

HET 'CFK-AKTIEPROGRAMMA' EN HET BROEIKASEFFECT

J.R. YBEMA

INHOUD

1. INLEIDING	5
2. HET 'CFK-AKTIEPROGRAMMA'	6
3. HET BEGRIP 'GLOBAL WARMING POTENTIAL'	8
4. BROEIKASEFFECT VAN CFK'S	9
5. KOSTENVERGELIJKING	11
6. CONCLUSIE	14
REFERENTIES	15

1. INLEIDING

Chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) tasten de ozonlaag in de stratosfeer aan. Hierdoor bereikt een toenemende hoeveelheid ultraviolette (UV) straling het aardoppervlak. UV-straling is schadelijk voor de mens (huidkanker) en voor andere vormen van leven.

Om de aantasting van de ozonlaag te verminderen zijn er internationale verdragen gesloten (Montreal protocol, Londen scenario). In deze verdragen worden schema's uiteengezet voor vermindering van het gebruik, en daarmee vermindering van de emissies van CFK's. Nederland heeft nu een concreet plan ontwikkeld waarin wordt aangegeven hoe het gebruik van CFK's kan worden verminderd. Binnen het kader van het Nationaal Milieubeleidsplan en in samenwerking met het bedrijfsleven moet het 'CFK-actieprogramma' [1] tot de gewenste emissiereductie leiden.

Hoewel CFK's ook broeikasgassen zijn en zelfs voor 10 à 20% aan de huidige mondiale opwarming bijdragen, wordt de vermindering van het broeikaseffect niet of nauwelijks als een doel van het 'CFK-actieprogramma' genoemd. Dit is opvallend omdat het reductieschema dat in het CFK-actieprogramma wordt gehanteerd, als het wordt omgerekend naar een reductie in CO₂-equivalent emissies, overeenkomt met een sterke vermindering van de CO₂-uitstoot.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt het 'CFK-actieprogramma' belicht. Daar worden het nagestreefde reductieschema en de kosten die ermee gepaard gaan, gepresenteerd. In hoofdstuk 3 wordt met het begrip Global Warming Potential een methode weergegeven, die gebruikt kan worden om de broeikaswerking van verschillende broeikasgassen onderling te vergelijken. In hoofdstuk 4 is uitgerekend hoe het broeikaseffect van CFK-gebruik zich verhoudt tot het broeikaseffect van CFK-emissies. Een kostenvergelijking tussen het terugdringen van CFK-gebruik en CO₂-emissies wordt in hoofdstuk 5 gemaakt. Het rapport sluit af met enkele conclusies (hoofdstuk 6).

Met nadruk zij vermeld dat deze notitie niet een excuus poogt te creëren om maatregelen af te remmen die de uitstoot van CO₂ uit de energiesector verminderen.

2. HET 'CFK-AKTIEPROGRAMMA'

Centraal in het 'CFK-actieprogramma' staat een reductieschema voor het gebruik van CFK's in een aantal toepassingen (tabel 2.1). Het actieprogramma loopt van 1990 tot 2000 en de uitvoering valt uiteen in twee perioden. In de eerste periode (1990-1995) ligt de nadruk op vrijwillige actie van het bedrijfsleven om het gebruik van CFK's te verminderen. In de tweede periode wordt die reductie geconsolideerd door een geheel verbod.

Opvallend is dat het gebruik van CFK's als oplosmiddel of reinigingsmiddel tot 2000 wordt toegelaten. Verder wordt er niet vermeld of nieuwe CFK-toepassingen ook worden beperkt. Dit is een tekortkoming. Er bestaan immers al nieuwe toepassingen die het gebruik van CFK's kunnen doen toenemen. Warmtepompen zijn hier een voorbeeld van.

Tabel 2.1 Reductieschema voor het jaarlijks CFK-gebruik (in tonnen) volgens het 'CFK-actieprogramma' [1]. Bij het bepalen van de hoeveelheid vermeden CFK-emissie is door het ESC 1990 als uitgangspunt genomen.

