

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapportnr. 950011002

BRONNEN VAN LOKALE BODEMBELASTING

J.P.A. Lijzen en R.O.G. Franken

november 1994

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal Milieubeheer Directie Bodem in het kader van het project 950011: Verspreiding en risico's bodem (deelproject 715212: Lokale bronnen van bodemverontreiniging).

VERZENDLIJST

- 1 Directeur Directie Bodem, mr. A.B. Holtkamp
- 2 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, dr ir B.C.J. Zoeteman
- 3 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Stoffen, Veiligheid en Straling
- 4 dr ir J.M. Roels (DGM-Bodem, afd. Bodemsanering)
- 5 ir J.G. Robberse (DGM-Bodem, afd. Bodemsanering)
- 6 drs M.C. van Rossenberg (DGM-Bodem, afd. Bodemsanering)
- 7 drs W. Munters (DGM-Bodem, afd. Bodembescherming)
- 8 drs A. Ekelenkamp (DGM-Bodem, afd. Bodemsanering)
- 9 drs D.J. Bakker (TNO)
- 10 ir W.H. Janssen van de Laak (RWS-DWW)
- 11 ir F. van Bentum (RIZA)
- 12 ing. M.G.M. van Schaik (NS Infrabeheer)
- 13 dhr. Smietman (VOM)
- 14 Depot van Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
- 15 Directie Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
- 16 Hoofd Voorlichting en Public Relations RIVM
- 17 ir F. Langeweg (Sector Milieuonderzoek)
- 18 ir T. Meeder (LAE)
- 19 dr R. Thomas (LAE)
- 20 drs L.H.M. Kohsiek (LBG)
- 22 ir R. van den Berg (LBG)
- 23 drs P. Lagas (LBG)
- 24 dr H. Eijsackers (LBG)
- 25 drs W.J. Willems (LBG)
- 26 dr ir F.A. Swartjes (LBG)
- 27-28 Auteurs
- 29 Bureau Projecten en Rapportenregistratie
- 30-31 Bibliotheek RIVM
- 32-55 Reserve-exemplaren

VERANTWOORDING

Deze rapportage is het resultaat van een door RIVM-LBG uitgevoerde studie in het kader van het deelproject Lokale bronnen van bodemverontreiniging van het project Verspreiding en risico's bodem (nr. 715810). De studie is tot stand gekomen onder begeleiding van een begeleidingscommissie bestaande uit de volgende personen:

ir J. Robberse	DGM, directie Bodem
drs M. van Rossenberg	DGM, Directie Bodem
drs W. Munters	DGM, Directie Bodem
ir T. Meeder	RIVM-LAE
dr H. Eijsackers	RIVM-LBG
ir R.O.G. Franken	RIVM-LBG

De inhoud van dit rapport is verder tot stand gekomen met de hulp van een groot aantal personen die informatie hebben verstrekt over de afzonderlijke bronnen en de modelmatige benadering van de bodembelasting.

INHOUDSOPGAVE

VERZENDLIJST	ii
VERANTWOORDING	iii
INHOUDSOPGAVE	iv
ABSTRACT	viii
SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	3
1.1 Doel van de studie	3
1.2 Bronnen	3
1.3 Stoffen	4
1.4 Aanpak	4
2 VERSPREIDING VAN STOFFEN IN DE BODEM	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Verspreiding en eigenschappen van de bodem	6
2.3 Modelbodems, streefwaarden voor bodemkwaliteit en interventiewaarden	7
2.3.1 Keuze modelbodems	7
2.3.2 Streefwaarden voor bodem en interventiewaarden voor bodemsanering	8
2.4 Verspreiding van stoffen	8
2.4.1 Zware metalen	8
2.4.2 PAK en aromaten	8
2.4.3 Olie-achtige verbindingen	10
2.4.4 Gechloreerde koolwaterstoffen	10
2.4.5 Bestrijdingsmiddelen	10
2.5 Achtergrond-depositie	10
2.6 Berekening toekomstige bodemconcentratie	11
3 RIOLERING	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Deelbronnen en verspreiding naar de bodem	13
3.3 Emissies	15
3.4 Metingen en evaluatie van de bodembelasting	17
3.5 Beheersmaatregelen	18
3.6 Conclusies en aanbevelingen	18
4 ONDERGRONDSE TRANSPORTLEIDINGEN	20
4.1 Inleiding	20
4.2 Oorzaken van lekkage en verspreiding naar bodem	20
4.3 Emissies	23
4.4 Evaluatie van de bodembelasting	24
4.5 Beheersmaatregelen	25
4.6 Conclusies en aanbevelingen	26

5	WEGEN, AUTOSNELWEGEN EN WEGBERMEN	28
5.1	Inleiding	28
5.2	Deelbronnen en verspreiding naar bodem	28
5.3	Emissies	30
5.4	Metingen en evaluatie bodembelasting	34
5.5	Beheersmaatregelen	37
5.6	Conclusies en aanbevelingen	38
6	SPOORWEGEN	41
6.1	Inleiding	41
6.2	Deelbronnen en verspreiding naar bodem	41
6.3	Emissies	43
6.4	Metingen en evaluatie van de bodembelasting	44
6.5	Beheersmaatregelen	47
6.6	Conclusies en aanbevelingen	48
7	TRAMBANEN	50
7.1	Inleiding	50
7.2	Deelbronnen en verspreiding naar bodem	50
7.3	Emissies	52
7.4	Evaluatie van de bodembelasting	52
7.5	Beheersmaatregelen	53
7.6	Conclusies en aanbevelingen	54
8	HOOGLANINGSMASTEN	55
8.1	Inleiding	55
8.2	Verspreiding naar de bodem	55
8.3	Emissies	57
8.4	Metingen en evaluatie van de bodembelasting	58
8.5	Beheersmaatregelen	59
8.6	Conclusies en aanbevelingen	59
9	STRALEN, REINIGEN, VERVEN EN IMPREGNEREN	61
9.1	Inleiding	61
9.2	Deelbronnen en verspreiding naar bodem	61
9.2.1	Stralen en reinigen	61
9.2.2	Verven en impregneren	64
9.3	Emissies	65
9.4	Evaluatie van de bodembelasting	68
9.5	Beheersmaatregelen	69
9.6	Conclusies en aanbevelingen	70
10	BOUWACTIVITEITEN	72
10.1	Inleiding	72
10.2	Deelbronnen en verspreiding naar bodem	72
10.3	Emissies	75
10.4	Evaluatie van de bodembelasting	76
10.5	Beheersmaatregelen	78
10.6	Conclusies en aanbevelingen	78

11	RELATIEVE BIJDRAGE VAN BRONNEN	80
11.1	Inleiding	80
11.2	Vergelijking van bodembelasting bronnen en stoffen	80
11.3	Beoordeling plaatselijke ontwikkeling bodemkwaliteit	84
11.4	Bijdrage aan totale emissie naar de Nederlandse bodem	88
12	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	90
	BEGRIPPENLIJST	94
	BIJLAGEN	95
Bijlage I-1	Toelichting op bronnen die in aanmerking zijn gekomen voor uitwerking	95
Bijlage I-2	Toelichting op bron "Lokale depositie rond bedrijven"	96
Bijlage II-1	Gemiddelde gehalten van zware metalen in de bovengrond natuurgebieden	98
Bijlage II-2	Interventiewaarden voor bodemsanering	99
Bijlage II-3	Berekende en gemeten achtergrond-depositie (nat en droog) per jaar	100
Bijlage II-4	Aannames en uitgangspunten voor berekening van bodemconcentratie met behulp van het model SOILBOX	101
Bijlage III-1	Theoretische bodembelasting door lekkages in rioleringen	103
Bijlage III-2	Bodem- en grondwateranalyses bij mogelijk lekkende rioleringen	104
Bijlage IV-1	Overzicht buisleidingen in Nederland	106
Bijlage IV-2	Getransporteerde stoffen	111
Bijlage IV-3a	Lekkages van ondergrondse vloeistofleidingen in Nederland	112
Bijlage IV-3b	Lekkage-incidenten en hun oorzaken; vijf verschillende leidingsystemen	113
Bijlage IV-3c	Aantallen lekkages en lekkage hoeveelheden van Europese leidingen	114
Bijlage V-1	Verwachte loodemissies door loodhoudende benzine	115
Bijlage V-2	Achtergrondgegevens en berekeningen van emissies naar de bodem	116
Bijlage V-3	Run-off en depositieflux in de omgeving van wegen	118
Bijlage V-4	Analyseresultaten van grondmonsters van snelwegen op 7 lokaties	119
Bijlage V-5	Berekende bodemconcentratie van cadmium en chroom langs wegen	121
Bijlage V-6	Berekende bodemconcentratie van zink langs wegen	122
Bijlage V-7	Berekende bodemconcentratie van lood langs wegen	123
Bijlage V-8	Berekende bodemconcentratie van naftaleen en fenanthreen langs wegen	124
Bijlage VI-1	Door Nederlandse Spoorwegen toegepaste bestrijdingsmiddelen	125
Bijlage VI-2	Metingen koperdepositie tot 50 meter van spoorlijn	126
Bijlage VI-3	Berekende bodemconcentratie van koper langs spoorwegen	127
Bijlage VII-1	Omvang tram-, metro-, sneltram- en trolleybusnet in Nederland	128
Bijlage VII-2	Berekening koperslijtage door trams	129
Bijlage VII-3	Berekende bodemconcentratie van koper langs spoorwegen	130
Bijlage VIII-1	Analyseresultaten grondmonsters bij hoogspanningsmasten	131
Bijlage VIII-2	Eenvoudige berekening zinkconcentratie rond hoogspanningsmasten	132
Bijlage VIII-3	Berekende bodemconcentratie van zink rond hoogspanningsmasten	133

Bijlage IX-1	Toepassingsgebieden van straalgrit en samenstelling straalgrit	134
Bijlage IX-2	Analyseresultaten monsters gevelreiniging	135
Bijlage IX-3	Toepassingsgebieden verf en samenstelling grondstoffen	136
Bijlage IX-4	Berekende bodemconcentratie van chroom en koper bij geïmpregneerd hout	137
Bijlage X-1	Omvang van bouwwerken en aantallen bouwmachines	138
Bijlage XI-1	Totale emissies van stoffen naar de bodem in Nederland	139

ABSTRACT

Potential Sources of Local Soil Pollution

The aim of this study was to support the policy on preventive soil protection with information concerning potential sources of local soil pollution. This study was an extension to earlier inventories on (potential) sources of soil pollution (e.g. industrial areas, landfills, oil-storage tanks). The emissions to soil were determined for eight potential sources and, following, potential soil concentrations in the top layer of the soil were estimated. Where possible these calculated concentrations were compared with measurements. The following sources were selected: public sewerage systems, pipelines (for oil products), roads and motorways, railways, tramways, galvanised power pylons, surface treatments and building activities. The study focused on heavy metals, pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, chlorinated hydrocarbons, aromatic hydrocarbons and oil products.

Conclusions have been made on (1) the contribution of the sources to the total emissions to the soil and (2) to the expected exceedance of the target values of pollutants in soil near sources mentioned. The contribution of the eight sources to the total emissions to soil is between 1 and 15% for heavy metals, about 41% for PAHs and maximally 15% for mineral oil. From the point of view of soil protection, the following sources and substances warrant further attention: emissions of chlorinated hydrocarbons from public sewerage systems; emission and dispersion of lead, zinc, PAHs and oil along motorways; emission of copper along railways and tramways; potential leaching of PAH's and oil from railways; emission of dichloromethane to the soil during the cleaning of buildings or removal of paint; and copper, chromium and PAHs leaching from impregnated wood to the soil.

SAMENVATTING

In deze studie is een aantal potentiële bronnen van lokale bodemverontreiniging geïnventariseerd. Van deze bronnen was onvoldoende duidelijk of en in welke mate deze tot verontreiniging van de bodem kunnen leiden. Van de voor de bodem relevante prioritaire stoffen is de emissie naar de bodem geschat. Daarnaast zijn door middel van een modelmatige benadering de gevolgen voor de bodemkwaliteit beoordeeld en zijn metingen van bodemgehalten geïnventariseerd. Het gaat hierbij primair om de kwaliteit van de droge landbodem.

Acht bronnen van lokale bodembelasting zijn geselecteerd op basis van de volgende criteria: 1. de bron emitteert tot op heden stoffen naar de bodem; 2. er is voor de bron nog geen specifiek beleid geformuleerd of in voorbereiding; 3. bron is niet eerder bij inventarisatie meegenomen. Onder lokale bodembelasting wordt verstaan de belasting van de bodem met stoffen in de directe omgeving van een bron en waarbij sprake is van een gradiënt in de belasting. Dit project (gericht op lokale bodembelasting) zal samen met een studie naar bronnen van diffuse bodembelasting (afrondding gepland eind 1994) worden gebruikt te onderbouwing van beleidsmatige prioriteiten bij de aanpak van bodembelastende activiteiten.

In de onderstaande tabel zijn voor de onderzochte bronnen de belangrijkste gegevens over de emissies naar de bodem samengevat: oorzaak, vrijkomende stoffen, geschatte bodembelasting in Nederland, geschat belast (bodem)oppervlak en de betrouwbaarheid van de gegevens. Op basis van deze informatie, een aantal modelmatige berekeningen en

BRON	OORZAAK	STOFFEN	BODEMBELASTING (ton/jr)	BELAST OPPERVLAK	betrouwbaar- heid gegevens
openbare riole- ring	lekkage (zetting en agressieve stoffen)	chloorkoolwater- stoffen, PAK, olie	ca 1400 mln m ³ (0.085% rioolwater)	lengte ±3400 km; ca 17 mln m ² ;	emissies matig verspr. matig
buisleidingen	lekkage	olie(produkten)	alifatische kws: ca. 215	0.6-1 ha	emissies goed verspreiding redelijk
wegen (buiten de be- bouwde kom)	verkeer slijtage wegdek vangrails	cadmium, lood, koper, zink, PAK, olie	lood: 42 zink: 371 PAK: 41 olie: 1720	snelwegen: 5842 ha wegen buiten bbk: 56028 ha	emissies rede- lijk versprei- ding goed
spoorwegen	bovenleiding, dwar- sliggers, lekkage treinen, bestrijding- smiddelen	koper, PAK, olie	koper: 20-40 PAK: 30 olie: onbekend bestr. mid.: 12 a.i.	6000-10000 ha 1680 ha 48 ha 3360 ha (1991)	emissies matig verspreiding redelijk
(snel)trambanen	bovenleiding, sme- ren tramrails	koper, olie	koper: 10-20	totaal: 1095 ha onverhard: 280- 330 ha	emissies rede- lijk, versprei- ding matig
hoogspannings- masten	corrosie	zink	97-483 (alle masten) 3 ton/jr ('88-'92)	1770 ha (alle mas- ten) ca. 90 ha ('88-'92)	emissies goed verspreiding goed
stralen, verven, impregneren	diffuse versprei- ding, lekkage, uitlo- ging	metalen, PAK chloor-kws, alifati- sche kws	chroom:16; koper: 22; lood:15, zink:20, PAK:60, Cl-kws: 100	stralen 100-300 ha verven 4000 ha uitloging 3500 ha	emissies matig verspreiding matig
bouwactiviteiten	lekkage (inciden- teel/structureel)	brandstoffen, olie en vetten, chemi- caliën	olie: 250 (maximaal)	bouwopp. ca 3500 ha; belast ca. 50- 95 ha	emissies matig verspreiding slecht

beschikbare gegevens over de huidige bodemkwaliteit bij de bronnen, is de verwachte (toekomstige) bodemkwaliteit beoordeeld. De mogelijkheden om de emissies naar bodem te verminderen zijn in beperkte mate in deze rapportage opgenomen.

Geconcludeerd wordt dat er bij *openbare rioleringen*, op basis van de geschatte lekkage naar bodem en de rioolwatersamenstelling, na 50 jaar kans op verontreiniging met chloorkoolwaterstoffen tot boven de streefwaarde voor bodem en grondwater bestaat.

Bij incidentele lekkage van *ondergrondse transportleidingen* (gem. 1 tot 2 keer per jaar) wordt de interventiewaarde voor olie overschreden, maar hierop volgt meestal direct sanering. Daarnaast kan bij kleine onopgemerkte lekkages de streef/interventiewaarde gedurende langere tijd worden overschreden.

Bij *snelwegen* wordt binnen 50 jaar na begin van de belasting de interventiewaarde voor zink overschreden; dit zal met name onder vangrails optreden. Op basis van de geschatte emissie overschrijden cadmium, lood, naftaleen en fenantreen (de meest geëmitteerde PAK) langs snelwegen de streefwaarden binnen 50 jaar na begin van de belasting. Bodemanalyses langs snelwegen ondersteunen deze resultaten, kopergehalten zijn ook verhoogd.

De streefwaarden voor koper voor bodem langs *spoorwegen* en *trambanen* (vrije baan) worden binnen 50 jaar na begin van de belasting overschreden, de interventiewaarden langs trambanen worden op die termijn mogelijk ook overschreden.

Rond oudere *hoogspanningsmasten* worden voor zink zowel streefwaarden als interventiewaarden (direct rond de mast) overschreden. Door nieuwe masten binnen één (tot enkele) jaar na plaatsing te verven zullen binnen 50 jaar na plaatsing streefwaarden alleen tot enkele meters van de mastvoet worden overschreden.

Bij *stralen en verven* is gezien het eenmalige karakter van de activiteiten de kans op overschrijden van de streefwaarden zeer klein. Alleen het gebruik van dichloormethaan bij gevelreiniging leidt mogelijk (direct na toepassing) tot overschrijding van de interventiewaarde.

Uitloging van geïmpregneerd hout kan op basis van de geschatte belasting per oppervlakte-eenheid binnen 50 jaar na toepassing leiden tot een overschrijding van de streefwaarden voor chroom en koper. Voor koper kan ook de interventiewaarde worden overschreden. Hoewel voor PAK-totaal geen berekening mogelijk is, wordt gezien de totale belasting wel overschrijding van streefwaarden van afzonderlijke PAK verwacht.

Gezien het eenmalige karakter van *bouwactiviteiten* (gedurende ca. 1 jaar op bouwplaats) wordt geen overschrijding van streefwaarden verwacht; alleen op- en overslag van olieprodukten hebben in dit verband aandacht nodig (via milieuzorg). Hierbij is uitloging van bouwstoffen niet in beschouwing genomen.

De beschouwde bronnen dragen samen voor 1% tot 15% bij aan de totale belasting van de Nederlandse bodem met zware metalen. Voor PAK's en olie dragen deze bronnen voor resp. circa 41% en maximaal 15% bij aan de bodembelasting. Met name wegen, spoorwegen en uitloging van hout leveren een belangrijke bijdrage aan de emissies naar bodem.

1 INLEIDING

1.1 Doel van de studie

Naast de vele bekende gevallen van bodemverontreiniging zijn er in Nederland ook allerlei activiteiten die op dit moment direct of indirect de bodem lokaal belasten. De rapportage "De omvang van bodemverontreiniging in Nederland" [VROM, 1989] geeft voor een groot aantal bronnen een inzicht in de lokale bodembelasting. Voor een aantal andere activiteiten was op beleidsniveau (DGM, Directie Bodem) tot op heden weinig informatie beschikbaar. Deze studie heeft tot doel om, met het oog op bodembescherming, een aantal bronnen van lokale bodembelasting te inventariseren, een indruk te krijgen van de emissies naar de bodem (lieftst kwantitatief), prioriteiten aan te geven en de ernst van de bodembelasting te beoordelen.

Bij deze studie zijn de volgende criteria gehanteerd voor keuze van potentiële lokale bronnen:

- bronnen veroorzaken actuele bodembelasting;
- voor de bronnen is nog geen concreet beleid geformuleerd door DGM;
- bronnen zijn niet in eerdere inventarisaties meegenomen.

Naast dit project gericht op een aantal bronnen van lokale bodembelasting is door DGM-Bodem een aanzet gegeven voor een studie naar de omvang en het belang van een aantal bronnen van diffuse bodembelasting. De resultaten van deze studies zijn van belang voor het stellen van prioriteiten bij de aanpak van bodembelastende activiteiten. De studie (door DGM-Bodem en RIVM) naar diffuse bronnen van bodembelasting zal naar verwachting eind 1994 worden afgerond.

De mogelijkheden om bepaalde emissies te verminderen zijn slechts in beperkte mate in deze rapportage opgenomen. Verdere uitwerking van te nemen (beheers)maatregelen is mogelijk voor bronnen die een hoge prioriteit blijken te hebben.

Het is niet mogelijk en zinvol een strikt onderscheid te maken tussen lokale en diffuse bodembelasting; hieraan wordt vaak op verschillende manieren invulling gegeven. In dit project worden onder lokale bronnen (met een lokale belasting) verstaan: "activiteiten" die emissies veroorzaken welke in de directe omgeving ervan de bodem belasten met stoffen; hierbij is sprake van een puntbelasting of een lijnbelasting met veelal een afnemende concentratiegradiënt gezien vanaf de bron.

Het toedienen van stoffen aan de bodem voor landbouwdoeleinden wordt als diffuse bodembelasting gezien doordat het homogeen over een groter oppervlak wordt verdeeld. Daarmee valt het buiten het kader van deze studie.

1.2 Bronnen

In deze inventarisatie is voor een beperkt aantal bronnen informatie over de omvang en aard van de bodembelasting opgenomen. Bronnen waarvoor reeds beleid wordt of is geformuleerd (bv. in Bouwstoffenbesluit, Lozingenbesluit, Wet Milieubeheer) of die in andere kaders zijn opgenomen (bodemsanering van in gebruik zijnde bedrijfsterreinen, "BSB-operatie") blijven buiten beschouwing. Verder moeten de bronnen op dit moment voor bodembelasting zorgen. Tot slot moet het niet gaan om bronnen waarbij de relatie tussen emissie en belasting van de bodem niet direct is te leggen.

