

N. van Lookeren Campagne

Shell Nederland

Stellingen

1 *Overzicht en inzicht* m.b.t. de belangrijkste kringlopen is noodzakelijk voor de beleidsvorming; evenals de samenhang van natuurlijke uitwerpen en emissies door menselijk handelen.

2 *Doelstelling* van ons beleid moet zijn: "handhaving goede milieukwaliteit". Méér algemeen: het ecologisch inpasbaar maken van het menselijk handelen. Dus geen emissievermindering als doelstelling op zichzelf.

3 Nodig is een globale kennis van de orde grootte van

- de "bronnen" van zwavel-/stikstof-/koolwaterstofverbindingen en roet/as (emissies);
- hun verspreiding (transmissie) en de fysisch/chemische veranderingen (transformatie);
- en de immisie/depositie en "putten", teneinde beter te onderkennen welke oorzaken bepaalde eco-gevolgen hebben.

Ook nodig is kennis van:

- technieken om emissies te verminderen;
- kosten van emissievermindering en het economisch draagvlak om dit te financieren.

4 Inzicht en Kennis moeten via een doelgericht streven naar consensus over de "meest waarschijnlijke oorzaak-gevolg ketens", steeds "zo goed en zo snel mogelijk" convergeren, t.b.v. doelmatige, internationale *beleidsvorming* bij grensoverschrijdende eco-problemen.

Van belang daarbij zijn tevens:

- *besluit-voorbereiding en besluitvorming*; (overheids)maatregelen, uitvoering daarvan; controle/sanctie;
- *evaluatie* achteraf van de effectiviteit van de maatregelen t.o.v. milieukwaliteitsverbetering.

5 Niets is zo goed als eigen oordeelsvorming:

- zelf zien (bosaantasting);
- zelf lezen (bijv. originele gegevens m.b.t. oorzaken/gevolgen);
- zelf evalueren, rekenen en oordelen (bijv. technieken, kosten, financiering van mogelijke maatregelen).

1 Inleiding

Dit preadvies gaat in hoofdzaak over gegevens zoals genoemd in stelling 3; gegevens ten behoeve van een eigen oordeelsvorming over uitwerpen, de (technische) mogelijkheden om die te beperken en de kosten daarvan. Ook een vergelijk van uitwerpen in Nederland met die in andere landen; de orde-grootte van de kosten om zure depositie te bestrijden t.o.v. de totale landelijke milieukosten, etc. Dit is het hart van het verhaal.

Het zou echter niet compleet zijn als het niet enerzijds geplaatst wordt in het veel grotere kader van inzicht in de kringlopen (st. 1) en een goede doelstelling voor ons milieubeheer (st. 2). En anderzijds gebruikt wordt t.b.v. een goede beleidsvorming en beleidsuitvoering (st.4).

2 Kringlopen, Milieukwaliteit

Kringlopen: de waterkringloop is het bekendste: water verdampt, wordt door de luchtstromen meegevoerd, condenseert tot wolken, regent neer, deels op land waar het zich verzamelt in rivieren, planten voedt, terugvloeit naar de oppervlaktewateren, weer verdampt, etc. De zon levert de energie; de te onderzoeken kringloop speelt zich af op een bepaalde schaal en met een te berekenen gemiddelde omlooptijd; een rol spelend in planten- en dierenleven. Stromen en balansen kunnen gemaakt worden van dit immer in beweging zijnde proces. Wij kunnen ook – overdrachtelijk gesteld – een tijdsopname maken en constateren dan een bepaalde *waterconcentratie* in de lucht, een vochtgehalte in de bodem, het peil van de oppervlaktewateren, een watergehalte in de planten, etc. Die constatering wordt als goed of minder goed beoordeeld, afhankelijk van onze wensen en onze normen, bv. met betrekking tot natuur, landbouw, oppervlaktewater of recreatie.

Er zit natuurlijk *veel* meer aan de waterkringloop vast, maar een paar essentiële zaken zijn in dit korte voorbeeld genoemd: de kringloop, waarvan een deel door de levende natuur loopt; de concentratie van wa-

ter in lucht, bodem, plant en de vergelijking daarvan met onze "wens" uitgedrukt in bv. een norm, gevolgd door beleid om die "wens" vervuld te zien.

Met de andere levenselementen (koolstof, zuurstof, stikstof, zwavel en fosfor) is het in allergrootste lijnen hetzelfde, alleen veel gecompliceerder; maar niet oneindig gecompliceerder. Er begint kennis te komen over de natuurlijke "bio-geochemical cycles" van deze en andere voor het leven op aarde belangrijke elementen en verbindingen. Over fysische transportsystemen, chemische omzettingen, opname en afstoting in levenscycli. Kennis over de schaal van de kringlopen, de reservoirs van deze elementen in oceanen, bodem en stratosfeer; over de gemiddelde omlooptijden; de onderlinge verhouding in de bio-cycli van koolstof, zuurstof, stikstof, zwavel en fosfor, etc.

De gevolgen van het menselijk handelen op dit hele systeem is de laatste eeuwen en m.n. decennia groeiende. Op wereldschaal is het voor vele elementen en componenten nog vrij gering. B.v. de menselijke bijdrage aan alle stoffen die via de lucht circuleren in een kringloop, is voor koolstof en stikstof rond enkele procenten, maar voor zwavel al in de orde van $\frac{1}{4}$. Bekijkt men anderszins de totale wereldwijde bio-cyclus dan bedraagt het deel dat via het menselijk handelen "kringloopt" voor de meeste elementen in de orde van 1-7 procent, maar van stikstof (kunstmest) al in de orde van $\frac{1}{4}$.