CFK-toepassingen	1986	1990	1992	1995	Vermeden 1991-1995	Emissie 1996-2000	Vermeden 1996-2000
Aerosols	4700	2600	951	6	9311	6	12970
Koeling	800	600	150	0	2325	0	3000
Schuimen	6360	5100	3050	0	15325	0	25500
waarvan:							
zachtschuim	930	800	400	0	2600	0	4000
PUR-isolatieschuim	2710	2600	2450	0	5575	0	13000
Oplos- en reinigingsmiddel	1400	1080	480	50	3560	50	5150
waarvan:							
dry-cleaning	100	80	80	20	120	20	300
ontvetting/ oplosmiddel	300	350	150	30	1140	30	1600
Totaal	13260	9380	4631	56	30521	56	46620

De kosten van het 'CFK-actieprogramma' zijn voor de verschillende toepassingen door het ministerie van VROM geschat (tabel 2.2). De onderbouwing van deze ruwe kostenschatting is in [1] weergegeven. Het is duidelijk dat door de koelingssector de meeste kosten worden gemaakt terwijl deze sector slechts in geringe mate (10%) bijdraagt aan het totale CFK-gebruik. Dit blijkt nogmaals uit tabel 2.3, waarin de kosten per vermeden hoeveelheid CFK-gebruik zijn weergegeven. De hoogwaardigheid van de rol van CFK's in de koelingssector en de daarmee gepaard gaande moeilijke substitueerbaarheid zijn de oorzaak van de hoge kosten in de koelsector.

Uit tabel 2.3 blijkt verder dat de kosten per eenheid vermeden emissie elkaar in de twee perioden niet veel ontlopen. Opvallend is dat, terwijl voor alle toepassingen de kosten per vermeden emissie in de tweede periode lager zijn dan in de eerste, voor de koelingssector het omgekeerde geldt: de kosten tussen 1995 en 2000 zijn aanmerkelijk hoger. De gemiddelde kosten per voorkómen emissie zijn hierdoor in de tweede periode ook iets hoger.

Tabel 2.2 Totale jaarlijkse kosten (in miljoenen gulden) voor reductie van CFK-gebruik. Kostenschatting van VROM [1].

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1990-1995	1996-2000
Producenten van CFK's	1,68	5,78	11,93	19,26	25,33	29,38	93,36	157,53
Aerosols	0,99	1,66	1,85	1,85	1,85	1,85	10,05	9,13
waarvan:								
PUR-isolatieschuim	0,55	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	6,00	5,40
Koeling	7,99	27,80	48,50	71,89	97,47	119,23	372,88	810,28
waarvan:								
huishoudens	5,00	12,59	15,36	18,65	22,19	25,93	99,72	126,30
bedrijfsmatig	2,24	10,48	22,70	35,35	48,44	61,99	181,20	528,18
verbeterde lekdichtheid	0,75	3,73	8,94	16,39	25,34	29,81	84,96	148,30
recyclen koelmiddelen	0,00	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	7,00	7,50
Schuimen	2,07	7,77	16,52	21,76	22,66	22,62	93,40	112,73
waarvan:								
zachtschuim	0,20	-0,09	0,05	0,05	0,21	0,17	0,59	0,85
PUR-isolatieschuim	1,87	7,86	16,47	21,71	22,45	22,45	92,81	111,88
Oplos- en reinigingsmiddel	1,21	1,27	3,73	3,73	4,73	5,33	20,00	26,63
waarvan:								
drycleaning	0,01	0,07	0,13	0,13	0,13	0,13	0,60	0,63
ontvetting/oplosmiddelen	1,20	1,20	3,60	4,60	4,60	5,20	19,40	26,00
Totaal	13,94	44,28	82,53	118,49	152,04	178,41	589,69	1.116,30

Tabel 2.3 Kosten per kg vermeden CFK-emissie (fl./kg CFK). Periode 1990-1995.