Een groot aantal emissiebronnen is genoemd om bij dit literatuuronderzoek te betrekken.

In bijlage I zijn deze bronnen kort toegelicht met daarbij de reden waarom ze wel of niet uitgewerkt worden.

In overleg met de begeleidingscommissie is besloten 8 bronnen uit te werken:

- riolering (m.u.v. bedrijfsriolering);
- buisleidingen (voor transport van olie(produkten);
- (snel)wegen (buiten de bebouwde kom);
- spoorwegen;
- (snel)trambanen;
- hoogspanningsmasten;
- stralen, verven en uitloging van hout (oppervlaktebehandeling);
- bouwactiviteiten .

"Lokale depositie rond bedrijven" is in bijlage I-2 kort toegelicht. Deze bron wordt wel van belang geacht, maar de uitwerking is uitgesteld doordat in andere kaders daar al aandacht aan besteed zal worden in de loop van 1994 (zie bijlage I-2).

1.3 Stoffen

Uitgangspunt voor de in deze studie te beschouwen stoffen is de Strategienotitie thema Verspreiding [Tweede Kamer, 1992]. Hiertoe behoren de prioritaire stoffen, bestrijdingsmiddelen en radioactieve stoffen. Uitgesloten worden de stoffen die onder andere thema's vallen (vermesting) en stoffen die alleen vanwege luchtverontreinigende aspecten op de lijst staan.

In ieder geval zullen (indien van toepassing) de volgende stoffen worden besproken:

- zware metalen: Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As en Hg;
- polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) totaal (10 van VROM) en zo mogelijk individuele PAK (naftaleen, fenantreen, antraceen, fluorantheen, chryseen, benzo[a]antraceen, benzo[a]pyreen, benzo[k]fluorantheen, indeno[123cd]pyreen en benzo[ghi]peryleen).
- aromaten (bv benzeen, toluen, xyleen);
- gehalogeneerde koolwaterstoffen;
- olie en olieprodukten; en
- bestrijdingsmiddelen.

Op de enkele eigenschappen van deze stoffen in de bodem wordt ingegaan in 2.4.

1.4 Aanpak

Voor de genoemde bronnen zijn gegevens verzameld om uiteindelijk twee aspecten te kunnen beoordelen: 1. de invloed op de bodemkwaliteit door de genoemde bron en 2. de relatieve omvang van de emissies uit de verschillende bronnen en de verhouding tot de totale bodembelasting in Nederland.

Voor elke bron wordt eerst kwalitatief ingegaan op de verspreiding van stoffen. Aan de orde komen:

- de totale lengte van de lijnbron of het aantal puntbronnen;
- de aard van de (potentiële) verontreiniging en de activiteiten/processen die bijdragen aan bodembelasting;
- de route waarlangs deze de bodem en het grondwater kan bereiken;
- factoren die in sterke mate de (plaatselijke) omvang van de emissies bepalen (bv. verkeersintensiteit).

Vervolgens is kwantitatieve informatie opgenomen over de emissies. Dit moet leiden tot de volgende gegevens:

- de huidige jaarlijkse emissie van stoffen door de bron in Nederland en de jaarlijkse emissies per lengte- of oppervlakte-eenheid;
- waargenomen trends (kwalitatief) in de emissies in het verleden en verwachte veranderingen in de nabije toekomst;
- de verwachte/waargenomen omvang (oppervlakte) van de bodembelasting (potentiële bodemverontreiniging).

Uitgaande van de berekende en (eventueel) gemeten bodembelasting is voor elke bron een inschatting gemaakt van het risico voor de bodem. Als referentiekader zijn streefwaarden en interventiewaarden voor bodemsanering gebruikt. Voor inschatting van toekomstige concentraties in bodem (en grondwater) is uitgegaan van 4 modelbodems, die representatief zijn voor de Nederlandse bodem [Milieudiagnose III, 1992]. Met het model SOIL-BOX is bij voldoende kwantitatieve gegevens een schatting gemaakt van de toekomstige gehalten van stoffen in de bovengrond. In hoofdstuk 2 is deze werkwijze nader toegelicht.

In hoofdstuk 3 t/m 10 komen de verschillende bronnen aan de orde. Elk hoofdstuk bestaat uit een inleiding, een toelichting op de route en aard van de bodembelasting, schatting van de emissies naar de bodem, een evaluatie van de bodembelasting en conclusies en aanbevelingen voor nadere studie. Ook is, wanneer deze informatie beschikbaar was, ingegaan op mogelijke maatregelen ter vermindering van de bodembelasting.

In hoofdstuk 11 worden de emissies van de bronnen onderling vergeleken en zijn de emissies naar bodem vergeleken met de totale emissies van stoffen naar de Nederlandse bodem. In dit hoofdstuk worden ook het geschatte belaste oppervlak, de belasting per oppervlakte-eenheid en de kans op overschrijding van streef- en interventiewaarden vergeleken.

Hoofdstuk 12 geeft de belangrijkste eindconclusies en aanbevelingen.

De literatuurverwijzingen zijn aan het eind van ieder hoofdstuk opgenomen.

2 VERSPREIDING VAN STOFFEN IN DE BODEM

2.1 Inleiding

Belasting van de bodem met stoffen heeft gevolgen voor de concentratie van die stoffen in de bodem en (bij verspreiding van stoffen) ook voor het grondwater. De kwaliteit van de bodem staat centraal. Wanneer er een directe relatie is met het grondwater, dan wordt dit aangegeven. In de hoofdstukken 3 t/m 10 zal o.m. gebruik gemaakt worden van de in dit hoofdstuk beschreven informatie en werkwijze.

Om in te schatten of de huidige bodembelasting door een aantal lokale bronnen voor de toekomst aanvaardbaar is, zal de verwachte bodemconcentratie modelmatig worden geschat. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen vier (model)bodems, waarvoor verschillende streefwaarden en interventiewaarden gelden (door verschillen in organisch stof- en lutumgehalte).

Hoewel er altijd onzekerheden in een modelmatige berekening zitten, is deze werkwijze een hulpmiddel bij het inschatten van het risico van de belasting. Daarnaast geeft de aanpak de mogelijkheid belasting door verschillende stoffen met elkaar te vergelijken.

Voor schatting van toekomstige bodemconcentraties is het model SOILBOX gebruikt (ontwikkeld door IMW-TNO op basis van het meercompartimentenmodel SIMPLEBOX [van de Meent, 1993]). Dit model berekent (bij een continue belasting in de tijd) de steady-state concentratie in de bodem en de snelheid waarmee deze wordt bereikt. Deze berekende concentraties in de tijd worden vergeleken met streefwaarden en interventiewaarden en met eventueel beschikbare meetgegevens. Voor bronnen die voor een belasting in de bodem zorgen (riolering, buisleidingen) is het model niet goed toepasbaar. Ook is het model alleen toegepast wanneer redelijke kwantitatieve emissie-gegevens aanwezig zijn.

In eerste instantie gaat het om een bepaling van de concentraties die in de bovenste 20 cm van de bodem en ten tweede om de kans op uitspoeling van de stoffen.

In paragraaf 2.2, 2.3 en 2.4 wordt ingegaan op de eigenschappen van de bodem, op de gekozen (model)bodems met de bijbehorende streefwaarden en interventiewaarden en op de eigenschappen van stoffen en hun gedrag in de bodem. Paragraaf 2.5 licht het model SOILBOX kort toe.

2.2 Verspreiding en eigenschappen van de bodem

Verspreiding van bodemverontreinigende stoffen kan op meerdere manieren plaatsvinden:

- transport via het grondwater: de meeste stoffen lossen min of meer op in het grondwater en kunnen via de grondwaterstroming naar de omgeving worden getransporteerd;
- transport van de vaste bodemfase en afvoer van vegetatie; transport van bodemdeeltjes met de daaraan geadsorbeerde verontreiniging kan optreden door activiteiten van de mens (grondverzet), dieren (homogenisatie van bodemlagen) en de natuur (verstuiwing of erosie door afstromend water);
- transport door vervluchtiging van verontreinigende stof, dit is sterk afhankelijk van de stofeigenschappen.

Transport van de vaste fase speelt (meestal) een ondergeschikte rol en blijft buiten beschouwing, met afvoer van vegetatie wordt zonodig rekening gehouden.

De verspreiding van een stof in het grond/grondwatersysteem (mobiliteit) wordt beïnvloed door eigenschappen van de stof zelf en door eigenschappen van het systeem. Belangrijke processen die een rol spelen zijn advektie, diffusie, dispersie, adsorptie/desorptie, neerslaan/oplossen en complexvorming. Belangrijke systeemeigenschappen zijn (naast de grondwaterbewegingen): het lutum- en organisch stofgehalte, de zuurgraad en de redoxpotentiaal van de bodem.

De snelheid waarmee een verontreiniging verplaatst (v_{stof}) hangt af van de retardatiefactor (R_{stof}) en van de verplaatsingssnelheid van het water (v_{water}) [Bakker, 1990]:

$$v_{\text{stof}} = v_{\text{water}} / R_{\text{stof}}$$

$$\text{waarbij } R = K_d \cdot \rho / \Theta + 1$$

(met K_d als de verdelingscoëfficiënt tussen grond en grondwater (l/kg); ρ voor de dichtheid van de bodem (kg/dm³); en Θ voor de porositeit (m³/m³)).

De natuurlijke achtergrondgehalten verschillen sterk per lokatie, dit is afhankelijk van de genoemde systeemeigenschappen. Bij de modelbodems wordt alleen rekening gehouden met het lutum- en organisch-stofgehalte. Veel organisch materiaal zorgt voor een grotere sorptie van organische stoffen en metalen, het lutumgehalte zorgt ook voor een sterkere binding van met name metalen.

De afbraak van organische stoffen wordt ook sterk beïnvloed door de systeemeigenschappen, hiermee wordt echter geen rekening gehouden. De invloed van het bodemgebruik wordt buiten beschouwing gelaten.

2.3 Modelbodems, streefwaarden voor bodemkwaliteit en interventiewaarden

2.3.1 Keuze modelbodems

Vier modelbodems, zoals gebruikt voor de Milieuverkenning 2 [RIVM, 1991] en de Milieudiagnose 1991 [Milieudiagnose, 1992], zijn gekozen om de verschillende bodemtypen in Nederland te benaderen. De eigenschappen van deze bodems staan in tabel 2.1.

De gemiddelde waarden voor de porositeit (Θ) en de volumefractie water zijn aangenomen op basis van de Staringreeks [Wösten, 1987]. Gegevens over de bulkdichtheid van zandgrond zijn afkomstig uit [Lexmond, 1983] en voor klei en veen uit [Wösten, 1987].

Tabel 2.1 Eigenschappen van vier modelbodems en van standaardbodem voor berekening streefwaarden en berekening van concentraties in de bodem

Modelbodem	lutum- gehalte (L)	humus- gehalte (H)	porositeit Θ (m ³ /m ³)	volume fractie water (pF=2.0)	bulk-dichtheid (kg/m ³)	pH
humus-arm zand	0.5%	0.5%	0.4 (.35-.45)	0.20 (B1)	1650 (1500)	5.5
humeus zand	0.5%	6%	0.4 (.35-.45)	0.20 (B1)	1290 (1200)	5.5
klei (en löss)	37.5%	4%	0.5 (0.4-0.6)	0.44 (B11)	1400 (1250)	5.5
veen	9%	50%	0.72 (0.7-0.8)	0.61 (B18)	600 (450)	5.5
standaardbodem	25%	10%	-	-	-	-

Als achtergrondgehalte worden gehalten gebruikt die in (onbelaste) natuurgebieden in Nederland zijn gevonden. Deze gehalten variëren sterk. In bijlage II-1 zijn gemiddelden van in natuurgebieden gevonden waarden (uit 2 onderzoeken) voor verschillende grondsoorten opgenomen. Bij de beoordeling van de concentraties in de bodem, zijn de gemiddelden van de minimale en de maximale waarde bij de berekende toename van het gehalte opgeteld.

2.3.2 Streefwaarden voor bodem en interventiewaarden voor bodemsanering

Door de verschillen in organisch-stof en lutum-gehalten, verschillen ook de streefwaarden voor de modelbodems. Streefwaarden voor de in 1.3 genoemde stoffen zijn berekend voor de 4 beschreven modelbodems en standaardbodem (10% organisch stof, 25 % lutum) op basis van de streefwaarden in het beleidsstandpunt Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water [Tweede Kamer, 1991].

Berekende en gemeten concentraties in de bodem kunnen worden vergeleken met de streefwaarden in tabel 2.2 en de interventiewaarden voor bodemsanering in bijlage II-2.

2.4 Verspreiding van stoffen

2.4.1 Zware metalen

In het algemeen zijn zware metalen geadsorbeerd aan organische stof of kleideeltjes in de bodem of aanwezig in neergeslagen vorm (slecht oplosbare zouten). De kans op verspreiding naar diepere bodemlagen en het grondwater verschilt per metaal. Arseen lost onder gereduceerde omstandigheden vrijwel op en moet dus als zeer mobiel worden beschouwd op plaatsen die periodiek onder (grond)water staan. De metalen cadmium en zink worden ook in het grondwater (m.n. door complexvorming) aangetroffen. CrVI wordt in de bodem vrij snel omgezet in CrIII, en is vooral aanwezig als chroom-hydroxide. Cu is veelal aanwezig als Cu^{2+} wat zeer sterk bindt aan klei en organisch materiaal. Complexvorming kan bij koper en bij nikkel voor mobiliteit zorgen. Lood komt voor als loodzouten en in geadsorbeerde vorm; hier kan pH-daling voor een hogere mobiliteit zorgen [Nieuwkoop, 1993].

Gezien de vele vormen waarin een metaal in de bodem aanwezig kan zijn (speciatie), blijven er grote onzekerheden bestaan over de biologische beschikbaarheid en de mate van uitspoeling. Ook heeft de concentratie van het metaal invloed op de sorptie. Met behulp van een Freundlich-isotherm is voor een aantal metalen een indicatie te geven van de sorptie in verschillende bodemtypen. De verdelingscoëfficiënt (tussen bodem en water) voor anorganische verbindingen is voor elke stof een functie van verschillende factoren: $K_d = f(\text{pH}, \text{CEC}, f_{\text{oc}}, c_w)$ [Lagas, 1990].

2.4.2 PAK en aromaten

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) zijn opgebouwd uit meerdere aromatische ringen. We richten ons op de 10 PAK, waarvoor streefwaarden en een gezamenlijke interventiewaarde zijn opgesteld. De mobiliteit (uitloging) van PAK in de bodem neemt af bij toenemend molecuulgewicht van de PAK. Vervluchtiging treedt relatief makkelijker op bij de kleinere PAK (naftaleen, fenantreen en antraceen). De mobiliteit van PAK in de bodem hangt af van de verdelingscoëfficiënt bodem/water (K_d), die wordt berekend op grond van K_{ow} en het organisch stofgehalte van de bodem [Karickhoff, 1981].

De afbraak van PAK verschilt sterk (van enkele dagen tot jaren) voor iedere individuele

PAK. De afbraak wordt o.m. bepaalt door adsorptie (het organische stofgehalte) en oplosbaarheid; voor hogere PAK zijn deze factoren minder gunstig voor een snelle afbraak. Afbraakprodukten van PAK (bv. geoxideerde PAK) logen veel makkelijker uit dan de PAK zelf [Slooff, 1989]. Vooral naftaleen is mobiel.

Tabel 2.2 Streefwaarden van vier modelbodems en van de standaard bodem (H=10, L=25) ter vergelijking met te berekenen concentraties (mg/kg d.s.; d= detectiegrens) [Leidraad, 1993; Tweede Kamer, 1991]

STOF	humusarm-zand (H=0.5, L=0.5)	humeus zand (H=6, L=0.5)	klei (en löss) (H=4, L=37.5)	veen (H=50, L=9)	standaard-bodem (H=10, L=25)
Arseen	16	18	32	39	29
Cadmium	0.41	0.53	0.72	1.5	0.8
Chroom	51	51	125	68	100
Koper	16	19	40	50	36
Nikkel	11	11	48	19	35
Lood	51	57	92	109	85
Zink	52	61	169	152	140
Kwik	0.20	0.21	0.33	0.32	0.3
naftaleen	0.003	0.009	0.006	0.045	0.015
anthraceen	0.010	0.030	0.02	0.15	0.05
fenantreen	0.009	0.027	0.018	0.135	0.045
fluorantheen	0.003	0.009	0.006	0.045	0.015
benzo[a]anthraceen	0.004	0.012	0.008	0.06	0.02
chryseen	0.004	0.012	0.008	0.06	0.02
benzo[k]fluorantheen	0.005	0.015	0.01	0.075	0.025
benzo[a]pyreen	0.005	0.015	0.01	0.075	0.025
benzo[ghi]peryleen	0.004	0.012	0.008	0.06	0.02
indeno[123cd]pyreen	0.005	0.015	0.01	0.075	0.025
olie (produkten)	10	30	20	150	50
benzeen	0.01	0.03	0.02	0.15	0.05
tolueen	0.01	0.03	0.02	0.15	0.05
xyleen	0.01	0.03	0.02	0.15	0.05
fenolen	0.01	0.03	0.02	0.15	0.05
bestrijdingsmiddelen					divers
1,2 dichloorethaan	d	d	d	d	d
dichloormethaan	d	d	d	d	d
1,1,1,-trichloorethaan	0.0002	0.0006	0.0004	0.003	0.001
trichlooretheen	0.0002	0.0006	0.0004	0.003	0.001
trichloormethaan	0.0002	0.0006	0.0004	0.003	0.001
tetrachloorethaan	0.0002	0.0006	0.0004	0.003	0.001
tetrachloormethaan	0.0002	0.0006	0.0004	0.003	0.001
tetrachlooretheen	0.002	0.006	0.004	0.03	0.01

De aromaten benzeen, tolueen en xyleen worden in beperkte mate in de bodem vastgelegd. Fenolen worden door hun hydroxylgroepen beter aan humus gebonden. Gezien hun vluchtigheid zullen deze verbindingen niet zo makkelijk op de bodem terecht komen en de bodem ontwijken. Wateroplosbare aromaten zijn vanwege hun vluchtigheid en relatief goede oplosbaarheid tamelijk mobiel in de bodem [Nieuwkoop, 1993]

Voor organische verbindingen is de verdelingscoëfficiënt bodem/water afhankelijk van het organisch stofgehalte en de adsorptieconstante [van der Meijden en Driessen, 1986]:

$$K_d = K_{oc} * f_{oc}$$

f_{oc} = fractie organische koolstof; waarbij $f_{oc} = 0.588 f_{om}$ (fractie organische stof)

K_{oc} = adsorptieconstante; kan bv. worden berekend uit de K_{ow} ($\log K_{oc} = \log K_{ow} - 0.346$)

2.4.3 Olie-achtige verbindingen

Alifatische en naftenische koolwaterstoffen zijn een belangrijk bestanddeel van aardolie en olie-derivaten en zijn slecht wateroplosbaar. Door de zwaartekracht kunnen deze stoffen via poriën in de bodem zakken. Daar kan een restverzadiging achterblijven. De snelheid van indringen is mede afhankelijk van de viscositeit van de olie. Wateroplosbare bestanddelen kunnen deels geadsorbeerd worden of uitspoelen naar het grondwater [Nieuwkoop, 1993]. Olie-achtige verbindingen zijn in principe afbreekbaar, dit stelt echter wel hoge eisen aan de bodemomstandigheden.

2.4.4 Gechloreerde koolwaterstoffen

Gechloreerde koolwaterstoffen worden in geringe mate aan vaste bodemdeeltjes gebonden, alleen humus zorgt voor enige adsorptie. Er is een groot verschil in gedrag tussen vluchtige (bv. tri, per, chlooraromaten) en niet-vluchtige (PCB's, dioxinen en enkele bestrijdingsmiddelen) chloorkoolwaterstoffen. Wanneer een deel in de bodem zakt treedt - net als bij aardolie - een restverzadiging op. Bij hoge concentraties kan door verschillen in dichtheid met het grondwater een drijfslaag op het grondwater ontstaan of kan de stof juist door het water zakken tot op een ondoorlatende laag [Nieuwkoop, 1993].

2.4.5 Bestrijdingsmiddelen

Eigenschappen van bestrijdingsmiddelen verschillen sterk wat betreft hun gedrag in de bodem. Belangrijke eigenschappen zijn de afbreekbaarheid (persistentie), de mobiliteit in de bodem (adsorptie) en de biologische beschikbaarheid. Bestrijdingsmiddelen die zich sterk binden aan de bodemdeeltjes, maar niet voldoende worden afgebroken, zorgen voor nadelige effecten in de bovenlaag van de bodem. Na jarenlange toepassing van het middel kan dit uiteindelijk leiden tot te hoge concentraties. Een deel van de toegepaste bestrijdingsmiddelen kan worden vastgelegd in zogenaamd grondgebonden residu (niet extraheerbaar). De biologische beschikbaarheid hiervan is onduidelijk [NS, 1991].

De mate van adsorptie (en mede daardoor uitspoeling) is afhankelijk van:

1. stofeigenschappen;
2. hoeveelheid organisch materiaal. De adsorptie is groter bij een hoger organische-stofgehalte, hierdoor zal de adsorptie in veel gevallen afnemen met de diepte.
3. toegepaste dosering (bij niet-lineaire sorptie).

Zowel de actieve stof als de eventuele gevormde afbraakprodukten kunnen uitspoelen.

