economie en fysieke omgeving. Sdu Uitgevers, Den Haag

ECN (1998), Nationale energie verkenningen 1995-2020, Petten.

ECN/RIVM (1998), Optiedocument voor emissiereductie van broeikasgassen, inventarisatie in het kader van de Uitvoeringsnota Klimaatbeleid, ECN Petten.

ECOZONE (2000) Hoe lek is het mandje ? CFK-ketenonderzoek Nederland, Haarlem

Feijen-Jerissen M, Oonk H, Gense N (2001), Autonomous trends in N₂O emissions from mobile sources: a literature study, TNO-MEP-R 2000/490, Apeldoorn. In druk.

KPMG 1999), Rapportage "Gebruik van HCFK's, HFK's, Methylbromide en aanverwante stoffen in Nederland in 1998"

Matthijssen AJC en Kroeze C (1996), Emissies van HFK's, PFK's, FIK's en SF₆ in NEDERLAND in 1990, 1994, 2005, 2010 en 2020, RIVM rapportnummer 773001008, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu

Olivier JGJ (2000), Application of IPCC TIER 1 uncertainty assessment: preliminary identification of key sources. In druk.

Pechiney Nederland, Rapport over de metingen van de emissie van de electrolyse-ovens van Pechiney Nederland N.V.

Philips (2000), lucht-emissiemetingen (vertrouwelijk document)

RIVM (1997), Nationale Milieuverkenning 1997-2020, Samsom HD Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn

RIVM (2000a), Nationale Milieuverkenning 5, 2000-2030, Samsom HD Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn

RIVM (2000b), Milieubalans 99, Het Nederlandse milieu verklaard, Samsom H.D Tjeenk Willink, Alphen a/d Rijn

Spakman J, Loon MMJ van, Auweraert RJK van der, Gielen DJ, Olivier JGJ en Zonneveld EA. Methode voor de berekening van broeikasgasemissies. Publicatiereeks Emissieregistratie nr. 37, Hoofdinspectie Milieuhygiëne, juli 1997.

Veenendaal B (1999), Reductie-mogelijkheden voor HFK-emissies bij de productie van polyurethaan hardschuimen (Discontinue), Crystal Globe Milieuadviezen

VROM (1999), Uitvoeringsnota Klimaatbeleid, deel 1: Binnenlandse maatregelen

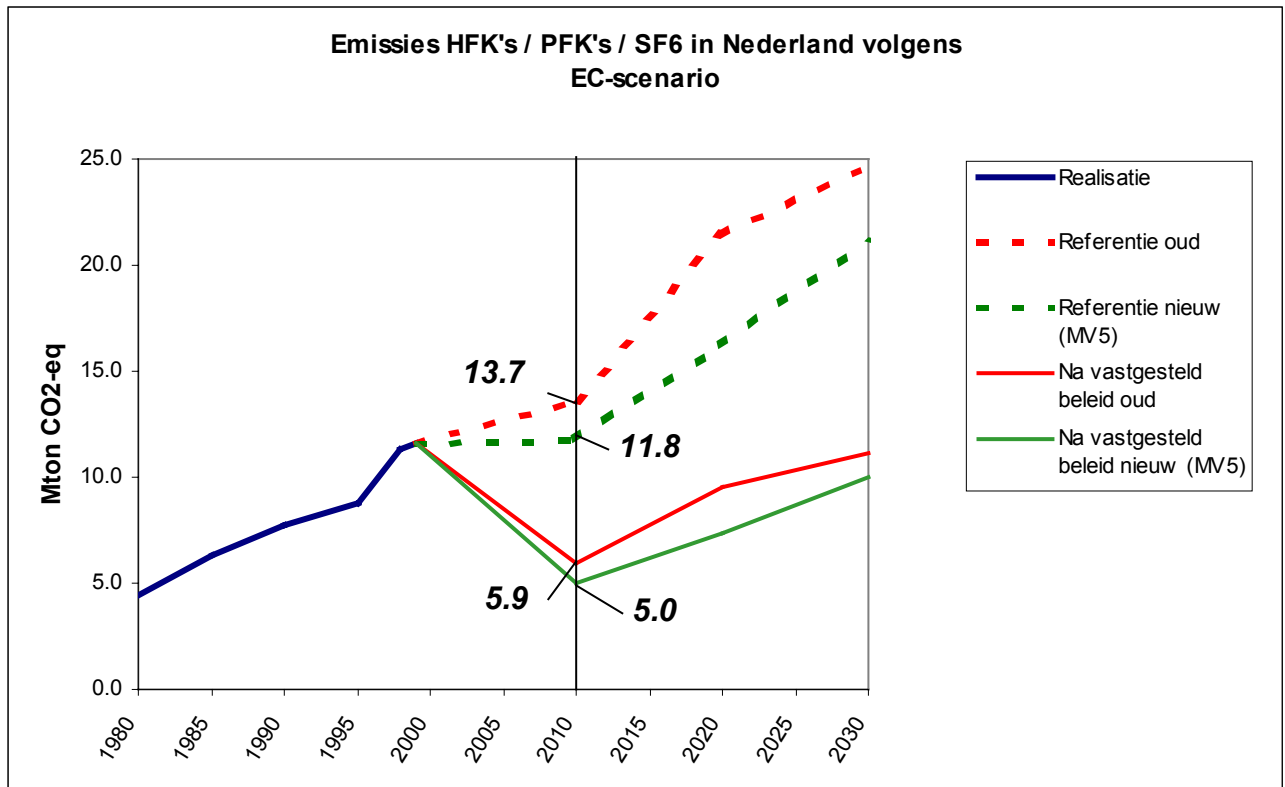
Wee GP van, Kuijpers-Linde MAJ en Gerwen OJ van (2000), Emissies en kosten tot 2030 bij het vastgesteld milieubeleid, Achtergronddocument bij de Nationale Milieuverkenning