	1990-1995	1996-2000
Producenten van CFK's	p.m.	p.m.
Aerosols	1,08	0,70
Koeling	160,38	270,09
Schuimen	6,09	4,42
waarvan:		
zachtschuim	0,23	0,21
PUR-isolatieschuimen	16,65	8,61
Oplos- en reinigingsmiddel	5,62	5,17
waarvan:		
drycleaning	5,00	2,10
ontvetting/oplosmiddelen	17,02	16,25
Gemiddeld (gewogen)	19,32	23,94

3. HET BEGRIP 'GLOBAL WARMING POTENTIALS'

Het begrip global warming potential (GWP) is kort geleden door 6.a. [2] geïntroduceerd. Het wordt gebruikt om de emissies van verschillende broeikasgassen vergelijkbaar te maken. Bij hantering van dit begrip wordt zowel rekening gehouden met het temperatuurverhogend effect per gram broeikasgas als met de levensduur van het gas in de atmosfeer. Het begrip GWP is gedefinieerd ten opzichte van CO₂. De GWP van CO₂ is gelijk aan 1.

Tabel 3.1 [3] laat zien dat de GWP's van de CFK's 11, 12 en 113 aanzienlijk is. Hun broeikaseffect per gram CFK is dus hoog. Er bestaat een grote range tussen de hoge en lage schattingen van de GWP's. Deze wordt veroorzaakt door wetenschappelijke onzekerheden. Met name onzekerheden met betrekking tot de levensduur van CO₂ in de atmosfeer zijn hier de oorzaak van. De in tabel 3.1 gegeven range kan worden beschouwd als grenzen waar de GWP's zich zeker tussen bevinden, indien ze worden uitgerekend over een tijdshorizon van 100 jaar.

Tabel 3.1 Global warming potentials (GWP's) van veel gebruikte halocarbons. Uitgerekend op gewichtsbasis en over een tijdshorizon van 100 jaar [3].

	CFK-11	CFK-12	CFK-113	HCFK-22	HCFK-123
Minimaal	1473	3385	1936	669	36
Medium schatting	2488	5302	2871	1279	69
Maximaal	3971	7881	4367	2253	120

Tabel 3.2 Substituten voor CFK's.

Toepassing	Meest gebruikte CFK	Substituut
Aerosols	CFK-12	Koolwaterstoffen*
Schuimen	CFK-11	HCFK-123
Koeling	CFK-12	HCFK-22
Oplos- en reinigingsmiddel	CFK-113	Onbekend

* = genoemd substituut heeft nagenoeg geen broeikaswerking

Per CFK-toepassing worden veelal verschillende CFK's gebruikt. Tabel 3.2 geeft aan welke CFK's het meest in de vier belangrijkste CFK-toepassingen worden gebruikt. In schuimen wordt vnl. CFK-11 gebruikt. Dit CFK heeft een GWP of broeikaswerking die ongeveer 50 % is van die van CFK-12.

CFK's die worden gebruikt als aerosols en reinigings- en oplosmiddelen worden waarschijnlijk vervangen door gassen zonder broeikaswerking. Voor koelmiddelen en mogelijk ook voor het blaasmiddel van schuimen ligt dit anders. De meest kansrijke vervangers, hydrochlorofluorkoolwaterstoffen (HCFK's), hebben broeikaswerking.

Opvallend is dat het mogelijke substituut voor CFK-11 in schuimen, HCFK-123, een relatief lage GWP heeft. De GWP van HCFK-22, dat een kansrijk substituut als koelmiddel is, is lager dan die van de harde CFK's (CFK-11 en CFK-12), maar nog steeds aanzienlijk.

4. BROEIKASEFFECT VAN CFK'S

Het gebruik van CFK's, volgens het reductieschema van het 'CFK-actieprogramma', is uitgedrukt in CO₂-equivalenten met behulp van informatie uit de tabellen 2.1, 3.1 en 3.2. Het gebruik van CFK's per toepassing is hier toe vermenigvuldigd met de GWP van het type CFK dat in deze toepassing het meest wordt gebruikt. De medium GWP-waarden uit tabel 3.1 zijn in de berekening gebruikt.