Over afbraak van bestrijdingsmiddelen in de verzadigde zone is nog nagenoeg niets bekend [van de Berg, 1990]. Uitgespoelde bestrijdingsmiddelen kunnen na lange tijd mogelijk in winputten voor drinkwater worden aangetroffen.

2.5 Achtergrond-depositie

Naast de belasting van de bodem door lokale bronnen is over heel Nederland ook sprake van een achtergrond-depositie. Daarbij gaat het om droge en natte depositie van stoffen. Door TNO zijn berekeningen gedaan van deze depositie in 1985 in het kader van een

IWAD-studie [Baart, 1991]. Voor zware metalen is echter uitgegaan van waarden voor 1990 uit het programma SPEED (voor 1985, 1989 en 1990)[Coppoolse, 1993]. Voor twee PAK's is de depositie uit SPEED overgenomen [Campen, 1991], van andere PAK's is de natte depositie bekend uit het meetnet regenwater [Aben, 1992] en is de totale depositie overgenomen uit het Basisdocument PAK [Slooff, 1989]. Alleen bij de bron wegen is de achtergrond-depositie expliciet meegenomen, en kan het bij de lokale belasting worden opgeteld.

Bijlage II-3 geeft een overzicht van de achtergrond-deposities in Nederland.

2.6 Berekening toekomstige bodemconcentratie

Om vanuit een bodembelasting per oppervlakte-eenheid iets te kunnen zeggen over toekomstige concentraties in de bodem, is een eenvoudig model gewenst om de gevolgen voor de bodemconcentratie te schatten. Dit wordt in de paragrafen "evaluatie van de bodembelasting" gedaan voor alle bronnen waarvoor voldoende gegevens over de belasting bekend zijn.

Met het model SOILBOX kan berekend worden tot welke steady-state concentratie een bepaalde depositie kan leiden en in welke tijdsperiode dit zal gebeuren [Bakker, 1993]. Deze berekende concentratie kan worden vergeleken met de streefwaarden voor bodemkwaliteit of de interventiewaarden voor de modelbodems (zie paragraaf 2.3).

In het model zijn een aantal "processen" opgenomen, waarvan gebruik gemaakt kan worden voor de bepaling van de gevolgen voor de bodem. Dit zijn de volgende processen:

- belasting door atmosferische depositie;
- belasting door overige bronnen;
- adsorptie volgens een Freundlich-isotherm;
- uitspoeling;
- eerste orde omzetting;
- onttrekking door het gewas.

Voor organische stoffen heeft de gedefinieerde afbraaksnelheid grote invloed op de concentraties die in de bodem bereikt kunnen worden.

In bijlage II-4 zijn de gemaakte aannames voor de sorptie van verschillende stoffen in de modelbodems (K_d -waarden) en andere invoergegevens van het model aangegeven. De resultaten van de berekeningen zijn bij de betreffende hoofdstukken opgenomen.

LITERATUUR HOOFDSTUK 1 en 2

- Aben. Gehalten aan PAKs in ng/l in regenwatermonsters in 1991 (ruwe gegevens). RIVM, Bilthoven, 1992.
- Baart, A.C. en H.S.M.A. Diederik. Calculation of the atmospheric deposition of 29 contaminants to the rhine catchment area. TNO, Delft, augustus 1991.
- Bakker, H. de, en W.P. Locher. Bodemkunde van Nederland (deel 1). Malmberg, Den Bosch, 1990.
- Bakker, D.J. en K.D. van den Hout. De invloed van atmosferische depositie op de kwaliteit van de bodem en oppervlaktewater in Nederland. Beschrijving rekenmethode en bereke-

ningsresultaten. Delft, september 1993.

- Boesten, J.J.T.I en A.M.A. van der Linden. Berekening van de mate van uitspoeling en accumulatie van bestrijdingsmiddelen als functie van hun sorptiecoëfficiënt en omzettingssnelheid in bouwvoormateriaal (rapportnr 728800003). RIVM, Bilthoven, 1989.
- Campen, A.L.B.M. van, e.a. PAK in oppervlaktewater: bronnen en maatregelen. SPEED-werkplan PAK. RWS/RIZA, VROM, RIVM, Den Haag 1991.
- Coppoolse, J. et al. Zware metalen in het oppervlaktewater. Bronnen en maatregelen. SPEED-document zware metalen. RWS/RIZA, VROM, RIVM, april 1993.
- Karickhoff, S.W. Semi-empirical estimation of sorption of hydrofobic pollutants on Natural Sediments and Soils, Chemosphere, vol. 10, no. 8, 833-846 (1981).
- Lagas, P., H. Snelting en R. van den Berg. Verspreiding van stoffen bij bodemverontreiniging. RIVM, Bilthoven, 1990.
- Leidraad Bodembescherming. Den Haag, augustus 1993.
- Lexmond, Th.M. Zinkverontreiniging van de bodem nabij hoogspanningsmasten in de 380 kV-leiding tussen Geertruidenberg en Eindhoven. LH Wageningen, november 1983.
- Meent. D. van de. SIMPLEBOX: a generic multimedia fate evaluation model. RIVM, Bilthoven, augustus 1993.
- Meijden, A.M. van der, en A.P.T. Driessen (DHV). Betekenis van het sorptie-evenwicht voor de verdeling van organische microverontreinigingen in de bodem (Bodembescherming 54). Ministerie van VROM, 1986.
- Milieudiagnose 1991, III Bodem en grondwaterkwaliteit. RIVM, Lab. voor Bodem- en Grondwateronderzoek, Bilthoven, december 1992. Rapportnr. 724801003, (blz 25).
- Nederlandse Spoorwegen, Infrabeheer (bureau Milieu). Beleidsadvies chemische onkruidbeheersing. Utrecht, november 1991.
- Nieuwkoop, J. Bodemverontreiniging op voormalige bedrijfsterreinen. De erfenis van anderhalve eeuw industriële ontwikkeling in Noord-Brabant. T.U. Eindhoven, 1993.
- RIVM. Nationale Milieuverkenning 2, 1990 - 2010. Bilthoven, 1991.
- Slooff, W. et al Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen (en advies gezondheidsraad). RIVM, Bilthoven, maart 1989. (publicatiereeks milieubeheer nr. 8).
- Tweede Kamer, 1991. Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water (notitie). Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21990, nr 1.
- Tweede Kamer, 1992. Strategienotitie thema verspreiding. Vergaderjaar 91-92 nr 22767.
- VROM. De omvang van de bodemverontreiniging in Nederland (Bodembescherming nr. 76). Leidschendam, 1989.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving. Waterretentie- en doorlatendheids karakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. ICW/Stiboka, Wageningen 1987.

3 RIOLERINGEN

3.1 Inleiding

Uit een door de VNG in 1991 uitgevoerde enquête onder een groot aantal gemeenten blijkt dat er circa 68.000 km openbare riolering in Nederland ligt [VNG, 1991]. Bij deze inventarisatie is ook veel informatie verkregen over de soort en de kwaliteit van de riolering in Nederland (de resultaten zijn verkregen door extrapolatie op basis van het inwonertal). Naast openbare riolering wordt de lengte van particulier beheerde riolering (o.a. woonhuisaansluitingen) geschat op 20.000 km [Wiggers, 1991].

Gemengde stelsels zijn het meest gangbaar en het oudste. Deze en andere soorten stelsels komen als volgt in Nederland voor:

- gemengd stelsel: 74 % (= 50.600 km);
- gescheiden stelsel: 22 % (= 15.000 km);
- verbeterd gemengd stelsel: 2 % (= 1.300 km);
- verbeterd gescheiden stelsel: 2 % (= 1.100 km).

Een tweede uitsplitsing is mogelijk naar soort riolering:

- vrijvervalriolering: 86 % (= 58.400 km);
- drukriolering: 13 % (= 9.000 km);
- vacuümriolering: 1 % (= 600 km).

Regionalisering van de omvang van de riolering naar provincies of naar stedelijk/landelijk gebied is niet direct mogelijk. Over de lengte van openbare riolering waarop ook bedrijfsafvalwater wordt geloosd, is geen informatie beschikbaar.

De gemiddelde lengte per inwoner in kleine gemeenten blijkt een stuk groter (7,3 m) dan het gemiddelde voor alle gemeenten (4,6 m). Voor Noord Brabant is de lengte 10900 km, Zuid-Holland 10100 km en voor Limburg 4925 km [VNG, 1991].

3.2 Deelbronnen en verspreiding naar de bodem

De laatste 10 jaar is duidelijk geworden dat zich in het gemeentelijk rioleringsbeheer knelpunten voordoen [VROM, 1988; VNG, 1991]. Deze worden achtereenvolgens toegelicht. In 3.3 wordt de omvang van de emissie naar de bodem en grondwater door lekkage van de riolering nader uitgewerkt.

Emissie uit rioolstelsel naar oppervlaktewater

Tussen 1983 en 1989 is er door de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW) veel onderzoek gedaan naar de invloed van overstorten en regenwaterriolen op het oppervlaktewater. Uit het samenvattende rapport [Sluis, 1989] blijkt dat de jaarlijkse vuiluitworp van gemengde rioolstelsels (in g/inw) bij overstorten sterk wisselt, maar in totaal van dezelfde orde van grootte is als het effluent van RWZI's (van huishoudelijk afvalwater).

Directe missies naar de bodem

De afvoer van huishoudelijk en industrieel afvalwater kan een bedreiging vormen voor de bodem. Eén van de oorzaken is dat (directe) afvalwaterlozingen op de bodem (en het oppervlaktewater) plaatsvinden, doordat aansluiting op een rioolstelsel (nog) niet mogelijk

is. Uit de enquête van de VNG blijkt dat 3 % van de bestaande bebouwing niet op de riolering is aangesloten. Voor heel Nederland betekent dit dat ongeveer 190.000 gebouwen niet zijn aangesloten. Van deze niet aangesloten gebouwen heeft 75 % een vorm van individuele zuivering [VNG,1991]. Het is niet bekend welk deel op de bodem en welk deel op het oppervlaktewater loost. Volgens de Emissieregistratie was 98% van de huishoudens in 1988 op een riool aangesloten en loosde 0.3% nog op de bodem [VROM, 1990].

Deze bodembelasting wordt hier verder buiten beschouwing gelaten. Het beleid is vastgelegd in het Lozingenbesluit Bodembescherming van de Wet Bodembescherming (1 juli 1990). Hierin staat dat lozingen >200 lozingseenheden/dag verboden zijn. Voor beperkte lozingen (< 10 eenheden/dag) en bestaande omvangrijke (10-200 eenheden/dag) gelden zuiverings- en infiltratie-eisen. Voor nieuwe omvangrijke lozingen kan ontheffing worden verleend.

Emissies vanuit riolering naar de bodem

De slechte tot zeer slechte staat waarin het bestaande rioleringsstelsel zich bevindt, kan een bedreiging zijn voor de bodem en het grondwater. Permanente lekkage kan een aanzienlijke bodembelasting veroorzaken. Overigens zullen alleen rioolstelsels die boven het grondwater liggen bij lekkage de bodem kunnen belasten (naar schatting 40% [VROM, 1988]). Bij rioolstelsels die permanent in het grondwater liggen, wordt de bodem niet belast, omdat in die gevallen het grondwater het rioolstelsel in stroomt.

Grondsoort

De kans op lekkage en de gevolgen van lekkage van rioleringen heeft ook een sterke relatie met de opbouw van de bodem. In zandgebieden is de grondwaterstand vaak lager, waardoor lekkage van afvalwater (exfiltrerende lekkage) kan optreden. Gezien de relatief grote doorlatendheid van zandgrond zijn deze gebieden ook het meest kwetsbaar.

Kleigebieden zijn vanwege hun lage doorlatendheid minder gevoelig voor een eventuele lekkage. Wel kan een eventuele verontreiniging zich langs het riool verspreiden.

Veengebieden zijn zeer gevoelig voor zettingen, waardoor gemakkelijk verzakkingen kunnen optreden (vooral wanneer riolering niet is gefundeerd). Door de hoge grondwaterstand zal er echter niet zo snel exfiltrerende lekkage optreden.

De lozingen op het riool zijn te onderscheiden in huishoudelijk afvalwater, industrieel afvalwater en water dat van verharde oppervlakten afstroomt (wegen, daken). Daarnaast kunnen ook industriële afvalstoffen die via het afvalwater worden geloosd tot bodemproblemen aanleiding geven. In 3.3 wordt aangegeven wat de geschatte emissie vanuit de riolering is. In figuur 3.1 zijn de verschillende stofstromen aangegeven.

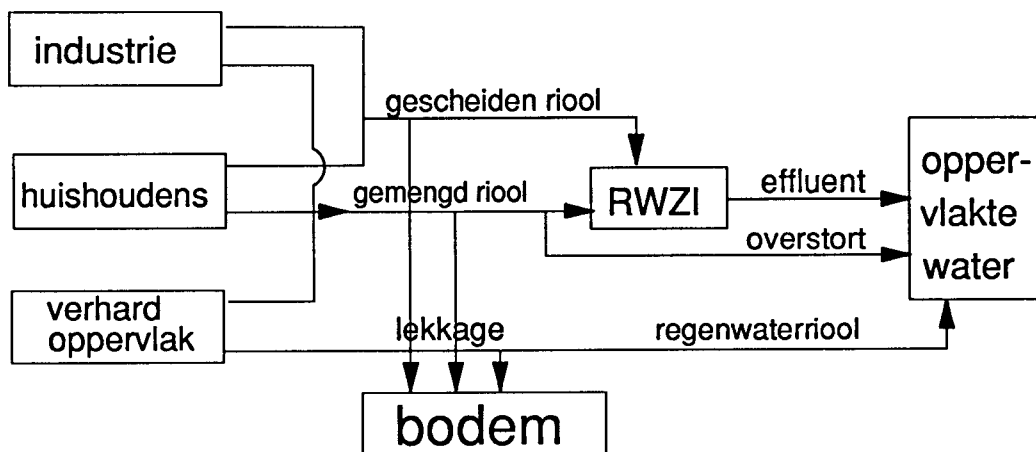
Achterstand bij vervanging van bestaande riolering

De ouderdom van de riolering is belangrijk bij het bepalen van de omvang van de vervangingsproblematiek; dit geldt vooral voor de hoeveelheid in de toekomst te verwachten vervangingen. Het blijkt dat in 1991:

- 31 % van de riolering de afgelopen 10 jaar is aangelegd;
- 58 % van de riolering tussen de 10 en 40 jaar geleden is aangelegd;
- 10 % van de riolering langer dan 40 jaar geleden is aangelegd.

Onvoldoende beheer en onderhoud

Rioolinspectie blijkt (met name bij grotere gemeenten) vanzelfsprekend te zijn; slechts 8



Figuur 3.1 Stofstromen door en uit het rioolstelsel naar bodem en oppervlaktewater

% van alle gemeenten gaf aan de voorafgaande 5 jaar geen rioolinspectie te hebben uitgevoerd. Overigens omvat de rioolinspectie bij meer dan de helft van de gemeenten niet meer dan een kwart van het gehele stelsel (steekproeven of inspectie bij oude/slechte delen van het stelsel). Uit de rioolinspecties blijkt:

- 0,9 % (600 km) direct dient te worden gerenoveerd;
- 2,6 % (1.800 km) binnen 5 jaar dient te worden gerenoveerd;
- 3,0 % (2.000 km) over 5 tot 10 jaar dient te worden gerenoveerd;
- 5,9 % (4.000 km) over 10 tot 20 jaar dient te worden gerenoveerd.

Uit een onderzoek van de Provincie Overijssel blijkt dat ook riolering die visueel niet op lekkages wijzen, bij toepassing van de waterproef toch slecht kan blijken te zijn [Provincie Overijssel, 1992].

3.3 Emissies

Lekkage naar de bodem is slecht kwantificeerbaar, alleen een ruwe schatting van de hoeveelheid lekkend rioolwater kan worden gemaakt. Op basis van gegevens en aannames uit [VNG, 1991] en [VROM, 1988] is de hoeveelheid rioolwater berekend.

Totale lengte: 68000 km; waarvan boven het grondwater gelegen: 40%; in slechte tot zeer slechte staat verkerend: 10-15%; aantal lekkages (van in slechte staat verkerende delen): ca. 500 per km; hoeveelheid water per lekkage, gemiddeld: 1-3 l/dag. De hoeveelheid lekkage is dan tussen 1400 en 6100 m³/dag (50-225 l/dag per km riolering boven het grondwater).

Gegeven de totale aanvoer van afvalwater naar RWZI's van 4,44 mln m³ /dag in 1991 [Peek, 1993; VROM, 1988] lekt 0,032% tot 0,14% van het rioolwater naar de bodem (en grondwater). Als gemiddelde lekkage op jaarbasis kan 0,085% worden aangehouden.

De massastromen door riolering worden bepaald door de aanvoer vanuit de industrie, huishoudens en verkeer en door depositie op verhard oppervlak. In tabel 3.1 zijn de massastromen van zware metalen, PAK en een aantal andere stoffen weergegeven, uitgaande van een gemiddelde lekkage van 0.085% van het totale debiet.

Andere indicaties van de omvang zijn ook nog te noemen. Van de "droog" gelegen riolering lekt ongeveer 5% van het aantal kilometers in 1985. Met 40% boven het grondwater betekent dit 2% van alle riolering. Nat gelegen riolering lekt twee maal zo vaak maar is infiltrerend [Aukes, 1988].

In Duitse literatuur wordt een schatting gemaakt van 15 l per inwoner per dag. Voor de Nederlandse situatie zou dit neerkomen op 225000 m³ en op 8300 l per km riolering boven het grondwater [Dohmann, 1989]. Dit is 100 maal groter dan de schatting in tabel 3.1 en zou neerkomen op 5% van het totale debiet naar de RWZI.

Toekomstige emissies

De lozing van schadelijke stoffen op de riolering zal naar verwachting langzaam gaan afnemen. Door de aanpak van oude rioleringen zullen de aanwezige lekkages op de lange duur ook sterk kunnen verminderen. De snelheid van realisatie is niet aan te geven.

Uit de enquête van het VNG blijkt dat een renovatie-tempo van ongeveer 400 km per jaar (in 1991), bij een lengte van 68.000 km, een afschrijvingstijd van meer dan 150 jaar betekent. Op grond hiervan mag verwacht worden dat het tempo in de toekomst opgeschroefd dient te worden [VNG, 1991].

Tabel 3.1 Massastromen van zware metalen, PAK en andere stoffen in 1991; geschatte aanvoer en geschatte lekkage (kg/jr), niet ingevuld betekent niet onderzocht [bron: VROM, 1990] .

STOFFEN	aanvoer door riool (kg/jr)					lekkage rioolwater	
	indus- trie	huishou- dens	verkeer en cor- rosie	depositie op ver- hard opp.	totaal	hoeveel- heid (kg/jr)	gem. conc. (µg/l)
kwik	216	275		442	933	0.8	0.2
cadmium	283	615	2190	1129	4217	3.6	1.0
chromium	26880	1035	270	2996	31181	27	7.1
koper	11011	111310	18450	8894	149665	127	34
nikkel	25199	2750	270	5190	33409	28	7.6
zink	47961	150595	965000	79937	1243493	1057	282
lood	4448	17875	108000	72000	202323	172	46
arsen		270		3448	3718	3.2	0.8
dichloorethaan		55		22615	22670	19	5.1
trichloorethaan	9072	0		45421	54493	46	12
dichloormethaan	2595	9500		37771	49866	42	11
tetrachloormethaan		1401		62502	63903	54	14
chloroform		4164		14089	18253	16	4.1
trichlooretheen (tri)		249		7161	7410	6.3	1.7
tetrachlooretheen(per)		1460		8780	10240	8.7	2.3
Y-HCH		178		330	508	0.4	0.1
PAK		207		2823	3030	2.6	0.7
ftalaten		228000		0	228000	194	52
nonylfenol		2658000		0	2658000	2259	602
sulfaat (ton)	4656	13750		14413	32819	28 ton	7.4mg/l
fosfaat (ton)	702	11550		398	12650	11 ton	2.9mg/l
stikstof (ton)	4651	46226		8879	59756	51 ton	14mg/l
minerale olie						?	?

3.4 Metingen en evaluatie van de bodembelasting

In tabel 3.1 is een stoffenbalans gegeven. De emissie naar de bodem door lekkage van riolering vormt een onderdeel van het geheel van emissies uit riolering. Bij navraag bij een aantal gemeenten blijkt dat, wanneer er verontreiniging bij de riolering wordt aangetroffen, dit niet zonder meer door lekkage van riolering hoeft te komen. Ook kunnen verontreinigingen zich makkelijk langs rioleringen verspreiden.

Hierna worden eerst een aantal analyses van bodem en grondwater nabij riolering besproken. Daarna zijn na een aantal aannames over verspreiding van stoffen, potentiële concentraties in de droge bodem berekend.

Metingen in bodem en grondwater

In een onderzoek naar de relatie tussen riolering en bodembescherming is een inventarisatie gedaan van ervaringen bij gemeenten op het gebied van infiltratie en exfiltratie in/uit de riolering (zie bijlage III-2, tabel 1)[Heidemij, 1992]. Er zijn een aantal (4) bodemonderzoeken door gemeenten zelf gedaan, wanneer het vermoeden bestond dat er lekkage was opgetreden uit een riolering. Uit een onderzoek in Zeist bleek dat op alle drie monsterpunten de streefwaarden voor PAK's (excl. naftaleen en antracene) met een factor 20 werden overschreden en bij één van drie monsterpunten de streefwaarden voor olie, organisch chloor, cyaniden (totaal), koper en kwik werden overschreden.