Naarmate wij naar dichtbevolktere gebieden gaan wordt die bijdrage en invloed groter en belangrijker. Door gericht onderzoek kan men hierover de meest essentiële zaken te weten komen. En zodoende kan men – zowel voor Nederland, als op N.W. Europese schaal – inhoud geven aan het Nederlandse *beleidsuitgangspunt*: "Het ecologisch inpasbaar maken van het menselijk handelen". Want dit wordt wel in theorie beleden, maar in de praktijk van de regelgeving weinig toegepast. En bij een verstandige toepassing ervan zouden wij met hetzelfde geld een betere milieu- en omgevingskwaliteit kunnen handhaven en bereiken; en wellicht zelfs met minder geld (bij economische recessie) méér kunnen bereiken, omdat men op basis van inzicht in de kringlopen en eco-systemen, direct doelgericht werkt. Een interessant overzichtsartikel hierover is "Stoffkreisläufe" der Natur und Einfluss des Menschen; M. Häberle, Umwelt 1/82 blz. 15-22 en 2/82, blz. 76-88. Het behandelt sterk samenvattend een veelheid van onderwerpen – verwijzend naar een 80-tal referenties van vaak ook overzichtsartikelen – welke van belang kunnen zijn bij studies over boschade, zure depositie en luchtverontreiniging over grote afstanden. Het zijn vaak vrij algemene, afstandelijke artikelen, deels uit de Scientific Committee of Problems on the Environment (SCOPE) van de International Council of Scientific Unions. Wellicht is het een

goede achtergrond en inspiratiebron voor het oplossen van de problemen rond bosschade door luchtverontreiniging en/of andere oorzaken. Recente meer direct op dat onderwerp gerichte literatuur vindt men bv. in:

- EEG symposium "Acid deposition, a challenge for Europe", Karlsruhe 19-21 september 1983.
- Symposium "Saure Niederschläge, Ursache und Wirkungen", 7-9 juni 1983, Lindau, W. Duitsland.
- Office of Science and Technology Policy, Executive Office of the President (USA), Interim Report from the "Acid Rain Peer Review Panel", 28 juni 1983.

3 Overzicht van Emissies en Deposities van zwavel en stikstofoxiden in vnl. Europa

3.1 Energieverbruik

- De emissies van zwavel en stikstofoxiden worden goeddeels bepaald door het energieverbruik in een land en de samenstelling van het energiepakket (olie, gas, kolen, kernenergie, waterkracht etc.).
- In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van het energieverbruik in de OECD landen. Vooral van belang zijn het verbruik per hoofd, hetgeen iets zegt over het welvaartsniveau en het verbruik per bruto nationaal produkt (BNP) hetgeen iets zegt over de energie-intensiteit (o.m. door de aard van de industriële produktie) die nodig is om het welvaartsniveau te bereiken. Vgl. bijvoorbeeld de US met een hoge energie-intensiteit zowel per hoofd als per BNP t.o. Zwitserland, eveneens met een hoog welvaartsniveau maar een veel lagere intensiteit, of t.o. Turkije met een laag welvaartsniveau wat tot uitdrukking komt in het verbruik per hoofd, maar dat erg veel energie nodig heeft t.b.v. het BNP.

3.2 Emissies

- In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de emissies per jaar van zwaveldioxide (SO₂) en stikstofoxiden (NO_x) in OECD/ECE landen in het begin van de jaren tachtig.
- Vergelijkt men bijvoorbeeld België met Nederland, met ongeveer dezelfde energie-intensiteiten, dan valt op dat Nederland een veel lagere SO₂-emissie per hoofd heeft. Dit is het gevolg van het gebruik van aardgas (zonder zwavel) in Nederland t.o. vnl. kolen in België. Stikstofoxiden liggen niet zover uit elkaar. Dit komt door de grote invloed van het verkeer dat in beide landen even intensief is. Dit beeld is te zien bij vrijwel alle West-Europese landen met een vergelijkbaar niveau van welvaart.
- De SO₂-emissie per hoofd is vooral hoog in de Oostbloklanden met als kampioenen de DDR en Tsjecho-Slowakije vnl. door het gebruik van hoogzwa-

velige (bruin)kolen. Voor een veel lager welvaartsniveau dan het Nederlandse wordt 6 á 7 maal meer SO₂ per hoofd geproduceerd.

– Wat de stikstofoxiden per hoofd betreft zijn de verschillen tussen Oost en West minder groot: de lage verkeersdichtheid in het Oostblok wordt hierbij ruimschoots gecompenseerd door de hoge NO_x-emissies van de (zware) industrie en de kolen-elektriciteitscentrales aldaar.

3.3 Depositie

– In tabel 3 is een overzicht gegeven van de depositie van zwaveloxiden; de getallen zijn hooguit bij benadering juist. Van stikstofoxiden is veel minder bekend, een tabel dienaangaande is achterwege gelaten.

– De tweede kolom geeft de totale depositie (droge en natte neerslag) weer, gerekend als elementaire zwavel, in termen van zwaveldioxide moet men dit met 2 vermenigvuldigen. De depositie in Nederland van 208.000 ton per jaar is dus equivalent met 516.000 ton per jaar zwaveldioxide.

– Van belang is de verhouding tussen de kolommen 3, invloed buitenlandse, en 4, invloed binnenlandse bronnen en 5, het achtergrond niveau, wat feitelijk veroorzaakt wordt door natuurlijke en zeer verafgelegen andere bronnen. Dit achtergrond niveau is praktisch niet te beïnvloeden door maatregelen in de betrokken landen.

– Een grote rol spelen de algehele meteorologische omstandigheden in Europa die de richting en afstand van de luchtverontreinigingstransporten door de lucht bepalen en natuurlijk de ligging van de diverse landen. Zo is het Verenigd Koninkrijk een land met heel weinig import en een lage achtergrond (westenwind over de Atlantische oceaan waardoor veel uitwassing kan plaatsvinden), IJsland is een typisch geval van een hoge achtergrond invloed (vulkanen!) en Noorwegen ontvangt hoofdzakelijk zwavel uit het buitenland. Ook in Nederland is sprake van een lage achtergrond (westenwind, Noordzee) en een sterke invloed van het buitenland (71%) t.o. die van de binnenlandse bronnen (23%). Dit betekent dat een binnenlandse vermindering van de zwaveldioxide emissie van bv. 50% de zwaveldepositie brengt van 208.000 naar 184.000 ton per jaar, een vermindering van slechts 12%.

4 Overzicht en emissies etc. in Nederland

4.1 Energie

– Ook in Nederland zijn natuurlijk de emissies afhankelijk van de mate en de aard van het gebruik van energie en de samenstelling van het energiepakket. Daarbij zijn twee aspecten belangrijk.

– Ten eerste ontwikkelde Nederland zich sinds de vijftiger jaren tot een sterk export georiënteerd land waarin de energie intensieve basis-industrie een sterke rol speelt. Dit betekent dat het Nederlandse energieverbruik in 1960-1980 ongeveer verdrievoudigde evenals het Bruto Nationaal Produkt. De gevoeligheid voor de prijs van energie (inclusief de daarbij gewenste milieu-voorzieningen!), is daarmee duidelijk, evenals onze relatief grote afhankelijkheid van de internationale economie en handel. Massaal (in volume!) exporterende landen als Japan en de US komen niet verder dan slechts 10 en 8% van het BNP. Ons land exporteert echter zowat de helft van zijn Bruto Nationaal Produkt. Zie de illustraties 1, 2 en 3 in figuur 1.

– Ten tweede was er de ontdekking en exploitatie van het (toen goedkope) aardgas dat bovengenoemde ontwikkeling stimuleerde en bovendien tot gevoig had dat de kolen-productie geheel en de consumptie vrijwel verdwenen. De discussie en de moeite rond de her-introductie van kolen zijn bijna onvoorstelbaar als men bedenkt dat slechts 20 jaar geleden, 12 miljoen ton per jaar werd verstoekt. Aardgas neemt daarentegen nu al jaren bijna de helft van het Nederlandse energiemenu in beslag. Dit heeft een zeer gunstige invloed op het emissie-niveau in ons land.

4.2 Emissies

Emittenten

– Voor een meer gedetailleerde beschouwing van ons land is het nuttig een aantal categorieën te onderscheiden. Dat zijn enerzijds de vaste of *stationaire* bronnen t.w. industrie, elektriciteitscentrales, huishoudens, land- en tuinbouw en anderzijds de *mobiele* bronnen t.w. personenauto's, openbaar vervoer, vrachtvervoer over de weg en het water enz. De overheid hanteert wel zo'n dertig categorieën. Voor globale beschouwing is een onderscheid tussen stationaire en mobiele bronnen – en enkele dominante factoren daarbinnen – voldoende.

– De SO₂ uitworp van zwaveldioxide bedroeg in het begin van de jaren zestig omstreeks 700.000 ton per jaar. Een toenemend energieverbruik waarin zware olie een rol van betekenis speelde joeg de emissie op tot bijna één miljoen ton in 1967-1968, waarna de inzet van aardgas zorgde voor de daling naar ca. 450.000 ton per jaar rond 1978. De energiecrises van de zeventiger jaren leidden tot een zekere verhoging in 1979-1980 (inzet van kolen). Verscherpte zwavelmaatregelen en een lage economische activiteit gaven weer een daling in het begin van de jaren tachtig. Zwaveldioxide komt praktisch geheel uit stationaire bronnen t.w. centrales 40% en raffinaderijen ca. 25% (zie ill. 4 in figuur 1).

– Van vrijwel alle andere belangrijke uitwerpen uit

Tabel 1 Overzicht van het energieverbruik in OECD-landen.

Land	Totaal energieverbruik (MTOE*)	Per hoofd van de bevolking (TOE)	Per oppervlakte (TOE)	Per 1000 \$ BNP (bruto nationaal produkt) (TOE)
Australia	75.86	5.19	10.38	0.54
Austria	26.73	3.56	316.84	0.35
Belgium	46.82	4.75	1534.25	0.40
Canada	222.58	9.29	18.58	0.88
Denmark	19.22	3.75	446.25	0.29
Finland	26.72	5.59	78.26	0.54
France	198.20	3.69	361.62	0.30
Germany	272.12	4.42	1096.16	0.33
Greece	16.13	1.68	122.64	0.40
Iceland	1.35	5.90	11.80	0.48
Ireland	8.57	2.52	120.96	0.49
Italy	142.03	2.49	470.61	0.36
Japan	372.53	3.19	1001.66	0.36
Luxembourg	3.66	10.03	1404.20	0.80
Netherlands	65.49	4.63	1588.09	0.39
New Zealand	11.21	3.58	42.96	0.48
Norway	24.03	5.88	76.44	0.42
Portugal	10.76	1.08	116.64	0.44
Spain	75.14	2.01	148.74	0.36
Sweden	47.73	5.74	103.32	0.39
Switzerland	24.98	3.92	603.68	0.25
Turkey	31.55	0.70	40.60	0.60
U.K.	198.28	3.54	814.20	0.38
U.S.	1809.88	7.95	190.80	0.70

*) (M)TOE = (miljoen) ton olie-equivalent.

1 MTOE heeft dezelfde energie-inhoud als 1.3 miljard m³ Gronings aardgas.

1 MTOE heeft dezelfde energie-inhoud als 2.2 miljoen ton hout.

1 TOE per hoofd per jaar is ongeveer gelijk aan de warmteopbrengst van een permanent brandende elektrische kachel van 1.3 kilowatt of 1300 m³ gasverbruik.

OECD 1980

stationaire bronnen, koolwaterstoffen, koolmonoxide, aerosolen (zwevende vaste en vloeibare deeltjes) zijn de uitwerpen sinds 1960 alsmatig afgenomen.

– De grote toename van het (personen-) autoverkeer in m.n. de jaren zestig maakte van de mobiele bronnen een categorie van betekenis (ill. 5 in figuur 1). De totale uitwerp van koolmonoxide en koolwaterstoffen wordt door deze bronnen goeddeels bepaald, terwijl van de stikstofoxiden meer dan de helft daarvan voor rekening van het verkeer komt (55%), de rest komt vnl. van centrales (16%) en huishoudens (6%).

4.3 Immissies en depositie

– *Immissie (inworp)* is de concentratie van een bepaalde stof op leefniveau in de lucht als gevolg van een uitwerp. De totale invloed van alle emissies (binnen- en buitenland) en de achtergrondconcentratie levert de uiteindelijke concentratie in de buitenlucht; deze kan worden "getoetst" aan bijv. een milieu- of gezondheids criterium. Dergelijke criteria worden in Nederland geleverd door de Gezondheidsraad. Ook het buitenland heeft veelal criteria hiervoor opgesteld.

– Vooral door de gunstige invloed van aardgas op de emissies en het sterk toegenomen gebruik hiervan in vele kleine bronnen (huishoudens), vertonen de concentraties zelfs in een zeer intensief gebruikt gebied als Rijnmond een dalend verloop (zie ill. 6 in figuur 1). Daarbij speelt eveneens de gunstige ligging (aan zee, sterke wind) een rol, waardoor Rotterdam gunstig afsteekt bij andere Europese steden (ill. 7 in figuur 1).

– *Depositie* is de neerslag van een stof (in natte of droge vorm) op de vaste aarde. Droge depositie is maar zeer incidenteel bekeken, van natte depositie (regen) is echter meer bekend als gevolg van metingen door o.m. het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en de Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond. Het blijkt echter niet zo gemakkelijk om rechtstreeks verbanden tussen bijv. de zuurgraad van de regen en de uitwerp van zwaveldioxide en stikstofoxide te vinden.

4.4 Toekomst

– Hiervoor beperken wij ons tot zwaveldioxide en stikstofoxide.

Tabel 2 Overzicht van de gemiddelde zwavel- en stikstofoxiden-emissies in Europa in 1978-1981.

Land	SO ₂ emissie in 10 ³ t	Bevolking mln.	Oppervlakte 10 ³ km ²	SO ₂ in kg/hoofd	SO ₂ in t/km ²	NO _x emissie in 10 ³ t	NO _x in kg/hoofd	NO _x in t/km ²
Belgium	808	9.8	30.5	82	26.5	290	29.5	9.5
BRD	3600	61.4	248.6	59	14.5	2200	35.9	8.8
Bulgary	1000	8.8	110.9	114	9.0			
Danmark	455	5.1	43.1	89	10.6	180	35.3	4.2
DDR	4000	16.8	108.2	238	37.0	570	34.1	5.3
Finland	574	4.7	337.0	122	1.7			
France	3270	53.1	547.0	62	6.0	1300	24.4	2.4
Greece	700	9.3	131.9	75	5.3			
UK	5255	55.9	244.0	94	21.5	1400	34.1	7.8
Ireland	250	3.2	70.3	78	3.6	60	18.2	0.9
Italy	4400	56.4	301.2	78	14.6			
Luxemburg	30	0.36	2.9	83	10.3	20	56	6.9
Netherlands	490	13.9	40.8	35	12.0	450	32.1	11.0
Norway	147	4.0	324.2	37	0.45	100	24.6	0.3
Austria	430	7.5	83.8	57	5.1	150	20	1.8
Poland	2500	34.7	312.7	72	8.0	840	24	2.7
Portugal	170	9.5	92.1	18	1.8			
Rumania	200	21.7	237.5	9	0.84			
Sweden	620	8.3	450.0	75	1.4	250	30.2	0.6
Switzerland	124	6.3	41.3	20	3.0			
Soviet Union	24500	258.9	22402.2	95	1.1	6800	35.8	0.3
Spain	1451	36.7	504.8	40	2.9			
Czechoslowakia	3200	15.0	127.9	213	25.0	500	33.1	3.9
Turkey	1000	42.1	780.6	24	1.3			
Hungary	1640	10.6	93.0	155	17.6	185	17.3	2.0
Totaal (resp. gemiddelde)	60814	754	27666	81	9.63	15870	...	0.6
					West	6975	30.5	
					East	8895	33.3	

Gemiddelde zwavel- en stikstofdioxide-emissies per jaar in Europa 1978-1981.

ECE (SO₂)OECD (NO_x)

– Wat zwaveldioxide betreft is het van belang dat m.n. in elektriciteitscentrales aardgas (zware) stookolie meer en meer vervangt. Dit zal de emissie zeer aanzienlijk doen dalen. Later wordt aardgas vervangen door kolen, weliswaar met een soortgelijk zwavelgehalte als stookolie, maar onderworpen aan de normen van de zgn. "kolencirculaire" van het Min. van VROM (sept. 1982). Dit betekent rookgasreiniging, met als gevolg dat een blijvend laag emissieniveau van zwaveldioxide gedurende lange tijd is te verwachten.

– Bij stikstofoxiden speelt de inzet van aardgas in centrales een minder gewichtige rol. De dominante factor is hier verkeer en het is niet te verwachten dat de totale uitworp gemakkelijk beneden de hedendaagse 500.000 t.p.j. zal geraken. Een daling is echter te bewerkstelligen door toepassing van bepaalde vuurhaardtechnieken en vooral door het aanbrengen van bepaalde voorzieningen m.b.t. het verkeer waarover meer in par. 5.

– Ronduit onderbelicht in dit soort discussies in Nederland is de rol van kernenergie, vooral ook door de mogelijke schaal van toepassing in de elektriciteitscentrales. Een 1000 MW_e kernenergie-centrale "scheelt" ca. 30.000 ton SO₂ per jaar t.o.v. een kolen-centrale tenzij rookgaswassing wordt toegepast. Het

verschil is dan 3000 ton waartegenover echter al gauw zo'n 130.000 gips per jaar geproduceerd wordt. Tegenover een soortgelijke aardgaseenheid levert het een verschil op van ongeveer 17.000 ton stikstofoxiden.

Daarnaast wordt de emissie van kooldioxide (CO₂) vermeden, een gas dat bij de verbranding van alle fossiele brandstoffen vrijkomt. Dit gas zou misschien een verandering van de temperatuur op aarde kunnen bewerkstelligen (broeikas effect) en daarmee het huidige milieu-evenwicht kunnen beïnvloeden.

Overigens vertonen de zgn. "duurzame energiebronnen" (zon, wind, aardwarmte) soortgelijke gunstige eigenschappen m.b.t. de luchtverontreiniging. De mogelijke bijdrage van het energieverbruik is echter naar verwachting relatief klein.

– De wijze waarop men voor een bepaald jaar een of andere emissie berekent is aangegeven in de bijgevoegde schema's I, II en III. De laatste gelden voor SO₂ en NO_x.

De methode berust op de kennis van (gemeten) emissiefactoren van een bepaalde stof (SO₂, NO_x, stof, roet, zware metalen ect.) door een bepaalde brandstof (kolen, olie, gas) bij een bepaalde toepassing (aardgas in de c.v. thuis scheelt al gauw een fac-

Tabel 3 SO₂-emissie balans (1978) (een eerste globale benadering).

Land	Totale zwavel-depositie (ton per jaar gerekend als S)	Over de grenzen vanuit aangrenzende landen (%)	Van eigen bronnen in het land (%)	Achtergrond-depositie uit natuurlijke bronnen en zeer veraf gelegen bronnen (%)
Albania	80.000	67	15	18
Austria	409.000	76	15	9
Belgium	193.000	53	41	6
Bulgaria	415.000	47	45	8
Tjechoslowakia	1.561.000	56	37	7
Danmark	131.000	54	36	10
Finland	352.000	55	26	19
France	1.454.000	34	52	14
DDR	934.000	32	65	3
BRD	1.390.000	45	48	7
Greece	280.000	51	37	12
Hungary	560.000	54	42	4
Iceland	29.000	25	0	75
Ireland	78.000	32	28	40
Italy	1.358.000	22	70	8
Luxembourg	13.000	73	27	0
Netherlands	208.000	71	23	6
Norway	306.000	63	0	29
Poland	1.596.000	52	42	6
Portugal	88.000	33	27	40
Rumania	956.000	56	36	8
Spain	700.000	18	63	19
Sweden	566.000	58	18	24
Switzerland	169.000	78	10	12
Turkey	499.000	39	42	19
Soviet Union	8.281.000	32	53	15
U.K.	1.016.000	12	79	9
Yugoslavia	131.000	41	51	8

Uit: Stirbt der Wald? Herman Graf Hatzfeldt, C. F. Muller, Karlsruhe 1982.

tor 3 voor NO_x t.a.v. aardgas in elektriciteitscentrales). Deze (gedetailleerd bekende) emissiefactoren worden vermenigvuldigd met een (eveneens gedetailleerd) energieverbruik per verbruiker. Dit geeft de emissie van bijv. SO₂ van bijv. olie in bijv. de landbouw. Optelling en het includeren van proces-emissies (emissies die niet door verbranding tot stand komen) geeft de totale SO₂ emissie. In tabel II en III zijn (voor de eenvoud) echter per brandstof gemiddelde emissiefactoren gebruikt. In IV is een voorbeeld van de mate van detaillering van emissiefactoren gegeven.

Voor een toekomstig jaar kan het energieverbruik worden geschat (energie-scenariomethode). Toepassing van dezelfde emissiefactoren geeft dan de emissie in bijv. 1990 bij *ongewijzigde* technologie. Correcties voor (te verwachten) verbetering in de uitwerp door toekomstige technologische veranderingen kunnen dan worden aangebracht, hetgeen meestal een daling van de totale emissie te zien geeft.

5 Overzicht mogelijke emissieverlagingen en de kosten daarvan

In de voorgaande paragrafen zijn enkele belangrijke

emissies behandeld van energieverbruik in vuurhaarden en verkeer. Men kan deze emissies verminderen door:

- schonere brandstoffen te gebruiken (zie het voorbeeld van het vergrote aardgasverbruik in elektriciteitscentrales);
- door afgassen van de vuurhaarden resp. auto's met speciale technieken te behandelen (bijv. SO₂-verwijdering uit de rookgassen van kolengestookte centrales of katalytische "converters" in de uitlaatgassystemen van auto's);
- door het verbrandingsproces zelf zodanig te wijzigen, dat de emissies van één of meer stoffen verminderen (zgn. "schone technologie").

Zeer in het algemeen kan men stellen dat dit laatste veelal het beste is voor de toekomst. Het is natuurlijk eleganter om een op zichzelf redelijk schoon proces na te streven, dan een proces dat teveel ongewenste verontreinigingen in zijn afgas heeft, waaruit men het moet verwijderen met een speciaal daarvoor ontwikkeld apparaat. Maar deze schonere processen vergen veelal nog veel ontwikkelingswerk, tijd en geld. Voorbeelden van schonere technologieën zijn:

- de in ontwikkeling verkerende hoge compres-

sie/arm mengsel (hc/am) motor voor auto's, waarin de NO_x uitwerp wordt gehalveerd;

- wervelbedverbranding voor kolen, waarmede zwa-veloxyden goeddeels en stikstofoxyden en vliegassuit-worpen behoorlijk verminderd worden;
- kolen- en olievergassingsprocessen, waarbij men een schoon gas maakt voor verdere verbranding daar waar warmte nodig is, of voor elektriciteitsproductie via gasturbines naast stoomturbines;
- branders in fornuizen die minder NO_x geven ("low- NO_x burners").

Kosten

Dikwijls speelt hierbij de wet van de verminderende meeropbrengst. D.w.z. dat per ton SO_2 of NO_2 of vlieg-
as die men uit een rookgas of uitlaatgas haalt, de kos-
ten progressief meer worden, naarmate men naar hogere
verwijderingspercentages gaat.

Als wij ons aan redelijke verwijderingspercentages
houden voor bekende processen om luchtverontreinig-
ing te bestrijden, dan krijgen wij het volgende zeer
globale beeld:

- Om een ton SO_2 uit de lucht te houden: orde-groot-
te van 3000 gld./ton. Zowel voor rookgasontzwaveling,
als residuale ontzwaveling van zware stookolie, of
stookolievergassing, komt men in die orde-grootte uit.
Soms is de ene route goedkoper, soms een andere.
Bijna steeds is vermindering in bestaande industrieën
of centrales veel duurder dan bij nieuwbouw.
 - Om een ton NO_x (gerekend als NO_2) uit de lucht te
houden rekent men in de orde van 100 gld./ton bij ge-
wijzigd vuurhaardontwerp (relatief bescheiden percen-
tuele vermindering) tot 1000 à 3000 gld./ton voor de
vrij volledige katalytische rookgasreiniging van NO_x
(1000 gld. voor gasgestookte eenheden en 3000 gld.
voor kolen).
 - Om een ton NO_x uit de lucht te houden via de eer-
der genoemde hc/am motor (50% vermindering), moet
men rekenen op een orde-grootte van 1400 gld./ton.
 - Om in totaal een ton NO_x en onverbrande koolwa-
terstoffen uit de lucht te houden, via een zgn. 3 weg ka-
talyator voor auto's (70% vermindering) moet men re-
kenen met kosten in de orde-grootte van 3000 gld./ton
verontreiniging. Maar men moet dan wel loodvrije ben-
zine hebben, die ook weer duurder is dan loodhoudende
benzine.
- Blijft men op deze zeer globale manier rekenen, dan
kan men stellen:
- Het toepassen van schone technologie daar waar
het past (ook qua verwijderingsefficiëntie) en voldoende
ontwikkeld is, kost in de orde-grootte van een duizend
gld./ton vermeden uitwerp. Wij denken daarbij
ook aan nieuwe installaties.
 - Bij toepassing van hogere verwijderingspercenta-

ges in bestaande installaties, met processen die rook-
en uitlaatgassen reinigen, komt men tot enkele duizen-
den gld./ton vermeden uitwerp.

Zou men in Nederland bijv. 100.000 t/j SO_2 en
100.000 t/j NO_2 willen verminderen, dan moet men
toch al gauw in bedragen van vele honderden miljoe-
nen per jaar rekenen. Relativerend: 500 mln./jaar is
ongeveer 10% op de huidige totale landelijke kosten
t.b.v. milieu. Bij scherpere eisen zoals men die thans in
Duitsland wil stellen (d.w.z. eisen aan nieuwe en be-
staande vuurhaarden, gedeeltelijk overgang op lood-
vrije benzine t.b.v. nieuwe automodellen met vermin-
derde uitwerp), komt men na 5 à 10 jaar invoering van
de maatregelen, al gauw op 20 à 25% meer kosten bo-
ven op de andere milieukosten. Voor grote landen
spreekt men dan over vele miljarden dollars per jaar.

De consument zal dit dan merken in de prijs voor de
elektriciteit (direct en via elektriciteits-intensieve pro-
dukten), in duurdere benzine en duurdere auto's; totaal
een paar honderd gulden extra per gezin. Door in deze
paragrafen wat cijfers over brandstofverbruik, emissie-
factoren, emissies en kosten-per-ton-emissie te ge-
ven, kan een ieder voor elke situatie zelf zijn eigen be-
rekeningen maken.

6 Slotopmerkingen

Bossschade, beïnvloeding van bos- en landbouwgron-
den, verzuring van oppervlakte- en grondwater. Het
zijn problemen waar wij versneld mee geconfronteerd
raken. Zij behoren tot de grootschalige en potentieel
ernstige eco-problemen die wij in de resterende jaren
van dit millennium internationaal moeten oplossen. Ze-
ker voor een relatief klein land geldt de noodzaak van
internationale oplossingen.

Het zullen ook vrij kostbare oplossingen worden, die
in elk persoonlijk budget merkbaar zullen zijn en die
ook temidden van de grote posten van de Rijksbegro-
ting niet onbelangrijk zullen zijn. Zeker in tijden van
economische stagnatie zal het uiterst belangrijk zijn
om de gulden die aan deze milieuproblemen uitgege-
ven worden, zo efficiënt mogelijk te laten zijn; direct
gericht op de omgevingskwaliteit van bos of water; met
een ingebouwde evaluatie van de effectiviteit van de
maatregelen. Enerzijds zullen wij daarbij niet kunnen
wachten tot de wetenschap vergaand de oorzaak-ef-
fect relaties genoegzaam heeft ontrafeld; anderzijds is
het ook fout om zonder meer een stel emissies te ver-
minderen onder publieke druk. De 5 stellingen in de In-
leiding kan men ook in een wat andere volgorde nog
eens doornemen:

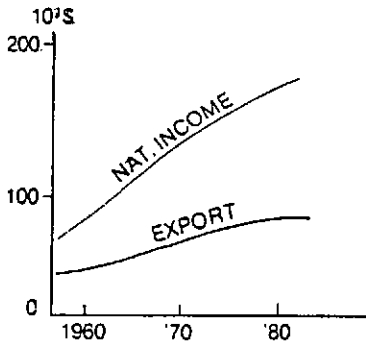
ad 5) en 3) Dit pre-advies wil een bijdrage leveren
aan een beetje inzicht in de orde grootte van emissies
van de belangrijkste componenten van luchtverontrei-
niging, het evalueren van technieken om emissies te

vermindern en het berekenen van de daarmee samenhangende kosten. Het geeft ook aan wat originele literatuur over kringlopen en de relatieve invloed van ons menselijk handelen daarin.

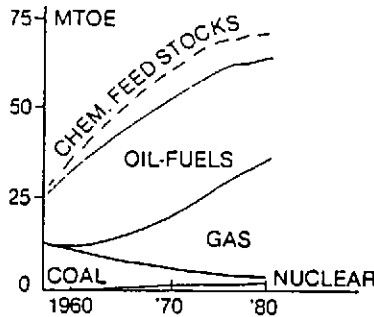
ad 1) en 2) Hoewel summier, wil het nadrukkelijk wijzen op 2 absoluut noodzakelijke achtergrondgegevens, om in deze gecompliceerde materie niet te verdwalen, nl. het inzicht in de belangrijkste kringlopen en

de doelstelling van milieukwaliteit als basis voor het beleid.

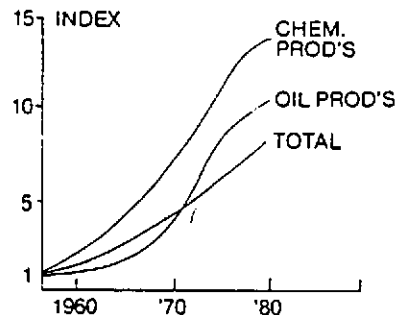
ad 4) Leden van de KNBV kunnen zelf het best waarderen hoe men kan helpen om inzicht en kennis te laten convergeren t.b.v. een doelmatige internationale beleidsvorming, zodat wij voor ons en het nageslacht "gezonde bossen" houden.



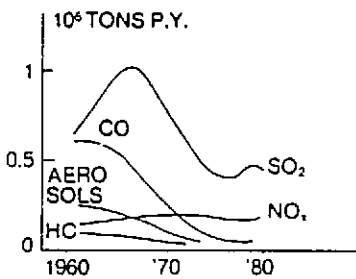
1) NAT. INCOME & EXPORT



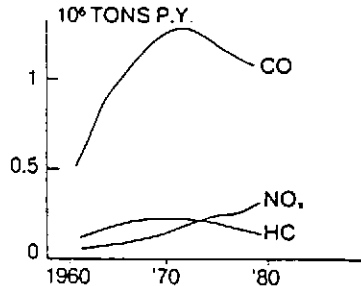
2) DUTCH ENERGY CONSUMPTION IN MLN. TONS OIL EQUIVALENT



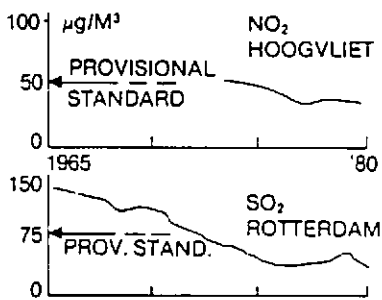
3) INDEX OF EXPORT-VALUE 1958 = 1



4) EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES



5) EMISSIONS FROM MOBILE SOURCES



6) CONCENTRATIONS IN AIR (ROTTERDAM AREA)

µg SO ₂ /M ³ , AVERAGE 1976	
BILBAO	122
LISSABON	113
PARIS	100
FRANKFURT A.M.	88
MARSEILLE	82
MANCHESTER	70
GOTHENBURG	62
ANTWERP	58
ROTTERDAM	40

7) SO₂ CONC. IN AIR IN EUROPEAN CITIES 1976

Globaal energieverbruik en emissies 1981 en vlgs. scenario 1990 Zwaveldioxide (SO₂).

	1981 energieverbruik in MTOE ¹⁾			1990 geschat energieverbruik in MTOE ¹⁾		
	kolen	olie	aardgas	kolen	olie	aardgas
Comm./agrar.	—	2.0	2.0	—	1.0	4.3
Huishoudens	—	0.5	12.3	—	0.5	10.0
EL-centrales	1.8	5.2	4.4	4.6	1.0	3.8
Industrie	— ²⁾	5.0 ³⁾	9.3	1.4 ²⁾	3.8 ³⁾	8.1
Verkeer	—	8.1 ³⁾	—	—	8.2 ³⁾	—
Totaal	1.8	20.8	28.0	6.0	14.5	26.2
Maal de gemiddelde emissiefactoren (1000 ton/MTOE)	22.8	17.4	0	9.5*	13.9*	0
Geeft de emissie (1000 ton)	41	361	0	57	202	0
Totaal door verbranding	402.000 ton			259.000 ton		
Plus processen ⁴⁾	75.000 ton			75.000 ton		
Totale emissie	477.000 ton			334.000 ton		

* De gemiddelde emissiefactoren van 1990 zijn lager dan die van 1981 door toepassing van rookgasreiniging bij kolengestookte centrales (scheelt ca. 80.000 ton) en een algehele vermindering van het verbruik van zware stookolie in het totale olieverbbruik (scheelt ca. 50.000 ton).

¹⁾ Miljoen ton olie-equivalent (MTOE) = 1.3 miljard m³ gas = 1.4 miljoen ton kolen = circa 2.2 miljoen ton hout.

²⁾ Exclusief metallurgische kolen.

³⁾ Exclusief zeeschepen, vliegtuigen, voeding chemische industrie.

⁴⁾ Procesuitwerp komt niet tot stand door verbranding.

Globaal energieverbruik en emissie 1981 en vlgs. scenario 1990 stikstofoxiden (NO_x).

	1981 energieverbruik in MTOE				1990 geschat energieverbruik in MTOE			
	kolen	olie	olieverkeer	aardgas	kolen	olie	olieverkeer	aardgas
	(als in I)				(als in I)			
Totaal	1.8	12.7	8.1	28.0	6.0	6.3	8.2	26.2
Maal de gem. emissiefac- toren (1000 ton/MTOE)	17.8	6.4	34.9	3.5	16.0	5.8	29.7	3.2
Geeft de emissie (1000 ton)	32	81	283	99	96*	37*	244*	84*
Totaal door verbranding	495.000 ton				461.000 ton			
Plus processen	25.000 ton				25.000 ton			
Totale emissie	520.000 ton				486.000 ton			

* De emissiefactoren van 1990 zijn lager dan die van 1981 door introductie van gewijzigde vuurhaardtechnologie op nieuwe installaties voor kolen, olie en gas vanaf 1985 (scheelt ca. 24.000 ton), terwijl voor verkeer vanaf 1988 moderne automotoren bij nieuwe auto's worden toegepast (scheelt ca. 43.000 ton).

Enige voorbeelden van emissiefactoren

1 De emissie van stikstofoxiden (in 1000 ton per MTOE) door het verstoken van aardgas.

Elektriciteitscentrales	5,9
Proces industrie	2,1
Basismetaal	2,9
Huishoudens	2,2

2 Diverse emissies (in 1000 ton MTOE) door het verstoken van zware stookolie (2% zwavel).

	koolmonoxide	zwaveldioxide	stikstofoxides	koolwaterstoffen	stof (roet, metalen)
Elektriciteitsopwekking in:					
centrales	0,4	40,0	7,5	0,2	1,0
industrie					
(lage belasting)	0,6	40,0	3,4	0,4	2,0
industrie					
(hoge belasting)	0	40,0	5,9	0,3	2,0

3 Diverse emissies (in 1000 ton MTOE) voor het verstoken van steenkolen in centrales (1% zwavel).

	0,7	28,0	11,7	0,2	1,7
--	-----	------	------	-----	-----

4 Personenauto's, diverse emissies (in gram/kilometer).

	koolmonoxide	stikstofoxide	koolwaterstoffen	stikstof (roet, etc.)
stadsrit (benzine)	20	2,0	1,5	0,13
snelweg (benzine)	8	3,8	0,8	0,08
stadsrit (LPG)	4	1,3	2,1	0,1
snelweg (LPG)	1,5	2,5	1,1	0,05

5 Diesel zware vrachtwagen, diverse emissies (in gram/kilometer)

stadsrit	15	14,2	1,7	1,0
snelweg	10	14,4	1,2	1,1