Evenmin als in het 'CFK-actieprogramma' is bij de berekening rekening gehouden met indirecte broeikasgasemissies. De CO₂-emissies bij vervaardiging van CFK's of substituten zijn daarmee gelijk verondersteld. Uit energie-analyse wordt verwacht dat deze in de orde van 1 kg CO₂ per kg CFK zijn en dus vergeleken met de GWP's van (H)CFK's van geen belang zijn. Er is ook geen rekening gehouden met CO₂-emissies die gepaard gaan met een eventuele verandering van het rendement van koelapparaten of met veranderingen van de isolatiewaarden van voorheen door CFK-bevattend schuim geïsoleerde gebouwen. Deze veronderstelling staat wel ter discussie.

In 1986 bedroeg het gebruik van CFK's in Nederland nog 49 miljoen ton CO₂ equivalenten. Ter vergelijking: de Nederlandse CO₂-emissie vanuit de energiesector bedroeg in 1985 148 miljoen ton CO₂ [4], slechts drie maal het in CO₂-equivalenten uitgedrukte CFK-verbruik. In het 'CFK-actieprogramma' wordt geschat dat het CFK-verbruik in 1990 al is gedaald tot 30 miljoen ton CO₂-equivalent (ongeveer 20% van de CO₂-emissie uit de energiesector). Verondersteld is dat de daling van het CFK-verbruik tussen 1986 en 1990 tot stand is gekomen onder invloed van beleid en maatschappelijke druk en los staat van het CFK-actieprogramma.

Overigens bedraagt de productiecapaciteit van CFK's in Nederland tussen de 50.000 en 60.000 ton [6]. Uitgedrukt in CO₂-equivalenten bedraagt de productie ruwweg 200 miljoen ton CO₂. Dit is méér dan de CO₂-emissie uit de energiesector. Het merendeel van de in Nederland geproduceerde CFK's wordt geëxporteerd.

De vermeden CO₂-equivalente emissie volgens het CFK-actieprogramma (opnieuw berekend met tabellen 2.1, 3.1 en 3.2) is weergegeven in tabel 4.1. Over de periode 1991-1995 bedraagt de reductie van CFK-gebruik ten opzichte van 1990 gemiddeld 22 miljoen ton CO₂-equivalent per jaar. De reductie is het grootst voor de toepassingen van CFK's in aerosols en in kunststofschuimen.

Tabel 4.1 Vermeden CFK-emissie uitgedrukt in miljoen ton CO₂-equivalenten. Berekend met medium GWP-waarden. De broeikaswerking van alternatieven is niet meegerekend.

	1990-1995	1996-2000
Aerosols	49	69
Koeling	12	16
Schuimen	38	63
waarvan:		
zachtschuim	14	
PUR-isolatieschuim	30	
Oplos- en reinigingsmiddel	10	15
waarvan:		
drycleaning	1	
ontvetting/oplosmiddelen	6	
Totale vermeden emissie	110	163

Als de reductie van CFK-emissies gelijk wordt gesteld aan verminderd gebruik van CFK's (er is hierbij verondersteld dat al het CFK dat in verschillende toepassingen wordt gebruikt vroeger of later in de atmosfeer terecht komt) betekent reductie van CFK-verbruik volgens het 'CFK-actieprogramma –uitgedrukt in CO₂-equivalenten– een nog niet eerder geëvenaarde reductie, die overeenkomt met 20% van de jaarlijkse CO₂ emissie uit de energiesector. Ter vergelijking: het huidige Nederlandse CO₂-beleid (over een tijdshorizon van 10 jaar, dus tot 2000) beoogt een stabilisatie van de CO₂-emissie en hooguit een reductie van de CO₂-emissie met 3 à 5 procent.