Bijlage I. Gerealiseerde Emissies van HFK's/PFK's/SF₆ per emissiebron in Mton CO₂-eq

Stof (groep)	Emissiebron	1980	1985	1990	1995	1997	1998
HFK's	1. Stationaire koeling	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4
	2. Airco mobiel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
	3. Drijfgas PUR-schuim	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.7
	4. Gesloten schuimen	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5. Productie van HCFK22	2.0	3.9	5.1	6.3	6.7	7.4
	9. Overigen	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1
	Totaal	2.0	3.9	5.1	6.7	7.9	8.7
PFK's	6. Prod Primair Aluminium	2.3	2.3	2.4	1.8	2.1	2.4
	7. Halfgeleider-industrie	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
	Totaal	2.3	2.3	2.4	1.9	2.2	2.5
SF ₆ ¹	7. Halfgeleider-industrie						
	8. Vermogensschakelaars						
	Totaal	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
TOTAAL	NEDERLAND	4.4	6.3	7.7	8.8	10.2	11.3

(Bron: RIVM)

¹ Alleen totalen vanwege vertrouwelijkheid van de afzonderlijke SF₆ emissiecijfers

Bijlage II. Emissieverloop HFK's / PFK's / SF6 in Nederland voor het EC scenario van 1980-2030

Bijlage III. Emissieverloop HFK's / PFK's / SF6 per emissiebron voor het EC-scenario, 1998-2030

Stof (groep)	Emissiebron	1998*	2010	2010	2020	2020	2030	2030
		REAL	REF	PROG	REF	PROG	REF	PROG
HFK's	1. Stationaire koeling	0.4	1.3	0.7	2.2	1.2	3.1	1.7
	2. Airco mobiel	0.1	1.0	0.7	1.4	1.0	1.7	1.2
	3. Drijfgas PUR-schuim	0.7	0.8	0.5	0.9	0.6	0.9	0.6
	4. Gesloten schuimen	0.0	1.4	0.9	2.8	1.8	4.3	2.7
	5. Productie van HCFC22	7.4	4.7	1.1	5.7	1.4	6.9	1.7
	9. Overigen	0.1	0.6	0.4	1.0	0.6	1.3	0.8
	Totaal	8.7	9.8	4.3	13.9	6.5	18.3	8.7
PFK's	6. Prod Primair Aluminium	2.4	1.2	0.2	1.2	0.2	1.2	0.2
	7. Halfgeleider-industrie	0.1	0.5	0.2	0.8	0.4	1.3	0.6
	Totaal	2.5	1.7	0.4	2.0	0.6	2.5	0.8
SF6	7. Halfgeleider-industrie							
	8. Vermogensschakelaars							
	Totaal	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
TOTAAL	NEDERLAND	11.3	11.8	5.0	16.2	7.4	21.2	10.0