Bij de drie andere onderzoeken ging het om lekkage uit industriële rioleringen. Lekkende riolering was in Eindhoven mede veroorzaker van vervuiling in een aantal gevallen dat chloorkoolwaterstoffen werden geloosd. Daarnaast was er een geval dat lozing van zwavelzuur het openbare riool had aangetast. In Emmen is tevens een geval bekend dat tetrachlooretheen veroorzaker was van kapotte voegverbindingen. In Tilburg bestaat op grond van een aantal bekende gevallen het vermoeden dat vooral sommige bedrijfsriolering slecht is. Van openbare riolering is dat niet bekend.

Daarnaast zijn tijdens het onderzoek in 4 gemeenten analyses gedaan van bodem en grondwater bij mogelijke lekken in de openbare riolering. In bijlage III-2 (tabel 2) zijn de resultaten van deze analyses opgenomen. Daaruit blijkt dat de grond niet aantoonbaar is verontreinigd met stoffen afkomstig uit de riolering. In het grondwater is in enkele gevallen voor zware metalen sprake van een lichte verontreiniging (overschrijding streefwaarden). Voor kwik worden op 6 lokaties en voor cadmium en nikkel op één lokatie (van de 17 lokaties) de interventiewaarde voor grondwater overschreden.

Momenteel loopt nog een onderzoek in opdracht van provincie Utrecht en Groningen naar de relatie tussen mogelijke lekkage van riolering en de bodemkwaliteit (afrondding van het onderzoek wordt eind 1994 verwacht).

Conclusie: Op basis van de gerapporteerde metingen kan worden geconcludeerd dat bij vermoedelijke lekkage van riolering met name in het grondwater een lichte verontreiniging kan worden gevonden. Alleen wanneer lokaal hoge concentraties van bepaalde stoffen worden geloosd (afvalwater van bedrijven), kan dit tot zwaardere verontreiniging leiden.

Belast oppervlak

Bodem, die door lekkende riolering wordt belast, moet eigenlijk in een volume uitgedrukt worden en niet in een oppervlak. Op grond van de huidige informatie is slechts een grove schatting te maken van potentieel door riolering belaste bodem. Op basis van de veronderstelling dat 0.5m^3 belaste bodem ontstaat per meter slecht riool, wordt 1.4 (tot 2 miljoen

m³ bodem belast. Uitgaande van een oppervlakte van 0.5m² per meter slechte riolering is het belaste oppervlak 2800 tot 4000 ha.

Berekening potentiële concentratie

Uitgaande van 2720 tot 4080 km slechte riolering (10-15% van boven het grondwater gelegen riolering) en van 0.5m³ belaste bodem per strekkende meter in slechte staat verkerende riolering, kan als indicatie van de hoeveelheid belaste bodem 1,4 tot 2 miljoen m³ bodem worden aangehouden. In bijlage III-1 zijn de bodemconcentraties berekend die in theorie na 50 jaar (ca. 40 m³ water/m³ grond) lekkage kunnen ontstaan, uitgaande van volledige ophoping zonder afbraak. Na 50 jaar zal rond de lekkende riolering voor metalen een concentratie van maximaal 40% van de streefwaarde voor humus-arm zand worden bereikt (voor zink) en voor PAK maximaal de som van streefwwaarden van 10 individuele PAK in humus-arm zand worden overschreden.

De gemiddelde concentraties van een aantal stoffen in het rioolwater overschrijden de streefwwaarden voor grondwater (zie bijlage III-1). Dit geldt voor de stoffen chroom, koper, kwik, lood, zink, dichloormethaan en tetrachloormethaan. Dit geeft voor de laatste twee aan (lage adsorptie) dat bij lekkage de streefwaarde in het grondwater kan worden overschreden.

3.5 Beheersmaatregelen

Een belangrijke vraag is of de snelheid van renovatie/vervanging van riolering voldoende is om in slechte staat verkerende riolering tijdig te vervangen. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het belangrijk om te weten of de controlemogelijkheden voldoende zijn en of deze de meest urgente plaatsen kunnen lokaliseren. Bij TNO-Geoinformatie wordt momenteel onderzoek gedaan naar een methode voor detectie van lekkende riolering.

Voor het verbeteren van de riolering kan gekozen worden tussen vervanging en renovatie. De afgelopen tien jaar zijn diverse technieken ontwikkeld om defecte riolen te renoveren. Er kunnen drie methoden worden onderscheiden:

- aanbrengen van een laag kunststof (uit één stuk of uit losse schaaldelen);
- aanbrengen van nieuwe leiding van kleinere diameter;
- van binnen uitbreken en naar buiten drukken van defecte buizen, waarna een nieuwe buis er doorheen wordt getrokken [Wiggers, 1991].

Deze methoden sluiten echter de zijtakken af; herstellen van de aansluitingen is een moeizame en kostbare opgave. In het algemeen zijn bovengenoemde methoden duurder dan het aanleggen van een nieuw stelsel. In drukke straten of op ontoegankelijke plaatsen is renovatie een interessante oplossing. Het overgrote deel van de Nederlandse riolering zal gewoon worden vervangen [Wiggers 1991].

3.6 Conclusie en aanbevelingen

Er zijn nog grote onzekerheden over de lengte van de lekkende riolering en de hoeveelheid afvalwater die daaruit lekt. Naar schatting vertonen enkele duizenden kilometers riolering lekkages en lekken jaarlijks één tot enkele miljoenen m³ rioolwater in de bodem. Op basis van een aantal bodem- en grondwateranalyses nabij mogelijk lekkende rioleringen kan worden geconcludeerd, dat voor verschillende stoffen in de bodem alleen lichte

overschrijding van de streefwaarde, en dat in grondwater lichte overschrijdingen van streefwaarden en incidenteel overschrijding van interventiewaarden zijn geconstateerd.

Deze analyses worden ondersteund door een berekening van potentiële concentraties en vergelijking van concentraties in het afvalwater met grondwaterkwaliteitsnormen. Alleen voor PAK (overschrijding streefwaarden bodem), dichloormethaan (overschrijding streefwaarde grondwater) en tetrachloormethaan (overschrijding streef- en interventiewaarde grondwater) lijkt een lichte verontreiniging mogelijk.

Zwaardere verontreiniging is alleen mogelijk als er duidelijke lozingen met een hoge concentratie verontreinigingen aanwezig zijn (of waren) of dat zeer grote hoeveelheden afvalwater uitstromen. Vooral lozingen van chloorkoolwaterstoffen verdienen gezien hun mobiliteit aandacht.

Om een betere indruk te krijgen van de mate van bodemverontreiniging door lekkende riolering zullen bij rioolwerkzaamheden meer analyses moeten worden gedaan. Daarbij is aandacht nodig voor een eventuele gradiënt (is riolering de daadwerkelijke bron?), de aard van de riolering en de grondsoort (m.n. zandige gronden).

BRON	emissie	plaats	overschrijding streefwaarde bodem <50 jaar	overschrijding interventie waarde <50 jr	verspreidings berekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
openbare riolering	stabiel	stad/ land	PAK Cl-kws (grond- water)	- ?	nee	ja	+/-

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- Aukes, C. en D. Hoogstra. Milieuverontreiniging door lekkende riolering. Hogere Bosbouw- en cultuurtechnische School/Tauw Infraconsult, Velp/Deventer, juni 1988.
- Dohmann, M. Undichte Abwasserleitungen und -Kanäle- eine Bedrohung für die Umwelt? Technische Hochschule Aken. 3R International, 28^e jaargang feb/mrt 1989.
- Heidemij Adviesbureau. Relatie Riolering Bodembescherming. I.o.v DGM. Arnhem, augustus 1992.
- Peek, C.J. Rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's). RIVM, Bilthoven, december 1993. Basis: CBS, 1993. Waterkwaliteitsbeheer, deel A zuivering van afvalwater 1991.
- Provincie Overijssel. Schriftelijke mededeling van Bureau Bodembescherming, Zwolle, 1992.
- Sluis, J.W.van, D.Hove, B.de Boer. NRKW eindrapport; Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982-1989 (DHV). Ministerie van VROM, Leidschendam, 1989. ISBN 90-346-2111-1. 66 p.
- VNG. Gemeenten ondergronds; een onderzoek naar gemeentelijk rioleringsbeleid. Vereniging van Nederlandse Gemeenten, Den Haag, september 1991.
- VROM. De omvang van de bodemverontreiniging in Nederland. Leidschendam, 1988 (Bodembescherming nr. 76).
- VROM. Inventarisatie van stofstromen in het huidige systeem verwijdering afvalwater. Den Haag, 1990 (Publicatiereeks Milieubeheer 1990/17).
- Wiggers, J.B.M., 'Riolering; wel en wee', Natuur en Techniek 59(1991) nr.1, blz. 2-13.

4 ONDERGRONDSE TRANSPORTLEIDINGEN

4.1 Inleiding

Een potentiële bedreiging voor de bodem en het grondwater zijn transportactiviteiten met bodemgevaarlijke stoffen; hieronder valt ook het transport van stoffen per ondergrondse buisleiding.

Vloeistof- en gasleidingen (m.u.v. (afval)water en aardgasleidingen) liggen voornamelijk bij en tussen industriële centra in Zuid-Holland, Noord-Brabant en Limburg (zie bijlage IV-1 voor de globale ligging van hoofdleidingen [VROM, 1985]). Deze pijpleidingen liggen zowel vrij (veel hoofdleidingen) of in leidingstraten en zijn in beheer bij verschillende pijpleidingmaatschappijen die bijna allemaal zijn aangesloten bij de VELIN (Vereniging van leidingeigenaren in Nederland), welke de gezamenlijke belangen behartigt.

Er wordt een beperkt aantal stoffen getransporteerd door ondergrondse leidingen (zie bijlage IV-2) daar deze leidingen alleen rendabel zijn voor produkten die in zeer grote hoeveelheden worden getransporteerd. De meest bodembedreigende stoffen zijn olie en olieprodukten. In 4.2 wordt op de getransporteerde stoffen ingegaan.

De totale lengte van het ondergrondse buisleidingensysteem voor olie en olieprodukten was begin jaren '80 ongeveer 3000 km, waarvan $\pm$ 1000 km beheert wordt door DPO (Defensie pijpleidingorganisatie), meer dan 300 km door RRP (Rotterdam-Rijn-Pijpleiding Mij) en door SNC (Shell Nederland Chemie) en verder vele honderden kilometers door de andere maatschappijen. Na 1980 zijn er vrijwel geen leidingen meer bijgekomen [Velin, 1994]. Daarnaast ligt er nog ongeveer 12.000 km aardgasleidingen en afvalwaterpersleidingen [Dirks, 1991].

De totale transportcapaciteit voor ruwe olie was in 1985 82,5 mln ton/jr. In Rotterdam werd 101,8 mln ton aangevoerd, waarvan 54,8 mln ton naar het buitenland werd vervoerd (40 mln ton per pijpleiding) en de rest in Nederland werd verwerkt [VROM, 1985].

Over de totale hoeveelheid vervoerde olieprodukten is weinig bekend. Door DPO wordt jaarlijks ca. 1 miljoen m³ brandstof vervoerd, waarvan 0,6 miljoen voor civiele doeleinden [Volkskrant, 1993].

4.2 Oorzaken van lekkage en verspreiding naar bodem

Stoffen

Bodemverontreiniging kan ontstaan als lekkage optreedt met bodembedreigende stoffen. Uit bijlage IV-2 blijkt welke stoffen worden getransporteerd door ondergrondse leidingen:

1. vloeibare koolwaterstoffen (o.a. ruwe olie, benzine);
2. gasvormige koolwaterstoffen (o.a. LPG, aardgas);
3. elementaire gassen (o.a. zuurstof, stikstof) en;
4. anorganische stoffen (o.a. chloor, zoutzuur).

Gassen (groep 2, 3 en deel van 4) worden niet als bodembedreigend beschouwd, met uitzondering van vinylchloride, chloor en ammoniak. Transport van deze stoffen blijft

verder buiten beschouwing.

Vloeistoffen (groep 1 -vloeibare koolwaterstoffen- en enkele anorganische stoffen uit groep 4) worden als potentieel bodembedreigend beschouwd. In het Voorlopig indicatief meerjarenplan Bodem (V-IMP 84-88) werd hetzelfde onderscheid gemaakt: vloeibare koolwaterstoffen (minerale oliën en koolwaterstoffen), vinylchloride en chloor vallen onder de zgn. Lijst I (zwarte lijst-stoffen waarvan de lozing moet worden voorkomen). De anorganische stoffen (uit bijlage IV-2) zijn Lijst II-stoffen (grijze lijst-stoffen waarvan de lozing moet worden beperkt).

In het Nederlandse ondergrondse leidingnet liggen, voor zover bekend, (uit gegevens van leidingeigenaren en/of leidingbeheerders) geen leidingen die niet meer in gebruik zijn (en waarin zich mogelijk nog (olie)produkten bevinden). Wanneer een leiding (tijdelijk) buiten gebruik is dan wordt deze onder druk gezet; drukverlies duidt op mogelijke lekkage van de leiding [VELIN, 1994].

Risico's van lekkage

Door ondergrondse leidingen getransporteerde gassen (vaak tot vloeistof verdicht) die niet als bodembedreigend worden beschouwd, zijn bij lekkage wel gevaarlijk m.b.t. mogelijk brand- en explosiegevaar. Voor de risico's die hieraan zijn verbonden en de veiligheidszones die op basis van deze risico's worden aanbevolen, wordt verwezen naar een Nota van regio Rijnmond "Regeling van leidingen in bestemmingsplannen", en naar enkele TNO-rapporten i.o.v. VROM en provincie Zuid-Holland [VROM, 1985].

Het gevaar dat bij een explosie in een leidingenstraat naastliggende leidingen lek raken wordt niet bijzonder groot geacht, omdat de afstanden tussen de leidingen onderling mede op basis van explosieproeven zijn vastgesteld. Het lek raken van een naastliggende waterleiding kan gevaarlijk zijn wanneer dit tot grote uitspoeling van grond zou leiden, zodat naastliggende leidingen verzakken en eventueel lek raken.

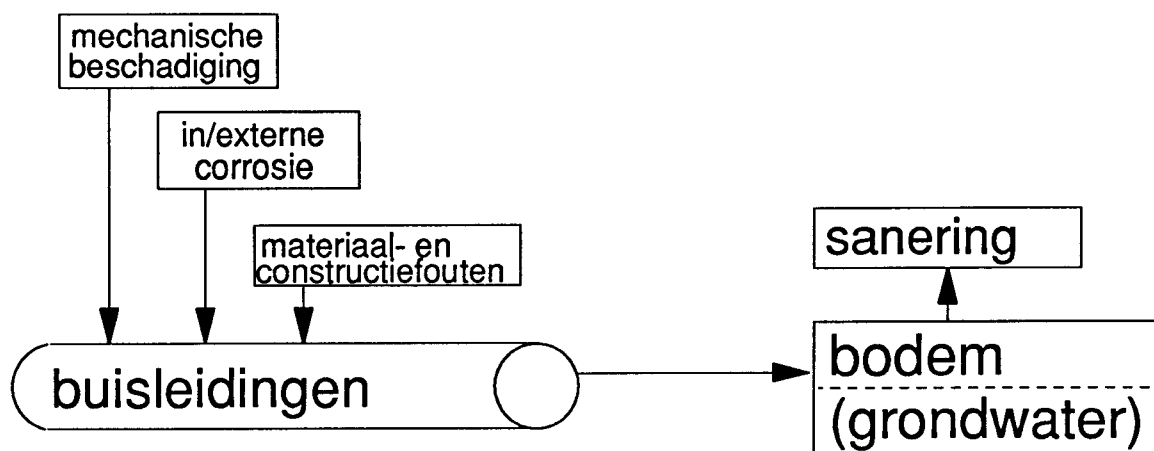
Hoofdoorzaken van lekkage

Als hoofdoorzaken van lekkage in Nederland en Europa worden beschouwd (zie figuur 4.1)[VROM, 1985]:

1. mechanische beschadiging door derden;
2. corrosie;
3. materiaal- en constructiefouten.

Overige oorzaken (operationele fouten en grondverschuivingen) komen in weinig gevallen (<10%) voor. In Nederland zijn de hoofdoorzaken externe corrosie en met name mechanische beschadiging door derden (op grond van voorvallen tussen 1965 en 1983). Materiaal- en constructiefouten zijn niet als oorzaak aangetroffen bij de geregistreerde Nederlandse lekkage-incidenten (zie bijlage IV-3a).

ad 1. In geval van mechanische beschadiging ontstaat een acute vorm van bodemverontreiniging die door snel ingrijpen vrijwel volledig kan worden gesaneerd. Snel ingrijpen is geboden en ook mogelijk, omdat elke leidingbeheerder (of aantal leidingbeheerders samen) beschikt over een alarmploeg die hiervoor speciaal is toegerust. Blijvende bodem- en of



Figuur 4.1 Oorzaken van lekkage van buisleidingen en schema stofstromen

grondwaterverontreiniging hoeft in deze gevallen niet voor te komen. Diverse graafwerkzaamheden, vaak in landelijke gebieden, leveren de grootste bijdrage aan mechanische beschadigingen. Bij de Nederlandse vloeistofleidingen komt mechanische beschadiging het meeste voor (0,4 lekkages per 1000 km per jaar) [VROM, 1985].

ad 2. Gevaarlijker met betrekking tot mogelijke bodem- en grondwaterverontreiniging zijn lekkages ten gevolge van corrosie. Het gaat vaak om kleinere lekken die niet direct worden opgemerkt; hierdoor kan aanzienlijke verontreiniging optreden, ondanks het feit dat het lekkagevolume relatief klein is. Verhoudingsgewijs komt corrosie vaker voor bij leidingen waardoor zgn. heavy fuel oil wordt getransporteerd; een produkt dat verwarmd wordt tijdens het transport. Dergelijke leidingen zijn voorzien van warmte-isolatie, die bij de aanleg op de juiste wijze moet worden aangebracht (voorkomen van condens e.d.). Bij de Nederlandse vloeistofleidingen komt externe corrosie relatief weinig voor (0,1 lekkage/ 1000 km per jaar; interne corrosie werd niet aangetroffen) [VROM, 1985].

ad 3. Hoewel lekkages ten gevolge van materiaal- en constructiefouten niet werden aangetroffen bij de Nederlandse incidenten, dragen ze volgens opgaven over Europese cross-country leidingen voor ca. 25 % bij aan het totaal aantal incidenten. Bij deze incidenten is vaak sprake van relatief veel netto produktverlies per lekkage: ca. 30 % van het totale verlies per jaar (lekkages door mechanische beschadigingen en externe corrosie resp. 50 % en 13 % verlies) [Lyons, 1993]. In het nieuwe regionale gasnet worden de lekkages t.g.v. materiaal- en constructiefouten geschat op 0,06 lekkage/1000 km per jaar).

Kleine lekkages

Naast de geconstateerde grote lekkages is het de vraag in of ook kleine (onopgemerkte) lekkages optreden. Het is te verwachten dat deze het meeste voorkomen bij koppelingen van verschillende leidingen en bij aansluitingen van leidingen op pompen e.d.. De

gevoeligheid van de methoden om lekkages op te kunnen sporen bepaalt welke lekkages ongemerkt gedurende langere tijd kunnen doorgaan.

De toegepaste meetapparatuur voor lekbewaking heeft een nauwkeurigheid van $\pm 0,1\%$ van het debiet, hierdoor kunnen toch nog ongemerkt honderden liters per uur uit de leiding verdwijnen [Dirks, 1991].

Met een drukverschil-systeem kunnen lekkages van 10 l/h en groter worden opgespoord (in een 24" leiding). Hiervoor moeten echter pompen worden stilgezet en er kan enige tijd (dagen) voor nodig zijn om het aan te tonen. Voor ruwe olie is aangetoond dat lekken kleiner dan 120 l/h door de vaste bestanddelen in de olie vanzelf wordt afgesloten. Voor grotere lekkages zijn slechts enkele uren nodig om deze aan te tonen [VROM, 1985].

Over mogelijk optreden van kleine onopgemerkte lekkages kan door de pijpleiding maatschappijen geen zekerheid worden verschaft. Het wordt niet uitgesloten, maar gezien de gehouden tests niet erg waarschijnlijk gevonden.

Gevoeligheid van de bodem

Naast het aantal lekkages en de hoeveelheid verloren produkt is ook de kwetsbaarheid van de bodem van belang. De kwetsbaarheid van een gebied wordt o.m. bepaald door:

- de grondwaterstand;
- afwezigheid van een afdeklaag (in de ondergrond);
- stroomrichting en snelheid van grondwater (kwel of inzijging t.o.v. diepere grondwater);
- infiltratiecapaciteit van de bodem;
- en openwater in de directe omgeving.

Omgevingsfactoren die de kans op lekkage vergroten zijn: -zettingsgevoeligheid van de bodem; -geofysische processen; -elektrische weerstand van de bodem.

Als gevoelige gebieden worden de Rijnmond, het Noordzeekanaal en Zuid-Limburg aangeduid [VROM, 1985].

In bijzonder gevoelige gebieden, zoals drinkwaterwingebieden, zal bodem- en grondwaterverontreiniging met olie, olieprodukten, vinylchloride en chloor ten alle tijde moeten worden voorkomen. In enkele gevallen gaan (in Noord-Brabant) pijpleidingen door bodembeschermingsgebieden. Ondergronds transport van deze stoffen door deze gebieden moet worden voorkomen [VROM, 1985].

4.3 Emissies

Lekkagefrequentie

In bijlage IV-3a en b wordt aangegeven dat de lekkagefrequentie voor het Nederlandse vloeistofleidingennet 0,57 lekken/1000 km.jr is (17 lekken van 1965 t/m 1979). Voor de laatste tien jaar ('80-'93) is hier nog geen goede indruk van. Op Europees niveau bestaat wel een goede registratie.

