

TRACTATENBLAD

VAN HET

KONINKRIJK DER NEDERLANDEN

JAARGANG 1995 Nr. 265

A. TITEL

*Protocol bij het Verdrag van 1979 betreffende grensoverschrijdende
luchtverontreiniging over lange afstand inzake de beheersing van
emissies van stikstofoxyden of van de grensoverschrijdende stromen
van deze stikstofverbindingen, met bijlagen;
Sofia, 31 oktober 1988*

B. TEKST

De Engelse en de Franse tekst van Protocol en bijlagen zijn geplaatst in *Trb.* 1989, 59. Zie voor de ondertekeningen ook *Trb.* 1991, 71.

Voor wijziging van de Technische Bijlage bij het Protocol zie rubriek J van *Trb.* 1992, 84, van *Trb.* 1994, 68 en van *Trb.* 1995, 200.

C. VERTALING

Zie *Trb.* 1991, 71 en rubriek J van *Trb.* 1992, 169 en van *Trb.* 1994, 138 en rubriek J hieronder.

D. PARLEMENT

Zie *Trb.* 1991, 71.

E. BEKRACHTIGING

Zie *Trb.* 1991, 71, *Trb.* 1992, 84 en 169, *Trb.* 1994, 68 en 138 en *Trb.* 1995, 200.

F. TOETREDING

Zie *Trb.* 1994, 68 en 138.

G. INWERKINGTREDING

Zie *Trb.* 1991, 71.

J. GEGEVENS

Zie *Trb.* 1989, 59, *Trb.* 1991, 71, *Trb.* 1992, 84 en 169, *Trb.* 1994, 68 en 138 en *Trb.* 1995, 200.

Wijziging

De vertaling van de op 23 juni 1995 gewijzigde Technische Bijlage bij het Protocol, waarvan de Engelse tekst is opgenomen in *Trb.* 1995, 200, blz. 2 e.v., luidt als volgt:

TECHNISCHE BIJLAGE

1. De bijlage heeft tot doel de Partijen bij het Verdrag een richtsnoer te bieden bij het zoeken naar mogelijkheden en technieken voor de beheersing van NO_x ter nakoming van hun verplichtingen ingevolge het Protocol.

2. Deze bijlage is gebaseerd op gegevens inzake mogelijkheden en technieken voor de vermindering van NO_x-emissies en de prestaties en kosten daarvan als vervat in officiële documentatie van het Uitvoerend Orgaan en de daaraan ondergeschikte lichamen en in documentatie van het Comité voor Binnenlands Vervoer van de ECE en de daaraan ondergeschikte organen, alsmede op aanvullende informatie, verstrekt door van regeringswege aangewezen deskundigen.

3. De bijlage is gericht op de beheersing van NO_x-emissies, beschouwd als de som van stikstofoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂), uitgedrukt als NO_x, en geeft een aantal maatregelen en technieken ter vermindering van NO_x die een breed scala van kosten en rendementen bestrijken. Tenzij anders is aangegeven, worden deze technieken geacht hun waarde terdege te hebben bewezen op grond van omvangrijke bedrijfservaring, die in de meeste gevallen werd opgedaan over een periode van ten minste vijf jaar. Deze bijlage kan echter niet als een uitputtende opsomming van beheersingsmogelijkheden worden beschouwd; zij heeft tot doel de Partijen een richtsnoer te bieden bij het zoeken naar de beste beschikbare technologieën die economisch haalbaar zijn als uitgangspunt voor nationale emissienormen en bij de invoering van maatregelen ter bestrijding van verontreiniging.

4. De keuze van maatregelen ter bestrijding van verontreiniging in een bepaald geval hangt af van een aantal factoren, waaronder de desbetreffende bepalingen van wetgevende en regelgevende aard, het verbruikspatroon van primaire energie, de industriële infrastructuur en de economische omstandigheden van de betrokken Partij en, in het geval van stationaire bronnen, de specifieke omstandigheden van de installatie. Tevens dient te worden beseft dat NO_x-bronnen vaak ook bronnen van andere verontreinigende stoffen zijn, zoals zwaveloxiden (SO_x), vluchtige organische verbindingen (VOC's) en zwevende deeltjes. Bij

het uitdenken van beheersingsmogelijkheden voor dergelijke bronnen moeten alle verontreinigende emissies gezamenlijk in aanmerking worden genomen, teneinde het totale bestrijdingseffect te maximaliseren en de inwerking op het milieu vanuit de desbetreffende bron tot een minimum te beperken.

5. De bijlage is een weergave van de stand van zaken met betrekking tot de kennis van en de ervaring met maatregelen ter beheersing van NO_x , inclusief aanpassing van bestaande bronnen, die was bereikt in 1992 wat stationaire bronnen betreft, en in 1994 wat mobiele bronnen betreft. Aangezien deze kennis en ervaring zich voortdurend ontwikkelen, met name door middel van achtereenvolgens nieuwe voertuigen waarin lage-emissie-technologie is verwerkt, de ontwikkeling van alternatieve brandstoffen door middel van achtereenvolgens aanpassing van en andere strategieën voor bestaande voertuigen, dient de bijlage regelmatig te worden bijgewerkt en gewijzigd.

I. TECHNOLOGIEËN VOOR BEHEERSING VAN NO_x -EMISSIONS UIT STATIONAIRE BRONNEN

6. De verbranding van fossiele brandstoffen is de belangrijkste bron van antropogene NO_x -emissionen uit stationaire bronnen. Daarnaast kunnen enkele processen waarbij geen verbranding optreedt in aanzienlijke mate aan deze emissies bijdragen. De belangrijkste categorieën stationaire bronnen van NO_x -emissionen, gebaseerd op EMEP/CORINAIR '90, omvatten:

- a. Openbare elektriciteits-, warmtekracht- en blokverwarmingscentrales:
 - i. stoomketels;
 - ii. stationaire verbrandingsturbinen en inwendige-verbrandingsmotoren;
- b. Stookinstallaties in de sectoren bedrijven, diensten en huishoudens:
 - i. bedrijfsketels;
 - ii. huishoudelijke verwarmingsinstallaties;
- c. Industriële verbrandingsinstallaties en processen waarbij verbranding optreedt:
 - i. stoomketels en procesfornuizen (geen direct contact tussen rookgas en producten);
 - ii. processen (direct contact) (bijvoorbeeld calcinatiëprocessen in draaiovens, cement- en kalkproductie enz., glasproductie, metallurgische bewerking, pulpproductie);
- d. Processen waarbij geen verbranding optreedt, (bijvoorbeeld de productie van salpeterzuur);
- e. Winning, be-/verwerking en distributie van fossiele brandstoffen;
- f. Afvalbehandeling en -verwijdering, bijvoorbeeld verbranding van stedelijk en industrieel afval.

7. Wat het gebied van de ECE betreft, nemen verbrandingsprocessen (categorieën a, b, c en d) 85% van de NO_x-emissies uit stationaire bronnen voor hun rekening. Processen waarbij geen verbranding optreedt, bijvoorbeeld productieprocessen, nemen 12% van de totale NO_x-emissies voor hun rekening en de winning, be/werking en distributie van fossiele brandstoffen 3%. Hoewel in veel ECE-landen elektriciteitscentrales in categorie a de grootste stationaire bron van NO_x-emissies zijn, is het wegverkeer in het algemeen de grootste afzonderlijke bron van NO_x-emissies, maar tussen de Partijen bij het Verdrag zijn er verschillen in de onderlinge verhouding van deze bronnen. Bovendien mogen industriële bronnen niet over het hoofd worden gezien.

ALGEMENE MOGELIJKHEDEN VOOR DE VERMINDERING VAN NO_x-EMISSIONS UIT VERBRANDING

8. Algemene mogelijkheden voor NO_x-vermindering zijn:

- a. Maatregelen voor energiebeheer¹⁾:
 - i. energiebesparing;
 - ii. samenstelling van het energiepakket;
- b. Technische mogelijkheden:
 - i. overschakelen op andere brandstoffen/brandstofreiniging;
 - ii. andere verbrandingstechnologieën;
 - iii. wijzigingen in het verbrandingsproces en andere processen;
 - iv. rookgasbehandeling.

9. Teneinde het meest efficiënte programma voor NO_x-vermindering te verkrijgen, naast de in letter a genoemde maatregelen, kan een combinatie van de in letter b gegeven technische mogelijkheden worden overwogen. Daarnaast heeft de combinatie van wijzigingen in het verbrandingsproces en rookgasbehandeling een op de locatie toegesneden evaluatie.

10. In sommige gevallen kunnen mogelijkheden voor de vermindering van NO_x-emissies ook leiden tot een vermindering van de emissies van CO₂ en SO₂ en andere verontreinigende stoffen.

Energiebesparing

11. Verstandig gebruik van energie (verbetering van rendement en processen, warmtekrachtkoppeling en/of beheer van de vraag) leidt gewoonlijk tot een vermindering van NO_x-emissies.

¹⁾ Mogelijkheden a i) en ii) zijn verwerkt in de energiestructuur / het energiebeleid van een Partij. Uitvoeringsstadium, rendement en kosten per sector blijven buiten beschouwing.

Samenstelling van het energiepakket

12. In het algemeen kunnen de NO_x-emissies worden verminderd door het aandeel van de energiebronnen waarvoor geen verbranding nodig is (d.w.z. waterkracht, kern- en windenergie, enz.) in het energiepakket te vergroten. Verdere milieu-effecten moeten echter in beschouwing worden genomen.

Overschakelen op andere brandstoffen/brandstofreiniging

13. In Tabel 1 zijn de onbestreden NO_x-emissiewaarden weergegeven die voor de verschillende sectoren worden verwacht bij de verbranding van fossiele brandstoffen.

14. Overschakelen op andere brandstoffen (bijvoorbeeld van brandstoffen met hoog stikstofgehalte op brandstoffen met laag stikstofgehalte of van steenkool op gas) kan leiden tot lagere NO_x-emissies, maar er kan sprake zijn van bepaalde restricties, zoals de beschikbaarheid van brandstoffen waarbij weinig NO_x vrijkomt (bijvoorbeeld aardgas op bedrijfsniveau) en de mogelijkheden om bestaande ovens aan andere brandstoffen aan te passen. In veel ECE-landen worden sommige verbrandingsinstallaties op steenkool of olie vervangen door gasgestookte verbrandingsinstallaties.

15. Het verwijderen van stikstof uit brandstof is geen rendabele oplossing. Uitbreiding van de toepassing van de kraaktechnologie in raffinaderijen leidt echter ook tot een verlaging van het stikstofgehalte in het eindproduct.

Andere verbrandingstechnologieën

16. Er zijn verbrandingstechnologieën met een beter thermisch rendement en minder NO_x-emissies. Dit zijn o.a.:

- a. warmtekrachtkoppeling met gebruikmaking van gasturbines en motoren;
- b. wervelbedverbranding (FBC): vast bed (BFBC) en circulerend bed (CFBC);
- c. stoom/gasturbine-cyclus met geïntegreerde kolenvergassing (IGCC);
- d. stoom/gasturbine-cyclus (CCGT).

17. De emissiewaarden bij deze technieken zijn beknopt weergegeven in Tabel 1.

18. Stationaire verbrandingsturbines kunnen ook in bestaande conventionele elektriciteitscentrales worden geïntegreerd (zogenoeten „topping”). Het totale rendement kan met 5 tot 6% toenemen, maar de bereikbare NO_x-vermindering is afhankelijk van de omstandigheden die worden bepaald door de locatie en de gebruikte brandstof. Gasturbines en -motoren worden op grote schaal toegepast bij warmtekrachtkoppeling. Doorgaans kan een energiebesparing van circa 30% worden

bereikt. Bij beide technieken is aanzienlijke vooruitgang geboekt in het verminderen van NO_x -emissies door middel van vernieuwingen in de verbrandings- en systeemtechnologie. Hiervoor zijn echter ingrijpende veranderingen in het bestaande ketelsysteem noodzakelijk.

19. Wervelbedverbranding (FBC) is een verbrandingstechnologie voor het verbranden van steenkool en bruinkool, maar hiermee kunnen ook andere vaste brandstoffen worden verbrand, zoals petroleumcokes en laagwaardige brandstoffen, zoals afval, turf en hout. Bovendien kunnen de emissies worden verminderd door middel van een geïntegreerde verbrandingsregeling in het systeem. Een nieuwere vorm van wervelbedverbranding is wervelbedverbranding onder druk (PFBC), die thans op de markt wordt gebracht voor de opwekking van elektriciteit en warmte. De totale bestaande capaciteit van wervelbedverbranding bedraagt ca. 30.000 MW_{th} (250 tot 350 installaties), waaronder 8.000 MW_{th} in installaties met een capaciteit van $> 50 \text{ MW}_{\text{th}}$.

20. Bij het IGCC-proces wordt kolenvergassing geïntegreerd met elektriciteitsopwekking in gecombineerde cyclus van gas- en stoomturbine. De vergaste kool wordt verbrand in de verbrandingskamer van de gasturbine. Deze technologie bestaat ook voor residuen van zware olie en bitumenemulsie. De bestaande capaciteit bedraagt thans ca. 1.000 MW_{el} (5 installaties).

21. Momenteel worden gasgestookte elektriciteitscentrales met een rendement van 48-52% en verlaagde NO_x -emissies gepland die gebruik maken van gecombineerde cyclus en geavanceerde gasturbines.

Wijzigingen in het verbrandingsproces en andere processen

22. Er worden maatregelen toegepast om de vorming van NO_x tijdens het verbrandingsproces te beperken. Deze omvatten regeling van de verbrandingsluchtverhouding, vlamtemperatuur, brandstof/lucht-verhouding, enz. De onderstaande verbrandingstechnieken zijn, hetzij afzonderlijk, hetzij in combinatie, beschikbaar voor nieuwe en bestaande installaties. Zij worden op grote schaal toegepast in de elektriciteitssector en op sommige gebieden van de industriële sector:

- a. verbranding met geringe lucht-overmaat (LEA);¹⁾
- b. verminderde-lucht-voorverwarming (RAP);¹⁾
- c. brander uit bedrijf (getrapte luchtvervoer) (BOOS);¹⁾
- d. brander-onbalans (getrapte brandstoftoevoer) (BBF);¹⁾
- e. lage- NO_x -branders (LNB);¹⁾ en ²⁾
- f. rookgasrecirculatie (FGR);²⁾
- g. getrapte verbranding/bovenluchtbedrijf (OFA);¹⁾ en ²⁾

¹⁾ Gangbare aanpassingsmaatregelen, met beperkt rendement en beperkte toepassingsmogelijkheden.

²⁾ Geaccepteerde moderne techniek in nieuwe installaties.

- h. in-vuurhaard-NO_x-reductie (IFNR);¹⁾
- i. water-/stoominjectie en arm-mengsel-stooktechniek met voormenging.²⁾

23. De emissiewaarden dankzij de toepassing van deze technieken zijn beknopt weergegeven in Tabel 1 (hoofdzakelijk op basis van ervaring in elektriciteitscentrales).

24. Het verbrandingsproces wordt voortdurend verder ontwikkeld en verbeterd. In-vuurhaard-NO_x-reductie wordt getest in enkele grote demonstratie-installaties, terwijl fundamentele wijzigingen in het verbrandingsproces hoofdzakelijk worden doorgevoerd in het ontwerp van stoomketels en branders. De ontwerpen van moderne vuurhaarden omvatten bijvoorbeeld poorten voor bovenluchtverbranding en gas-/oliebranders zijn geschikt gemaakt voor rookgasrecirculatie. De laatste generatie lage-NO_x-branders kent een combinatie van zowel getrapte luchttoevoer als getrapte brandstoftoevoer. In de afgelopen jaren is in lidstaten van de ECE sprake van een opmerkelijke toeneming van volledige aanpassing van bestaande installaties om wijzigingen in het verbrandingsproces te verwezenlijken. In 1992 was er in totaal ca. 150.000 MW geïnstalleerd.

Rookgasbehandeling

25. Rookgasbehandeling heeft tot doel reeds gevormde NO_x te verwijderen en wordt ook betiteld als secundaire maatregelen. Het is gebruikelijk om, waar mogelijk, primaire maatregelen toe te passen als eerste stap ter vermindering van NO_x alvorens tot rookgasbehandeling over te gaan. De geaccepteerde moderne methoden voor rookgasbehandeling zijn alle gebaseerd op de verwijdering van NO_x door middel van een droog chemisch proces.

26. Deze methoden zijn de volgende:
- a. selectieve katalytische reductie (SCR);
 - b. selectieve niet-katalytische reductie (SNCR);
 - c. gecombineerde NO_x/SO_x-verwijderingsprocessen:
 - i. actieve-koolstofprocessen (AC);
 - ii. gecombineerde katalytische NO_x/SO_x-verwijdering.

27. De emissiewaarden voor SCR en SNCR zijn beknopt weergegeven in Tabel 1. De gegevens zijn gebaseerd op de praktijkervaring in een groot aantal installaties waar deze technieken zijn toegepast. In 1991 waren er in het Europese deel van de ECE ca. 130 SCR-installaties, overeenkomend met 50.000 MW_{el}, 12 SNCR-installaties (2.000 MW_{el}).

¹⁾ Uitgevoerd in op zichzelf staande grote installaties in de bedrijfssector; slechts beperkte praktijkervaring.

²⁾ Voor verbrandingsturbinen.

1 AC-installatie (250 MW_{el}) en 2 installaties met gecombineerde katalytische processen (400 MW_{el}) gebouwd. Het rendement van NO_x-verwijdering bij AC en gecombineerde katalytische processen is vergelijkbaar met dat van SCR.

28. In Tabel 1 zijn ook de kosten van de toepassing van NO_x-verminderingstechnologieën beknopt weergegeven.

BEHEERSINGSTECHNIEKEN VOOR ANDERE SECTOREN

29. Anders dan bij de meeste verbrandingsprocessen, heeft de toepassing van wijzigingen in het verbrandingsproces en/of andere processen in de industriesector vele procesgebonden beperkingen. In cementovens of glassmeltovens zijn bijvoorbeeld bepaalde hogere temperaturen noodzakelijk om de kwaliteit van het produkt te garanderen. Wijzigingen in het verbrandingsproces die doorgaans worden toegepast zijn getrapte verbranding/lage-NO_x-branders, rookgasrecirculatie en procesoptimalisatie (bijvoorbeeld precalcineren in cementovens).

30. In Tabel 1 worden enkele voorbeelden gegeven.

NEVENEFFECTEN / BIJPRODUKTEN

31. De onderstaande neveneffecten zullen geen beletsel vormen voor de toepassing van een technologie of methode, maar moeten in overweging worden genomen wanneer er verschillende mogelijkheden voor NO_x-vermindering zijn. Deze neveneffecten kunnen in het algemeen echter door een goed ontwerp en een goede bedrijfsvoering worden beperkt:

- a. wijzigingen in het verbrandingsproces:
 - mogelijke daling van het totale rendement;
 - toename van CO-vorming en koolwaterstofemissies;
 - corrosie ten gevolge van reducerende atmosfeer;
 - mogelijke N₂O-vorming in systemen met wervelbedverbranding;
 - mogelijke toename van het koolstofgehalte in de vliegas;
- b. SCR:
 - NH₃ in de vliegas;
 - vorming van ammoniumzouten in installaties verderop in het proces;
 - deactivering van de katalysator;
 - toenemende omzetting van SO₂ in SO₃;
- c. SNCR:
 - NH₃ in de vliegas;
 - vorming van ammoniumzouten in installaties verderop in het proces;
 - mogelijke vorming van N₂O.

32. Wat bijprodukten betreft, zijn gedeactiveerde katalysatoren bij het SCR-proces de enige produkten van belang. Omdat deze als afval worden aangemerkt, kunnen zij niet zonder meer worden verwijderd; er bestaan echter mogelijkheden voor hergebruik.

33. De produktie van de reagentia ammoniak en ureum voor rookgasbehandeling omvat een aantal afzonderlijke stadia waarvoor energie en grondstoffen nodig zijn. Opslagsystemen voor ammoniak vallen onder de desbetreffende veiligheidswetgeving en deze systemen zijn ontworpen als volledig gesloten systemen, met als resultaat een minimum aan ammoniakemissies. Het gebruik van NH_3 staat echter niet ter discussie, zelfs niet wanneer men de indirecte emissies verband houdend met de produktie en het vervoer van NH_3 in aanmerking neemt.

MONITORING EN RAPPORTAGE

34. De maatregelen genomen ter uitvoering van nationale strategieën en beleidslijnen ter bestrijding van luchtvervuiling omvatten voorschriften van wetgevende en regelgevende aard, economische prikkels en ontmoedigingsmaatregelen, alsmede technologische vereisten (beste beschikbare technologie).

35. In het algemeen kunnen emissiebeperkende normen per emissiebron worden opgesteld, naar gelang de grootte van de installatie, de werkwijze, de verbrandingstechnologie, het type brandstof en naar gelang het een nieuwe of een bestaande installatie betreft. Een andere benadering die ook wordt gehanteerd, is een doel vaststellen voor de vermindering van de totale NO_x -emissies uit een groep bestaande bronnen en de Partijen toestaan te kiezen waar maatregelen moeten worden genomen om dit doel te bereiken („bubble concept”).

36. Op het beperken van de NO_x -emissies tot de binnen het kader van de nationale wetgeving vastgestelde waarden dient te worden toegezien door middel van een permanent monitoring- en rapportagesysteem en hiervan dient verslag te worden gedaan aan de toezichhoudende autoriteiten.

37. Er zijn verscheidene monitoringsystemen beschikbaar, die werken met zowel continue als niet-continue meetmethoden. De kwaliteitseisen verschillen echter tussen de Partijen. De metingen dienen te worden verricht door gekwalificeerde instituten en met goedgekeurde meet-/monitoringsystemen. Hiertoe zou een stelsel van certificering de beste garantie kunnen bieden.

38. In het kader van moderne geautomatiseerde monitoringsystemen en procesbesturingsapparatuur levert rapportage geen problemen op. Het verzamelen van gegevens voor verder gebruik is een geaccepteerde moderne techniek. De gegevens die aan de bevoegde autoriteiten moeten worden doorgegeven, verschillen echter van Partij tot Partij. Om deze beter te kunnen vergelijken, zouden de te rapporteren gegevens en

voorschriften moeten worden geharmoniseerd. Harmonisatie is ook gewenst voor het waarborgen van de kwaliteit van meet-/monitoringsystemen. Dit moet in aanmerking worden genomen bij het vergelijken van gegevens afkomstig van verschillende Partijen.

39. Teneinde onderlinge afwijkingen en tegenstrijdigheden te vermijden, moeten belangrijke aangelegenheden en parameters, met inbegrip van de onderstaande, goed worden omschreven:

- omschrijven van de normen uitgedrukt in ppmv, mg/m³, g/GJ, kg/h of kg/t van het produkt. De meeste van deze eenheden moeten worden berekend en nader worden gespecificeerd wat betreft gastemperatuur, vochtigheid, druk, zuurstofgehalte of thermische belasting;
- omschrijven van het tijdvak waarover de normen kunnen worden gemiddeld, uitgedrukt in uren, maanden of een jaar;
- omschrijven van de duur van storingen en de bijbehorende noodregelingen betreffende het overbruggen van monitoringsystemen of het buiten werking stellen van de installatie;
- omschrijven van de methoden voor het achteraf aanvullen van gegevens die ontbreken of verloren zijn gegaan ten gevolge van een storing in de apparatuur;
- omschrijven van de reeks parameters die moet worden gemeten. De noodzakelijke informatie kan variëren, afhankelijk van het soort industriële processen. Dit heeft tevens betrekking op de plaatsing van het meetpunt binnen het systeem.

40. Er moet worden gezorgd voor kwaliteitscontrole op de metingen.

II. TECHNOLOGIEËN VOOR BEHEERSING VAN NO_x-EMISSIES UIT MOBIELE BRONNEN

BELANGRIJKSTE MOBIELE BRONNEN VAN NO_x-EMISSIES

41. De voornaamste mobiele bronnen van antropogene NO_x-emissies omvatten:

Wegvoertuigen:

- op benzine en op dieselolie rijdende personenauto's;
- lichte bedrijfswagens;
- zware vrachtwagens;
- motorfietsen en bromfietsen;
- tractoren (land- en bosbouw).

Terreinvoertuigen:

- machines voor de landbouw, de industrie en de bouwnijverheid.

Overige mobiele bronnen:

- spoorwegmaterieel;
- schepen en andere zeevaartuigen;
- luchtvaartuigen.

42. In veel ECE-landen is het wegvervoer een belangrijke bron van antropogene NO_x-emissies, die tot tweederde van de totale nationale emissies voor haar rekening neemt. Huidige op benzine rijdende voer-

tuigen nemen tot tweederde van de NO_x-emissies van het totale nationale wegvervoer voor hun rekening. In een aantal gevallen zullen de NO_x-emissies van het zware vrachtverkeer echter uitstijgen boven de afnemende emissies van personenauto's.

43. In veel landen zijn wettelijke regelingen ingevoerd ter beperking van de emissie van verontreinigende stoffen uit wegvoertuigen. Voor terreinvoertuigen zijn in enkele ECE-landen emissienormen ingevoerd, mede voor NO_x; bij de ECE zelf zijn deze in voorbereiding. De NO_x-emissies uit deze overige bronnen kunnen aanzienlijk zijn.

44. Totdat andere gegevens beschikbaar zijn, worden in deze bijlage alleen wegvoertuigen behandeld.

ALGEMENE ASPECTEN VAN TECHNOLOGIEËN VOOR DE BEHEERSING VAN NO_x-EMISSIES VAN WEGVOERTUIGEN

45. In deze bijlage gaat het om personenauto's, lichte bedrijfswagens, motorfietsen, bromfietsen en zware vrachtwagens.

46. In deze bijlage komen zowel nieuwe als in gebruik zijnde voertuigen aan de orde, waarbij de aandacht voornamelijk gericht is op NO_x-emissiebeheersing voor nieuwe typen voertuigen.

47. De cijfers betreffende de kosten voor de verschillende technologieën zijn geen detailhandelsprijzen, maar verwachte produktiekosten.

48. Het is van belang te verzekeren dat de emissienormen voor nieuwe voertuigen worden gehandhaafd wanneer zij in gebruik zijn genomen. Dit kan geschieden door middel van inspectie- en onderhoudsprogramma's waarin gelijkvormigheid van de produktie, duurzaamheid voor de volledige gebruiksduur, garantie op emissiebeheersingsonderdelen en terugname van voertuigen die gebreken vertonen, worden verzekerd.

49. Fiscale voordelen kunnen de versnelde invoering van wenselijke technologie bevorderen. Aanpassing is van beperkt nut voor de vermindering van NO_x-emissies en is wellicht moeilijk te verwezenlijken voor meer dan een klein percentage van alle voertuigen.

50. Voor technologieën waarbij gebruik wordt gemaakt van katalysatoren bij benzinemotoren met vonkontsteking is loodvrije brandstof vereist, die algemeen verkrijgbaar dient te zijn. De toepassing van nabehandelingstechnologieën bij dieselmotoren, zoals driewegkatalysatoren of deeltjesvangsers, vereist het gebruik van laagzwavelige brandstoffen (zwavelgehalte maximaal 0,05%).

51. De beheersing van stedelijk verkeer en verkeer over lange afstanden, die in deze bijlage niet nader wordt uitgewerkt, is niettemin van belang als doelmatige bijkomende aanpak ter vermindering van NO_x-emissies. Maatregelen ter vermindering van NO_x-emissies en andere luchtverontreinigende stoffen kunnen het opleggen van snelheidslimie-

ten en doelmatige verkeersbeheersing omvatten. De belangrijkste maatregelen voor verkeersbeheersing zijn gericht op het veranderen van de vervoerswijzeverdeling (modal split) wat betreft het openbaar vervoer en het vervoer over lange afstanden, met name in gevoelige gebieden, zoals steden of de Alpen, door het vervoer over te hevelen van de weg naar het spoor door middel van tactische, structurele, financiële en beperkende elementen en tevens via optimalisering van de logistiek van de distributiesystemen. Zij zullen tevens bevorderlijk zijn voor het verminderen van de overige schadelijke gevolgen van de toename van het verkeer, zoals geluidsoverlast, verkeersopstoppingen, enz.

52. Er zijn verscheidene technologieën en keuzemogelijkheden m.b.t. het ontwerp beschikbaar die gelijktijdige beheersing van diverse verontreinigende stoffen mogelijk maken. Bij enkele toepassingen zijn tegenstelde effecten ondervonden bij de vermindering van NO_x -emissies (bijv. benzine- of dieselmotoren zonder katalysator). Dit kan veranderen met de toepassing van nieuwe technologieën (bijv. reinigende nabehandelingsvoorzieningen en elektronica. Dieselbrandstof met een vernieuwde samenstelling en brandstof die additieven bevat die de NO_x na de verbranding reduceren, zouden ook een rol kunnen spelen in een strategie om de emissie van NO_x uit dieselloertuigen tegen te gaan.

TECHNOLOGIEËN VOOR DE BEHEERSING VAN NO_x -EMISSIONS UIT WEGVOERTUIGEN

Op benzine en op dieselolie rijdende personenauto's en lichte bedrijfs-wagens

53. De belangrijkste technologieën voor het beheersen van NO_x -emissies zijn vermeld in tabel 2.

54. De basis voor vergelijking in tabel 2 is technologie B, een niet-katalytische technologie, ontwikkeld om te voldoen aan de vereisten van de Verenigde Staten voor 1973-74 of van ECE-Reglement 15-04¹⁾ ingevolge de Overeenkomst van 1958 betreffende het aannemen van eenvormige goedkeuringsvoorwaarden en de wederzijdse erkenning van goedkeuring van uitrustingsstukken en onderdelen van motorrijtuigen. De tabel geeft ook de karakteristieke emissieniveaus weer voor ongeregelde en geregelde katalysatoren, alsmede de kosten ervan.

55. Het niveau „zonder emissiebeheersing” (A) in tabel 2 verwijst naar de situatie in de ECE-regio in 1970, maar kan in bepaalde gebieden nog steeds voorkomen.

56. Het emissieniveau in tabel 2 geeft emissies weer die zijn gemeten door middel van standaard-beproevingprocedures. Emissies uit voertuigen op de weg kunnen hiervan afwijken onder invloed van, onder meer, de omgevingstemperatuur, de rijomstandigheden (met name bij hogere snelheid), de brandstof en het onderhoud. Het in tabel 2 aange-

¹⁾ Vervangen door Reglement nr. 83.

geven verminderingspotentieel wordt echter als representatief beschouwd voor de verminderingen die in de praktijk haalbaar zijn.

57. De meest doelmatige momenteel beschikbare technologie voor de vermindering van NO_x-emissies is keuzemogelijkheid E. Deze technologie levert grote verminderingen op van emissies van NO_x, vluchtige organische verbindingen (VOC's) en CO.

58. In reactie op regelgeving voor verdere vermindering van NO_x-emissies (bijv. voertuigen met lage emissieniveaus in Californië) zijn verbeterde geregelde drieweg-katalysatoren in ontwikkeling (keuzemogelijkheid F). De verbeteringen betreffen vooral motormanagement, zeer nauwkeurige beheersing van de verhouding lucht/brandstof, zwaardere belasting van de katalysator, ingebouwde diagnosesystemen (OBD's) en andere moderne beheersingstechnieken.

Motorfietsen en bromfietsen

59. Hoewel de feitelijke NO_x-emissies van motorfietsen en bromfietsen zeer laag zijn (bijv. bij tweetaktmotoren), dienen ze toch in aanmerking te worden genomen. Terwijl de VOC-emissies van deze voertuigen door vele Partijen bij het Verdrag zullen worden beperkt, kunnen de NO_x-emissies toenemen (bijv. bij viertaktmotoren). In het algemeen zijn dezelfde technologische keuzemogelijkheden als beschreven voor op benzine rijdende personenauto's van toepassing. In Oostenrijk en Zwitserland worden reeds strenge NO_x-emissienormen gehanteerd.

Zware, op dieselolie rijdende vrachtwagens

60. In tabel 3 zijn drie technologische keuzemogelijkheden beknopt weergegeven. De referentieconfiguratie van motoren is die van de drukge vulde dieselmotor. De tendens is dat deze worden vervangen door drukge vulde motoren met tussenkoeling, moderne brandstofinspuit-systemen en elektronische regeling. Deze tendens zou kunnen leiden tot verbetering van het referentiebrandstofverbruik. Vergelijkende schattingen van het brandstofverbruik zijn niet in de tabel opgenomen.

BEHEERSINGSTECHNIEKEN VOOR IN GEBRUIK ZIJNDE VOERTUIGEN

Volledige gebruiksduur, terugname en garantie

61. Ter bevordering van duurzame emissiebeheersingssystemen dient aandacht te worden geschonken aan emissienormen die niet mogen worden overschreden gedurende de „volledige gebruiksduur” van het voertuig. Er zijn toezichtprogramma's nodig om zorg te dragen voor de naleving van dit vereiste. Dergelijke programma's houden in dat fabrikanten

voertuigen die niet aan de vereiste normen voldoen, moeten terugnemen. Om te verzekeren dat de eigenaar geen met de productie verband houdende problemen ondervindt, dienen fabrikanten garanties te bieden voor emissiebeheersingsonderdelen.

62. Er mag geen sprake zijn van instrumenten die de doelmatigheid van emissiebeheersingssystemen verminderen of deze buiten werking stellen gedurende welke rijomstandigheden dan ook, behalve onder omstandigheden die noodzakelijk zijn voor probleemloos rijden (bijv. een koude start).

Inspectie en onderhoud

63. Het inspectie- en onderhoudsprogramma heeft een belangrijke bijkomende functie. Het kan eigenaren van voertuigen aanmoedigen tot regelmatig onderhoud, en ontmoedigen met de emissiebeheersingsonderdelen te knoeien of deze buiten werking te stellen, zowel door rechtstreeks toezicht als door voorlichting. Via inspectie dient te worden geverifieerd of de emissiebeheersingsonderdelen functioneren zoals zij oorspronkelijk werkten. Tevens dient hiermee te worden gewaarborgd dat de emissiebeheersingssystemen niet zijn verwijderd.

64. Betere monitoring van de emissiebeheersing kan worden bereikt met behulp van ingebouwde diagnosesystemen (OBD's) die het functioneren van de emissiebeheersingsonderdelen controleren, foutcodes opslaan voor nader onderzoek en, in geval van een defect, de bestuurder hierop attenderen, teneinde het te doen repareren.

65. Inspectie- en onderhoudsprogramma's kunnen gunstig zijn voor alle soorten technologie voor emissiebeheersing, door te waarborgen dat de emissieniveaus van nieuwe voertuigen worden gehandhaafd. Bij voertuigen met emissiebeheersing is het van wezenlijk belang ervoor te zorgen dat de technische normen en instellingen van nieuwe voertuigen worden gehandhaafd, teneinde verslechtering ten aanzien van alle belangrijke verontreinigende stoffen, met inbegrip van NO_x, te vermijden.

Tabel 1

Broncategorie (i): Openbare elektriciteitsopwekking, warmtekracht- en blokverwarmingssystemen

Energiebron	Onbestreden emissies mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾	Wijzigingen in verbrandingsproces en andere processen mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e 2)	Rookgasbehandeling: mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾	(a) Niet-katalytisch ECU/kW _e 2)	(b) Katalytisch (na primaire maatregelen) mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e 2)
Stoomketels: - Steenkool, vloeibare asfalt ³⁾ - Steenkool, droge asfalt ³⁾ - Bruinkool ³⁾ - Zware olie ⁶⁾ - Lichte olie ⁶⁾ - BEI ¹⁴⁾ - Aardgas ⁶⁾	1 500-2 200 800-1 500 450-750 700-1 400 350-1 200 800 150-600 200-700	1 000-1 800 350-630 300-850 100-300 190-300 80-126 150-500 40-140 100-350 30-100 geen gegevens 50-200 180-400 < 100	geen gegevens 200-400 70-140 < 200 175-250 geen gegevens geen gegevens < 130 60	geen gegevens 9-11 6-8 6-8 5-7	< 200 < 70 50-100(125-200) ¹²⁾ < 200 < 70 50-100(125-200) ¹²⁾ < 200 < 85 80-100 < 150 < 40 50-70 < 150 < 40 50-70 geen gegevens < 100 < 30 geen gegevens < 140 < 50 geen gegevens
PFBC IGCC ¹³⁾	165-310 235-430 4 800-6 300	30-150 26-130 50-200 45-175 320-640 100-200			20 17 120-180 70
Gasturbines + CCGT ¹³⁾ 18)		Investeringskosten: Droog: 50-100 ECU/kW _e Nat: 10-50 ¹⁴⁾ ECU/kW _e	n.v.t. n.v.t.		
- aardgas - dieselolie Inw.-verbr.- motoren ⁷⁾ (aardgas < 1 MW _e)					

Categorie (ii): Stookinstallaties in de sectoren bedrijven, diensten en huishoudens

Energiebron	Onbestreden emissies mg/m ³ 1)	g/GJ ¹⁾	Wijzigingen in verbrandingsproces en andere processen mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾	Rookgasbehandeling: mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾	(a) Niet-katalytisch ECU/kW _e ²⁾	(b) Katalytisch (na primaire maatregelen) mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾
Steenkool	110-500	40-175				
Bruinkool	70-400	30-160				
Lichte olie	180-440	50-120	130-250 35-70			
Gas	140-290	40-80	60-150 16-40			
Hout ¹⁵⁾	85-200	50-120	70-140 40-80			
Categorie (iii) Industriële verbrandingsinstallaties en processen waarbij verbranding optreedt						
Energiebron	Onbestreden emissies mg/m ³ 1)	g/GJ ¹⁾	Wijzigingen in verbrandingsproces en andere processen mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾	Rookgasbehandeling: mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾	(a) Niet-katalytisch ECU/kW _e ²⁾	(b) Katalytisch (na primaire maatregelen) mg/m ³ 1) g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾
Industriële verbrandingsinstallaties: - steenkool (poederkool- verbranding) ⁶⁾ - steenkool (rooster- vuur- haard) ³⁾ - Bruinkool - Zware olie ⁶⁾ - Lichte olie ⁶⁾ - Aardgas ⁶⁾ Gasturbines + CCGT ¹³⁾ ¹⁸⁾ - aardgas - dieselolie	600-2.200 1.50-600 200-800 400-1.000 150-400 100-300 165-310 235-430	200-770 50-200 80-340 110-280 40-110 30-80 140-270 200-370	tot 700 tot 245 tot 500 tot 175 tot 650 tot 180 tot 250 tot 70 tot 150 tot 42 30-150 26-130 Droog: 50-100 50-200 45-175 Nat: 10-50 ^{a)} Investeringskosten: 2-10 ECU/kW _e 2-10 ECU/kW _e	n.v.t. n.v.t. n.v.t. n.v.t.		20 17 120-180 70

Energiebron	Onbestreden emissies mg/m ³ (1) g/GJ ¹⁾	Wijzigingen in verbrandingsproces en andere processen mg/m ³ (1) g/GJ ¹⁾ ECU/KW _{e,t} ²⁾	Rookgasbehandeling: mg/m ³ (1) g/GJ ¹⁾	(a) Niet-katalytisch ECU/KW _{e,t} ²⁾	(b) Katalytisch (na primaire maatregelen) mg/m ³ (1) g/GJ ¹⁾ ECU/KW _{e,t} ²⁾
FBC ⁹⁾ Inw. verbr.-motoren (aardgas) ⁴⁾ Industriële processen: - Calcinatie Glas: - Spiegelglas - Houders - Glasvezel - industrieelglas Metalen: - Sinteren - Cokesovens - „Baked carbon“ brandstoffen Vlamboogovens Papier en pulp: - „Black liquor“	100-700 4 800-6 300 1 000-2 000 6 kg/t 2,5 kg/t 0,5 kg/t 4,2 kg/t 300-500 ¹⁶⁾ 1 000 < 3 000 50-200 170 ¹⁷⁾	1 500-2 000 100-600 320-640 100-200 500-800 500-2 000 (20-40) g/GJ	60		< 500 < 500 13-20

Categorie (iv): Processen waarbij geen verbranding optreedt

Energie-bron	Ombestreden emissies mg/m ³ 1)	kg/t ²⁾	Wijzigingen in de processen mg/m ³ 1)	kg/t ²⁾	ECU/t ²⁾	Rookgas- behandeling: mg/m ³ 1)	kg/t	(e) Niet- katalytisch ECU/kV _e 2)	(b) Katalytisch (na primaire maat- regelen) kg/t ²⁾	ECU/kV _e 2)
Salpeter- zuur: - Lage druk (1-2,2 bar) - Middel- hoge druk (2,3-8 bar) - Hoge druk (8-15 bar) - HOKO (-50 bar) Beitsen: - Messing - Roestvrij staal - Koolstof- staal	5 000 circa 1 000 <380 < 380	16.5 3.3 < 1.25 M 1.25							0.01-0.8	

Categorie (v): Winning, be/verwerking en distributie van fossiele brandstoffen

Energiebron	Onbestreden emissies mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾	Wijzigingen in verbrandingsprocessen en andere processen mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾	Rookgasbehandeling: mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾	(a) Niet-katalytisch ECU/kW _e ²⁾	(b) Katalytisch (na primaire maatregelen) mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾
Raaffaderijen ³⁾	- 1 000	100-700			
Categorie (vi): Afvalbehandeling en -verwijdering					
Energiebron	Onbestreden emissies mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾	Wijzigingen in verbrandingsprocessen en andere processen mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾	Rookgasbehandeling: mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾	(a) Niet-katalytisch ECU/kW _e ²⁾	(b) Katalytisch (na primaire maatregelen) mg/m ³ ¹⁾ g/GJ ¹⁾ ECU/kW _e ²⁾
Verbranding ¹⁾	250-500	200-400			< 100

¹⁾ Emissies in mg/m³ NO₂ (NTD droog) resp. g/GJ thermische belasting. Conversiefactoren (mg/m³ in g/GJ) bij NO_x-emissies uit kolen (steenkool): 0,35; kolen (bruinkool): 0,42; olie/gas: 0,277; turf: 0,5; hout + schors: 0,588 [1 g/GJ = 3,6 mg/kWh].

²⁾ Totale investeringen 1 ECU = 2 DM.

³⁾ Vermindering in het algemeen bereikt in combinatie met primaire maatregelen. Verwijderingsrendement tussen 80 and 95%.

⁴⁾ Bij 5% O₂.

⁵⁾ Bij 6% O₂.

⁶⁾ Bij 3% O₂.

⁷⁾ Incl. kosten van stoomketel.

⁸⁾ Bij 7% O₂.

⁹⁾ Emissies uit industriële processen worden gewoonlijk weergegeven in kg/t van het produkt.

¹⁰⁾ g/m² oppervlakte.

¹¹⁾ Bij 11% O₂.

¹²⁾ Nageschakelde (tail gas) versus voorgeschakelde (high dust) SCR-opstelling.

¹³⁾ Bij 15% O₂.

¹⁴⁾ Bitumenemulsie.

¹⁵⁾ Uitsluitend onbehandeld hout.

¹⁶⁾ Warmterugwinning en gasrecirculatie.

¹⁷⁾ Bij < 75% droge stof.

¹⁸⁾ Met bijsloten; extra thermische NO_x bij benadering: 0-20 g/GJ.

Tabel 2: Technologieën voor emissiebeheersing voor op benzine en op dieselolie rijdende personenauto's en lichte bedrijfswagens

Technologieën	NO _x -emissieniveau %	Schatting van bijkomende pro- duktiekosten ¹⁾ (US\$)
<i>Op benzine rijdend</i>		
A. Geen emissiebeheersing	100	–
B. Aanpassingen van de motor (motorontwerp, carburatie- en onstekingssysteem, lucht- inspuiting)	70	²⁾
C. Ongeregelde katalysator	50	150–200
D. Geregelde drieweg-katalysator	25	250–450 ³⁾
E. Verbeterde geregelde drieweg- katalysator	10	350–600 ³⁾
F. Californische voertuigen met lage emissie (verbeterde technologie E)	6	>700 ³⁾
<i>Op dieselolie rijdend</i>		
G. Conventionele diesel-motor met indirecte inspuiting	40	
H. Motor met indirecte inspuiting, met secundaire inspuiting, hoge inspuit- druk, elektronisch geregeld;	30	1.000–1.200 ⁴⁾
I. Drukgevulde motor met directe inspuiting	50	1.000–1.200 ⁴⁾

N.B. Keuzemogelijkheden C, D, E en F vereisen het gebruik van loodvrije benzine; keuzemogelijkheden H en I vereisen het gebruik van laagzwavelige dieselbrandstof.

¹⁾ Per voertuig, in verhouding tot keuzemogelijkheid B. Vereisten m.b.t. NO_x-emissies kunnen gevolgen hebben voor de brandstofprijzen en de produktiekosten van raffinaderijen, maar deze zijn niet inbegrepen in de schatting van bijkomende produktiekosten.

²⁾ Kosten voor motorische aanpassingen van keuzemogelijkheden A en B worden geschat op US\$ 40–100.

³⁾ Bij keuzemogelijkheden D, E en F worden de emissies van CO en VOC's ook aanzienlijk verminderd, naast de NO_x-emissies. Keuzemogelijkheden B en C leiden ook tot beheersing van CO- en VOC-emissies.

⁴⁾ Het brandstofverbruik wordt verminderd in vergelijking met keuzemogelijkheid G, terwijl de emissieniveaus van deeltjes bij keuzemogelijkheid G aanzienlijk hoger zijn.

Tabel 3 Technologieën voor zware vrachtwagens, emissieresultaten en kosten

Technologieën	NO _x -emissieniveau %	Verwachte bijkomende pro- duktiekosten ¹⁾ (US\$)
A. Drukgevulde dieselmotor (EURO I)	100	0
B. Drukgevulde dieselmotor met tussenkoeling (EURO II)	85	1500-3000
C. Drukgevulde dieselmotor met tussenkoeling, hogedruk-brandstofinspuiting, elektronisch geregelde brandstofpomp, verbrandingskamer en uitlaatgas-terugvoer naar inlaat (EGR)	50-60	3000-6000
D. Overgang naar Otto-motor met driewegkatalysator op LPG, CNG of zuurstofhoudende brandstoffen	10-30	tot 10.000

N.B.: Keuzemogelijkheid C vereist het gebruik van laagzwavelige dieselbrandstof

¹⁾ Per voertuig en afhankelijk van de omvang van de motor in verhouding tot referentietechnologie A. Vereisten m.b.t. NO_x-emissies kunnen gevolgen hebben voor de brandstofprijzen en de produktiekosten van raffinaderijen, maar deze zijn niet inbegrepen in de schatting van de bijkomende produktiekosten.

Uitgegeven de *twintigste* november 1995.

De Minister van Buitenlandse Zaken,

H. A. F. M. O. VAN MIERLO