5. KOSTENVERGELIJKING

De kosten voor het vermijden van in CO₂-equivalenten uitgedrukte CFK-emissies zijn berekend voor de verschillende toepassingen van CFK's. (tabel 5.1, 5.2 en 5.3) Hiervoor zijn de kostenschattingen volgens het CFK-actieprogramma (tabel 2.3) gebruikt. Er is van uitgegaan dat, indien er geen beleid ten aanzien van CFK-verbruik zou zijn het verbruik tussen 1991 en 2001 gelijk zou zijn aan het verbruik in 1990.

Omdat de kosten van het verminderen van CFK-gebruik, uitgedrukt in fl/ton CO₂-equivalent, deels worden bepaald door de gebruikte GWP, zijn ze voor de verschillende GWP-waarden uit tabel 3.1 berekend.

*Tabel 5.1 Kosten voor het vermijden van CFK-emissie (fl./ton CO₂-equivalent).
Berekend met drie verschillende GWP-waarden. De broeikaswerking van alternatieven is niet meegerekend.*

	Lage GWP	Med. GWP	Hoge GWP
Aerosols	0,32	0,20	0,14
Koeling	47,38	30,25	20,35
Schuimen	4,14	2,45	1,53
waarvan:			
zachtschuim	0,15	0,09	0,06
PUR-isolatieschuim	11,30	6,69	4,19
Oplos- en reinigingsmiddel	2,90	1,96	1,29
waarvan:			
drycleaning	2,58	1,74	1,14
ontvetting/oplosmiddelen	8,79	5,93	3,90
Gewogen gemiddelde kosten	6,12	3,82	2,51

*Tabel 5.2 Kosten voor het vermijden van CFK-emissie (fl./ton CO₂-equivalent).
Berekend met medium GWP. De broeikaswerking voor gebruik van alternatieven voor CFK's is meeberekend.*

	1990-1995	1996-2000
Aerosols	0,20	0,13
Koeling	39,87	67,14
Schuimen	2,52	1,83
waarvan:		
zachtschuim	0,09	0,09
PUR-isolatieschuim	6,88	3,56
Oplos- en reinigingsmiddel	1,96	1,80
waarvan:		
drycleaning	1,24	0,52
ontvetting/oplosmiddelen	4,23	4,04
Gewogen gemiddelde kosten	4,59	5,56

Uit tabel 5.1 blijkt dat de reductiekosten voor de verschillende toepassingen in de periode 1990-1995 meer dan twee orden kunnen verschillen. Indien het broeikas effect van substituten niet wordt meegerekend bedragen de kosten voor het vermijden van het gebruik van CFK's in spuitbussen tussen fl 0.14 en fl 0.32 /ton CO₂-equivalent, terwijl de kosten voor koeling fl 20,- à fl 47,- bedragen. De kosten om het CFK-gebruik voor schuimen en oplossen reinigingsmiddelen te verminderen bedragen ruwweg 2 tot 4 gulden per ton CO₂-equivalent. De onzekerheden in GWP's veroorzaken een aanzienlijke spreiding in de kosten-schatting.

De kostenverschillen voor het verminderen van de CFK-emissie tussen de verschillende toepassingen worden nog groter indien de broeikaswerking van substituten van CFK's in de kostenberekening mee worden genomen. De kosten per ton CO₂-equivalent emissiereductie voor de koelingssector worden dan nog hoger omdat het CFK-alternatief HCFC-22 nog een aanzienlijke broeikaswerking heeft. Hierdoor is de netto CO₂-equivalent emissiereductie geringer. Overigens is bij de berekening van de rol van de substituten er gemakshalve van uitgegaan dat elke kilogram CFK wordt vervangen door één kg HCFC.

De over alle toepassingen gemiddelde kosten om de emissies van, in CO₂-equivalenten uitgedrukte, CFK-emissies te verminderen zijn in de periode 1996-2000 iets hoger dan in de tweede periode. Dit is een gevolg van de aanmerkelijk hogere kosten per ton CO₂-equivalent die in de koelingssector worden gemaakt. Daar is het dus moeilijk om vanuit een zekere reductie (over de periode 1990-1995 gemiddeld 90%) een additionele reductie (100% reductie) plaats te laten vinden. Bij de andere sectoren nemen de kosten in de tweede periode juist af. Dit wijst op eenmalig investeringen om het gebruik van CFK's te stoppen in de eerste periode en lage variabele kosten.

Vanuit de optiek van het broeikas effect kunnen de kosten voor het verminderen van de CO₂-equivalent emissie van broeikasgassen tussen de energiesector en de 'CFK-sector' worden vergeleken. In referentie [5] worden de kosten voor het verminderen van de uitstoot van CO₂ uit de Nederlandse energiehuishouding berekend met behulp van een optimalisatiemodel voor de aanbodzijde van energiehuishouding. In [5] zijn calculaties uitgevoerd voor een reductie van de emissies in 2030 met 50% ten opzichte van de emissies in 2030 en voor twee verschillende scenario's. De gemiddelde kosten voor het verminderen van de CO₂-uitstoot bedragen voor beide scenario's ongeveer fl. 35,-/ton CO₂ (gulden 1988, niet verdisconteerd). In vergelijking met het buitenland is het reduceren van CO₂ emissies uit de energiesector goedkoop.

Tabel 5.3 *Kosten voor het vermijden van CFK-emissie (fl./ton CO₂-equivalent). Berekend met medium GWP. De broeikaswerking van alternatieven is niet meeberekend.*

	1990-1995	1996-2000
Aerosols	0,20	0,13
Koeling	30,25	50,94
Schuimen	2,45	1,78
waarvan:		
zachtschuim	0,09	0,09
PUR-isolatieschuim	6,69	3,46
Oplos- en reinigingsmiddel	1,96	1,80
waarvan:		
drycleaning	1,74	0,73
ontvetting/oplosmiddelen	5,93	5,66
Gewogen gemiddelde kosten	3,82	4,49

De reductie in bovengenoemde studie was van een gelijke orde grootte als de CO₂-equivalent emissiereductie volgens het 'CFK-actieprogramma'. Hierdoor kunnen de gemiddelde kosten 'eerlijk' worden vergeleken. De gemiddelde kosten voor het reduceren van het gebruik van CFK's, en daardoor het verminderen van de CO₂-equivalenten emissie, zijn lager dan de kosten voor het verminderen van de CO₂-uitstoot uit de energiesector. De onzekerheidsmarge in de kosten, per in CO₂-equivalent uitgedrukte, CFK-emissie die ontstaat doordat CFK's met CO₂ moeten worden vergeleken ligt voor de meeste CFK-toepassingen buiten het kostengebied van de CO₂-emissie reductie in de energiesector. Alleen de kosten voor het vermijden van CFK-gebruik in de koelsector zijn weinig verschillend van de kosten voor CO₂-emissiereductie in de energiesector. Met name voor de periode van 1996 tot 2000 geldt dat het reduceren van CFK-gebruik in de koelsector qua kosten niet concurreert met de reductie van CO₂-emissies uit de energiesector.

De 'concurrentiepositie' van maatregelen in de koelsector ten opzicht van maatregelen in de energiesector verbetert indien wordt verondersteld dat de substituut-koelmiddelen volledig worden gerecycled (vergelijk tabel 5.2 met tabel 5.3). Indien voor recycling geen mééerkosten gemaakt hoeven worden nemen de kosten uitgedrukt in CO₂-equivalenten voor beide perioden met 24% af.

De kostenschattning voor reductie van het verbruik van CFK's in de koelingssector – al of niet uitgedrukt in CO₂-equivalentent – kent een aantal beperkingen. (1) De vermelde kostencijfers zijn gebaseerd op ruwe kostenschattningen. Dit is veelal een gevolg van het vroege ontwikkelingsstadium waarin de alternatieven zich bevinden. Hoeveel HCFC zich in 'nieuwe-generatie-apparaten' bevindt is nog niet bekend. Ook zijn de kosten voor het verwerken van CFK-11 bevattend isolatieschuim uit koelkasten bijvoorbeeld nog niet uit de praktijk bekend. Verder is de koelsector een componentenindustrie die in het buitenland gestationeerd is en deze kan dus niet direct door de Nederlandse overheid worden beïnvloed. (2) De gevolgen van vervangende koude- en isolatiemiddelen op energetische rendementen (en dus CO₂-emissies) zijn zo significant dat deze in de berekeningen mee moeten worden genomen. (3) In de huidige berekening is geen melding gemaakt of een deel van verminderd verbruik van CFK-bevattend PUR-schuim aan de koelingssector is toe te schrijven. (4) In de huidige berekening is verminderd verbruik gelijk verondersteld aan verminderde emissies. Recycling van CFK's verstoort deze veronderstelling. Zowel toekomstig verbruik als sluimerende emissies (ontstaan door gebruik in het verleden) kunnen door recycling worden vermeden.

6. CONCLUSIE

De reductie van het gebruik van CFK's volgens het 'CFK-actieprogramma' betekent een grote vermindering van de Nederlandse broeikasgasemissie. Deze is van een grotere omvang dan de huidige doelstellingen ten aanzien van de reductie van CO₂-emissies.

Uitgaande van de situatie in 1990 betekent de voorgenomen reductie van het CFK-verbruik jaarlijks een vermindering van de potentiële broeikasgasemissie die overeenkomt met 20% van de jaarlijkse CO₂-emissie.

Uitgaande van de kostenschattingen in het 'CFK-actieprogramma' bedragen de kosten voor het vergaand verminderen van CFK-emissies (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) voor de meeste CFK-toepassingen minder dan fl. 5,- per ton CO₂-equivalent. Daarmee zijn de kosten een orde van grootte lager dan voor een vergelijkbare reductie van CO₂-emissies uit de energiesector. Dit geldt ondanks het bestaan van onzekerheden in het vergelijken van CO₂ met CFK's.

De kosten voor het reduceren van het gebruik van CFK's in de koelsector (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) zijn van dezelfde orde van grootte als de kosten voor het reduceren van de CO₂-emissies in de energiesector. Voor 'hardere' conclusies ten aanzien van deze vergelijking zullen meer gedetailleerde reductie-opties moeten worden geanalyseerd. Voor een deel zullen opties om broeikasgasemissies in de energiesector te verminderen aantrekkelijker zijn, voor een deel zullen ook enkele opties in de 'koelsector' worden gekozen. Vervolgonderzoek dient in detail te kijken naar de met alternatieve koelmiddelen gepaard gaande veranderingen in koelinstallaties, de rol van isolatieschuimen in koelinstallaties en het recyclen van koelmiddelen en isolatieschuim.

REFERENTIES

- [1] Ministerie van VROM (1990)
CFK actieprogramma - Een samenwerkingsproject van overheden en bedrijfsleven.
- [2] Lashof, D.A.; D.R. Ahuja (1990)
Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming.
Nature 344, 5 april 1990, 529-531.
- [3] Ybema, J.R. (1990)
On comparing the emissions of greenhouse gases.
ESC, EMS-2, under preparation.
- [4] Okken, P.A.; D.N. Tiemersma (1989)
Greenhouse gas emission coefficients from the energy system, two methods to
calculate national CO₂-emissions.
ESC-WR-89-16, Petten, October 1989.
- [5] Kram, T; P.A. Okken (1989)
Two 'low CO₂' energy scenarios for the Netherlands.
Proceedings expert seminar on energy technologies for reducing emissions of green-
house gases
IEA/OECD, Paris, 12-14 April, 1989.
- [6] TRN Groep/Volder & Vis en IVM - Vrije Universiteit (1990)
Productie, verbruik en emissies van CFK's in Nederland.
Inventarisatiestudie CFK's uitgevoerd in opdracht van VROM.