- Lekkage frequentie cross-country pijpleidingen in West-Europa:
 - 1970 t/m 1980: 0,69/1000 km.jr (143 lekkages);
 - 1971 t/m 1990: 0,75/1000 km.jr (262 lekkages in 17500 km leiding)[Lyons, 1991];
 - 1986 t/m 1990: 0,52/1000 km.jr (47 lekkages in 17400 tot 19200 km leiding) [Lyons,

1993].

- Lekkage frequentie vloeistoftransportleidingen in de VS (incl. LPG en pompstations): 1968 t/m 1979: 2,0 tot 0,8 lekken/1000 km.jr (3600 lekkages; het getal 0,8 geldt voor de laatste jaren).

Voor het Nederlandse leidingennet blijkt een lekkagefrequentie van 0,6/1000 km.jr goed vergelijkbaar met de buitenlandse cijfers. De lekkage frequentie op Europees niveau lijkt de afgelopen jaren af te nemen.

Bij een vergelijkende risico-analyse van het vervoer van LPG en benzine wordt voor ondergrondse leidingen uitgegaan van een faalfrequentie van $1,6-2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. In leidingstraten is volgens [VROM, 1983] de kans op lekkage van leidingen 4 keer kleiner dan voor leidingen die niet hierin liggen (beschadiging door derden is veel kleiner).

Voor het totale Nederlandse leidingennet van 3000 km (ca. 900 km olie, 1100 km olieproducten en 1000 km DPO-leidingen met vnl. brandstoffen) wordt op basis van bovenstaande lekkagefrequentie gerekend op ca. 1,5 tot 2 lekkages per jaar. Dit aantal komt redelijk overeen met incidenten-opgaven van diverse Provinciale Planologische Diensten en Provinciale Waterstaten in Nederland [VROM, 1985].

Lekkagehoeveelheid

In een studie waarin drie transportsystemen worden vergeleken (per weg, spoor, pijp), wordt voor transport door pijpleidingen in Nederland een verwachtingswaarde uitgesproken van 1 lekkage-incident per jaar, waarbij gemiddeld 114 ton bodembedreigende stof vrijkomt [VROM, 1983].

Uit een rapportage over het risico van lekkage van benzineleidingen wordt het lekkagevolume geschat op gemiddeld 75 m^3 en maximaal 500 m^3 [MT-TNO, 1983].

Voor het Europese cross-country net bedraagt de gemiddelde lekkagehoeveelheid 175 m^3 per incident (van 1971-1981)[VROM, 1985]; voor 1986-1990 is de lekkage gemiddeld 160 m^3 per incident, waarvan gemiddeld de helft kon worden herwonnen [Lyons, 1991].

De totale lekkagehoeveelheid wordt op basis hiervan geschat op 150-350 m^3 per jaar (ca 130-300 ton/jr).

Bij inspecties van oude afsluiterputten door DPO zijn sluipende lekkages geconstateerd; niet duidelijk is hoe omvangrijk deze lekkage is [Dirks, 1991]. Dit geeft in elk geval wel aan dat kleine lekkages kunnen voorkomen.

4.4 Evaluatie van de bodembelasting

Een lekkagefrequentie van 1,5 tot 2 per jaar lijkt niet verontrustend. Dit komt doordat de meeste lekkages worden veroorzaakt door mechanische beschadigingen door derden en doordat de lekkages vrijwel altijd direct gesaneerd worden.

Belast oppervlak

Hoewel het voor ondergrondse lekkage moeilijk is om te spreken van een belast opper-

vlak, blijkt in de praktijk de olie zich ook vooral over het grondoppervlak te verspreiden. Voor de Europese lekkages van 1990 t/m 1992 loopt het gemiddeld belaste oppervlak uiteen van 1000 m² tot 10.000 m² per lekkage (gem. over 3 jaar 6000 m²), waarbij de tweede vrij extreem is (zie bijlage IV-3c)[Lyons, 1991].

Vanuit de risico-benadering is berekend dat bij een gemiddelde lekkage van 75 m³ en een olielaagdikte van 10 cm, 750 m² bodem zal worden belast. Bij een dunnere laag of bij een grotere hoeveelheid neemt dit evenredig toe (500 m³ olie betekent 10.000 m² bij 5 cm dikte)[MT-TNO, 1983].

Bij 1,5 tot 2 lekkage incidenten per jaar (150-350 m³) in Nederland is dus gemiddeld een oppervlakte betrokken van 2000 tot 10000 m², sterk afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden.

Bodembelasting

De verwachte hoeveelheid olie(producten) die op of in de bodem komt per hoeveelheid vervoerd produkt (risico per tonkilometer), blijkt niet wezenlijk te verschillen tussen vervoer per weg, spoor en pijpleiding [VROM, 1983]. Momenteel wordt voor de verschillende transportvormen een nieuwe risico-evaluatie uitgevoerd door het ministerie van VROM, Externe Veiligheid [VROM, 1994].

Bodembelasting die tot bodemverontreiniging kan leiden, zijn "sluipende" kleine lekkages en restanten die in de grond achterblijven na lekkage van een leiding. Uitgaande van directe sanering bij lekkages zal geen restverontreiniging achterblijven. In hoeverre sluipende lekkages voorkomen verdient nog aandacht. Lokaal kan een verandering van de bodemkwaliteit op de langere termijn nog niet worden uitgesloten.

Gezien de kans op verspreiding van de verontreiniging zijn met name olieproducten met een lage viscositeit (benzine, kerosine) een bedreiging voor de bodem en het grondwater. Vanuit dat oogpunt verdienen leidingen voor transport van dit soort stoffen extra aandacht.

4.5 Beheersmaatregelen

Een worden een groot aantal maatregelen uitgevoerd die ervoor dienen de kans op lekkage te verminderen, de gevolgen te beperken en de mensen in de omgeving van een pijpleiding te beschermen. Per oorzaak worden een aantal uitgevoerde en eventueel uit te voeren maatregelen genoemd.

Om mechanische beschadiging door derden te voorkomen moeten leidingbeheerders goede contacten hebben met grondeigenaren en firma's die grondwerkzaamheden uitvoeren, zodat deze tijdig waarschuwen bij werkzaamheden op het terrein waar een leiding ligt. In 1986 is ter bevordering hiervan het Kabel en Leiding Informatie Centrum (KLIC) opgericht [Dirks, 1991]. Ook worden periodieke controles (per helikopter, auto, fiets of te voet) op het plaatsvinden van werkzaamheden uitgevoerd [VROM, 1985]. Doordat de ligging van de Defensieleidingen niet exact bekend is, komen er bij deze leidingen in verhouding veel

ongelukken voor.

Bovengrondse markering kan de kans op mechanische beschadiging behoorlijk reduceren. In hoeverre deze maatregel (met name in gevoelige gebieden) wordt toegepast is niet bekend.

Voor sanering van een lekkage-incident zijn door de leidingbeheerders alarmploegen samengesteld. Deze kunnen worden bijgestaan door contractanten die zijn gespecialiseerd in calamiteitenbestrijding.

Maatregelen ter beperking van de uitstromende hoeveelheid produkt bij een eventueel incident zijn mogelijk, maar zijn economisch onaantrekkelijk. Ook het treffen van voorzieningen ter beperking van het verontreinigde bodemoppervlak, of ter voorkoming verontreiniging van sloten, worden weinig toegepast [VROM, 1985].

Maatregelen ter voorkoming van externe corrosie worden in Nederland bij alle transportleidingen toegepast. Het gaat om het aanbrengen van coatings en kathodische bescherming en (half)jaarlijkse controle hiervan.

Controle met moderne meetapparatuur (op kleine lekken, scheurtjes en zwakke plekken), die door een leiding kan worden geperst, wordt door een aantal maatschappijen voor sommige leidingen toegepast [DPO, 1994]. Met name voor gevoelige gebieden is dit een belangrijke controle maatregel.

Ter voorkoming van materiaal- constructiefouten moeten materiaal en leiding aan diverse vnl. technische eisen voldoen. Waarschijnlijk zijn hier nog weinig verbeteringen aan mogelijk.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

De registratie van lekkage incidenten is tot nog toe versnipperd en gebrekkig (gemeente, provincie, rijksoverheid) geweest en wordt door de maatschappijen niet vrijgegeven. Deze gegevens zouden centraal verzameld moeten worden (bijvoorbeeld bij een organisatie als het KLIC).

Gezien de lekkage-incidentie zullen bij transport van olie en olieprodukten door pijpleidingen in Nederland gemiddeld 1,5 tot 2 lekkages per jaar optreden, waarbij gemiddeld tussen de 150 en 350 m³ olie per jaar zal vrijkomen. De verontreinigingen (ruwe olie, olieprodukten en kerosine) komen met name door leidingbreuk in de bodem terecht, maar deze lekkage wordt meestal snel geconstateerd en vrijwel meteen daarna gesaneerd. Wanneer direct gesaneerd wordt, mag er van worden uitgegaan dat er geen restverontreiniging achterblijft. Hoeveel olie door kleine lekkages in de bodem kan komen blijft onduidelijk.

Er is meer aandacht nodig voor mogelijke restverontreiniging en voor kleine (sluipende) onopgemerkte lekkages. Het is belangrijk, voordat eventuele maatregelen worden genomen, lekkages van buisleidingen ook in relatie tot andere vormen van vervoer (vrachtwagen, trein en binnenvaart) te bekijken.

BRON	emissie toename/ afname	plaats	overschrijding streefwaarde bodem	overschrijding interventie waarde bodem	versprei- dings be- rekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
buisleidin- gen	stabiel	land	olie	olie (directe sanering)	nee	nee	+/-

LITERATUUR

- Dirks, W. en W. Grijm. Bodemverontreiniging ten gevolge van buisleidingen; een verken-
nend onderzoek. SPM, Rosmalen. I.o.v. VROM, Leidschendam, december 1991.
- DPO. Telefonische informatie Defensie Pijpleiding Organisatie. Noordwijk, 1994.
- Lyons, D. Performance of oil industry cross-country pipelines in western europe; statistical
summary of reported spillages - 1990/1991/1992. CONCAWE, Brussel, november 1991/-
1992/1993.
- MT-TNO. LPG-Integraal, Vergelijkende risico-analyse van de opslag, de overslag, het
vervoer en het gebruik van LPG en benzine. Deelrapport transport van benzine per
pijpleiding. Apeldoorn, mei 1983.
- VELIN. Mondelinge mededeling Dhr van 't Hoff, secretaris VELIN. januari 1994.
- Volkskrant. Ondergronds. oktober 1993.
- VROM. Risico's op bodemverontreiniging ten gevolge van transportactiviteiten per spoor,
weg en pijptransport. Leidschendam, mei 1983 (Bodembescherming 28).
- VROM. Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. Leidschendam,
januari 1985 (Bodembescherming 41).
- VROM. Mondelinge mededeling Dhr. Brand, afdeling Externe Veiligheid. Januari 1994.

5 WEGEN, AUTOSNELWEGEN EN WEGBERMEN

5.1 Inleiding

Hoewel de aandacht bij verkeersemisies vaak gericht is op emissies van luchtverontreinigende stoffen, komt een deel van de stoffen in de directe omgeving van de weg in water en op de bodem terecht [VROM, 1990]. In Nederland was volgens CBS in 1992 in totaal 104.831 km aan verharde weglengte beschikbaar, waarvan 48.802 km binnen en 56.028 km buiten de bebouwde kom (bbk), waarvan 2921 km met gescheiden rijbanen [CBS, 1992]. De gemiddelde breedte van alle wegen was in 1988 5,7 meter, de totale oppervlakte is dan 59.754 ha (waarvan 31.936 ha buiten de bbk)[CBS, 1988]. Volgens [Campen, 1991] is het oppervlak buiten de bbk 45.900 ha.

Wegen buiten de bebouwde kom kunnen onderscheiden worden in rijkswegen, provinciale wegen en overige wegen, waarbij de eerste twee de grootste verkeersintensiteit hebben. Bij het bepalen van de bodembelasting zal onderscheid worden gemaakt in wegen buiten de bebouwde kom (incl. autosnelwegen) en autosnelwegen. Voor wegen binnen de bebouwde kom zijn alleen de emissies naar het verharde oppervlak opgenomen.

De verkeersintensiteit op rijkswegen liep in 1992 uiteen van meer dan 100.000 voertuigen per (werk)dag (op een aantal trajecten in Zuid-Holland, Noord-Holland en Utrecht) tot minder dan 10.000 voertuigen op een aantal tweebaanswegen (vooral in het noorden, oosten en zuid-westen van het land)[AVV, 1993]. Het aantal personenauto's dat van deze wegen gebruik maakt, bedroeg in 1987 5.118.000 [CBS, 1988] en in 1991 5.224.000 personenauto's; het totaal aantal motorvoertuigen was 6.441.000 [Klein, 1993].

Het wegbeheer valt onder de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat (rijkswegen), Waterschappen, Provinciale Waterstaat (provinciale wegen) en afzonderlijke gemeenten.

5.2 Deelbronnen en verspreiding naar bodem

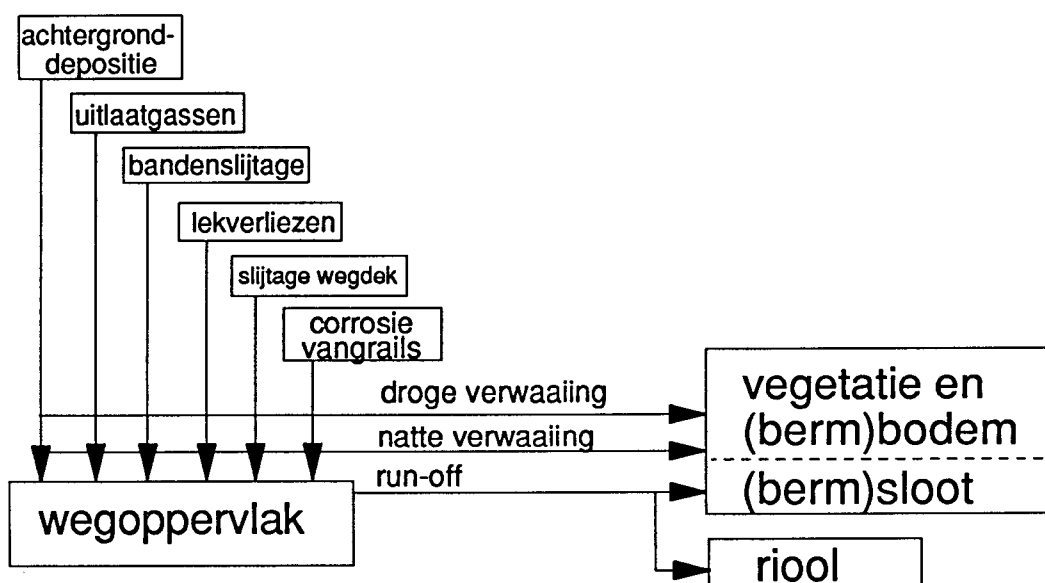
De omgeving van wegen wordt belast met verschillende stoffen door aanvoer naar het wegdek en vervolgens de afvoer van stoffen naar de bodem naast de weg (berm), de bermsloot en het grondwater.

Aanvoer van stoffen wordt bepaald door de volgende deelbronnen [Tukkers, 1986]:

- A. achtergronddepositie (nat en droog);
- B. depositie van uitlaatgassen van motorvoertuigen;
- C. bandenslijtage (en andere slijtage);
- D. lekverliezen motorvoertuigen;
- E. wegdekslijtage;
- F. corrosie van rails;
- G. strooizout;
- H. bestrijdingsmiddelen.

Stoffenafvoer naar de wegberm en evt. bermsloot vindt plaats door afspoeling (run-off water), natte en droge verwaaiing. Stoffen die in de wegberm terecht komen, kunnen afgevoerd worden door afspoeling naar de bermsloot, uitspoeling naar het grondwater en het verwijderen van vegetatie en bodem (incl. bodemorganismen en bodemfauna).

In figuur 5.1 is te zien dat factoren invloed kunnen hebben op 1. de aard en de grootte van



Figuur 5.1 Schematische weergave van stofstromen naar een weg en de bodem

de emissie naar het wegdek en 2. op het transport van stoffen van de weg naar de directe omgeving [Tukkers, 1986]. Eerst richten we ons op de (1^e) groep factoren die van belang zijn voor schatting van de omvang van A t/m H. In 5.3 zijn de emissies gekwantificeerd. Bij het bepalen van de bodembelasting zijn de 2^e groep factoren van belang.

1a. Achtergronddepositie (natte en droge depositie). In 5.3 is de achtergronddepositie gekwantificeerd op basis van hoofdstuk 2.5. In theorie zijn bij de berekening van de depositie de emissies door wegverkeer al zijn meegenomen; dit wordt verwaarloosd.

1b. Brandstofkwaliteit en samenstelling banden, olie en remvoering. Doordat het verbruik van loodvrije benzine de laatste jaren stijgt en het loodgehalte in loodhoudende benzine is verlaagd, is de totale looduitstoot door benzinevoertuigen in 1992 (150 ton) met 85 % gedaald t.o.v. de looduitstoot in 1985 (1100 ton). Doordat steeds meer voertuigen op loodvrije benzine rijden, zal na 1992 de jaarlijkse looduitstoot tot 2000 verder dalen tot minder dan 5% ten opzichte van 1985. In bijlage V-1 zijn verwachte loodemissies uit diverse scenarioberekeningen weergegeven [De groene ruimte, 1987]. Voor 1995 ligt de emissie tussen 50 en 100 ton/jr. De samenstelling van andere materialen is van belang voor de emissies uit voertuigen naar de bodem; in 5.3 wordt hierop ingegaan.

1c. Verkeersomstandigheden; b.v. verkeersintensiteit, samenstelling van het verkeer (% vrachtverkeer). De verkeersintensiteit van wegen in Nederland varieert van tientallen tot meer dan 100.000 motorvoertuigen per dag. De grootte van de massastromen neemt evenredig toe met de verkeersintensiteit [Wyers, 1991]. Bij toenemende verkeerintensiteit blijkt inderdaad het loodgehalte in de wegbermvegetatie min of meer lineair toe op verschillende afstanden van de weg. *Relatief* iets hogere waarden op een grotere afstand van de weg bij hogere verkeersintensiteiten worden toegeschreven aan een toename van de

turbulentie [De groene ruimte, 1987]. Bij een gemiddeld hogere verkeerssnelheid zal de belasting van de weg toenemen door een hoger brandstofverbruik [Tukkers, 1986].

1d. Aard van het wegdek (samenstelling asfalt, beton of klinkers). Verhoogde concentraties in de run-off bij asfaltwegen (DAB) t.o.v. betonwegen moeten waarschijnlijk aan verschillen in ruwheid van het wegdek worden toegeschreven (niet aan de chemische samenstelling) [Tukkers, 1986].

1e. Wegbeheer (bv. strooien van zout, toepassen bestrijdingsmiddelen). De frequentie waarmee zout wordt gestrooid, is gesteld op 40 keer per jaar. Belasting met zware metalen uit het strooizout hangt sterk af van het soort zout. Rijkswaterstaat gebruikt het relatief schone vacuümzout en eurosalt [RWS-DWW, 1993]. Of alle wegbeheerders deze zoutsoorten gebruiken is onbekend. Aan belasting met chloride wordt geen aandacht besteed. Bestrijdingsmiddelen kunnen toegepast worden rond wegmeubilair, ter bestrijding van akkerdistels, in wegbeplantingen en langs verharding om overgroei te beperken.

2a. Inrichting van de weg (b.v. open/gesloten wegdek, aanwezigheid verhoogde wegrand of geluidswal, capaciteit/aard van rioleringssysteem). Verspreiding van stoffen naar de bodem naast de weg wordt o.m. bepaalt door verschillen in de inrichting van de weg (een verhoogde wegrand en riolering zorgen bijvoorbeeld voor afvoer van run-off; hoge constructies verminderen verwaaiing en verhogen de afvoer via run-off en natte verwaaiing) [Tukkers, 1986]. Welk deel van de emissie via run-off, spatten of verwaaiing in de wegberm terecht komt, verschilt per lokatie maar ook per stof. Zware metalen en minerale olie zijn voor een belangrijk deel terug te vinden in de run-off; PAK's worden waarschijnlijk (via verwaaiing) over een grotere afstand vervoerd [Rienks, 1991]. Aangenomen wordt dat 90 % van het regenwater binnen de bebouwde kom in het riool terecht komt en 10 % naar bodem en oppervlaktewater afspoelt. Buiten de bebouwde kom spoelt alles naar bodem en oppervlaktewater [van Bentum, 1993]. Een (gemiddelde) verhouding tussen bodem en water is niet bekend.

2b. Wegbeheer, b.v. vegen van straten, maaien van bermen. Wegen buiten de bebouwde kom worden niet geveegd, alleen worden vluchtstroken van bepaalde wegen 1 tot 2 keer per jaar gereinigd (ten behoeve van de afwatering) [RWS-DWW, 1994]. Bij het maaien van bermen wordt een deel van de verontreinigende stoffen met de vegetatie afgevoerd; de omvang van deze afvoer wordt geschat op 5%. Bij sommige wegen worden verhoogd liggende wegbermen afgeplagd ten behoeve van de ontwatering; hiermee worden ook verontreinigingen afgevoerd [RWS-ZH, 1994].