(Bron: RIVM)

Bijlage IV Verzendlijst

1. Directeur Generaal DG Milieubeheer, Den Haag
2. Dr. Ir. B.C.J. Zoeteman, plv. DG Milieubeheer, Den Haag
3. Mr. C.M. Zwartepoorte directeur DGM/KVI, Den Haag
4. Drs. M. Beeldman, ECN, Petten
5. Prof. Dr. K. Blok, UU, Utrecht
6. Drs. R.L.F. Brieskorn DGM/IMZ/Mondiaal, Den Haag
7. Drs. B. van Engelenburg, DGM/KvI, Den Haag
8. Drs. L.C. van Gent DGM/KvI, Den Haag
9. Dr. J.A. van Haasteren DGM/KvI/KV, Den Haag
10. Ir. M. Harmelink, Ecofys, Utrecht
11. Drs. F.E.T. Hoefnagels DGM/KvI/I, Den Haag
12. Ing. H.W. Holtring DGM/KvI/I, Den Haag
13. Prof. Dr. L. Hordijk, WUR-WIMEK, Wageningen
14. Drs. D. de Jager, Ecofys, Utrecht
15. Ir. E.G. de Jeu Ministerie van EZ, Den Haag
16. R.J. Kaljee ,Vereniging Energiebedrijven EnergieNed, Arnhem
17. H. Kraaij DGM/KvI/I, Den Haag
18. Dr. C. Kroeze, WUR-WIMEK, Wageningen
19. Drs. H. Merkus DGM/BWL, Den Haag
20. Dr. L.A. Meyer DGM/KvI/KV, Den Haag
21. Dr. H.C. Moll, IVEM-RUG, Groningen
22. Ing. C.M. Moons, DGM, Den Haag
23. Drs. M. Mulder, DGM/KvI, Den Haag
24. Dr. M. Patel, NW&S-UU, Utrecht.
25. Ir. P.G. Ruysenaars DGM/KvI, Den Haag
26. Ir. S.M. Sanders DGM/KvI/KV, Den Haag
27. Drs. A. Seebregts, ECN, Petten
- 28-41 H. van der Steen NOVEM-sector Milieu, Utrecht
42. Prof. Dr. W. Turkenburg, NW&S-UU, Utrecht
43. N. Verheul DGM/KvI, Den Haag
44. Drs. J. Vis, DGM/KvI, Den Haag
45. Ir. J.G.F.M. Williams-Jacobse DGM/KvI, Den Haag
46. Ir. L.W.M. Zuidgeest DGM/KvI/EV, Den Haag
47. Directie RIVM
48. Prof. ir. N.D. van Egmond
49. Ir. F. Langeweg
50. Dr. J.A. Hoekstra, LAE
51. Ir. R.A.W. Albers, LLO
52. Drs. L. Brandes, LAE
53. Drs. R. van den Brink, LAE
54. Ir. P.M. van Egmond, LAE
55. Ir. R.J.M. Folkert, LLO
56. Drs. O.J. van Gerwen, MNV
57. Ir. P. Hammingh, LLO
58. Ir. K.W. van der Hoek, LAE
59. Dr. M.A.J. Kuijpers-Linde, LAE
60. Drs. R. Maas, MNV
61. Drs. D. Nagelhout, LAE

62. Drs. J. Olivier, LAE
63. Ing. C.J. Peek, LAE
64. Drs. J.A. Oude Lohuis, LAE
65. Prof. Dr. G.P. van Wee, LAE
66. Ir. H.J. Westhoek, LAE
67. Drs. R.A. van den Wijngaard, LAE
68. Hoofd Voorlichting & Public Relations
69. Bureau Rapportenregistratie
- 70-89 Bureau Rapportenbeheer
- 90-129 Reserve-exemplaren
- 130 Bibliotheek RIVM/LAE
- 131 Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie