

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU
BILTHOVEN

RIVM Rapport 650010014

Fijn stof emissies in Nederland en buitenland

L.G. Wesselink, W. Smeets, R.M.M. v.d. Brink,
R. Thomas

April 1998

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van VROM, Directoraat-Generaal Milieubeheer, directie Lucht en Energie, in het kader van project nr. 6500100.

This investigation has been performed on order of the Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment, Department of Air and Energy, within the framework of project 650010.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven; tel 030-2749111, fax 030-2742971

VERZENDLIJST

- 1 Ir. A.J. Baayen, Directeur Lucht en Energie van het DG voor Milieubeheer
- 2 Dr. ir. B.C.J. Zoeteman, plv. Directeur-Generaal Milieubeheer
- 3 Drs. M. Alessie, DGM/LE
- 4 Dr. K. Krijgsheld, DMG/LE
- 5 Ir. J.A. Herremans, DGM/LE
- 6 Ir. A.P.M. Blom, DGM/LE
- 7 Dr. D. Jung, DGM/SVS
- 8 Dr. J. Berdowski, TNO
- 9 Ir. W. Waqué, DCMR
- 10 Prof. ir. N.D. van Egmond, RIVM
- 11 Drs. L.H.M. Kohsiek, RIVM/LAE
- 12 Ir. F. Langeweg, RIVM
- 13 Dr. M.A.J. Kuijpers-Linde, RIVM/LAE
- 14 Dr. ir. E. Lebret RIVM/LEO
- 15 Dr. ir. D. van Lith RIVM/LLO
- 16 Ir. P.J.A Rombout RIVM/LEO
- 17 Dr. ir. E. Buringh RIVM/LEO
- 18 Drs. E. Noordijk, RIVM/LLO
- 19 Ir. H. Diederer, RIVM/LLO
- 20 Drs. H.J.Th Bloemen
- 21 Drs. H.C. Eerens
- 22 Dr. ir. P.H.M Janssen RIVM/CIM
- 23 Doelgroepcoördinatoren RIVM-LAE
- 24 Provincie Gelderland
- 25 IPO werkgroep Lucht
- 26 Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie
- 27 Directie Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
- 28 Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations, RIVM
- 29 Bibliotheek
- 31-50 Bureau rapportenbeheer
- 51-85 Reserve exemplaren

INHOUD

SUMMARY	4
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	6
2. VASTSTELLING BASISJAARGEGEVENS NEDERLAND	7
3. BRONNEN EN REGIONALISATIE IN RIM ⁺	9
4. PM ₁₀ EMISSIES IN NEDERLAND	11
4.1 BASISJAAR	11
4.2 MV4 SCENARIO'S	11
4.2.1 Toelichting doelgroep Industrie	13
4.2.2 Toelichting doelgroep Verkeer	16
4.2.3 Toelichting doelgroep Raffinaderijen	18
4.2.4 Toelichting doelgroep Consumenten	18
4.2.5 Toelichting doelgroep Landbouw	19
4.2.6 Toelichting doelgroep Handel Diensten en Overheid (HDO)	19
5. PM ₁₀ EMISSIES IN HET BUITENLAND	20
5.1 BASISJAREN	20
5.2 MV4 SCENARIO'S	23
6. EMISSIES VERZURENDE STOFFEN IN NEDERLAND	26
6.1 BASISJAAR	26
6.2 MV4 SCENARIO'S	26
7. EMISSIES VAN VERZURENDE STOFFEN IN BUITENLAND	28
7.1 BASISJAAR	28
7.2 MV4 SCENARIO'S	28
8. ONZEKERHEDEN IN PM ₁₀ EMISSIES	31
8.1 ALGEMEEN	31
8.2 INSCHATTING ONZEKERHEDEN IN PM ₁₀ EMISSIES IN BUITENLAND	31
8.2 INSCHATTING ONZEKERHEDEN IN PM ₁₀ EMISSIES IN NEDERLAND	34
9. STERKTE-ZWAKTE ANALYSE EMISSIEGEGEVENS	39
LITERATUUR	41
BIJLAGE 1: VERKEER: BELEIDSINTENSIEF, STADPLUS EN HIGHTECH MAATREGELPAKKETTEN; EFFECTEN VAN VOLUME EN TECHNISCHE MAATREGELEN.	43
BIJLAGE 2: DEELTESGROOTTEVERDELING EN PM-CARBONACEOUS	47
BIJLAGE 3: FORMULES ONZEKERHEIDSANALYSE	49

Summary

This report discusses emission data used as input for atmospheric dispersion modelling in the framework of the RIVM project "Air Pollution and Health" and the Netherlands Environmental Outlook 4. The data collected apply to primary particulate matter (PM₁₀), SO₂, NO_x and NH₃ for Europe and the Netherlands for both base and future years. Economic developments and abatement measures that were used to calculate future emission trends are explained. A first analysis has been made of the uncertainties involved in the estimates of particulate matter emissions. On the basis of these reported emission data we recommend focusing future emission research on: i) closer analysis of the uncertainties in current emission estimates, ii) the subsequent effect of uncertainties in emission estimates on dispersion modelling, and iii) increasing the insight into the quality of present emission data and probable missing sources of data. This can be achieved through measurements at emission sources and a stronger linking of emission inventories to air quality monitoring in general.

Samenvatting

Dit rapport documenteert emissiebestanden die in het kader van het project Luchtverontreiniging en Gezondheid (MAP 650010) en de Vierde Milieuverkenning (MV4) door het Laboratorium van Afvalstoffen en Emissies van het RIVM zijn geleverd aan het Laboratorium van Luchtonderzoek, ten behoeve van luchtkwaliteits- en effect-berekeningen. Het betreft emissiebestanden voor basis- en toekomstjaren voor primair fijn stof en NH_3 , SO_2 en NO_x als precursors van secundair fijn stof, voor binnen- en buitenland. In het rapport worden de economische scenario's en maatregelen die ten grondslag liggen aan de berekeningen voor toekomstjaren toegelicht. Ook wordt een eerste analyse gemaakt van onzekerheden in zowel binnen- als buitenlandse emissiegegevens voor fijn stof. Op basis van voorliggend rapport wordt geadviseerd in vervolgonderzoek aandacht te richten op i) nadere analyse van onzekerheden in huidige emissiebestanden, ii) doorwerking daarvan, en van de onzekerheden in modelparameters in het verspreidingsmodel, in de berekende fijn stof concentraties en iii) het vergroten van het inzicht in de kwaliteit van huidige emissieschattingen, en eventuele hiaten daarin, door *metingen* aan de bron en door een versterkte koppeling van emissie-inventarisaties met luchtkwaliteitsmetingen.

1. Inleiding

In de atmosfeer zweeft fijn stof, kleine deeltjes, kleiner dan 10 micrometer, die door inademing in onze longen komen. Hoewel de huidige concentraties fijn stof veel lager zijn dan in vroegere jaren wijzen recente epidemiologische studies op negatieve gezondheidseffecten (Bloemen et al., 1997). De huidige grenswaarde voor fijn stof ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) staat onder druk vanwege deze gezondheidseffecten. In opdracht van VROM/DGM, Directie Lucht & Energie ontwikkelt het RIVM een beslissingsondersteuningssysteem om de gezondheidsrisico's van blootstelling aan fijn stof te analyseren en risico reducerende maatregelen te formuleren. Daartoe wordt met het modelleninstrumentarium van het RIVM de hele keten van emissies van fijn stof, via concentraties, tot blootstelling en effecten doorgerekend. Vanuit het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies (RIVM-LAE) zijn in de loop van 1996 en 1997 diverse emissiebestanden geleverd aan het Laboratorium voor Luchtonderzoek (RIVM-LLO). Deze leveranties zijn gedaan vanuit het Reken en Informatiemodel RIM⁺. Het betreft emissiebestanden voor primair fijn stof (PM₁₀: Particulate Matter <10 μm) en verzurende stoffen als precursor voor secundair fijn stof, voor Nederland en buitenland, voor het basisjaar 1993 en de toekomstjaren 2000, 2010 en 2020. Deze emissies hebben als basis gediend voor de door Bloemen et al. (1998) beschreven huidige en in de toekomst te verwachten fijn stof concentraties in Nederland in relatie tot Nederlandse en Europese bronnen.

In voorliggend rapport worden de geleverde emissiegegevens gedocumenteerd en toegelicht. Daarbij wordt aandacht besteed aan de methodiek van vaststelling van emissies, de scenario's die zijn gebruikt om emissies voor toekomstjaren te berekenen (volume ontwikkelingen en maatregeloptyes), en onzekerheden in de vastgestelde emissiegegevens. Tot slot worden aanbevelingen voor nader onderzoek op het gebied van emissies gedaan.

2. Vaststelling basisjaargegevens Nederland

Methodiek algemeen

De in het voorliggende rapport gepresenteerde fijn stof emissies in het basisjaar 1993 zijn, m.u.v. landbouw, vastgesteld in het kader van de Emissiejaarrapportage (HIMH, 1997). In dat kader stellen o.a. TNO, RIVM, RIZA, CBS, LNV, onder auspiciën van de Hoofdinspectie Milieuhygiëne, gezamenlijk de jaarlijkse Nederlandse emissies vast. Door vd. Most et al. (in voorb.) wordt globaal de totstandkoming van emissieinventaristaties in het kader van de Emissiejaarrapportage beschreven. In het navolgende wordt een korte toelichting gegeven, daarbij wordt onderscheid gemaakt naar doelgroepen.

Verkeer

Fijn stof emissies worden vastgesteld door het CBS op basis van verkeersintensiteiten en emissiefactoren. Het CBS put voor deze gegevens o.a. uit jaarlijkse emissiemetingen aan voertuigen die door TNO worden uitgevoerd. Verkeersprestaties (voertuig-km/jaar) worden vastgesteld op basis van CBS enquêtes over het gebruik van voertuigen en de kentekenregistratie van de Rijksdienst voor het wegverkeer (RWD) (vd. Most et al, in voorb.). Voor meer gedetailleerde informatie over fijn stof emissiefactoren voor doelgroep Verkeer wordt verwezen naar van den Brink (1996).

Industriële doelgroepen (Industrie, raffinaderijen, energievoorziening, handel, diensten & overheid)

Fijn stof emissies worden vastgesteld op basis van de Individuele Emissieregistratie (ERi). Bedrijfsgegevens in de Eri worden deels aangeleverd door bedrijven zelf (BMP's), deels via TNO-enquêtes en deels geschat door TNO. Circa 90% van de landelijke totale fijn stof emissies bij de industriële doelgroepen vindt plaats bij individueel geregistreerde bedrijven. In hoofdstuk 8.2 wordt nader toegelicht volgens welke methodieken de fijn stof ^{emissies} cijfers bij individuele bedrijven worden vastgesteld. Fijn stof emissies bij de doelgroep industrie bestaan voor >95% uit procesemissies.

Consumenten

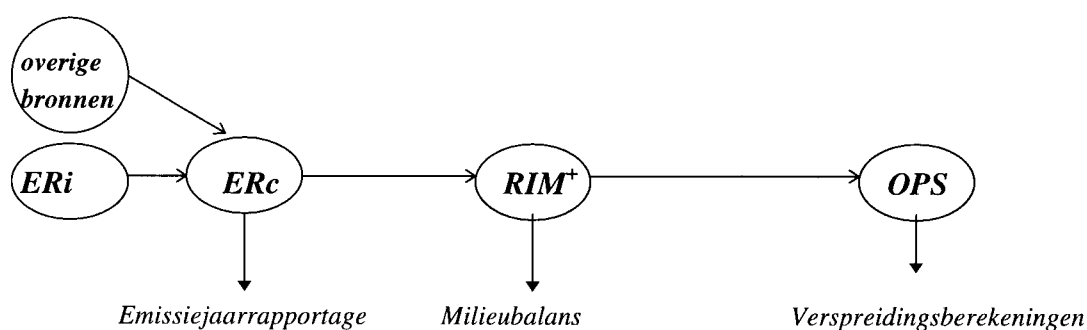
Bronnen van fijn stof bij consumenten zijn het stoken van open haarden, hout- en kolenkachels. Het stoken van houtkachels is de grootste bron. Emissies zijn voor het basisjaar 1991 vastgesteld op basis van emissiefactoren voor open haarden en kachels voor drie brandstoffen (hout, kolen, afval), en vervolgens vereenvoudigd tot een gemiddelde emissiefactor per woning in Nederland (Booij et al, 1996).

Landbouw

De fijn stof emissies in de doelgroep landbouw worden niet in de reguliere inventarisaties van de Emissiejaarrapportage meegenomen. In het kader van voorliggend project is een eenmalige schatting gemaakt van de emissies uit de Nederlandse veehouderij, op basis van onderzoeksresultaten van het IMAG-DLO (Groot-Koerkamp et al., 1996). In dat onderzoek werden daggemiddelde emissies van respirabel stof bepaald op vier dagen in de zomer en op vier dagen in de winter. Respirabel stof zoals in het IMAG-DLO onderzoek werd gemeten, heeft een deeltjesdiameter van 7,07 um en is daarmee kleiner dan de deeltjesgrootte die hoort bij PM₁₀. De meetresultaten zijn uitgedrukt in grammen emissie per aanwezig dier per jaar. De totale Nederlandse emissie is vervolgens berekend door vermenigvuldiging met aantallen dieren. De metingen werden uitgevoerd bij de voornaamste diercategorieën: melkkoeien, vleesstieren, vleeskalveren, vleesvarkens, zeugen, leghennen en vleeskuikens. Voor de niet genoemde diercategorieën zoals jongvee in de rundveehouderij en ouderdieren in de pluimveehouderij, werd de emissie van respirabel stof bijgeschat naar rato van de fosfaatproductie in de mest.

3. Bronnen en regionalisatie in RIM⁺

De door diverse instanties in het kader van de Emissiejaarrapportage vastgestelde emissiegegevens worden vastgelegd in de Emissieregistratie Collectief database (algemeen aangeduid met ERc). In de ERc wordt iedere 'emissieoorzaak' ruimtelijk toegedeeld. Vervolgens worden emissiegegevens uit de ERc ingelezen in het RIM⁺ (Reken en Informatie Model, van het RIVM-LAE) Omdat RIM⁺ minder 'processen' (=emissieoorzaken) hanteert dan de ERc vindt hierbij een aggregatie van gegevens plaats. Ook de in RIM⁺ vastgelegde gegevens worden ruimtelijk toegedeeld¹ (zie tabel 3.1). Vanuit RIM⁺ worden invoerbestanden aangemaakt voor het verspreidingsmodel OPS van het Laboratorium voor Luchtonderzoek van het RIVM (Van Jaarsveld, 1991).



Figuur 3.1 schema gegevensstromen emissies. *Eri* = Emissieregistratie individueel (industriële puntbronnen), *ERc* = Emissieregistratie Collectief, *RIM+* = Reken en informatiemodel, *OPS* = Operationeel verspreidingsmodel voor Prioritaire stoffen

¹ een meer volledige documentatie van de verwerking van emissiegegevens, en de regionalisatie daarvan wordt gegeven in "Achtergronddocument bij emissieleveranties aan LLO" (Wesselink, et al. intern document RIVM-LAE, 1998, in voorb.)

4. PM₁₀ emissies in Nederland

4.1 basisjaar

Tabel 4.1 geeft een overzicht van PM₁₀ emissies in 1993. In de kolom '1993-oud' staan PM₁₀ gegevens zoals medio 1996 zijn geleverd aan RIVM-LLO. Medio 1997 is in het kader van de Emissiejaarrapportage door TNO voor diverse stoffen een herberekening uitgevoerd van emissies in de periode 1990-1995 (HIMH, 1997^b). Die herberekeningen zijn overgenomen in de Milieubalans 97. De kolom '1993-nieuw' geeft deze herberekende emissies. Merk op, dat de totale emissie in de doelgroep Verkeer gelijk is gebleven, maar dat tussen de beschouwde broncategorieën een verschuiving is opgetreden.

De belangrijkste fijn stof bronnen zijn, in de industrie de aardolie industrie (raffinaderijen), de chemische industrie en de basismetaleen (o.a. Hoogovens), in het verkeer de dieselveertuigen (personen-, vracht-) en de scheepvaart en bij de consumenten de open haarden en houtkachels.

4.2 MV4 scenario's

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de emissieontwikkeling van PM₁₀ in de periode 1995-2020, berekend in het kader van de Vierde Milieuverkenning (MV4: RIVM, 1997). Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar doelgroepen en een meer gedetailleerde opdeling naar broncategorieën. De kolommen 1995, 2000, 2010, 2020 *huidige beleid* in tabel 4.1 betreffen reeksen die als zodanig in de MV4 zijn gepubliceerd (RIVM, 1997: bijlage A4). Voor een toelichting op de groeiscenario's voor de economie (Divided Europe: DE, European Coordination: EC, Global Competition: GC) wordt verwezen naar de MV4. De emissies in bovengenoemde jaren zijn berekend op basis van volume-ontwikkelingen *en* emissiereductie-maatregelen. Waar sprake is van *referentie* berekeningen betreft het maatregelpakketten die bij het *huidige vastgestelde beleid* naar verwachting ten uitvoer worden gebracht. Daarnaast zijn aanvullende maatregelen doorgerekend, aangeduid met *beleidsintestief (Industrie, Verkeer)*, *high tech (Verkeer)* en *stadplus (Verkeer)*. Voor de doelgroepen Landbouw en Handel, Diensten & Overheid (HDO) zijn geen toekomstscenario's doorgerekend.

In tabel 4.2 worden emissieontwikkelingen op basis van alleen volume-ontwikkelingen (economische groei) gegeven.

Tabel 4.2: PM10 emissies in de MV4 scenario's, onder invloed van Volume ontwikkelingen ZONDER technische maatregelen

PM10 (miljoen)	DE				EC				GC			
	1995	2000	2010	2020	1995	2000	2010	2020	1995	2000	2010	2020
Afval	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Consumenten	9.0	7.4	7.4	7.4	9.0	7.4	7.4	7.5	9.0	7.4	7.5	7.5
Energie	0.8	0.6	0.6	0.6	0.8	0.5	0.4	0.2	0.8	0.6	0.5	0.2
Handel, Diensten & Overheid	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Industrie	12.6	13.3	13.2	13.2	12.6	13.1	13.8	14.6	12.6	13.7	14.1	15.4
Landbouw	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Raffinaderijen	4.9	2.9	2.6	1.4	4.9	3.1	2.7	1.8	4.9	2.8	2.2	3.8
Verkeer	17.5	18.5	20.1	22.0	17.5	19.1	22.6	27.2	17.5	19.1	23.4	30.1
TOTAAL	45.2	43.0	44.3	44.8	45.2	43.5	47.3	51.6	45.2	43.9	48.0	57.3

4.2.1 Toelichting doelgroep Industrie

Volume-ontwikkelingen

In de drie economische scenario's treedt voor nagenoeg alle industriële sectoren een groei op. De groei is het hoogst in het GC en het laagst in het DE scenario. De emissies van PM₁₀ o.i.v. van volume groei, dus zonder maatregelen, nemen daardoor toe; zie tabel 4.2.

Maatregelen huidig beleid

Emissies van fijn stof uit de industrie vinden voornamelijk (>90%) plaats als procesemissies. De in het *huidig beleid* opgenomen maatregelen ter reductie van procesemissies in de doelgroep industrie zijn in tabel 4.3 weergegeven.

Tabel 4.3: Effect maatregelen op PM₁₀- emissie (mln kg) bij industrie (excl. verbrandingsemissies) in het EC huidig beleid scenario.

Maatregel	1995 ¹	2000	2010	2020
1. Aanp. transportbanden en filteraanp. retourbunker (fosfor ind.)		0.2	0.3	0.4
2. Verkleinen openingstijd omkasting (oven) (aluminium ind.)				
3. Actieplan ertsvoorbereiding (ijzer/staal ind.)	1.2	4.0	3.9	3.8
4. CCF proces (ijzer/staal ind.)			0.4	1.1
5. CCF i.p.v. cokesproductie (ijzer/staal ind.)			0.04	0.1
6. E-filter+sorbentinjectie; samen met / na oxyfuel (glas ind.)			0.3	0.4
7. Kalksplitter (ML7232) (bouwmaterialen ind.)		0.05	0.1	0.1
8. Diverse maatregelen m.b.t. fijn stof (kunstmest ind.)		0.02	0.02	0.02
9. Maatregel tb.v. emissie ureumprilltoren (kunstmest ind.)		0.1	0.1	0.1
10. Stoffilter bij prilltoren DPP-fabriek (chemie ind.)		0.03	0.04	0.05
11. Doekfilter (zuivel ind.)	0.2	0.4	0.5	0.5
TOTAAL	1.4	4.9	5.6	6.5

1) maatreeffeffect in 1995 berekend doordat maatregel al voor 1995 is ingegaan en in de periode 95-2000 verder wordt doorgevoerd

Toelichting op tabel 4.3:

Maatregelen huidig beleid

3. Bij de *primaire ijzer- en staalproductie* wordt bij de ertsvoorbereiding een reductie van **fijn stof**, SO₂ en NO_x bereikt. Dit gebeurt door het rookgas gedeeltelijk opnieuw te gebruiken en tenslotte te reinigen via een hoge drukwassing. Het afvalwater dat hierbij vrij komt wordt vervolgens gezuiverd. De uitvoering van deze maatregel is vastgelegd in het Bedrijfsmilieuplan (BMP) van de Hoogovens.

4. *CCF (Cyclone Converter Furnace)*: op termijn (> 2000) zal het CCF proces worden geïntroduceerd bij de productie van ijzer. Het belangrijkste verschil met de huidige produktiewijze is dat ijzererts, kolen en kalksteen in één installatie worden omgezet in ruwijzer. Deze procesverandering is zowel in de in *referentieberekening (huidig beleid)* als in de *oplossingsrichting (beleidsintensief)* opgenomen. Het verschil is de mate van penetratie in 2010/2020. In de referentie berekening is de start in 2005 en de penetratie in 2020 is 50 %.

6. *Glasindustrie*. Verondersteld is, dat conform de NER-richtlijnen in de toekomst de verbrandingslucht zal worden vervangen door zuurstof bij ovens die hiervoor geschikt zijn (oxy-fuel techniek). Hierdoor daalt de emissie van NO_x en PM₁₀. Voor de meeste glasovens is deze techniek toepasbaar; er treedt tevens een energiebesparend effect op. Hoewel de techniek nog niet als Stand der Techniek kan worden beschouwd is - overeenkomstig de NER - verondersteld dat de techniek zal worden toegepast. In het referentiescenario verloopt e.e.a. trager dan op basis van het vastgesteld beleid mogelijk wordt geacht. Een belangrijke reden hiervoor is dat de maatregel aanpassing van het productieproces vraagt. De introductie zal daarom plaatsvinden op het moment dat er een grote revisie van de oven plaatsvindt; voor nagenoeg alle ovens is dat voor het jaar 2000 het geval. Verder is verondersteld, dat er waar mogelijk elektrofilters met sorbent-injectie zullen worden geïntroduceerd (nageschakelde techniek die nog in ontwikkeling is) om de emissie van PM₁₀, metalen, HF en HCl te verminderen. Conform de NER is verondersteld, dat introductie pas zal plaatsvinden ná 2003 als er voldoende onderzoek is verricht.

8/9. *Kunstmestindustrie*: de emissie van PM₁₀ zal verminderen doordat een deel van de procesinstallaties wordt vervangen. In de referentiescenario's is verondersteld dat dit nog voor 2000 zal gebeuren, maar als de situatie op de kunstmestmarkt zich ongunstig ontwikkelt kan nog enige vertraging optreden.

Maatregelen beleidsintensief

4. *CCF* (Cyclone Converter Furnace): op termijn (> 2000) zal het CCF proces worden geïntroduceerd bij de produktie van ijzer. Het belangrijkste verschil met de huidige produktiewijze is dat ijzererts, kolen en kalksteen in één installatie worden omgezet in ruwijzer. Deze procesverandering is zowel in de in *referentieberekening (huidig beleid)* als in de *oplossingsrichting (beleidsintensief)* opgenomen. Het verschil is de mate van penetratie in 2010/2020. In de referentie berekening is de start in 2005 en de penetratie in 2020 is 50 %. In de oplossingsrichting is de start in 2005 en de penetratie in 2020 is 100 %. Het uiteindelijke effect is een reductie van 0.3 kton in 2020 t.o.v. het referentiescenario.

11. *Voedings- en genotmiddelenindustrie*. Toepassen van meer doekfilters bij met name de zetmeelindustrie; toepassen efficiëntere drogers in de zuivelindustrie leidt tot een reductie van 0.65 kton in 2020 in het EC en GC scenario en 0.5 kton in het DE scenario t.o.v. het referentiescenario

4.2.2 Toelichting doelgroep Verkeer

Volume-ontwikkelingen

In de MV4 scenario's wordt een toename in personenvervoer (uitgedrukt in reizigerskilometers) en vrachtvervoer (uitgedrukt in tonkilometers) berekend. De toename in PM₁₀-emissies door volume-ontwikkeling, d.w.z. economische groei (tabel 4.2), is het grootst in het GC scenario en het laagst in het DE scenario.

Maatregelen huidig beleid

Op basis van EU-beleid, afspraken op basis van het AUTO-OIL programma, is verondersteld dat de emissienormen voor personenauto's in 2000 (alle scenario's) en in 2005 (alleen EC) worden aangescherpt en voor bestelwagens in 1997 en 2001 (alle scenario's), conform de voorstellen die ten tijde van het schrijven van de MV4 circuleerden bij de diverse EU-lidstaten. Voor vrachtwagens en bussen is verondersteld dat de emissienormen in 2000 worden aangescherpt (EURO-3). Hoewel het van kracht worden van de stage IV-normen (= EURO-4) een reële kans heeft zijn deze normen in de scenario's niet verondersteld in verband met de onzekerheid hieromtrent. Voor bromfietsen is verondersteld dat de normen in 1998 en 2000 worden aangescherpt, voor motoren alleen in 1998, voor mobiele werktuigen in 1997 (alle scenario's) en in 2001 (alleen EC).

Toelichting op EURO-emissienormen²

Stage III is een aanscherping ten opzichte van Stage II (van kracht sinds medio 1996) van de typekeuringseisen voor nieuwe motoren voor zware bedrijfsvoertuigen (> 3.5 ton). De eisen hebben betrekking op CO, VOS, NO_x en PM₁₀ en zijn uitgedrukt in g/kWh. De Stage III eisen voor PM₁₀ zijn ca. 25% scherper dan die in Stage II. Stage IV is de volgende aanscherping die is gepland voor 2000. De PM₁₀-emissie wordt in deze aanscherping met slechts 10 tot 25% verlaagd. Aangezien de NO_x-emissie-eisen in Stage IV ca. 65% scherper zijn dan de huidige Stage II wordt toepassing van uitlaatgas-nabehandeling noodzakelijk. De technieken zijn op dit moment (1998) wel reeds voorhanden, de hoge produktiekosten en lage duurzaamheid vormen echter nog een probleem.

² *Emissienormen in de praktijk: fabrikanten die een nieuw type vrachtauto op de Nederlandse markt willen brengen moeten voor de gebruikte motor een typegoedkeuring hebben. De motor wordt officieel volgens een standaard-emissiemeting getest. De emissie per geleverde eenheid aan energie moet lager zijn dan de vastgestelde grenswaarde.*

In bijlage 1 staan voor doelgroep Verkeer de beleidsintensief-, Stadplus-, en High tech- pakketten uitgewerkt naar technische en volume maatregelen. Voor alle beschouwde stoffen zijn emissiereducties door technische maatregelen dominant.

Maatregelen beleidsintensief

In het beleidsintensief pakket zijn maatregelen verwerkt waarvan RIVM (doelgroep Verkeer) veronderstelt dat ze technisch en beleidsmatig 'realistisch' zijn, o.a. verdere aanscherping van emissie-eisen. Het betreft voorgenomen beleidsintensivering die betrekking heeft op strengere Europese regelgeving die i.t.t. de huidige normen geen onderscheid maakt tussen benzine en dieservoertuigen. Hierdoor zullen lichte dieservoertuigen vermoedelijk van de markt verdwijnen. Voor zware dieservoertuigen is verondersteld dat vanaf 2005 de normen worden aangescherpt tot EURO IV. Daarnaast wordt gewerkt aan verlaging van het zwavelgehalte in bunkerolie waardoor de PM₁₀-emissie door zeescheepvaart op Nederlands territorium met 1 miljoen kg kan dalen (MV4: RIVM, 1997)

Maatregelen Stad-Plus

Dit scenario bevat technische maatregelen die gericht zijn op de leefbaarheid in stedelijk gebied en bevat de volgende veronderstellingen.

In alle steden met meer dan 40.000 inwoners is 60% van het centrale stedelijke gebied niet meer toegankelijk voor voertuigen met een verbrandingsmotor. Dit leidt tot verschuivingen naar elektrische en hybride voertuigen. Daarnaast zijn ook volumemaatregelen opgenomen die leiden tot een afname van de mobiliteit.

Voor personenauto's is verondersteld dat 40% van de kilometers wordt gerealiseerd door elektrische personenauto's, 30% door hybride personenauto's en 30% door conventionele auto's. Daarnaast wordt door volumebeleid en stimulering van openbaar vervoer het personenautokilometrage gehalveerd t.o.v. het EC-referentiescenario.

Bij bestelauto's is het aandeel kilometers door elektrische auto's groter, namelijk 50%. Het aandeel van hybride auto's bedraagt 10%, de rest komt voor rekening van conventionele bestelauto's. Door infrastructurele en logistieke maatregelen (o.a. distributiecentra aan de rand van steden) en volumebeleid wordt het aantal bestelautokilometers met 20% gereduceerd.

Voor wat betreft bussen is aangenomen dat 60% wordt afgelegd door bussen die omgebouwd zijn naar aardgasgebruik en 30% door elektrische (stads)bussen. De overige 10% wordt voornamelijk door touringcars buiten de bebouwde kom afgelegd. Het totale kilometrage door bussen verdubbelt t.o.v. het referentiescenario door stimulering van het openbaar vervoer.

Vrachtauto's rijden voor 90% op aardgas en voor 10% op diesel. Door logistieke en infrastructurele maatregelen wordt het vrachtautokilometrage met 20% verminderd.

Maatregelen High-Tech

Dit scenario bevat doorbraaktechnologieën, te weten:

- elektrische voertuigen (personenauto's, bestelauto's, stadsbussen)
- voertuigen met een verbrandingsmotor op waterstof (personenauto's, bestelauto's, vrachtwagens), deze motoren emitteren alleen NO_x (ca. 85-95% minder dan bij een conventionele brandstof).
- vliegtuigen met waterstofmotoren

4.2.3 Toelichting doelgroep Raffinaderijen

Hoofdoorzaken van stof-emissies bij raffinaderijen zijn het verstoken van residuale stookolie en het afbranden van petrocokes van katalysatoren in catcrackers (zgn. decoken). In de MV4 scenario's daalt de fijn stof emissie bij raffinaderijen sterk doordat residuale stookolie na 1999 wordt vergast en gereinigd door ingebruikname van de olievergasser uit het project PER⁺. Deze maatregel wordt ingezet op basis van aangescherpte emissienormen voor SO₂ in het kader van het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES). Daarnaast is ingeschat dat het aanbrengen van elektrostatische stoffilters in cat-crackers in de periode 1990-2000, vastgelegd in vergunningen -o.b.v. stand der techniek-, in de periode 1995-2000 een PM₁₀ reductie van ca. 0.9 kton geeft.

4.2.4 Toelichting doelgroep Consumenten

PM₁₀ emissies bij consumenten (houtkachels -85%-, roken van tabaksprodukten -15%-) zijn geëxtrapoleerd naar de toekomst op basis van volume-ontwikkelingen (bevolkingsdichtheid) alleen. Mogelijk maatregelen als een verbod op houtkachels of het plaatsen van filters op schoorstenen zijn niet in MV4 kader doorgerekend, omdat dat type maatregelen niet in het huidige beleid zit en ook niet in het aanvullende beleid³.

³ Nadere info gekregen vanuit de doelgroep (mondelijke mededeling T. Rood, RIVM-LAE). Er is een richtlijn voor CO uitstoot van houtkachels, d.w.z. nieuwe houtkachels moeten aan vastgestelde CO-normen voldoen. Effect van de richtlijn op PM10 is echter onbekend, dit zou d.m.v. metingen in kaart gebracht moeten kunnen worden.

4.2.5 Toelichting doelgroep Landbouw

Voor doelgroep landbouw zijn i.k.v. de MV4 de emissiegegevens voor 1993 *niet* gebruikt als basisgegevens voor het berekenen van toekomstscenario's. Dit omdat naar mening van het RIVM (doelgroep Landbouw) i) onvoldoende zicht is op de kwaliteit/volledigheid van de 1993 basisjaargegevens en ii) in de MV4 een hogere prioriteit aan andere landbouw-thema's als vermesting, verzuring en verstoring is gegeven.

4.2.6 Toelichting doelgroep Handel Diensten en Overheid (HDO)

De fijn stof emissies bij de doelgroep Handel, Diensten en Overheid (HDO) - voornamelijk op- en overslag- zijn niet in de MV4 meegenomen. Dit omdat naar mening van het RIVM (doelgroep HDO) i) onvoldoende zicht is op de kwaliteit/volledigheid van de 1993 basisjaargegevens en ii) in de MV4 een hogere prioriteit aan andere thema's binnen de doelgroep HDO is gegeven.

5. PM₁₀ emissies in het Buitenland

5.1 basisjaren

De emissies van fijn stof in het buitenland zijn voor het referentiejaar 1990 en 1993 berekend door TNO in opdracht van het RIVM (TNO, 1997). De volgende categorieën zijn onderscheiden:

- 1) verbranding fossiele brandstof: centrales
- 2) verbranding fossiele brandstof: industrie
- 3) verbranding fossiele brandstof: hdo, consumenten en landbouw
- 4) transport
- 5) procesemissies industrie
- 6) procesemissies landbouw
- 7) verbranding afval en biomassa in AVI's, huishoudens en industrie
- 8) op- en overslag.

Voor deze sectoren zijn emissies berekend op basis van omvangen en emissiefactoren van onderliggende processen. Daarbij is onderscheid gemaakt in emissiefactoren voor Oost en West-Europa. Er is geen onderscheid gemaakt naar emissiefactoren per land. Verschillen tussen landen in produktie- en bestrijdingstechnologie zijn in de emissieberekening dus niet meegenomen.

De door TNO afgeleide emissiefactoren voor het buitenland zijn gebaseerd op de beschikbare internationale literatuur en kunnen afwijkend zijn van de in de Nederlandse Emissie Jaarrapportage (EJr) gehanteerde emissiefactoren. Voor een drietal categorieën zijn de verschillen significant. Het betreft de bovengenoemde categorieën 4, 6 en 7. Voor deze categorieën zijn door het RIVM aanvullende berekeningen gedaan met de Nederlandse EJr-emissiefactoren. Aldus zijn twee sets basisjaargegevens voor emissies buitenland vastgesteld: de oorspronkelijke door TNO opgeleverde dataset (TNO, 1997) en een door RIVM voor een drietal categorieën aan de Nederlandse methodiek aangepaste dataset (aangeduid met TNO⁺). Beide datasets zijn gepresenteerd in tabel 5.2. De aanvullende berekeningen in de TNO⁺ dataset worden hieronder toegelicht.

Wegtransport

Voor het wegtransport zijn door TNO (1997) emissiefactoren uit Israël et al. (1994) gebruikt. Deze auteurs hebben emissiefactoren 'teruggerekend' uit fijn stof metingen langs een autoweg. Deze emissiefactoren moeten beschouwd worden als 'somfactoren' opgebouwd uit bijdragen van uitlaatgassen, banden- en wegdekslijtage en opwaaiend wegstof. Deze benadering wijkt sterk af van de in de Nederlandse situatie toegepaste

factoren die zijn vastgesteld op basis van metingen aan voertuigen (uitlaatgassen op rollenbank), en afzonderlijke emissiefactoren voor wegdek- en bandenslijtage. Opwaaiend stof wordt in de Nederlandse situatie niet gekwantificeerd. In tabel 5.1 zijn de voor de Nederlandse en Europese situatie (o.b.v Israël et al., 1994) gehanteerde emissiefactoren opgesplitst naar uitlaat- versus niet-uitlaat emissies (slijtage, opwaaiend stof e.d.). Opvallend is dat de uitlaat-emissiefactoren redelijk overeenstemmen en met name de inschatting van niet-uitlaat emissies sterk verschilt in beide benaderingen. Uit tabel 5.2 valt af te lezen dat de berekende Europese emissies op basis van de Nederlandse EJr-emissiefactoren ca. een factor 2 lager zijn dan de TNO-schattingen.

Tabel 5.1: Emissiefactoren Verkeer voor uitlaat en niet-uitlaat zoals gehanteerd in de emissieinventarisatie voor Nederland (EJr-Nederland) en buitenland (TNO-buitenland)

<i>vrachtauto's, trekkers, bussen</i>	EJr-Nederland	TNO-buitenland	buitenl./NL
uitlaat	0.61	0.83	1.36
niet-uitlaat	0.06	1.17	19.5
totaal	0.67	2	2.98
<i>personenauto's- en bestelauto's</i>	EJr-Nederland	TNO-buitenland	buitenl./NL
uitlaat	0.071	0.05	0.7
niet-uitlaat	0.013	0.07	5.38
totaal	0.083	0.12	1.45

Landbouw

Op basis van de Nederlandse emissiefactoren wordt een Europese emissie berekend die een *factor 15-20 lager* is dan de TNO-schattingen (TNO, 1997). Recente inzichten (Groot Koerkamp et al., 1996) geven aan dat de concentraties fijn stof in stallen lager zijn dan in de TNO-studie is verondersteld. De ventilatiesnelheid voor stallen waarmee is gerekend in de TNO studie is hoog en moet gezien worden als representatief voor een warme zomerse dag.

Verbranding hout in huishoudens

Op basis van de Nederlandse methodiek wordt een Europese emissie (tabel 5.2) berekend voor houtstook in huishoudens die een *ca. factor 6 hoger* is dan op basis van de TNO-schattingen voor houtstook in Nederland. De verklaring ligt in het feit dat in de TNO-rapportage het brandhout gebruik en de emissiefactor in Europese landen beduidend lager zijn ingeschat dan in de Nederlandse emissieregistratie.

In hoofdstuk 8 wordt nader ingegaan op onzekerheden in emissieschattingen.

5.2 MV4 scenario's

Emissieprognoses voor fijn stof voor het buitenland zijn berekend door het RIVM in het kader van de vierde Milieuverkenning (MV4). Doordat twee sets basisjaargegevens zijn vastgesteld (zie hoofdstuk 5.1) zijn ook twee sets emissieprognoses voor 2000, 2010 en 2020 berekend. Tabel 5-3b geeft prognoses op basis van de oorspronkelijke TNO dataset voor 1990 (TNO, 1997), tabel 5-3a geeft de prognoses op basis van de TNO⁺ dataset voor 1990.

Voor elk van de acht genoemde bron broncategorieën (zie hfst. 5.1) is de ontwikkeling van emissies tussen 1990 en 2020 ingeschat en vermenigvuldigt met de emissies in het referentiejaar 1990. In het navolgende wordt toegelicht op basis van welke aannames de emissieontwikkeling is ingeschat.

West Europa

De emissieontwikkeling in West Europa is gebaseerd op emissieprognoses voor Nederland berekend in het MV4 European Coordination (EC) scenario met het maatregelpakket 'huidig beleid'. Hierbij wordt er impliciet vanuit gegaan dat andere West-Europese landen dezelfde economische ontwikkeling volgen en tegelijkertijd dezelfde maatregelen als Nederland treffen ter vermindering van de emissies van fijn stof.

Oost Europa

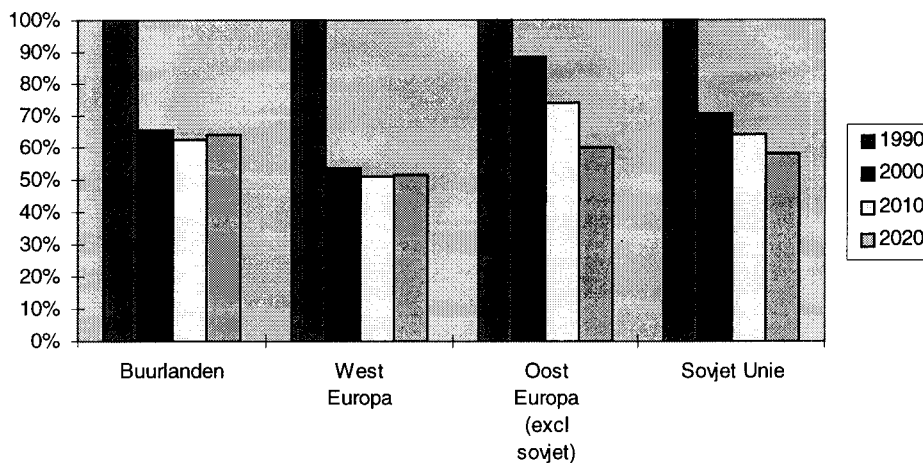
De emissietrend voor Oost Europa is niet berekend op basis van de EC-'huidig beleid' prognoses voor Nederland. Dit zou onrealistisch zijn gegeven het verschil in economische ontwikkeling tussen beide regio's. De emissieontwikkeling in Oost Europa is ingeschat op basis van:

1. de verwachte afname in het verbruik van vaste/vloeibare brandstoffen voorspeld in de EU-scenariostudie 'European energy to 2020' (EC-DGXVII, 1996) en
2. de te verwachten emissiereducties (%) in de voormalige DDR bij aanpassing van de proces- en bestrijdingstechnologie aan de West-Duitse stand van de techniek in 1990 (Jockel en Hartje, 1995)

Voor de voormalige USSR is op basis van 'European energy to 2020' (EU, 1996) verondersteld dat het verbruik van vaste/vloeibare brandstoffen in 2000 t.o.v. 1990 met 45% zal zijn afgenomen. Voor de overige Oost-blok landen is een percentage van 15% aangenomen. De penetratie van West Europese stand van de techniek in Oost-Europa is voorzichtig ingeschat. Dat wil zeggen, in Oost Europa zijn potentieel grotere emissiereducties haalbaar dan hier is aangenomen. Voor de energiesector is aangenomen dat de emissies in 2000, 2010 en 2020 met resp. 0%, 25% en 50% zullen zijn verminderd t.o.v. 1990 ten gevolge van technologische maatregelen. Voor de ijzer- en staalindustrie is uitgegaan van een emissiereductie van 0%, 15% en 30% in

2000, 2010 en 2020 t.o.v. 1990. Voor de overige brongroepen zijn de emissies gestabiliseerd op het niveau van 1990.

De resulterende emissiereducties voor Oost en West Europa zijn in figuur 5.1 weergegeven. West-Europa volgt -logischer wijze, gegeven bovengenoemde aannames- de emissietrend van Nederland; een scherpe daling tot 2000, verdere daling tot 2010 en een lichte stijging daarna door toename activiteiten (o.a. verkeer) en het achterblijven van technische maatregelen. Voor Oost-Europa wordt op de lange termijn een vergelijkbare emissiereductie ingeschat o.b.v. bovengenoemde aannames, die echter meer gefaseerd in de tijd wordt bereikt.



Figuur 5.1: *PM₁₀ emissie reducties t.o.v 1990 in Europa: buurlanden, West Europa, Oost-Europa (excl. sovjet Unie) en de Sovjet Unie*

TABEL 5.3-a : Overzicht emissietrends PM₁₀ in Europa (kton), op basis van TNO+ basisjaargegevens

pm10-emissie europa	GC				DE			EC		
	1990	2000	2010	2020	2000	2010	2020	2000	2010	2020
country name										
ALB	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
AUT	28	18	18	19	18	17	17	18	17	18
BEL	66	40	39	41	39	37	37	39	38	39
BGR	173	152	131	110	152	131	110	152	131	110
CHE	23	16	16	17	16	15	16	16	16	16
CSK	353	319	271	225	319	271	225	319	271	225
DDR	810	226	232	220	225	229	232	224	224	219
DEU	402	261	259	266	257	245	250	258	246	251
DNK	23	16	16	16	16	15	15	16	15	15
ESP	134	88	85	87	87	82	83	87	81	81
FIN	40	27	27	27	27	26	26	27	26	26
FRA	319	215	213	227	213	200	204	213	208	218
GBR	229	157	151	150	154	147	150	155	143	141
GRC	45	33	31	29	32	32	32	32	29	27
HUN	110	99	87	76	99	87	76	99	87	76
IRL	27	21	21	20	21	21	21	21	20	19
ITA	238	163	158	155	161	155	157	162	150	146
LUX	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3
NOR	18	11	10	12	11	10	10	11	10	11
POL	888	773	643	517	773	643	517	773	643	517
PRT	23	16	16	15	16	16	16	16	15	14
ROM	239	221	186	151	221	186	151	221	186	151
SWE	37	24	23	25	23	22	22	23	23	24
YUG	285	252	207	162	252	207	162	252	207	162
ZUSSR	5447	3842	3492	3147	3842	3492	3147	3842	3492	3147
Oost-Europa	7145	5342	4748	4165	5342	4748	4165	5342	4748	4165
West-Europa	2466	1336	1319	1328	1319	1270	1291	1322	1264	1269
Totaal	9611	6678	6067	5493	6661	6018	5457	6665	6012	5434

TABEL 5.3-b : Overzicht emissietrends PM₁₀ in Europa (kton), op basis van TNO basisjaargegevens

pm10-emissie europa	GC				DE			EC		
	1990	2000	2010	2020	2000	2010	2020	2000	2010	2020
country name										
ALB	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3
AUT	38	29	30	32	29	27	28	28	27	29
BEL	84	61	63	69	60	57	58	60	59	64
BGR	187	167	147	127	167	147	127	167	147	127
CHE	26	21	21	22	20	20	20	20	20	21
CSK	376	343	296	251	343	296	251	343	296	251
DDR	834	659	737	564	654	650	557	652	615	546
DEU	489	360	371	391	355	331	330	355	341	363
DNK	51	44	44	45	43	41	41	41	39	40
ESP	183	143	144	151	141	130	129	140	132	139
FIN	47	35	36	37	34	32	32	34	32	34
FRA	397	301	303	331	297	280	287	256	249	271
GBR	271	209	212	217	206	189	185	204	191	199
GRC	54	43	44	42	42	39	37	42	38	38
HUN	137	127	116	106	127	116	106	127	116	106
IRL	32	26	27	26	26	25	25	25	25	24
ITA	296	228	232	237	225	207	202	216	202	210
LUX	6	4	4	4	3	3	3	3	4	4
NOR	20	13	14	16	13	12	13	13	13	14
POL	924	809	682	559	809	682	559	809	682	559
PRT	31	25	26	26	25	23	22	25	23	23
ROM	259	241	207	173	241	207	173	241	207	173
SWE	42	31	32	34	30	29	30	30	29	32
YUG	309	277	234	191	277	234	191	277	234	191
ZUSSR	5660	4227	3897	3572	4227	3897	3572	4227	3897	3572
Oost-Europa	7855	6193	5581	4982	6193	5581	4982	6193	5581	4982
West-Europa	2901	2231	2340	2244	2204	2096	1998	2144	2040	2051
Totaal	10756	8424	7921	7226	8397	7677	6980	8337	7621	7034

6. Emissies verzurende stoffen in Nederland

Secundair fijn stof vormt zich in de atmosfeer als omzettingsprodukt van met name verzurende stoffen (SO_2 , NO_x , NH_3). Secundair fijn stof ontstaat uit een complex proces van condensatie, chemische omzetting, stolling en aggregatie (Annema et al., 1994). De bijdrage van secundair fijn stof aan de Nederlandse achtergrondconcentratie van PM_{10} is substantieel (30% of meer, Bloemen et al., 1997), om die reden zijn in het kader van het "fijn stof" project tevens emissiereeksen voor verzurende stoffen vastgesteld en aangeleverd aan het LLO.

6.1 Basisjaar

In tabel 6.1 wordt een overzicht gegeven van de basisjaargegevens en de scenario-reeksen uit de MV4 voor NH_3 , SO_2 en NO_x . In de kolom '1993-oud' staan PM_{10} gegevens zoals medio 1996 zijn aangeleverd aan het Laboratorium voor Luchtonderzoek. Medio 1997 is in het kader van de Emissiejaarrapportage door TNO voor diverse stoffen een herberekening uitgevoerd van emissies in de periode 1990-1995 (HIMH, 1997^b). Die herberekeningen zijn overgenomen in de Milieubalans 97. De kolom '1993-nieuw' geeft deze herberekende emissies. Voor verzurende stoffen verschillende de herberekende emissies over het algemeen weinig van de 'oude' cijfers.

6.2 MV4 scenario's

huidig beleid

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de emissies van verzurende stoffen in de periode 1995-2020 zoals berekend in de MV4. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar doelgroepen; het onderscheid naar broncategorieën is voor toekomstjaren alleen binnen de doelgroep Verkeer gemaakt. Voor achtergronden bij de MV4 scenario's m.b.t verzurende stoffen wordt verwezen naar de betreffende MV4 teksten (RIVM, 1997).

beleidsintensief

Volgens de scenario's in de MV4 kan de emissie van NH_3 bij intensivering van het mest- en ammoniakbeleid dalen tot 61 a 65 miljoen kg NH_3 in 2020 (MV4: RIVM, 1997, hoofdstuk 6.2.3)

Voor NO_x heeft de beleidsintensivering vooral effect op NO_x emissies uit wegverkeer. Beleidsintensivering bij overige doelgroepen in tabel 6.1 hebben een beperkt effect op NO_x emissies in 2020 en zijn om die reden niet opgenomen in de tabel.

7. Emissies van verzurende stoffen in buitenland

7.1 basisjaar

Het referentiejaar voor de emissie van SO₂, NO_x en NH₃ in het buitenland is 1994. De cijfers zijn gebaseerd op de officiële door landen aan de UN/ECE gerapporteerde gegevens in het kader van de 'Convention on Long Range Transboundary Air Pollution' (UN/ECE, nov 1996). In tabel 7.1 worden emissies voor verzurende stoffen in het buitenland samengevat.

7.2 MV4 scenario's

NO_x en SO₂

In de MV4 is gerekend met door het buitenland in UN/ECE/CLRTAP-kader aangekondigde emissiedoelstellingen (UN/ECE, nov 1996) voor 2000 en 2010. Dit impliceert dat voor de periode tot 2010 geen onderscheid is gemaakt in scenario's. Voor de periode na 2010 hebben de landen in UN/ECE/CLRTAP-kader geen doelen aangekondigd (UN/ECE, nov 1996) en is verondersteld dat de emissieontwikkeling in het buitenland gelijk zal zijn aan die in Nederland in de drie economische MV4-scenario's.

Vlaams gewest: In de officiële door landen aan de UN/ECE gerapporteerde gegevens zijn door België geen emissiedoelen gerapporteerd. De in tabel 7.1 gegeven ontwikkeling van de NH₃-emissie 1990-2010 uit dierlijke mest is gebaseerd op NH₃-emissiescenario's opgesteld door de Vlaamse Landmaatschappij (VLM) (Vlaamse Milieumaatschappij, nov 1996). Daarin volgt de omvang van de Vlaamse veestapel tot het jaar 2000 de historische groeitrend (d.w.z. 'business as usual'). De emissie van NH₃ in 2010 is gebaseerd op het VLM-'beleidsscenario', waarbij de omvang van de veestapel in 2010 wordt gestabiliseerd op het niveau van 1994, zoals verwacht mag worden bij implementatie van het mestactieplan. De VLM geeft geen cijfers voor 2020. Verwacht wordt dat de veestapel in de periode 2010-2020 zal inkrimpen resulterend in een emissiereductie van 20%. De ontwikkeling van NH₃-emissies uit kunstmest is gebaseerd op de ontwikkelingen in Nederland.

Waals gewest: Het mest/ammoniak-beleid in het Waals gewest is slecht ontwikkeld. Voor Wallonië is aangenomen dat de emissies uit dierlijke mest in 2000 en 2010 stabiliseren op het niveau van 1994. In de periode 2010-2020 wordt verwacht dat de

veestapel afneemt, resulterend in een emissiereductie van 20%. De ontwikkeling van NH₃-emissies uit kunstmest is gebaseerd op de ontwikkelingen in Nederland.

Overige landen: De emissies van NH₃ in 2010 zijn gebaseerd op het current reduction plans scenario (CRP) van de UN/ECE (UN/ECE, nov 1996). Een groot aantal landen heeft geen doelen gerapporteerd. Emissies van NH₃ voor deze landen zijn gebaseerd op een 'reference scenario' (REF) opgesteld door IIASA in het kader van een EU-studie (EC/DGXI, oktober 1996). Emissies voor 2000 zijn verkregen door lineaire interpolatie tussen 1994 en 2010. Emissies voor 2020 zijn gelijk gesteld aan 2010.

Tabel 7.1: emissies verzurende stoffen (kton) in Europa

	NOx				SO2				NH3							
	1994	2000	2010	2020-DE	2020-EC	2020-GC	1994	2000	2010	2020-DE	2020-EC	2020-GC	1994	2000	2010	2020
ALB	30	30	30	30	32	36	120	120	120	123	127	126	31	31	31	31
AUT	177	155	155	153	165	184	74	78	78	80	83	82	93	94	96	96
BEL	345	309	309	305	328	367	253	248	215	220	228	225	99	104	95	80
BGR	327	380	290	286	308	344	1485	1374	1127	1151	1195	1180	146	143	141	140
CHE	139	117	113	112	120	134	31	30	30	31	32	31	60	59	58	58
CSK	542	595	595	587	632	706	1508	1465	872	890	925	913	139	155	182	182
DDR (former)	476	375	353	348	375	419	2119	414	309	316	328	324	104	103	109	138
DEU (former)	2395	1885	1776	1753	1886	2108	878	576	431	440	457	451	518	513	417	388
DNK	272	203	192	189	204	228	156	90	90	92	95	94	126	103	103	82
ESP	1223	892	892	880	947	1058	2071	2143	2143	2188	2273	2244	345	339	329	329
FIN	283	224	224	221	238	266	117	116	116	118	123	121	41	32	23	23
FRA	1544	1276	1276	1259	1355	1514	1121	868	737	753	782	772	666	646	613	613
GBR	2219	2000	1860	1835	1975	2207	2718	2320	980	1001	1040	1026	320	320	320	320
GRC	544	544	544	537	578	645	510	595	570	582	605	597	68	70	73	73
HUN	183	230	196	193	208	233	741	898	653	667	693	684	140	170	150	150
IRL	122	105	105	104	112	125	157	155	155	158	164	162	126	126	126	126
ITA	1997	2098	2060	2033	2188	2444	1490	1209	1042	1064	1105	1091	394	386	373	373
LUX	21	19	19	19	20	23	12	4	4	4	4	4	8	7	7	7
NLD ¹	506	448	390	341	414	473	142	94	92	85	97	102	156	132	112	104
NOR	225	161	161	159	171	191	35	34	34	35	36	36	41	39	36	36
POL	1105	1345	1345	1327	1428	1596	2605	2583	1397	1427	1482	1463	384	458	580	580
PRT	253	215	215	212	228	255	272	304	304	310	322	318	92	90	86	86
ROM	319	546	546	539	580	648	912	1311	1311	1339	1391	1373	221	251	301	301
SWE	392	312	311	307	330	369	97	100	100	102	106	105	58	55	53	53
TUR							1276	1319	1875	1915	1989	1964	459	459	459	459
YUG	270	313	354	349	376	420	5922	8279	8136	8309	8630	8521	147	161	183	183
SUN (former)	3235	4467	4434	4375	4709	5261							1727	1838	2022	2022
Oost-Europa	6011	7906	7790	7687	8273	9243	14569	17349	15491	15819	16432	16224	2936	3206	3590	3589
West-Europa	12627	10890	10565	10426	11221	12536	12111	9284	7338	7494	7784	7685	3618	3545	3376	3340
Totaal	18638	18796	18355	18112	19494	21779	26680	26633	22829	23313	24215	23910	6554	6751	6966	6929

¹ kolommen 1-3 voor NOx, SO2 en NH3 betreffen emissies 1995 en 2000, 2010 uit het EC scenario (bron: MV4)

8. Onzekerheden in PM₁₀ emissies

8.1 Algemeen

Op basis van de emissiegegevens voor Nederland en buitenland is vastgesteld dat de berekende concentraties van PM₁₀ in Nederland (primair + secundair) ca. 50, 60 en 75% van de gemeten PM₁₀ concentratie verklaren voor respectievelijk ruraal, urbaan en industriële gebieden (Bloemen et al., 1997; zie ook hoofdstuk 9). Aan dit verschil kunnen meerdere oorzaken ten grondslag liggen; i) natuurlijke bronnen, niet meegenomen in de huidige emissiebestanden, dragen bij aan de gemeten concentraties, ii) onzekerheden in de emissiegegevens, iii) onzekerheden in de verspreidingsberekeningen en iv) onzekerheden in de metingen. In het navolgende wordt ingegaan op de onzekerheden in de *emissies* van primair PM₁₀. Naar verwachting zijn de onzekerheden in de emissies van NO_x en SO₂ lager dan bij PM₁₀, omdat de methode van vaststelling van emissies eenvoudiger is, de kwaliteit van de emissieinventarisaties van stoffen in het algemeen toeneemt met de mate waarin er beleid op wordt gevoerd, en de gemiddelde concentraties van NO_x en SO₂ berekend op basis van emissies goed overeenkomen met de gemeten concentraties (LLO, pers. med.). Voor een uitgebreide studie naar onzekerheden in NH₃ emissies wordt verwezen naar Hoekstra en Heuberger (1995).

8.2 Inschatting onzekerheden in PM₁₀ emissies in buitenland

Het optellen van onzekerheden

Door TNO (1997) zijn voor alle emissiefactoren die voor de Europese emissieberekeningen zijn gehanteerd onzekerheden (standaardeviatie, σ , rond gemiddelde factoren) gegeven. De onzekerheden zijn veelal gekwantificeerd door getalswaarden toe te kennen aan de kwalitatieve 'ratings' (van A t/m F) die door de EPA zijn vastgesteld voor de standaard emissiefactoren. Deze toekenning gebeurt op basis van een aanname over de foutenmarge per 'quality rating'. In de TNO benadering is er van uitgegaan dat bij het optellen van emissies over broncategorieën en landen de onzekerheden *onafhankelijk* zijn. Bij het optellen van emissies wordt in dat geval de standaarddeviatie over het emissietotaal berekend volgens:

$$S_{\text{Tot}} = \sqrt{\sum_{b=1}^{b=N} S_b^2} \quad [1]$$

waarbij b staat voor broncategorie per land ($b=1,\dots,N$), N is het totale aantal broncategorieën maal het aantal landen, en S_b de standaarddeviatie van broncategorie b is.

Bovenstaande benadering kan gezien worden als een '*best case*' benadering; bij het optellen van bronnen/landen wordt de onzekerheid rond het emissietotaal relatief gezien steeds kleiner. Op basis van de door TNO (1997) vastgestelde onzekerheden per broncategorie en land wordt een relatief geringe onzekerheid in de totale emissieschatting voor Europa berekend (excl. voormalige Sovjet Unie, zie tabel 8.1): **5.1 Mton \pm 0.3** (TNO, 1997).

In een '*worst case*' benadering wordt aangenomen dat de onzekerheden bij het optellen van emissies over broncategorieën en landen niet onafhankelijk maar *afhankelijk* zijn. Dat houdt in dat wordt aangenomen dat fouten rond broncategorieën/landen 'dezelfde kant uitwijzen' wanneer emissies worden opgeteld. Bij het optellen van emissies uit broncategorieën en landen wordt in dat geval de standaarddeviatie berekend als:

$$S_{B_{tot}} = \sum_{b=1}^{b=N} S_b \quad [2]$$

waarbij b staat voor broncategorie per land ($b=1,\dots,N$), N is het totale aantal broncategorieën maal het aantal landen, en S_b de standaarddeviatie van broncategorie b is.

Bij het sommeren van buitenlandse emissies en onzekerheden tot een Europees totaal lijkt een '*gemengd*' scenario, een combinatie van methode [1] en [2], het meest realistisch: voor de optelling van broncategorieën over landen lijkt de aanname van afhankelijkheid van fouten gerechtvaardigd. Voor de meeste broncategorieën wordt namelijk één emissiefactor met bijbehorende standaardafwijking voor West- en Oost Europa vastgesteld. In dat geval leidt een te lage inschatting van de emissiefactor in bijvoorbeeld Duitsland tot een zelfde te lage inschatting in andere West Europese landen: d.w.z. de onzekerheden zijn volledig gecorreleerd en daarmee *afhankelijk*. De aanname van *onafhankelijkheid* van fouten lijkt geldig wanneer emissies van verschillende broncategorieën worden opgeteld; immers dan betreft het op basis van verschillende methoden vastgestelde emissiefactoren, die niet gerelateerd zijn.

In tabel 8.1 is deze '*gemengde*' benadering doorgerekend, op basis van door TNO gerapporteerde gegevens (TNO, 1997). Er is aangenomen dat voor de optelling van broncategorieën binnen een land formule [1] geldt, en voor de optelling van

brongecategorieën over landen formule [2]⁴. Dit leidt tot een hogere cumulatieve onzekerheid rond het Europese emissietotaal (excl. voormalig Sovjet Unie) van **5.1 Mton ± 0.81**.

Tabel 8.1: onzekerheid in Europese emissies (excl. former Sovjet Union) Basisgegevens uit TNO (1997)

Land	Emissie (ton/jr)	stdv
ALB	11000	2400
AUT	37000	5700
BEL	84000	12000
BGR	190000	27000
CHE	27000	7500
CSK	380000	67000
DDR	830000	150000
DEU	490000	61000
DNK	51000	13000
ESP	180000	27000
FIN	47000	6100
FRA	400000	45000
GBR	270000	27000
GRC	55000	5200
HUN	140000	23000
IRL	33000	6800
ITA	300000	31000
LUX	5900	1000
NOR	20000	2500
POL	930000	230000
PRT	31000	4900
ROM	260000	48000
SWE	41000	6100
YUG	310000	29000
Totaal:	<u>5122900</u>	
som. stdev ¹⁾	<u>838200</u>	
som.stdev ²⁾	<u>305030</u>	

1) de onzekerheden rond de emissieschattingen per land worden verondersteld afhankelijk te zijn, een 'gemiddeld' scenario, zie tekst

2) de onzekerheden rond de emissieschattingen per land worden verondersteld onafhankelijk te zijn, een 'best case' scenario, zie tekst

Onzekerheden t.g.v. methodiek keuze

De discussie over onzekerheden in de voorgaande paragraaf had betrekking op onzekerheden *binnen* een bepaalde vastgestelde methodiek op basis van EPA-gegevens, waarbij enkel naar willekeurige fouten gekeken werd (systematische fouten worden verwaarloosbaar geacht). In hoofdstuk 8.1 is toegelicht dat op basis van een andere schattings-methodiek sterk afwijkende Europese emissies worden berekend voor de brongecategorieën verkeer, landbouw en huishoudelijke houtstook. Dit betreft een andere bron van onzekerheid, nl. die *tussen* methodieken, en duidt veelal een systematische fout aan. In tabel 5.2 is berekend hoe de verschillende methodieken doorwerken in de Europese emissies (vergelijk voor de drie genoemde brongecategorieën de TNO- met TNO⁺ dataset). In de TNO⁺ dataset wordt een

⁴ Strikt genomen geldt dat eerst de afhankelijke fouten, d.w.z. de optelling van brongecategorieën over landen moet plaatsvinden o.b.v. formule [2] en vervolgens de onafhankelijk optelling van emissies op Europees nivo per brongecategorie volgens formule [1]. Omdat de basisgegevens om deze berekening uit te voeren niet voor lagen is de berekening in omgekeerde volgorde uitgevoerd: uit tabel 8.1-a (waarin per land een standaarddeviatie o.b.v. onafhankelijkheid is berekend) is op basis van afhankelijkheid de totale standaarddeviatie voor het Europese emissietotaal berekend. De invloed van het in de verkeerde volgorde rekenen op de totale berekende onzekerheid is niet nader gekwantificeerd.

emissietotaal voor Europa (exclusief voormalig Sovjet Unie) berekend van 4.5 Mton. Dit emissietotaal op Europees niveau valt *binnen* de bovengenoemde onzekerheidsrange rond de TNO-dataset van 5.1 Mton \pm 0.81. Merk op, echter, dat op het niveau van landen de onzekerheid in emissies door een andere methodieke keuze groter kan zijn dan de onzekerheid binnen de gehanteerde standaard methodiek, d.w.z. de 'systematische' fout t.g.v. methodiek is duidelijk groter dan de willekeurige fouten die de onzekerheid binnen de methodiek representeren. Als voorbeeld, voor (voormalig) West-Duitsland wordt de onzekerheid rond het emissietotaal in 1993 ingeschat op 433 kton \pm 54. Terwijl op basis van de aangepaste methodiek een emissietotaal van 315 kton wordt berekend (zie tabel 5.2).

8.2 Inschatting onzekerheden in PM₁₀ emissies in Nederland

Onzekerheidsmaat

Als maat voor de onzekerheid in emissies is de *betrouwbaarheidsfactor* (B_{factor}) gehanteerd (Hoekstra en Heuberger, 1995). De betrouwbaarheidsfactor is een getal tussen 0 en 1 waarbij 0 betekent: "volkomen onbetrouwbaar" en 1: "volkomen betrouwbaar". Een betrouwbaarheidsfactor van bijvoorbeeld $\frac{1}{2}$ geeft aan dat de opgegeven waarden met een kans van 70% niet meer dan een factor $\frac{1}{2}$ of 2 afwijkt van de werkelijke waarde. De betrouwbaarheidsfactor is als uitgangspunt gekozen omdat deze geïnterpreteerd kan worden als 'de factor die men ernaast kan zitten' (Hoekstra en Heuberger, 1995). Dit concept sluit het beste aan bij de huidige kennisstand m.b.t onzekerheden rond emissieinventarisaties, die gekenmerkt wordt door globale inschattingen over onzekerheden op basis van expert-kennis. In het navolgende wordt een tentatieve inschatting gegeven van de betrouwbaarheid. Hierbij wordt verondersteld dat de betrokken fouten/onzekerheden een willekeurig ('random') karakter hebben. Eventuele systematische fouten blijven buiten beschouwing, c.q. worden verwaarloosbaar geacht⁵.

Wegverkeer

De belangrijkste bron van fijn stof emissies in de doelgroep Verkeer zijn de dieselloertuigen. Naar inschatting van de doelgroep Verkeer zijn de vastgestelde PM₁₀ emissies voor wegverkeer van goede kwaliteit omdat emissiefactoren door de wetgever worden gereguleerd en derhalve de bovengrens (emissienorm) van de emissiefactoren goed bekend is. Emissiefactoren worden gekoppeld aan aantal voertuigkilometers per voertuigcategorie, gegevens die jaarlijks worden vastgesteld door het CBS en naar verwachting nauwkeurig zijn. De belangrijkste onzekerheid in

⁵ In kader van RIVM-MAP98 wordt nadere aandacht besteed aan de onzekerheid rond de emissieinventarisaties

de PM₁₀ emissies door wegverkeer lijkt de veronderstelling dat 75% naar lucht wordt geëmitteerd en de overige 25% naar bodem en water.

Voorlopige aanname: $B_{\text{factor}} = 0.75$ voor de categorie wegverkeer

Niet-wegverkeer en overige verkeersbronnen

De emissiefactoren die voor het niet-wegverkeer (o.a. scheepvaart) en overige verkeersbronnen (o.a. wegdek- en bandenslijtage) worden gerapporteerd door het CBS zijn van minder goede kwaliteit dan die voor het wegverkeer. Dit omdat er door de wetgever tot op dit moment geen wettelijke eisen aan de maximale emissies worden gesteld. De door CBS gebruikte emissiefactoren zijn over het algemeen niet erg recent.

Voorlopige aanname: $B_{\text{factor}} = 0.5$ voor de categorie niet-wegverkeer⁶

Industriële (punt)bronnen

Industriële puntbronnen omvatten de doelgroepen industrie, afvalverwerking, energie, raffinaderijen, en (deels) Handel, Diensten & Overheid (HDO). De verdeling van fijn stof emissies over de ca. 750 individueel geregistreerde bronnen is sterk lognormaal. Dertig procent van de totale emissie uit puntbronnen komt vrij bij 4 bedrijven, 50% bij 25 bedrijven, en 75% bij 100 bedrijven, van de 765 geregistreerde emissiepunten.

Tabel 8.2 illustreert voor de 25 grootste individueel geregistreerde industriële puntbronnen dat vaststelling van emissiecijfers volgens diverse methoden plaatsvindt: *bedrijfsopgaven*, onderverdeeld in berekeningen, 1-malige metingen of periodieke metingen, *TNO-emissiefactoren* of opgaven door *derden* (bijv. provincie of gemeente). De verschillende bepalingmethoden zullen hun eigen onzekerheid kennen, die echter vooralsnog niet gekwantificeerd is. Voorlopig wordt voor alle industriële broncategorieën een betrouwbaarheidsfactor van 0.6 gehanteerd.

Voorlopige aanname: $B_{\text{factor}} = 0.6$ voor alle industriële broncategorieën

⁶ zie ook hfst 5.1. Een studie op één buitenlandse locatie (Israël et al., 1994) geeft aan dat niet-uitlaat emissies (banden- wegdekslijtage en opwaaiende stof) mogelijk een factor 5-20 onderschat worden hetgeen duidt op een systematische fout in de huidige vaststellingsmethodiek. Literatuuronderzoek, danwel aanvullende meetonderzoek, moeten uitwijzen in hoeverre deze onderschatting feitelijk is (zie ook hoofdstuk 9).

Tabel 8.2: *Fijn stof emissies uit puntbronnen, methodiek van vaststelling, en bijdrage van individuele bedrijven aan de totale geregistreeerde emissies van PM₁₀ voor puntbronnen (bron: Emissieregistratie individueel, TNO)*

bedrijf	emissie (kton)	bepalingsmethodiek	cumulatieve bijdrage (%) aan totale emissie puntbronnen
1	2.6	bedrijf berekening	13.5
2	1.1	bedrijf berekening	19.1
3	1.1	TNO berekening	24.7
4	0.7	bedrijf berekening	28.5
5	0.4	bedrijf 1 meting nauwkeurig	30.6
6	0.4	bedrijf meting period.	32.6
7	0.3	TNO schatting	34.2
8	0.3	TNO schatting	35.7
9	0.3	bedrijf berekening	37.1
10	0.2	TNO schatting	38.3
11	0.2	bedrijf 1 meting nauwkeurig	39.5
12	0.2	TNO emissiefactor	40.5
13	0.2	bedrijf meting period.	41.3
14	0.2	TNO emissiefactor	42.1
15	0.2	TNO emissiefactor	42.9
16	0.2	bedrijf meting period.	43.7
17	0.1	TNO schatting	44.5
18	0.1	bedrijf 1 meting nauwkeurig	45.3
19	0.1	bedrijf schatting	46.0
20	0.1	TNO emissiefactor	46.7
21	0.1	bedrijf berekening	47.4
22	0.1	bedrijf schatting	48.1
23	0.1	TNO berekening	48.7
24	0.1	bedrijf meting period.	49.4
25	0.1	derden schatting	50.0

Toelichting: "bedrijf 1 meting nauwkeurig" houdt in dat de betreffende registrateur er vanuit is gegaan dat de meting verricht is volgens normen waarbij het resultaat nauwkeurig is. "bedrijf meting period." houdt in dat door het bedrijf periodiek metingen uitgevoerd, waarvan een gemiddelde is bepaald.

Landbouw

De huidige inventarisatie m.b.t veehouderij lijkt redelijk volledig, en is in gebaseerd op *metingen* aan stallen. De inventarisatie is echter nog niet gevalideerd binnen de taakgroep landbouw. Deze taakgroep stelt in het kader van de Emissiejaarrapportage de jaarlijkse emissies door de doelgroep landbouw vast o.b.v vastgestelde protocollen. Voorlopige aanname: $B_{\text{factor}} = 0.6$ voor alle de broncategorie landbouw.

Consumenten

Belangrijkste emissiebron is het stoken van hout in houtkachels. Emissiefactoren voor het stoken van hout in kachels hebben een redelijk stevige basis in de literatuur (Slob en Steenwinkel, 1993). De spreiding in factoren is echter groot (factor 50 lager en factor 3 hoger dan de gehanteerde gemiddelde emissiefactor. Echter, de gehanteerde gemiddelde emissiefactor voor stoken van hout in kachels (voornaamste bron) is vastgesteld op basis van aannames over stookgedrag/conditie en een sub-selectie van emissiefactoren vastgesteld uit metingen die in Nederland aan kachels zijn verricht.

De spreiding in de emissies is op basis van deze sub-selectie vermoedelijk kleiner dan de gerapporteerde totale spreiding in emissiefactoren .

Voorlopige aanname: $B_{factor} = 0.5$ voor de broncategorie consumenten

Cumulatieve onzekerheid

De betrouwbaarheid rond het emissietotaal voor Nederland wordt als volgt berekend: wanneer de onzekerheden in emissies van de verschillende broncategorieën *afhankelijk* zijn geldt voor de betrouwbaarheidsfactor rond het emissietotaal⁷:

$$B_{fac, tot} = \sum_{k=1}^N \frac{E_k}{E_{tot}} * B_{fac, K} \quad [3]$$

Wanneer de onzekerheden van de verschillende broncategorieën *onafhankelijk* zijn geldt voor de betrouwbaarheidsfactor rond het emissietotaal:

$$B_{fac, tot} = 1 - \sqrt{\sum_{k=1}^N \frac{E_k^2}{E_{tot}^2} * (1 - B_{fac, k})} \quad [4]$$

waarbij E_k de emissie per broncategorie is, E_{tot} het emissietotaal en $B_{fac, K}$ de betrouwbaarheidsfactor per broncategorie.

Merk op, dat de geschatte onzekerheden rond emissies op broncategorieën-niveau feitelijk zouden moeten worden afgeleid op basis van emissiegegevens op het laagste beschikbare detailnivo. Bijvoorbeeld voor de industriële broncategorieën zou dit op het nivo van de individuele bronnen zijn. Om pragmatische redenen is dit hier achterwege gelaten. In een vervolgstudie zal, indien mogelijk op basis van betrouwbaarheids-gegevens op puntbron niveau, hier aan nadere aandacht besteed worden.

⁷ voor afleiding van formules [1] en [2], zie bijlage 3.

Tabel 8.3: *onzekerheid in Nederlandse emissies*

		Emissie (ton/jr)	Bfactor
1.1	voeding&genot	4.86	0.6
1.2	aardolie-industrie	6.2	0.6
1.3	chemische industrie	3.36	0.6
1.4	bouwmat. glas en aardewerk	1.36	0.6
1.5	basismetaal industrie	7.02	0.6
1.6	cement industrie	0.36	0.6
1.7	metaalbewerkingsindustrie	1.032	0.6
1.8	overige industrie	0.065	0.6
2.1	electriciteitsbedrijven	0.69	0.75
2.2	diff. bronnen (huish. & openhaarden)	7.53	0.5
3.1	personenautos	3.26	0.75
3.2	bestelautos	1.83	0.75
3.3	vrachtwagens	3.89	0.75
3.4	autobussen	0.7	0.75
3.5	bandenslijtage wegverk	0.5	0.5
3.6	wegdekslijtage wegverk	1.01	0.5
3.7	spoorwegen	0.05	0.5
3.8	scheepvaart	3.69	0.5
3.9	overige bronnen	3.54	0.5
4.1	intensieve veehouderij	2.1	0.5
4.6	overige emissies landbouw	0.08	0.75
5.1	afvalverwerking	0.68	0.75
6.1	Handel, diensten & overheid	1.73	0.2
8.1	roken van tabaksprodukten	1.57	0.25
	Totaal	<u>57</u>	
	B _{factor} methode 1 ¹⁾		0.58
	B _{factor} methode 2 ²⁾		0.88

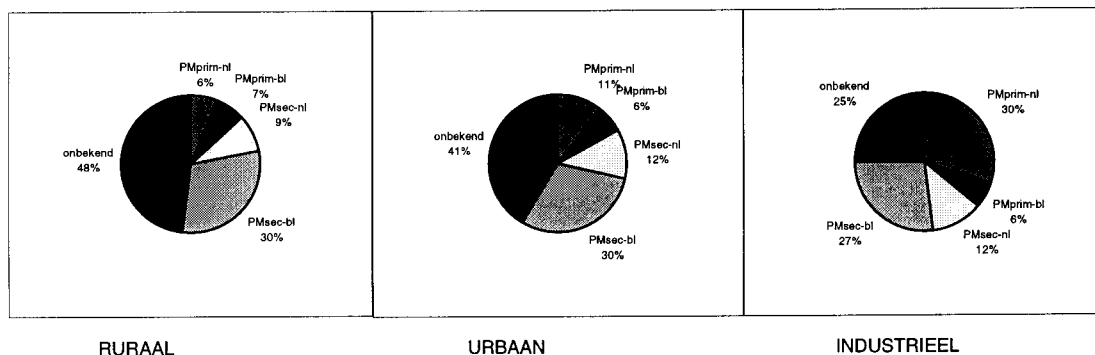
1) de onzekerheden rond de individ. broncategorieën worden verondersteld onderling afhankelijk te zijn, een worst case scenario waarbij fouten rond broncateg. allen "dezelfde kant uitwijzen"

2) de onzekerheden rond de individ. broncategorieën worden verondersteld onderling onafhankelijk te zijn, de fouten rond broncateg. variëren random

In tabel 8.3 zijn de geschatte onzekerheden per broncategorie vermeld. In een *worst-case* benadering waarbij wordt aangenomen dat de fouten in alle broncategorieën afhankelijk zijn wordt m.b.v. formule [3] een betrouwbaarheidsfactor van 0.58 voor het emissietotaal berekend. De hierbij gehanteerde aanname van volledige afhankelijkheid van fouten is echter niet realistisch omdat emissies per categorie volgens verschillende, onafhankelijke, methoden worden vastgesteld. Meer realistisch lijkt de benadering waarin de fouten rond de broncategorieën onafhankelijk worden verondersteld. Voor de betrouwbaarheid rond het emissietotaal wordt nu aan de hand van formule [4] een betrouwbaarheidsfactor van 0.88 berekend. Het betrouwbaarheidsinterval van de emissies wordt dan berekend op 57 kton met een minimum van 50 kton en een maximum van 65 kton.

9. Sterkte-zwakte analyse emissiegegevens

In dit hoofdstuk worden aandachtspunten voor nader onderzoek op het gebied van emissies gespecificeerd. Hoewel in voorliggend rapport geen expliciete melding wordt gemaakt van resultaten uit de fijn stof ketenberekeningen (zie daarvoor het rapport "Fijn stof in Nederland, een tussenbalans": Bloemen et al., 1998), bepalen de resultaten daarvan in belangrijke mate het gewenste nadere onderzoek op het gebied van fijn stof emissies. Met name van belang is figuur 8.1 (uit: Bloemen et al., 1997). Deze figuur geeft aan hoe de hier gedocumenteerde emissies van precursors en primair PM_{10} in binnen- en buitenland bijdragen aan de gemiddelde gemeten fijn stof concentratie in Nederland (ca 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), op drie ruimtelijk schalen; ruraal, urbaan en industrieel gebied. Op basis van figuur 8.1 en de in dit rapport gedocumenteerde emissiegegevens worden de volgende aanbevelingen voor nader onderzoek gedaan:



Figuur 9.1: Op basis van emissies berekende bijdragen van primair en secundair fijn stof, uit Nederlandse en buitenlandse bronnen, aan de gemiddelde PM_{10} concentratie in Nederland (40-42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De post 'onbekend' geeft het niet door de emissies verklaarde gedeelte van de gemeten concentratie (bron: Bloemen et al., 1997)

- 1) *Emissies primair PM_{10} in Nederland:* de bijdrage aan de gemiddelde gemeten concentratie in ruraal Nederland is klein. Op basis van een eerste inschatting in dit rapport wordt de onzekerheid rond de totale Nederlandse primair PM_{10} emissies ingeschat op $\pm 12\%$ rond het emissietotaal. Deze eerste inschatting dient te worden gespecificeerd door een nadere analyse van de methodiek(en), en de kwaliteit daarvan, waarmee emissies worden vastgesteld. Uit de eerste analyse in dit rapport blijkt dat emissieschattingen, met name bij industrie, veelal niet gebaseerd zijn op metingen. Specifieke *validatie* van de huidige schattingsmethodieken door emissie-metingen aan de bron zijn dan ook van belang om daadwerkelijk inzicht te krijgen in de kwaliteit van de huidige emissiecijfers.

- 2) *Emissies primair PM₁₀ in buitenland*: de bijdrage aan de gemiddelde gemeten concentratie in ruraal Nederland is ca. 7%. De onzekerheid in de totale Europese PM₁₀ emissie, binnen de toegepaste TNO-schattingsmethodiek, is ingeschat op ca. 12%. Het toepassen van andere schattingsmethodieken geeft aan dat de onzekerheid in nationale emissietotalen groter kan zijn (globaal ca. 30%). Evenals voor de Nederlandse situatie geldt dat *specifieke validaties* van de huidige emissieschattingen noodzakelijk zijn om daadwerkelijk inzicht te krijgen in de kwaliteit van de huidige emissieschattingen. Omdat metingen aan buitenlandse bronnen liggen minder voor de hand ligt, zou de validatie zich moeten richten op het verzamelen van aanvullende informatie uit buitenlandse studies naar fijn stof.
- 3) *Secundair PM₁₀ in binnen- en buitenland*: de bijdrage aan de gemiddelde gemeten concentratie in ruraal Nederland is ca 40%. De emissies van de PM₁₀-precursors SO₂ en NO_x worden als relatief 'zeker' ingeschat, om een drietal redenen, i) er is een goede overeenstemming tussen berekende en gemeten gemiddelde SO₂ en NO_x concentraties in Nederland en ii) er wordt veel beleid gevoerd op verzurende stoffen, in de vorm van taakstellingen op bedrijfs(tak)niveau, waardoor er veel aandacht wordt besteed aan de vaststelling van emissies, en iii) SO₂ en NO_x zijn grotendeels verbrandingsemissies die relatief eenvoudig kunnen worden vastgesteld op basis van de brandstofinzet. Hoewel ook de berekende en gemeten concentraties van secundair fijn stof goed overeen stemmen (Bloemen et al, 1997) kan dit schijnzekerheid zijn gezien de complexe omzettingsschemie van precursors naar secundair fijn stof. Op grond van bovenstaande wordt geconcludeerd dat kwantificering van onzekerheden in berekende concentraties van secundair fijn stof vooral gericht moet zijn op modelparameters en metingen en in mindere mate op emissies.
- 4) *"Onbekend"*: slechts 50% van de gemeten totale fijn stof concentratie in rurale gebieden kan worden verklaard uit de huidige beschikbare emissiegegevens. In aanvulling op bovengenoemde onderzoeksrichtingen moet een inventarisatie van 'ontbrekende' bronnen (oogsten, opwaaiend stof in landbouw en verkeer, bouw- en sloopactiviteiten, incidenten, branden, zeezout e.d.) inzicht geven in het belang daarvan. Als onderdeel van een dergelijk inventarisatie is het gewenst om bestaande luchtkwaliteitsmetingen, van o.a. fijn stof en precursors, statistisch te analyseren op ruimtelijke en temporele trends, om daaruit mogelijke aanvullende informatie over achterliggende emissiebronnen te verkrijgen.

Literatuur

Annema, J.A., H. Booij, J.M Hesse, A. van der Meulen, W. Slooff (eds.). 1994. Basisdocument fijn stof. RIVM rapportnr. 710401029.

Bloemen, H.J.Th, L. van Bree, E. Buringh, P.H. Fischer, S. de Loos, M. Marra en P.J.A Rombout. 1998. Fijn stof in Nederland. Een Tussenbalans. RIVM rapportnr. 650010006.

Booij, H., C.H.A. Quarles van Ufford en H. Brouwer. 1996. Stoken van open haarden, hout- en kolenkachels door particulieren. concept WESP-document.

Brink, R.M.M van den. 1996. Deeltjesemissie door wegverkeer: emissiefactoren, deeltjesgrootteverdeling en chemisch samenstelling. RIVM rapportnr. 773002008.

Most, P.F.J. van der, J.A.W Aulbers, M.M.J. van Loon en H.J.A.M van Daelen. Methodenrapport: emissiejaarrapportage over het jaar 1995. In voorbereiding.

EC-DG XVII, European Energy to 2020: A scenario approach, Energy in Europe special issue, 1996

EC-DGXI, Working document Prepared by DGXI for meeting with Member states to discuss a Community to combat Acidification, oct. 1996.

Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H. en H. Drost. 1996. De uitstoot van respirabel stof door de Nederlandse veehouderij, IMAG-DLO rapport 96-10.

HIMH. 1997. Emissies in Nederland. Trends, Thema's en doelgroepen 1995 en ramingen 1996. Publicatiereeks Emissieregistratie nr. 38.

HIMH. 1997^b. Herberekening van emissies naar lucht voor de periode 1990 tot en met 1996. Publicatiereeks Emissieregistratie nr. 41.

Hoekstra, J.A. en P.S.C. Heuberger (Eds.) 1995. Betrouwbaarheid van milieu-informatie: analyse van een stikstofketen. RIVM rapportnr. 714701011.

Israel G. et al. 1994. Bedeutung des Reifenabtriebs für die RuBemission des Kfz-Verkehrs, Staub, 54, pp. 423-430.

Jaarsveld H. van, 1991. An operational atmospheric transportmodel for priority substances. RIVM rapport 222501002.

Jockel W., J. Hartje. 1995. Die Entwicklung der Schwermetallemissionen in der Bundesrepublik Deutschland von 1985 bis 1995, Luftreinhalte Forschungsbericht 94-104 03 524, TUV Rheinland Sicherheit and Umweltschutz GmbH Institut für Umweltschutz und Energietechnik

RIVM, 1997. Nationale Milieuverkenning 4: 1997-2020.

Slob, A.F.K. en I.S. Steenwinkel. 1993. Procesbeschrijving open haarden, hout- en kolenkachels. CEA: Communicatie- en adviesburo over energie en milieu. Rotterdam.

Tauw, 1996. Emissies van fijn stof door industriële bronnen en bij energieopwekking. R3448878.MO2/WHT.

TNO. 1997. Particulate matter emissions (PM10-PM2.5-PM0.1) in Europe in 1990 and 1993. TMP-MEP-R 96/472.

UN/ECE, Air Pollution Section, Pers. Comm. H. Wuester, nov. 1996
Vlaamse Milieumaatschappij, Milieu en Natuurrapport Vlaanderen 1996 Leren om te Keren, 1996

Van Daelen, H.J.A.M en P.F.J van der Most. Methoden voor de vaststelling van emissies. HIMH, in voorbereiding.

Visschedijk A.J.H. et al. 1997. Abatement efficiencies and technologies for controlled particulate matter emissions in Europe, 1997, TNO-MEP-R 96/473

Bijlage 1: Verkeer: beleidsintensief, stadplus en hightech maatregelpakketten; effecten van volume en technische maatregelen.

Opmerking: in navolgende zijn emissiereducties gepresenteerd als extra reducties in 2020 ten opzichte van het de emissies in de 'huidig beleid' scenario's. De absolute emissienivo's in 2020 o.i.v. de maatregelpakketten is gegeven in tabel 4.1 en 6.1 in het hoofdrapport.

Emissiereductie in het pakket 'Beleidsintensivering' (in mln kg) t.o.v. referentiescenario's

versie: 27-1-97

Technische maatregelpakketen (beleidsintensivering)													
2020	EC				GC				DE				
	NOx	PM10	VOS	SO2	NOx	PM10	VOS	SO2	NOx	PM10	VOS	SO2	
Cars	8.3	0.4	20.4	0.7	19.4	0.7	28.4	0.4	10.7	0.4	16.4	0.2	
Light duty vehicles	10.7	1.3	3.3	0.5	12.6	1.5	3.9	0.5	2.4	0.3	0.7	0.1	
Heavy duty vehicles	61.7	0.9	11.8	0.5	77.9	1.0	15.0	0.2	4.0	0.1	0.7	0.1	
Coaches	3.2	0.1	0.7	0.0	3.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rail transport	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Inland ships	18.8	1.4	0.2	0.0	18.5	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Seagoing ships	0.0	1.2	0.0	9.5	0.0	0.5	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
Others	0.7	0.0	0.2	0.0	1.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
totaal	103.3	5.2	36.6	11.2	132.6	5.1	48.4	4.9	17.0	0.8	17.9	0.4	
totaalpakket (check)	103.3		36.6	11.2	132.6		48.4	4.9	17.0		17.9	0.4	
Volume-maatregelpakketen (beleidsintensivering)													
2020	EC				GC				DE				
	NOx	PM10	VOS	SO2	NOx	PM10	VOS	SO2	NOx	PM10	VOS	SO2	
Cars	1.6	0.0	0.6	0.2	0.9	0.0	0.3	0.2	1.2	0.0	1.0	0.1	
Light duty vehicles	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Heavy duty vehicles	1.0	0.0	0.2	0.0	1.2	0.1	0.2	0.1	0.8	0.0	0.1	0.0	
Coaches	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rail transport	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Inland ships	-0.7	-0.1	0.0	0.0	-0.7	0.0	-0.1	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0	
Seagoing ships	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Others	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
totaal	1.90	0.01	0.74	0.25	1.44	0.05	0.49	0.21	1.37	0.02	1.06	0.14	
totaalpakket (check)	1.90		0.74	0.25	1.44		0.49	0.21	1.37		1.06	0.14	
Totale maatregelpakket (beleidsintensivering)													
2020	EC				GC				DE				
	NOx	PM10	VOS	SO2	NOx	PM10	VOS	SO2	NOx	PM10	VOS	SO2	
Cars	9.9	0.5	21.0	1.0	20.4	0.7	28.8	0.6	11.9	0.4	17.4	0.3	
Light duty vehicles	10.7	1.3	3.3	0.5	12.6	1.5	3.9	0.5	2.4	0.3	0.7	0.1	
Heavy duty vehicles	62.7	0.9	12.0	0.5	79.0	1.0	15.2	0.3	4.7	0.1	0.9	0.1	
Coaches	3.2	0.1	0.7	0.0	3.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Rail transport	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Inland ships	18.1	1.3	0.2	0.0	17.9	1.3	0.1	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0	
Seagoing ships	0.0	1.2	0.0	9.5	0.0	0.5	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
Others	0.7	0.0	0.2	0.0	1.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
totaal	105.2	5.2	37.3	11.4	134.0	5.2	48.9	5.1	18.4	0.8	18.9	0.5	
totaalpakket (check)	105.2		37.3	11.4	134.0		48.9	5.1	18.4		18.9	0.5	
2020-emissie in referentiescenario:	238.3	11.5	65.7	28.4	284.5	13.5	79.9	33.0	198.1	9.9	62.6	22.8	
relative reduction:	44%	45%	57%	40%	47%	38%	61%	16%	9%	8%	30%	2%	

N.B. het betreft bij PM10 alleen uitlaatgasemissie naar lucht
de totale uitlaatgas-PM10-emissie door het wegverkeer zijn vermenigvuldigd met 0.75 om de emissie naar lucht te verkrijgen
[bron: q:\verkeer\mv4\oplos\maatregl.xls]

Emissiereductie in het pakket 'Stad-Plus' (in mln.kg) t.o.v. EC-referentiescenario
in 2020

uit: q:\verkeer\mv4\oplos\mv4-opl3.xls

	EC techniek			EC volume			EC volume & techniek				
	NOx	PM10	VOS	SO2	VOS	PM10	VOS	SO2	PM10	VOS	SO2
Cars	11.78	0.39	19.56	1.18	2.22	0.19	0.57	15.39	0.57	21.78	1.75
Light duty vehicles	11.84	1.25	3.59	0.69	0.10	0.03	0.04	12.39	1.28	3.69	0.74
Heavy duty vehicles	75.67	1.40	13.31	1.04	0.00	0.00	0.00	75.67	1.40	13.31	1.04
Coaches	5.51	0.19	0.92	0.12	-0.68	-0.10	-0.01	4.71	0.09	0.25	0.10
Rail transport	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inland ships	18.78	1.38	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	18.78	1.38	0.21	0.00
Seagoing ships	0.00	1.16	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	9.50
Others	0.74	0.03	1.97	0.01	2.60	0.09	0.02	0.94	0.11	4.57	0.03
Total emission reduction	124.31	5.79	39.56	12.54	4.25	0.20	0.61	127.87	5.99	43.81	13.15
								2020-emissie in EC-referentiescenario:			
								238.3	11.5	65.7	28.4
								Relative reduction (%)	54%	52%	46%

N.B. het betreft bij PM10 alleen uitlaatgasemissie naar lucht
de totale uitlaatgas-PM10-emissie door het wegverkeer zijn vermenigvuldigd met 0.75 om de emissie naar lucht te verkrijgen
[bron: q:\verkeer\mv4\oplos\mv4-opl3.xls]

Emissiereductie in het pakket 'High-Tech' (in mln kg) t.o.v. GC-referentiescenario

in 2020

uit: q:\verkeer\mv4\oplos\maatregl.xls

	GC			
	NOx	PM10	VOS	SO2
	techniek			
Cars	20.7	0.6	32.1	2.5
Light duty vehicles	15.7	1.6	5.2	1.1
Heavy duty vehicles	129.2	3.0	18.3	3.4
Coaches	5.5	0.2	0.6	0.1
Rail transport	0.0	0.0	0.0	0.0
Inland ships	17.4	1.8	0.0	0.0
Seagoing ships	0.0	1.4	0.0	11.3
Others	4.6	0.0	0.7	0.0
Total emission reduction:	193.1	8.6	57.0	18.4
2020-emissie in GC-referentiescenario:	284.5	13.5	79.9	33.0
relative reduction:	68%	63%	71%	56%

N.B. het betreft bij PM10 alleen uitlaatgasemissie naar lucht
de totale uitlaatgas-PM10-emissie door het wegverkeer zijn vermenigvuldigd met 0.75 om de emissie naar lucht te verkrijgen
[bron: q:\verkeer\mv4\oplos\maatregl.xls]

Bijlage 2: deeltjesgrootteverdeling en PM-carbonaceous

In de navolgende tabel is de deeltjesgrootte verdeling en PM-carbonaceous fractie van PM₁₀ aangegeven zoals gehanteerd in de emissieleveranties aan LLO medio 1996. De verdelingen zijn afgeleid uit v.d. Brink (1996) voor doelgroep Verkeer en Tauw (1997)⁸.

⁸ noot: deeltjesgrootte verdeling is indicatief. I.k.v. MAP98 wordt hieraan nadere aandacht besteed

Bijlage 3: formules onzekerheidsanalyse

Conditie voor het gebruik van de betrouwbaarheidsfactor B_{fac} :

- 1) strikt genomen is de betrouwbaarheidsfactor alleen goed bruikbaar indien de fouten bij benadering lognormaal verdeeld zijn
- 2) de interpretatie van een fractie boven/onder de gemiddelde waarde slechts geldig indien het karakter van de fout voornamelijk random is (d.w.z. systematisch fout is verwaarloosbaar in vgl. met de random fout)

Verder maken we gebruik van het feit dat $B_{fac} \approx 1 - CV$, indien de variatiecoëfficiënt CV , d.w.z. standaardafwijking gedeeld door gemiddelde, klein is.

Zie tabel 8.1-b en onderstaande tabel

	Broncategorie	Emissie (ton/jr)	$CV = \sigma/\mu$	$\approx B_{factor}$
1.1	voeding & genot	4.86	0.4	0.6
1.2	aardolie industrie	6.2	0.4	0.6

CV is coëfficiënt van variatie: de standaardafwijking gedeeld door het gemiddelde

Indien de onzekerheden/fouten rond de broncategorieën afhankelijk zijn geldt methode 1:

$$\sigma_{totaal} = \sum_{k=1}^{k=N} \sigma_k$$

met σ_k de standaarddeviatie voor de k-de broncategorie. Dus:

$$\sigma_{totaal} = \sum_{k=1}^{k=N} CV_k * E_k \quad \text{en dus}$$

$$CV_{tot} = \frac{\sigma_{tot}}{E_{tot}} = \sum_{k=1}^{k=N} \frac{CV_k * E_k}{E_{tot}} = \sum_{k=1}^{k=N} \frac{E_k}{E_{tot}} * CV_k \approx$$

$$\approx \sum_{k=1}^{k=N} \frac{E_k}{E_{tot}} * (1 - B_{fac,k}) = 1 - \sum_{k=1}^{k=N} \frac{E_k}{E_{tot}} * B_{fac,k}$$

Dus:

$$B_{fac,tot} \approx 1 - CV_{tot} = \sum_{k=1}^{k=N} \frac{E_k}{E_{tot}} * B_{fac,k}$$

i.e. de gewogen som van afzonderlijke betrouwbaarheidsfactoren

Indien de onzekerheden/fouten rond de broncategorieën onafhankelijk zijn geldt methode 2:

$$\sigma_{\text{totaal}} = \sqrt{\sum_{k=1}^{k=N} \sigma_k^2} \quad \text{ofwel}$$

$$\sigma_{\text{tot}}^2 = \sum_{k=1}^{k=N} \sigma_k^2 = \sum_{k=1}^{k=N} CV_k^2 * E_k^2$$

$$\frac{\sigma_{\text{tot}}^2}{E_{\text{tot}}^2} = \frac{\sum_{k=1}^{k=N} CV_k^2 * E_k^2}{E_{\text{tot}}^2} = \sum_{k=1}^{k=N} \left(\frac{E_k}{E_{\text{tot}}} \right)^2 * CV_k^2 \quad \text{dus:}$$

$$CV_{\text{tot}}^2 = \sum_{k=1}^{k=N} \frac{E_k^2}{E_{\text{tot}}^2} * CV_k^2$$

(N.b. dit is geen gewogen gemiddelde van CV_k^2 want $\sum_{k=1}^{k=N} \frac{E_k^2}{E_{\text{tot}}^2} = \frac{\sum E_k^2}{E_{\text{tot}}^2} < \frac{(\sum E_k)^2}{E_{\text{tot}}^2} (1)$)

en dus

$$B_{\text{fac,tot}} \approx (1 - CV_{\text{tot}}) \approx 1 - \sqrt{\sum_{k=1}^{k=N} \frac{E_k^2}{E_{\text{tot}}^2} * (1 - B_{\text{fac,k}})^2}$$