2c. Weersgesteldheid (neerslagverdeling, wind, verdamping). De windrichting heeft invloed op de depositie van stoffen. In benedenwindse bermen slaat bijvoorbeeld (t.o.v. het gemiddelde van beide bermen) tot 40 % meer lood neer dan in de bovenwindse bermen [De Groene Ruimte, 1987]. Een hogere windsnelheid zorgt voor depositie tot een grotere afstand van de weg (natte en droge verwaaiing).

5.3 Emissies

Voor elk van de deelbronnen A t/m H kan een schatting van de emissie per hectare wegdek per jaar worden gemaakt. Deze schattingen worden per deelbron toegelicht.

Achtergrondgegevens hiervoor zijn opgenomen in 5.2. In tabel 5.1 zijn de schattingen van de emissies door elke deelbron samengevat. In tabel 5.2 zijn de totale emissies naar de bodem door de bron "wegen" opgenomen.

A. Achtergronddepositie

In paragraaf 2.5 is aangegeven waar de achtergronddeposities op gebaseerd zijn. Een overzicht van deze deposities staat in bijlage II-3. In tabel 5.1 is de hieruit afgeleide (natte en droge) depositie per hectare wegdek opgenomen.

B. Uitlaatgassen

Over de gehalten van *metalen* in benzine en diesel zijn weinig gegevens beschikbaar. Voor benzine wordt onderscheid gemaakt tussen loodvrije benzine (5 mg/l; of 6.75 mg/kg benzine) en loodhoudende superbenzine (140 mg/l; of 189 mg/kg) [Klein, 1993]. Op basis van de emissiefactoren van het CBS, is uitgegaan van 75% uitstoot van het totale metaalgehalte. De gehalten van zware metalen in benzine zijn, afgezien van lood, gelijk gesteld aan die van dieselolie. Op basis van het brandstofverbruik in 1992 zijn de emissies naar het wegdek en de bodem berekend (zie bijlage V-2)[CBS, 1994].

Bijna een vijfde deel van de PAK-emissies naar de lucht door motorvoertuigen (in 1985) wordt toegekend aan vrachtwagens [Slooff, 1989]. Van de PAK-emissies is 86% naftaleen, 9% fenantreen, 2% fluorantheen, 1% antraceen en 1% chryseen (van 10 van VROM). De PAK-uitwerp is gedaald door invoering van de driewegkatalysator en gestegen door een groei van het autoverkeer. De PAK-emissie van personenauto's is gemiddeld: benzine: 1838 µg/ voertuigkilometer (zonder katalysator) en 430 µg/km (met kat.); diesel: 1405 µg/km [CBS, 1994].

Voor de emissie van VOS zijn de volgende waarden bekend: benzine 1.22 g/voertuigkilometer; diesel: 0.19 g/km (pers.), 1.2 g/km (vracht) en LPG 0.79 g/km. Op basis van het aantal voertuigkilometers in 1992 is de emissie van PAK en VOS naar het wegdek berekend (zie bijlage V-2) [CBS, 1994].

Voor de verspreiding wordt aangenomen dat 25% van de *metalen* en PAK op het wegdek en de bodem langs de weg terecht komen [van Bentum, 1993] (volgens [Tukkers, 1986] is dit 10%). VOS zijn zeer vluchtig en zullen plaatselijk waarschijnlijk niet deponeren.

De totale emissie naar wegdek en bermbodem is berekend voor zware metalen, PAK, minerale olie en VOS op basis van emissiefactoren en het verbruik van brandstoffen (zie tabel 1 bijlage V-2). Van het totale aantal voertuigkilometers wordt 70% buiten en 30% binnen de bebouwde kom (bbk) afgelegd. Van deze 70% wordt 35% op autosnelwegen en 35% op "landelijke" wegen afgelegd [Klein, 1993].

C. Bandenslijtage (en andere slijtage)

De bandenslijtage van vrachtwagens in 1990 was circa 3354 ton en van banden van personenauto's en bestelwagens circa 8072 ton/jr [Thomas, 1993]. Het zinkgehalte van autobanden is resp. 23 mg en 12 mg/g bandenstof [Rab, 1991]. Voor het gehalte aan andere metalen is uitgegaan van waarden uit 1975 [Tukkers, 1986; van Bentum, 1993] en voor PAK uit 1979 [Oostergo, 1993] (zie bijlage V-2). Aangenomen wordt dat al het slijpsel in de directe omgeving van de weg terecht komt en volledig beschikbaar is.

Slijtage van remmen geeft emissie van asbest (van vrachtwagens) en van kleine hoeveelheden van de metalen chroom, koper, nikkel en lood [Tukkers, 1986; van Bentum, 1993]. De

hoeveelheid vrijkomende asbest ligt tussen 600 en 3125 kg jaar [Oostergo, 1993]. Aangenomen is dat 50% binnen en 50% buiten de bebouwde kom terecht komt.

D. Lekverliezen motorvoertuigen

Lekverliezen van olie worden geschat circa 3500 ton/jr voor 1993 [van Bentum, 1993, 1994; (ook 700 en 1800 ton worden genoemd [Tukkers, 1986; Oostergo, 1993]). Het totale verbruik van motorolie en andere smeermiddelen (voor personenauto-, vracht- en overig verkeer) wordt geschat op 31000 ton, verdeeld over verbranding, verdamping en lekkage [Nieuwenhuis, 1990].

De samenstelling van de olie die vrijkomt is niet goed bekend. Voor metalen wordt uitgegaan van gehalten in afgewerkte olie en voor PAK uit smeerolie na 10.000 km voertuiggebruik [Oostergo, 1993]. Aangenomen is dat de helft van de olie buiten de bbk terecht komt, want parkeerplaatsen worden relatief meer belast.

Volgens [Oostergo, 1993] corrodeert 5% van het gewicht van lamellen in een radiator in de levensduur van een auto. Als indicatie wordt een emissie van 50 ton/jr genoemd. Deze emissie is niet opgenomen, vanwege de onzekerheid over het optreden en de omvang.

Uitgaande van de samenstelling van koelvloeistof [Tukkers, 1986] en een verbruik van 2 l koelvloeistof per auto per jaar [Oostergo, 1993], is de emissie berekend (zie bijlage V-2).

E. Slijtage wegdek

Onder normale omstandigheden slijt 0.04 mm asfalt per jaar van een weg. Met 4 rijsporen met een breedte van 50 cm [Tukkers, 1986; v. Bentum, 1993] en een geasfalteerde weglengte van 71.000 km in 1993 is dit 5700 m³ (overige zijn klinker- of betonwegen). Aangenomen dat 70% van het slijpsel buiten de bebouwde kom wordt geproduceerd, is de hoeveelheid afgesleten asfalt daar (dichtheid 2,0 ton/m³) 7980 ton. Voor de samenstelling van het asfalt is uitgegaan van analyses van Tauw uit 1985 [Tukkers, 1986]. In bijlage V-2 zijn de emissies van de stoffen berekend.

F. Corrosie vangrails

Het geschatte oppervlak van vangrails in Nederland is 4,8 mln m² [Annema, 1991] waarop bij plaatsing ongeveer 100µm zink op is aangebracht. Als uitgegaan wordt van een gemiddelde corrosiesnelheid van 7 µm per jaar (50 g/(m².jr)[Cleven, 1992] komt jaarlijks 240 ton zink vrij. Aangenomen dat vangrails hoofdzakelijk op wegen met gescheiden rijbanen aanwezig zijn (lengte van 2921 km in 1992 [CBS, 1992]), is de emissie 82 kg per km weg per jaar. Verdeeld over alle wegen buiten de bebouwde kom (31936 ha) is de belasting gemiddeld 7515 g/ha wegdek/jr. RIZA schat de zinkemissie van straatmeubilair 146 ton per jaar (gemiddeld dus 4572 g/ha/jr) [van Bentum, 1994].

G. Strooizout

De gehalten van zware metalen en arseen in verschillende soorten strooizout zijn door RWS op een rij gezet [Noort, 1992]. Uitgaande van 40 keer strooien per jaar [Tukkers, 1986], een hoeveelheid van 10 g/m² per keer, is de jaarlijkse belasting 4000 kg/ha. Voor de belasting van 2/3 van het wegdekoppervlak buiten de bebouwde kom, zijn op basis van de samenstelling van vacuümzout van Akzo (zie bijlage V-2) de emissies berekend.

H. bestrijdingsmiddelen

In 1986 werd van de totale oppervlakte wegberm (52705 ha langs 55235 km weg) 1172 ha chemisch onderhouden. Ruim de helft hiervan was onderhoud van de berm met MCPA en 2,4 D tegen akkerdistels (650 ha); de andere helft (522) was grotendeels lakbalsem (3,3

ton actieve stof; geen bestrijdingsmiddel) en herbicide (3 ton) gebruikt in wegbeplantingen [CBS, 1989].

In tabel 5.1 zijn de berekende emissies aan metalen, PAK, olie en asbest buiten de bebouwde kom ten gevolge van neerslag, strooizout, wegdekslijtage en verkeer in kg/ha, jaar opgenomen.

Tabel 5.1 Bijdragen van deelbronnen aan de emissie naar het wegdek en wegberm buiten de bebouwde kom in 1992 (g/ha wegdek/jr); wegdekoppervlak 31936 ha

DEELBRON	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK (10)	Olie	asbest
depositie, nat en droog	1.5	3.8	30	7.1	57	150	3.9	57 ¹	-	-
uitlaatgassen	0.2	1.9	66	2.8	888	39	1.9	805		-
benzine	0.1	1.0	33	1.4	885	20	1.0	380		-
diesel	0.1	1.0	33	1.4	3	20	1.0	425		-
slijtage banden	13	46	62	44	278	3814	0	13-24	-	-
slijtage remmen	?	?	?	?	?	?	-	-	-	9-49
lekverliezen	0	1	22	4	85	67	1	62	54000	-
slijtage wegdek	0	122	6	59	6	20	0	323	-	-
corrosie vangrails	-	-	-	-	-	4572-7515	-	-	-	-
strooizout	<0.004	<0.16	0.36	<1.12	<0.20	0.52	0,048	-	-	-
TOTAAL	15	175	186	118	1314	8662-11605	6.8	1266	54000	9-49

¹ totaal van 10 PAK [Campen et al, 1991; Slooff, 1989]

Tabel 5.2 Totale bodembelasting door de deelbronnen langs wegen buiten de bebouwde kom in 1992 (kg/jr) (afgeleid uit tabel 5.1).

DEELBRON	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK (10)	Olie	asbest
depositie, nat en droog	48	121	958	227	1820	4790	125	1820	-	-
uitlaatgassen	12	62	2121	87	28372	1248	62	25677		-
benzine	6	31	1061	44	28263	624	31	12135		-
diesel	6	31	1061	44	109	624	31	13572		-
slijtage banden	400	1456	1976	1992	8878	121804	0	401-764	-	-
slijtage remmen	?	?	?	?	?	?	-	-	-	287-
lekverliezen	3	19	699	138	2673	2105	20	2032	1.7*10 ⁶	1565
slijtage wegdek	12	3891	190	1868	202	655	0	10329	-	-
corrosie vangrails	-	-	-	-	-	146000-240000	-	-	-	-
strooizout	<0.1	<3.4	7.7	<24	<4.3	11	1.0	-	-	-
TOTAAL (in ton!)	0.48	5.55	5.94	4.35	42.0	276-371	0.21	40.5	1720	0.3-1.6

Vergelijking van deelbronnen

De bijdrage van achtergronddepositie van metalen aan de totale belasting van het wegdekoppervlak varieert tussen 1 en 56% voor resp. zink en arseen (zie tabel 5.1).

Voor de *metalen* als geheel zijn de belangrijkste bronnen uitlaatgassen, slijtage van banden en slijtage van het wegdek. De belangrijkste bron van de emissie van cadmium is slijtage van banden; van chroom en nikkel: slijtage van het wegdek; van koper: uitlaatgassen en slijtage banden; van lood: uitlaatgassen; van zink slijtage van banden en corrosie van vangrails; en van arseen: de achtergronddepositie.

Voor de emissie van *PAK* zijn uitlaatgassen de belangrijkste bron, gevolgd door de slijtage

van wegdek. Een belangrijke onzekerheid zit bij de gehalten van metalen in uitlaatgassen van benzine, maar ook de samenstelling van banden en wegdek is vrij onzeker..

Vergelijking met totale bodembelasting

De bodembelasting door wegen buiten de bebouwde kom (autosnelwegen en "landelijke" wegen) wordt in hoofdstuk 11 vergeleken met de totale bodembelasting in Nederland.

Afhankelijkheid van verkeersintensiteit

Alle bovengenoemde berekeningen wat betreft emissies naar het wegdek (en de bodem) gaan uit van een bepaalde gemiddelde verkeersintensiteit. Op basis van het aantal afgelegde voertuigkilometers en de lengte van het wegennet [CBS, 1994] is deze verkeersintensiteit circa 5000 voertuigen per etmaal (per kilometer).

Verwachte ontwikkeling van de emissie

Aangezien de verkeersintensiteit verder zal stijgen, zullen alle emissies dienovereenkomstig omhoog gaan. Alleen toepassing van andere materialen en brandstoffen zal tot een aantal ontwikkelingen leiden, die kort worden toegelicht.

De loodemissie zal verder dalen door het verdwijnen van auto's die op loodhoudende benzine rijden. Volgens de scenario's is in 2000 de emissie nog enkele procenten van de emissie in 1985.

Op rijkswegen zal op den duur alleen nog maar ZOAB (zeer open asfaltbeton) worden toegepast, dit zal naar verwachting iets sneller slijten. Daarentegen worden wel schonere materialen gebruikt waardoor de emissie van PAK waarschijnlijk afneemt [RWS-DWW, 1993].

Sinds september 1992 is asbest in remmen van personenauto's niet meer toegestaan, voor vrachtwagens zijn nog geen geschikte alternatieven [RWS-DWW, 1993].

Aangezien vanwege de veiligheid banden van zachtere materialen worden gemaakt zal de slijtage groter worden en daarmee de emissie van met name zink [Oostergo, 1993] (in berekeningen voor de derde Milieuverkenning wordt daar niet vanuit gegaan).

5.4 Metingen en evaluatie bodembelasting

Metingen run-off en verwaaiing van metalen, PAK en olie

Er is een reeks onderzoeken gedaan naar samenstelling van de (massa)stromen in runoff en in droge en natte verwaaiing van autosnelwegen. De verhouding tussen de hoeveelheid stoffen die via verwaaiing en via run-off de directe omgeving van de weg belasten verschilt per weg. Uit metingen op drie lokaties (zie bijlage V-3) blijkt, dat bij hoge verkeersintensiteiten (47000 tot 74000 voertuigen per etmaal) verwaaiing van stoffen een grotere bijdrage aan het transport naar de berm heeft dan run-off. Bij een lagere verkeersintensiteit (21000 vpe) is dit ongeveer gelijk. Een grotere verkeersintensiteit zorgt dus voor relatief meer verwaaiing. Voor metalen is deze verhouding zeer wisselend, bij PAK is transport door verwaaiing (veel tot iets) groter en bij olie is alleen run-off van belang.

Uit metingen op een vierde lokatie met ZOAB (zeer open asfalt beton) blijkt verwaaiing voor PAK-emissie verreweg de belangrijkste bijdrage te leveren. Voor metalen is de massastroom van verwaaiing niet te kwantificeren (zeer klein) en is de hoeveelheid stoffen in run-off kleiner dan bij dicht asfaltbeton. Dit komt waarschijnlijk doordat ZOAB een hoog vuilbergend vermogen heeft; in hoeverre dit effect afneemt bij ouder ZOAB (verzadiging) zal nog onderzocht worden [Wegener, 1993]

Metingen bermbodern

Op 11 lokaties langs autosnelwegen is (door en i.o.v. Rijkswaterstaat) onderzoek gedaan naar de gehalten van zware metalen, PAK en olie op verschillende afstanden van de weg (de analysesresultaten zijn opgenomen in bijlage V-4).

Het loodgehalte overschrijdt op 3 van de 7 lokaties op een afstand van 0,6 m tot de verharding (in de bovenste 5 cm van de bodern) de interventiewaarde voor bodernsanering [Tweede Kamer, 1993], in de overige gevallen wordt meer dan de helft van deze waarde bereikt. Op 2,0 m afstand van de verharding wordt nog op één lokatie de interventiewaarde bereikt. In de overige gevallen wordt de streefwaarde voor standaardbodern overschreden tot 2, 4 of 10 meter van de wegrand.

Voor koper wordt op 1 van de 7 lokaties op 0.6 meter de interventiewaarde overschreden en in de overige gevallen de streefwaarde.

Gehalten van cadmium en zink overschrijden de streefwaarden tot resp. 0.6 en 10 meter van de weg. Uit onderzoek naar de kwaliteit van de bermbodern onder vangrails op 4 lokaties, blijkt dat de zinkconcentraties op die plaatsen aanmerkelijk hoger zijn (tot 1550 mg/kg) dan op plaatsen zonder vangrails. Daar kan ook de interventiewaarde worden overschreden [Tauw, 1991].

De chroom-, nikkel en arseengehalten zijn zeer laag; zij overschrijden nergens de streefwaarden voor standaardbodern.

Voor PAK worden in twee gevallen de interventiewaarden overschreden en in 6 van de 7 gevallen de oude streefwaarde (1 mg/kg) overschreden tot 2 en maximaal 10 meter. Metingen van olie tot 2 meter van de weg overschrijden in 5 van de 7 gevallen de streefwaarden ruim.

Bij metingen in Londen zijn op 0,5 meter van de weg ook overschrijdingen gevonden van de interventiewaarden voor lood en (ruime) overschrijding van streefwaarden voor cadmium, koper en zink.

Door het RIVM zijn in 1991 op 5 plaatsen langs autosnelwegen in bos op zandgrond bodern en grondwatermonsters genomen op 8 en 80 meter van de weg. Uit de statistische analyse bleek alleen voor lood in de strooisel laag, en voor fenanthreen (10-100 µg/kg) en pyreen (20-150 µg/kg) in het onderliggende zand een significant verschil tussen dichtbij gelegen en veraf gelegen monsterpunten te zijn (resp. <10-60 en <10-90 µg/kg). Bij statistische analyse van de gehalten bij de afzonderlijke plaatsen was het gehalte voor lood, koper en zink in de strooisellaag en voor lood in de zandlaag dichtbij de snelweg verhoogd. De streefwaarden voor deze metalen werden in een groot aantal gevallen overschreden.

Voor de afzonderlijke lokaties waren veel PAK concentraties dichtbij de snelweg verhoogd ten opzichte van 80 meter van de weg. In de strooisellaag waren de PAK-concentraties dichtbij en ver van de weg vaak vele malen (tot 20x) boven de streefwaarde. In de zandlaag worden deze vooral dichtbij de weg vaak overschreden [Groot, 1993].

In het grondwater zijn er bij metalen en PAK geen significante verschillen tussen concentraties dichtbij en veraf aangetroffen. Van PAK zijn naftaleen en fenantreen het meest aangetroffen. Dit zijn vrij mobiele PAK's en worden in uitlaatgassen het meest uitgestoten.

Afvoer van stoffen

Door het afvoeren van wegbermmaaisel en het verwijderen van bodern worden er stoffen afgevoerd uit de wegberm. De gehalten van de metalen lood, cadmium, zink en koper zijn tot circa 10 meter van de kantstreep verhoogd ten opzichte van de achtergrond, maar dit

staat afgezien van zink gebruik van wegbermmaaisel t.b.v. zeer schone compost of veevoer niet in de weg (m.b.t. zink alleen geschikt voor schone compost en veevoer) [Klein Breteler, 1994]. Een afvoerterm is op basis van deze studie niet direct te schatten.

Het verwijderen van bodem gebeurt als een verhoogde (snel)wegberm de afwatering belemmert. De frequentie hiervan varieert, afhankelijk van de aangroei, van 5 jaar tot helemaal niet. Door één keer per twee jaar (of vaker) de vluchtstrook van auto(snel)wegen te reinigen (vegen), wordt een deel van de stoffen verwijderd [RWS-DWW, 1993]. Dit zal de belasting via run-off verminderen. Omdat de grote ervan is nog niet duidelijk is, wordt met beide ingrepen geen rekening gehouden.

Schatting van belast oppervlak en bodembelasting

Om de bodembelasting te kunnen schatten moeten er aannames worden gedaan over de oppervlakte waarop de in 5.3 geschatte emissies terecht komen.

Ten eerste wordt alleen uitgegaan van de wegen buiten de bebouwde kom (met 70% van hoeveelheid verkeer). Binnen de bebouwde kom komt het grootste deel van de emissies in de riolering terecht.

Ten tweede wordt, op basis van de waargenomen depositie en bodemconcentraties, voor alle stoffen (behalve olie) uitgegaan van een verspreiding van gemiddeld circa 5 meter vanaf de rand van de weg. Bij een weglengte van 56028 km buiten de bbk (incl. autosnelwegen) leidt dit tot een belast oppervlak van 56028 hectare. Voor berekening van de belasting langs autosnelwegen wordt uitgegaan van een verspreiding van 10 meter vanaf de rand van de weg; dit betekent 5842 ha langs een weglengte van 2921 km.

Voor *olie* wordt uitgegaan van een verspreiding tot 2,5 meter van de rand van de weg; dit leidt voor wegen buiten de bbk en autosnelwegen tot een belast oppervlak van resp. 28000 en 1460 ha.

De belasting van *zink* door vangrails komt vooral voor op wegen met gescheiden rijbanen circa 3000 km. Er wordt vanuit gegaan dat alle stoffen uiteindelijk beschikbaar zijn en niet zijn opgesloten in een matrix (bv. bandenstof, wegestof).

Gevolgen voor bodemkwaliteit m.b.t. zware metalen en PAK's

Wegen buiten de bebouwde kom. Uitgaande van het belaste oppervlak (tot 5 meter van wegrand: 56028 ha), is voor cadmium, chroom, lood, zink, koper, naftaleen en fenantreen de accumulatie in de bodem berekend met het model SOILBOX (zie hoofdstuk 2 voor aannames).

Voor *cadmium* worden de streefwaarden na 10 tot 85 jaar na aanvang van de belasting overschreden. De snelle overschrijding door veen komt doordat in onbelaste gebieden al vrij hoge concentraties aanwezig kunnen zijn (zie bijlage V-5).

Voor *chroom* wordt binnen 200 jaar geen overschrijding van de streefwaarde verwacht.

Voor *zink* worden voor alle 4 modelbodems de streefwaarden 10 tot 20 jaar na begin van de belasting overschreden. Alleen de interventiewaarde voor veen wordt na 100 jaar (627 mg/kg) overschreden (zie bijlage V-6).

Voor *lood* worden de streefwaarden voor humus-arm zand, humeus zand, klei en veen bereikt na resp. 100, 100, 135 en 35 jaar. De evenwichtsconcentratie voor beide metalen wordt pas na duizenden jaren bereikt (zie bijlage V-7).

Voor *koper* worden de streefwaarden bij geen van de modelbodems binnen 200 jaar overschreden.

Voor *naftaleen* worden de streefwaarden tot 8 maal overschreden, de evenwichtsconcentratie wordt binnen een jaar bereikt (zie bijlage V-8).

Voor *fenantreen* wordt (door de hoge afbraaksnelheid in het model) alleen bij humus-arm

zand een jaar na begin van de belasting de streefwaarde bereikt.

Autosnelwegen. Uitgaande van het belast oppervlak (10 meter tot wegrand: 5842 ha) en 50% van de belasting door wegen buiten de bbk is voor cadmium, chroom, lood, zink, koper naftaleen en fenantreen accumulatie in de bodem berekend (zie bijlagen V-5 t/m V-8).

De streefwaarde voor *naftaleen* in de verschillende bodems wordt een jaar na begin van de belasting met een factor 6 tot 30 overschreden. De berekende evenwichtsconcentratie in veen is in dezelfde orde van grootte als de meetwaarden in strooisel langs autosnelwegen in zandbodems [Groot, 1993].

De streefwaarde voor *fenantreen* wordt binnen 1 jaar na begin van de belasting overschreden bij alle modelbodems, behalve veen. De evenwichtsconcentratie wordt in 4 jaar bereikt (tussen 1.5 en 4 maal de streefwaarde). Waarschijnlijk is de afbraaksnelheid lager, waardoor de evenwichtsconcentratie wat hoger kan liggen. In zand (onder strooisel) worden gehalten tot 100 µg/kg gevonden (10 maal de streefwaarde) en in strooisel tot 600 µg/kg (4 maal de streefwaarde)[Groot, 1993].

Voor *cadmium* worden de streefwaarden voor alle modelbodems binnen 20 jaar na begin van de belasting overschreden. Dit ondersteunt de gevonden overschrijding van de streefwaarde langs autosnelwegen in de eerste meter van de berm bodem.

Voor *chroom* worden de streefwaarden na 100 tot 170 jaar na begin van de belasting overschreden.

Voor *zink* worden voor de 4 modelbodems de nieuwe interventiewaarden in 12-40 jaar na aanvang van de belasting overschreden (zie bijlage V-5). Alleen bij metingen onder vangrails worden interventiewaarden overschreden. Aan deze bron moet het relatief snelle overschrijden dan ook worden toegeschreven.

Voor *lood* worden de streefwaarden voor humus-arm zand, humeus zand en klei na 20-30 jaar bereikt, voor veen al binnen 10 jaar. De interventiewaarde wordt alleen voor veen nog binnen 200 jaar bereikt (zie bijlage V-6). Voor lood worden bij de metingen interventiewaarden wel bereikt. Dit komt door de veel hogere emissies in het verleden.

Voor *koper* worden de streefwaarden na 70-80 jaar na aanvang van de belasting bereikt. Bij metingen tussen 0 en 10 meter liggen de waarden tussen 20 en 120 mg/kg (van onder de streefwaarde tot circa 6 maal de streefwaarde). Hiermee blijven de berekeningen iets achter bij de bodemanalyses.

5.5 Beheersmaatregelen

Maatregelen kunnen verdeeld worden in brongerichte maatregelen en effectgerichte maatregelen. Brongerichte maatregelen hebben in principe de voorkeur; deze zijn gericht op het verminderen van emissies uit auto's, andere materialen voor vangrails, andere samenstelling wegdek e.d..

Bij effectgerichte maatregelen kan worden gedacht aan het aanbrengen van riolering of goten langs wegen met bezinkbakken. Het aanbrengen van schermen beperkt ook de verspreiding. Ook kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het aanbrengen van humeus materiaal dat periodiek wordt verwijderd. Overigens blijkt na toepassen ZOAB de verspreiding van stoffen ook sterk te verminderen.

Momenteel wordt bij Rijkswaterstaat (DWW en RIZA) onderzoek gedaan naar een aantal - met name effectgerichte- maatregelen. Eventuele uitwerking van bron- en effectgerichte maatregelen moeten daarop aansluiten.

5.6 Conclusies en aanbevelingen

De belangrijkste bronnen voor de totale metalen-emissie zijn uitlaatgassen, slijtage van banden, slijtage van het wegdek en corrosie van vangrails. De stoffen lood, zink en PAK worden in de grootste hoeveelheden geëmitteerd. De belangrijkste bron van de emissie van lood zijn uitlaatgassen; van de emissie van zink, slijtage van banden en corrosie van vangrails; van de emissie van koper, uitlaatgassen en slijtage banden; van de emissie van cadmium, slijtage van banden; en van de emissie van PAK, uitlaatgassen (benzine en diesel) en wegdekslijtage. Belangrijke onzekerheden wat betreft de omvang van de emissies zitten bij de gehalten van metalen in uitlaatgassen van benzine, de emissie en de samenstelling van lekkende olie.

Verschillen in verkeersintensiteit veroorzaken grote verschillen in de emissies naar de bodem langs autosnelwegen en overige wegen buiten de bbk. Per deelbron is een emissiefactor bekend of te berekenen. Er zijn echter nog niet voldoende gegevens bekend en er is op te weinig lokaties gemeten om voor een bepaald wegvak een goed verband tussen intensiteit, emissie en bodembelasting aan te geven.

De aannames over het belaste oppervlak langs wegen zouden beter onderbouwd moeten worden en er zou een gradiënt in opgenomen moeten worden. Deze hebben grote invloed op de berekende oppervlaktebelasting en de geschatte ontwikkeling van de bodemkwaliteit.

Op basis van berekeningen van toekomstige bodemconcentraties op basis van de *huidige* bodembelasting, kan geconcludeerd worden dat langs autosnelwegen (nabij vangrails) de interventiewaarde voor zink na 12 tot 40 jaar na begin van de belasting wordt overschreden. Voor de andere metalen worden op basis van de berekeningen op den duur streefwaarden overschreden. Dit gebeurt voor cadmium tussen 10 en 80 jaar, voor chroom tussen 100 en 180 jaar, voor lood tussen 10 en 30 jaar en voor koper tussen 70 en 80 jaar na begin van de belasting. Bij alle wegen buiten de bbk wordt de streefwaarde voor zink na 10 tot 20 jaar en voor lood na 35-140 jaar overschreden.

Langs autosnelwegen worden binnen een jaar na begin van de emissie de streefwaarden voor naftaleen en fenanthreen overschreden (fenanthreen niet op veen). De streefwaarde voor naftaleen en fenanthreen worden tot resp. 30 keer en 4 keer (op humusarm zand) overschreden.

Uit de bodemanalyses blijkt dat langs autosnelwegen de metalen cadmium, lood, zink en koper in verhoogde concentraties aanwezig zijn van één tot enkele meters van de rand van het wegdek. Voor lood wordt in een aantal gevallen de interventiewaarde overschreden en voor koper 1 maal. Het zinkgehalte overschrijdt de interventiewaarde alleen onder vangrails. Op andere plaatsen wordt de interventiewaarde voor zink niet overschreden. De interventiewaarde voor PAK wordt in enkele gevallen op 0.6 meter van de weg overschreden. Streefwaarden worden overschreden door cadmium, koper, lood, zink, PAK en olie in de eerste 2 tot 10 meter naast het wegdek.

De berekeningen met soilbox ondersteunen de metingen in het veld wat betreft de stoffen waarvoor verhoogde gehalten zijn aangetroffen. Aangezien de berekeningen niet voor een speciale situatie zijn uitgevoerd, kan geen conclusie worden getrokken over de nauwkeurigheid van de schatting van de emissies, de belasting van de bodem en berekende bodemconcentraties.

BRON	emissie	plaats	overschrijding streefwaarde < 50 jaar	overschrijding interventie waarde <50 jr	versprei- dings be- rekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
autosnelwe- gen	toename/ afname lood	infra	Cd, Zn, Pb, fenantreen, naftaleen	Zn	deels	ja	+
buiten bbk	toename/ afname lood	infra	Cd, Zn, Pb, naftaleen	-	nee	nee	+/-
binnen bbk	toename/ afname lood	stad	nvt	nvt	nee	nee	nvt

LITERATUUR

- Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV). Verkeersgegevens, Jaarrapport 1992. Ministerie van V en W, Rotterdam, 1993.
- Annema, J.A., J.Ros, J. Verburgh en K. Huizinga. Mogelijkheden en onmogelijkheden van ketenbeheer zink (rapportnr 736301013). RIVM, Bilthoven, oktober 1991.
- Bentum, F. van. Doelgroepstudie wegverkeer (1e concept). RIZA, Lelystad, feb. 1994.
- Bentum, F. van. Afspoeling van zware metalen vanaf wegen, emissies door het wegverkeer vergeleken met afgespoelde vrachten. Werkdocument 92.172x. RWS, RIZA, Lelystad, april 1993.
- Beugeling, J. Bodemverontreiniging van bermen langs autosnelwegen. RWS Dienst Weg- en waterbouwkunde, Delft, mei 1988.
- Campen, A.L.B.M. van, e.a. PAK in oppervlaktewater: bronnen en maatregelen. SPEED-werkplan PAK. RWS/RIZA, VROM, RIVM, Den Haag 1991.
- CBS. Gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen door overheidsinstellingen 1986. Voorburg/Heerlen, 1989.
- CBS. Statistiek van de wegen, 1 jan 1988. Staatsuitgeverij, Den Haag, 1988.
- CBS. Statistiek van de wegen, 1 januari 1992 Supplement I. Voorburg/Heerlen, 1992.
- CBS. Luchtverontreiniging; emissies door mobiele bronnen 1992 (concept). Voorburg/Heerlen, 1994.
- Cleven, R.F.M.J., J.A. Janus, J.A. Annema en W. Slooff (eds.). Basisdocument Zink rapportnr 710401019). RIVM, november 1992.
- De Groene Ruimte. Loodgehalte van wegbermvegetatie. I.o.v. RWS, Dienst weg- en waterbouwkunde. Wageningen, maart 1987.
- Groot, M.S.M en E.C. van Swinderen. Verkennend onderzoek naar de kwaliteit van bodem en grondwater langs snelwegen in bosgebieden (rapnr. 714822001). RIVM, Bilthoven, november 1993.
- Klein, J.A.P., Luchtverontreiniging, emissies door wegverkeer, 1991, Kwartaalbericht Milieustatistiek 10 (2): 21-26 (2e kwartaal 1993).
- Klein Breteler, M.A. e.a. De chemische kwaliteit van bermgras. RWS Dienst Weg en Waterbouwkunde, Delft, januari 1994.
- Leidraad Bodembescherming. Den Haag, augustus 1993.
- Nieuwenhuis, J.W. en J.H. de Zeeuw (TAUW, Deventer). Informatiedocument afgewerkte olie (rapnr. 738902007). RIVM, Bilthoven, juni 1990.

- Nationale Milieuverkenning 2, 1990 - 2010. RIVM, Bilthoven, 1991.
- Noort, M. Wegenzout overzicht (interne notitie). RWS, Dienst Weg- en waterbouwkunde, december 1992.
- Oostergo, H.D. Oriënterende studie naar de emissies van zware metalen, PAK, asbest en olie door het wegverkeer. BKH Adviesbureau (i.o.v. RWS-DWW), Delft, feb. 1993.
- Post, R.D. en A.N. Beeby. Microbial biomass in suburban roadside soils: estimates based on extracted microbial C and ATP. Soil Biol. Biochem., vol 25, 1993, No 2, pp 205-214.
- Rab, E. Notitie vrachtwagenbanden (interne notitie). RIVM. Bilthoven oktober 1991.
- Rienks, J. Invloed van verkeer op de kwaliteit van oppervlaktewater waaronder waterbodems; een inventariserende studie. Werkdocument nr 91.023x. RIZA, Lelystad, februari 1991.
- RWS. Informatie op basis van gesprek bij Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en waterbouwkunde met dhr Janssen v/d Laak. Delft, november 1993.
- Slooff, W. et al Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen (en advies gezondheidsraad). RIVM, Bilthoven, maart 1989. (publicatiereeks milieubeheer nr. 8).
- Tauw. Onderzoek naar de bodemkwaliteit van wegbermen op vier lokaties langs rijkswegen in de Randstad. Deventer, september 1990.
- Tauw. Onderzoek naar de kwaliteit van de berm bodem langs geleiderails bij een viertal autosnelwegen in de Randstad (i.o.v. RWS-DWW). Deventer, april 1991.
- Thomas, R. Gegevens gebruikt voor de 3^e Milieuverkenning. RIVM-LAE, mei 1993.
- Tukkers, Raadgevend Bureau. Literatuuronderzoek naar de samenstelling van de runoff van wegen en voorspellende berekeningen t.a.v. de berm bodem- en grondwaterkwaliteit voor een periode van 100 jaar. I.o.v. RWS. Woerden, december 1986.
- Tweede Kamer. Kamerstukken 1993/1994 22727, nr5. Notitie Interventiewaarden Bodemsanering. SDU, Den Haag.
- VROM. Rapport emissieregistratie Nederland. Den Haag, 1990 (Emissieregistratie 13).
- Wegener, J.M.N. e.a. Meting massastromen van polycyclische aromatische koolwaterstoffen van de weg naar de directe omgeving (IV). I.o.v. RWS, Dienst weg- en waterbouwkunde. IvM, VU Amsterdam, juli 1993.
- Wyers, G.P. e.a. Meting van massastromen van zware metalen door run-off, natte en droge verwaaiing van een snelweg naar de berm. I.o.v. RWS, Dienst weg- en waterbouwkunde. ECN, Petten, april 1991.

6 SPOORWEGEN

6.1 Inleiding

Sinds de opening op 20 september 1839 van de eerste Nederlandse spoorlijn: Amsterdam - Haarlem is het spoornet steeds verder uitgebreid en gemoderniseerd. De totale netlengte was in 1990 ± 2.800 km [NS, 1991], waarvan momenteel ± 1000 km enkelspoor, ± 1750 km dubbelspoor en ± 50 km met 3 of meer sporen. De totale geëlectriceerde lengte is ± 2000 km. Er zijn grote verschillen in berijdingsintensiteit van verschillende spoorlijnen (2 tot 1100 "stroomafnemerpassages" per dag). De meest bereden spoorlijnen liggen in Zuid-Holland en Utrecht (en het traject tussen Eindhoven en Boxtel)[Markestijn, 1993].

In de toekomst zal het spoornet verder uitgebreid worden door bv. verdubbeling van sporen, maar ook door de aanleg van de hogesnelheidslijn en mogelijk de Betuwelijn.

Naast de trajecten zijn er 50 tot 100 rangeerterreinen en laad/losplaatsen. Op een aantal van deze terreinen vinden ook activiteiten plaats die de bodem kunnen belasten. Deze blijven buiten beschouwing.

6.2 Deelbronnen en verspreiding naar bodem

De belasting van de bodem rond spoorwegen door treinverkeer kan onderverdeeld worden in een aantal activiteiten: slijtage van de bovenleiding, slijtage van rails en andere metalen delen, lekkage van treinen, uitloging dwarsliggers en het gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen. In figuur 6.1 zijn de stofstromen door deze activiteiten schematische weergegeven. Naast de huidige belasting is er ook sprake van historische bodembelasting; hierop wordt in 6.4 kort ingegaan.

Slijtage bovenleiding, rails en remmen

Door contact van de stroomafnemer (pantograaf) met de koperen bovenleiding (100% koper of met 0.1% zilver) komt koperstof vrij. De sleepstukken van de stroomafnemer bestaan naast grafiet ook uit koper (25%) en lood (10%). Het koperstof komt voor een deel op de trein terecht, de rest komt binnen een zekere afstand tot het spoor op de bodem terecht (zie 6.4). De omvang van de koperemissie is afhankelijk van de intensiteit van het spoorverkeer (aantal treinen/stroomafnemerpassages per dag). De totale bodembelasting die reeds is opgetreden hangt af van het jaar van elektrificatie en de gebruiksintensiteit [Hoeve, 1991].

De verspreiding is afhankelijk van de gemiddelde windrichting (in Nederland zuid-west). De NS gaat uit van 10% afvoer via de trein, 50% tot 5 m uit het hart van de baan, 12% tussen 5 en 10 meter van de baan, 18% tussen 10 en 50 meter van de baan en 6% tussen de 50 en 100 meter [Markestijn, 1993].

Emissie van ijzer komt voornamelijk door slijtage van gietijzeren remblokken bij oudere treinen en door de slijtage van wielen, rails en remschijven [Hoeve, 1991]. Om slijtage te verminderen worden wissels en de rails bij scherpe bochten regelmatig gesmeerd met smeerolie en vetten [NS, 1994].

Lekkage uit treinen

Met name de wat oudere treinen (hondekop treinen) lekken een aanzienlijke hoeveelheid (smeer)olie uit de tandwielkasten. Dit treedt voornamelijk op bij het remmen en het

optrekken; dat wil zeggen in de buurt van stations [NS, 1994].

De emissie van fecaliën (stikstof en fosfaat) uit de trein is relatief klein (max. 1 i.e. per km spoorbaan)[NS, 1994] en heeft in dit verband geen prioriteit.

Uitloging van dwarsliggers

Dwarsliggers worden geïmpregneerd met creosootolie (steenkoolteerolie-destillaat), welke voor 30-75 massaprocent uit PAK bestaat. Dit looft in zekere mate uit en kan in het ballastbed en onderliggende bodem terecht komen. Naftaleen en twee andere EPA-PAK vervluchtigen grotendeels tijdens de opslag; uitloging en vervluchtiging tijdens het gebruik is berekend voor 13 andere EPA-PAK (9 van VROM). De uitloging hangt mede af van de oplosbaarheid van de PAK [Klinckhamers, 1992].

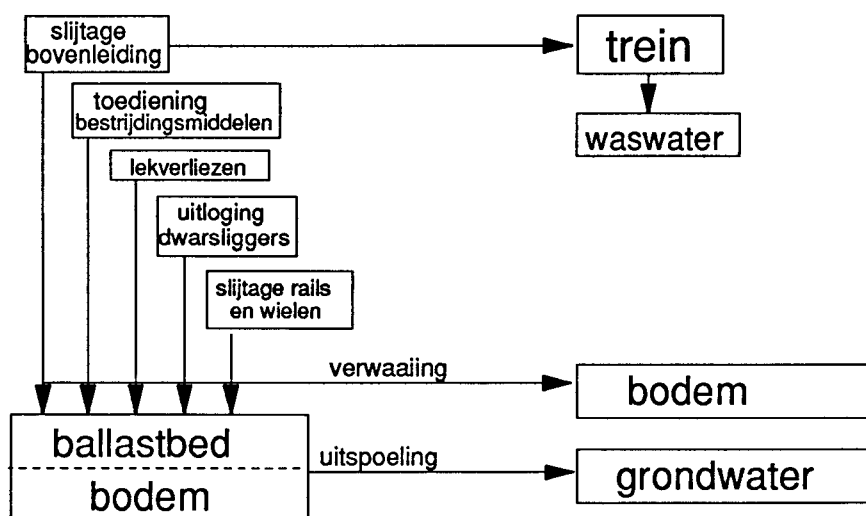
Door toepassing van koolassen als funderingsmateriaal en historische belasting kunnen ook aanzienlijke hoeveelheden PAK's en zware metalen in het ballastbed terecht zijn gekomen [Nieuwkoop, 1993].

Gebruik bestrijdingsmiddelen

Onkruidbestrijdingsmiddelen worden gebruikt om de drainage van het baanlichaam optimaal te houden en het inspectiepad begaanbaar te houden. De NS gebruikt verschillende onkruidbestrijdingsmiddelen, de laatste 20 jaar zijn hier flinke veranderingen in opgetreden (zie bijlage VI-1)[Lourijzen, 1991]. De middelen werden tot 1993 handmatig en door middel van een sproeitrein aangebracht op het ballastbed, het schouwpad, emplacementen en perrons. Sinds 1993 is de sproeitrein niet meer in gebruik.

Bestrijdingsmiddelen kunnen in principe na verloop van tijd (jaren) in het grondwater terecht komen. Door aanwijzing van grondwaterbeschermingsgebieden, waarin slechts bepaalde chemische middelen zijn toegestaan, kan dit worden voorkomen. Hiervoor is een toelatingsbeleid van kracht en zijn er gebruiksvoorschriften.

Meer aandacht voor het gebruik van herbiciden bij de NS heeft in 1991 geleid tot een "Beleidsplan: chemische onkruidbeheersing"[Bouma, 1991]. Aanleiding hiervoor was o.m. verontreiniging van ondiep grondwater op een aantal lokaties met onkruidbestrijdingsmiddelen (bromacil) en de geplande vervanging van het materieel van de sproeitrein.



Figuur 6.1 Stofstromen door activiteiten rond spoorwegen

6.3 Emissies

Koper, ijzer en lood.

De emissie van koper als gevolg van de slijtage van de bovenleiding wordt geschat op 20 tot 40 ton per jaar. De lage schatting is gedaan op grond van uitvoerige meting van de rijdraad dikte op een druk bereden traject, de hoge schatting is in 1987 gedaan op basis van het gewicht bij vervanging en de geschatte levensduur [Markesteyn, 1993]. Voorlopig wordt het getal van 40 ton per jaar gehandhaafd door de NS. Omgerekend per meter spoor met bovenleiding is dit 20 g per meter per jaar (4 rijdraden).

Door slijtage van gietijzeren remblokken en spoorlijtage was de emissie van ijzer in 1987 naar schatting 1000 ton/jr, momenteel is de ijzer emissie circa 500 ton/jr [NS, 1994].

Door slijtage van de stroomafnemer (11 ton materiaal) komt jaarlijks circa 1.1 ton lood op de bodem [Markesteyn, 1993].

PAK en olie

Voor de verduurzaming van dwarsliggers gebruikte de NS in 1986 2400 ton creosootolie voor verduurzaming van 28.000 m³ hout. In 1992 bestond 75% van het hoofdspoor uit houten bielsen (ca. 3400 km). Het totale aantal bielsen (2 per meter) is dan 6,8 miljoen, en de totale hoeveelheid hout (ca. 0.10 m³ per stuk) is dus 680.000 m³. Uitgaande van een levensduur van 25 jaar en toepassing van 28.000 m³ per jaar, is de totale toegepaste hoeveelheid 700.000 m³.

Voor de emissies (verdamping en uitloging) gedurende de levensduur van het hout wordt uitgegaan van 4,7 kg PAK/ m³ hout gedurende de levensduur van dat hout [Klinckhamers, 1992]. Uitgaande van een levensduur van 25 jaar [NS, 1994] is dit 188 g/m³ per jaar. Op basis van de totale hoeveelheid toegepast hout, is de jaarlijkse emissie (verdamping en uitloging) ca. 130 ton per jaar. Een aanzienlijk deel hiervan zijn vluchtige PAK (m.n. naftaleen) die voor een groot deel via verdamping het hout verlaten. Voorlopige aanname is dat 20% van de emissie uitlooft, dit is ± 26 ton.

De omvang van de lekkages van olie uit treinen is niet bekend bij de NS. Dit verdient nog aandacht.

Bestrijdingsmiddelen

De hoeveelheden bestrijdingsmiddelen die in 1991 en 1992 zijn gebruikt [NS, 1992, 1994] staan in tabel 2 van bijlage VI-1. In 1992 was het gebruik ruim 12 ton actieve stof (gemiddeld ruim 4 kg actieve stof/km spoor), dit is een afname met 35% t.o.v. 1986.

Verwachte ontwikkelingen

Verwacht mag worden dat de emissie van koper de komende jaren licht toe zal nemen door de grotere intensiteit van het treinverkeer en de uitbreiding van het spoorweganet.

Wanneer de hogesnelheidstrein en de betuwespoorlijn worden aangelegd zal het aantal kilometer hoofdspoor uitgebreid worden van 4500 tot 5500 km in 2003. Hierdoor en door vervanging van houten bielsen door betonnen zal in 2003 55% van de bielsen van hout zijn en 45 % van beton. Hierdoor zal de emissie van PAK niet verder stijgen of licht afnemen. Beton heeft momenteel de voorkeur door de langere levensduur, de lagere geluidsbelasting (-2dB) en doordat in een levenscyclus-analyse beton iets gunstiger uitkomt dan hout [NS, 1994].

Volgens de reductiedoelstellingen in het Meerjarenplan Gewasbescherming moet een

reductie van 13% in 1995 en een reductie van 22% in 2000 worden gehaald t.o.v. 1986 [NS, 1991]. Gezien de afname (bijlage VI-1) worden deze ruimschoots gehaald.

Sinds begin 1994 worden de actieve stoffen dalapon, dichlobenil, en amitrol niet meer gebruikt en in 1995 zal ook diuron gesaneerd worden. Hiervoor is nog een vervangend middel gewenst [NS, 1994]. Momenteel (1994) worden als herbicide diuron, glyfosaat, MCPA en simazin nog gebruikt.

6.4 Metingen en evaluatie van de bodembelasting

Metingen koper

Langs drie van de zes geëlectrificeerde trajecten werd in de tot ± 15 meter afstand een verhoogde koperconcentratie aangetroffen, op 25 meter waren er nog weinig verschillen en op 50 meter was er geen verschil met het achtergronds niveau. De verhoging ten opzichte van de achtergrond was 20-55 mg/kg d.s (absoluut 30-85 mg/kg). Op andere lokaties was door de aard van het baanvakmateriaal (zand) ook een verlaging t.o.v. de achtergrondconcentratie te zien (tot 20 mg/kg). De hoogste waarden komen voor op de trajecten met de vroegste elektrificatie (1938) en de grootste intensiteit (158 treinen per etmaal). Bij een lagere bodemdichtheid (veen e.d.) bleek de koperconcentratie het meest te zijn gestegen [Hoeve, 1991].

Depositie van koper langs de spoorbaan is in twee onderzoeken nader bekeken (zie bijlage VI-2). De depositie van koper voor het baanvak Utrecht-Arnhem (bij Veenendaal) loopt uiteen van 4 tot 85 mg m⁻² jr⁻¹ voor resp. 50 en 4 meter tot het hart van de dubbele spoorbaan [Hoeve, 1991].

Volgens een studie van NS/CTO voor hetzelfde baanvak (bij Veenendaal) 15 tot 556 mg m⁻² jr⁻¹ voor resp. 52 en 6 meter tot het hart van de dubbele spoorbaan. Voor het baanvak bij Harmelen loopt de depositie uiteen van 111 tot 1992 mg/m² tussen de afstand van 15 en 4,7 meter van het hart van de baan [Markesteyn, 1993].

De gemeten depositie bij Veenendaal (4-85 mg m⁻² jr⁻¹) verklaart onvoldoende de gemeten toename van de concentratie in de bodem (dit kan zowel door meetfouten als door variatie van de depositie komen) [Hoeve, 1991].

Volgens de MER-studie voor de Betuwe-lijn zal de emissie van koper en ijzer daar geen significante bijdrage aan de gehalten leveren [Betuweroute, 1992]. Een basis voor deze constatering ontbreekt.

In beide studies is een relatie gelegd tussen depositie en bronsterkte. In de eerste studie [Hoeve, 1991] is de berekende bronsterkte (via een beperkt onderbouwde berekening uit concentratiemetingen) 20 maal kleiner dan de voor dit traject berekende bronsterkte (15.4 g.m⁻¹.jr⁻¹). In de NS-CTO studie was na extrapolatie 82.5 % van de emissie (34.4 g m⁻¹.jr⁻¹) verklaard door depositie binnen 100 meter. Volgens deze extrapolatie komt bijna 80% van de totale depositie binnen 15 meter van de spoorbaan terecht.

Metingen ballastbed (koper, PAK, olie en arseen)

In het kader van een onderzoek naar hergebruik van ballastbed zijn er monsters genomen en geanalyseerd. Het ballastbed werd verdeeld in drie deelpartijen: de bovenlaag, de onderlaag (van de middenbaan) en de flanken. Na afscheiding van de zand+slibfractie (<2cm) is, in een hydrocycloon, dit gescheiden in een zand en een slibfractie (<60 µm). De analyseresultaten zijn weergegeven in tabel 6.1 [Grontmij, 1991].

Tabel 6.1 Gemeten concentraties zware metalen en PAK (gemiddelde 2 monsters) in de fijne fractie van het ballastbed (mg/kg d.s.) [bron: Grontmij, 1991]

Deel van ballastbed (en monster)	d.s.-gehalte- (gew. %)	cu	as	PAK- totaal ¹
bovenlaag				
- mengsel zand/slib	5,0	1800	98	304
- zand (<2cm, >60 µm)	80	200	18	12
- slib (<60 µm)	27	2250	98	341
onderlaag-middenbaan				
- mengsel zand/slib	8,3	1120	70	207
- zand	84	135	15	16
- slib	18	1210	120	331
flanken				
- mengsel zand/slib	3,8	1230	225	133
- zand	81	235	15	9,5
- slib	27	780	73	136
streefwaarde ²		36	29	-
interventiewaarde ³		190	55	40
WCA-norm		5000	50	50

¹ 10 PAK's van VROM

² Streefwaarde voor standaardbodem [Milbowa, Tweede Kamer, 1991]

³ Interventiewaarde voor standaardbodem [Notitie interventiewaarden, Tweede Kamer, 1993]

Hoewel het ballastbed en het daaruit afkomstige zand+slib niet als bodem beschouwd mogen worden, kunnen de bovenstaande waarden toch worden vergeleken met de interventiewaarden [Tweede Kamer, 1993].

Het blijkt dat het gehalte in het mengsel zand+slib en het slib de interventiewaarde voor koper, arseen en PAK-totaal één tot meerdere malen overschrijdt. Voor de zandfractie ligt de het gehalte aan koper in de bovenlaag en de flanken net boven de interventiewaarde en het gehalte PAK-totaal tussen de streefwaarde en interventiewaarde voor standaardbodems. Het mengsel zand+slib en het slib vallen onder de WCA op basis van de gehalten aan arseen en PAK.

De gehalten van PAK en de metalen naast en onder het ballastbed zijn niet bekend. In het bemonsteringsprogramma zoals dat voor de komende 2 jaar is gepland, zal dit wellicht duidelijker worden [NS, 1993]. Het is niet duidelijk in hoeverre de PAK-gehalten in het ballastbed afkomstig zijn van de verduurzaamde spoorbielsen.

Bestrijdingsmiddelen

Op basis van de halfwaardetijd en de adsorptiecoëfficiënt van de gebruikte middelen is de ophoping van 5 stoffen berekend (zie tabel 6.2 [NS, 1991]). De actieve stoffen dalapon, MCPA en 2,6-dichloorbenzamide (=BAM, afbraakprodukt dichlobenil) blijven beneden het gehalte van 1 µg/kg d.s.. De actieve stoffen diuron en dichlobenil hopen zich volgens de berekeningen op in concentraties die tussen 1 µg/kg d.s. en 1000 µg/kg d.s. (voormalige B-toetsingswaarde voor niet-chloor bestrijdingsmiddelen).

De stoffen dalapon, dichlobenil en BAM spoelen volgens de berekening uit naar het ondiepe grondwater in een concentratie hoger dan 0,1 µg/l (drinkwaternorm). Voor diuron en MCPA is de berekende maximale concentratie in het ondiepe grondwater kleiner dan 0,1 µg/l. Voor amitrol en glyfosaat zijn geen berekeningen uitgevoerd.

Tabel 6.2 Verbruik actieve stof en berekende concentratie actieve stof in bodem en ondiep grondwater (1 jaar na toepassing; bij normale doseringen) [bron: NS, 1991; NS 1992].

actieve stof	verbruik in 1991 (kg)	dosering actieve stof (mg/m ² /jaar)	actieve stof in bodem (% van dosering)	conc. in bodem (µg/kg)	max fractie uitspoeling	conc. in grondwater (µg/l)
amitrol	6100	196 551	-	-	-	-
diuron	8900	378	12	173,1	0,00001	0,004
dalapon	764	2000	< 0,01	0,76	0,001	1,0
		1400	< 0,01	0,53	0,0001	0,14
		720	< 0,01	0,27	0,0001	0,07
dichlobenil	380	1400	14	748,1	0,0001	0,14
		980	14	523,7	0,0001	0,1
MCPA	76	160	< 0,01	0,06	0,00005	0,08
BAM	(190)	700	< 0,01	0,27	>0,05	>350
		490	< 0,01	0,19	>0,05	>245
Glyfosaat	396	216	-	-	-	-

Metingen bestrijdingsmiddelen

In een onderzoek naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het ondiepe grondwater zijn diuron en amitrol in 1989 en 1990 één of meerdere keren bij spoorlijnen aangetroffen [Lagas, 1990; Cornelese, 1992]. De concentraties waren maximaal 2 µg/l (zie tabel 6.3). In 1989 en 1990 werd ook voor BAM (afbraakproduct dichlobenil) de norm voor drinkwater (0.1 µg/l) ruim overschreden. Dichlobenil werd in 1991 en 1992 ook bij de spoorwegen gebruikt. Onder plantsoenen was de concentratie BAM ca. 300 µg/l. Het aanwezige leemhoudende materiaal in het schouwpad (± 10 cm dikte) kan de adsorptie verhogen (vergeleken met het humus-arme zandlichaam).

Tabel 6.3 Concentraties gevonden in ondiepe grondwater langs spoorlijnen in 1989 en 1990 [Lagas, 1990; Cornelese, 1992]

geanalyseerde verbinding	p/P ¹ '89	n/N ² '89	C-range '89 µg/l	p/P '90	n/N '90	C-range '90 µg/l
dichlobenil	2/2	8/8	0.02-0.12	2/2	4/6	<0.02-0.83
BAM ³	2/2	8/8	2.2-34	2/2	4/6	1,2-20
diuron	2/2	7/9	<0.04-2	2/5	8/14	<0.03-1.8
amitrol	1/2	1/8	<0.05-1.4	3/4	7/11	<0.1-1.9

¹ p= aantal putten met minimaal één keer een positieve concentratie; P= aantal bemonsterde putten;

² n= aantal grondwatermonsters met een positieve concentratie; N= totaal aantal geanalyseerde monsters;

³ omzettingsproduct dichlobenil

Gevolgen voor bodemkwaliteit m.b.t. koper en lood

Voor koper is de ontwikkeling van de toekomstige bodemconcentratie berekend met het model SOILBOX (zie 2.5 voor aannames). Er is uitgegaan van de gemiddelde depositie van 253 en 503 mg koper per m². Dit is een belasting van resp. 20 en 40 ton (10 c.q. 20 g/m²/jr) over een breedte van 40 meter rond het hart van de spoorbaan (2000 m). Deze belasting ligt binnen de range van de depositiemetingen door de NS (zie "metingen koper"); er is geen rekening gehouden met depositie op de trein (schatting NS: 10%) en met depositie verder dan 20 meter (ca. 20%).

De resultaten voor de 4 modelbodems zijn in bijlage VI-3 grafisch weergegeven. Hieruit blijkt dat bij de lage belasting (253 mg/m²) de streefwaarde in alle modelbodems binnen 20 jaar na begin van de bodembelasting wordt bereikt en dat de interventiewaarde voor bodemsanering voor humus-arm zand, humeus zand, klei en veen in resp. 140, 130, 210 en 90 jaar worden bereikt. Bij de hoge belasting worden de interventiewaarden na resp. 70, 60, 105 en 45 jaar bereikt.

Bij deze berekening is geen rekening gehouden met verschillen in berijdingsintensiteit en groter aantal sporen bij stations, waardoor grote verschillen in belasting ontstaan.

De gemiddelde bodembelasting met lood is 14 mg/m² per jaar. Vergeleken met de bodembelasting langs wegen buiten de bebouwde kom (80 mg/m²) en de ontwikkeling van de bodemkwaliteit (zie bijlage V-7) kan geconcludeerd dat streefwaarden niet binnen 200 jaar worden overschreden.

Belast oppervlak

Voor de verschillende emissies wordt per stof of stofgroep het belaste oppervlak geschat. Voor elke stof is een oppervlak aangegeven; dit wil niet zeggen dat de emissies homogeen over dit oppervlak zijn verdeeld. Differentiatie voor verschillende baanvakken is gewenst, maar gaat voorbij aan het doel van deze inventarisatie. De schattingen staan in tabel 6.4 en vormen een samenvatting van deze paragraaf.

Tabel 6.4 Geschat belast oppervlak per stof (ha)

STOF	lengte dub- belspoor (km)	breedte (m)	Opper- vlakte (ha)	Opmerkingen
koper	2000	30-50 (40)	8000	belasting met gradiënt
ijzer	2800	16	4480	
lood	2000	30-50 (40)	8000	m.n. bij stations ($\pm$ 300)
olie (lekkage)	60	8	48	bij wissels, bochten
olie/vet (toediening)	10	8	8	75% is houten biels
PAK	1700	8	1360	lengte in 1993 minder
bestrijdingsmiddelen	2800	12	3360	

6.5 Beheersmaatregelen

Maatregelen die de slijtage van de bovenleiding tegengaan, zijn nog niet voorhanden. Gietijzeren remblokken worden in nieuwe treinen al lang niet meer toegepast.

Het gebruik van smeeroliën en vetten op de rails en bij wissels kan waarschijnlijk doelmatiger (minder vaak, alleen daar waar nodig) [NS, 1994].

Lekkage van olie uit treinen zal langzaam verdwijnen wanneer oude modellen (o.a. "mat 54") vervangen worden. Technische maatregelen aan oude treinen zijn niet haalbaar. Wel wordt er momenteel geëxperimenteerd met wollen matten die bij perrons de olie op moeten vangen. Dit kan minder arbeidsintensief zijn dan het af en toe verversen van ballastmateriaal.

Betonnen bielsen kunnen houten (verduurzaamde) bielsen vervangen. Bij de NS wordt nu ook vaker beton toegepast, bij wissels en op emplacementen is dit echter niet mogelijk (te weinig flexibel in gebruik).

Mogelijkheden om de gevolgen van bestrijdingsmiddelengebruik te verminderen zijn:

- minder actieve stof gebruiken (minder middel of lagere concentraties);
- curatieve in plaats van preventieve methodes toepassen (alleen daar waar nodig);
- andere (minder milieubelastende) middelen gebruiken;
- maatregelen aan het baanlichaam die de onkruidgroei beperken.

Een aantal maatregelen die onder de eerste drie punten vallen, worden al toegepast.

6.6 Conclusies en aanbevelingen

Koperemissies liggen tussen 20 en 40 ton per jaar, waarvan $\pm 70\%$ terecht komt op een oppervlak van ongeveer 8000 ha, waarvan circa 1600 ha spoorbaan. De gemiddelde belasting over een breedte van 40 meter is tussen de 2,5 en 5.0 kg ha⁻¹ jr⁻¹. Een dergelijke belasting leidt voor alle modelbodems binnen 20 jaar na het begin van de belasting tot een overschrijding van de streefwaarde voor koper. Uit bodemanalyses blijkt, dat op een aantal trajecten deze waarden inderdaad worden overschreden. Overschrijding van de interventiewaarde binnen 50 jaar treedt alleen op bij veengrond. De werkelijke belasting op een bepaalde plaats hangt af van de berijdingsintensiteit en de afstand tot de spoorbaan (gradiënt in de depositie).

De hoge arseen-gehaltenes, gevonden in het ballastbed, zijn afkomstig van historische vervuiling of van het ballastmateriaal zelf. De gehaltenes aan PAK in het ballastmateriaal kunnen ook afkomstig zijn van historische vervuiling, maar ook (gedeeltelijk) van de uitloging van spoorbielsen (naar schatting ca. 26 ton/jr; ca 19 kg/ha/jr). Gezien de belasting en de waargenomen gehaltenes in het ballastbed worden in de ondergrond de streefwaarden van individuele PAK mogelijk overschreden.

De omvang van de plaatselijk belasting met smeerolie is onbekend en verdient nog enige aandacht.

De belasting met bestrijdingsmiddelen is de afgelopen jaren behoorlijk teruggelopen, ook zijn mogelijk schadelijke middelen deels vervangen. Alleen de herbiciden diuron, glyfosaat, MCPA en simazin worden in 1994 nog gebruikt. Dit sluit overigens niet uit dat residuen van andere middelen nog in het grondwater aangetroffen kunnen worden.

BRON	emissie toename/ afname	plaats	overschrijding streefwaarde bodem <50jr	overschrijding interventie waarde <50jr	versprei- dings be- rekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
spoorwegen	toename Cu, afname PAK, olie, bestr.mid.	infra	Cu PAK olie? bestr. mid.	Cu: veen	ja	ja	goed

LITERATUUR

- Bouma, E.J. Beleidsadvies chemische onkruidbeheersing. Nederlandse Spoorwegen - Infrabeheer, Utrecht, november 1991.
- Cornelese, A.A. en H.L.J. van Maaren. Veldonderzoek bestrijdingsmiddelen; Resultaten

- 1990 (rapportnr. 725803005). RIVM, Bilthoven, januari 1992.
- Faber J.A. (red.) Het spoor; 150 jaar spoorwegen in Nederland. NS, Utrecht, 1989.
 - Grontmij NV. Brononderzoek ballastmateriaal (fase 2: dwarsdoorsnede-onderzoek); tweede concept. Nieuwegein, september 1991.
 - Hoeve, R.J. De verspreiding van koper langs geëlectrificeerde spoorwegen. (Luvo-doctoraalverslag v-297). LU Wageningen, november 1991.
 - Lagas, P., H.L.J. van Maaren en H.A. Vissenberg. Veldonderzoek bestrijdingsmiddelen; Resultaten 1989 (rapportnr. 728473005). RIVM, Bilthoven, juni 1990.
 - Lourijsen. Memo "Onkruidbestrijdingsmiddelen Nederlandse Spoorwegen". Nederlandse Spoorwegen, Infrabeheer (dienst Milieu) Utrecht, november 1991.
 - Markesteijn, A.J. van, P. Aardboom en J.F.A.M. ten Berg. Project koperemissie spoorwegverkeer; (I) Ontwikkeling directe meetmethode koperslijtage van de bovenleiding; (II) overzicht gegevens landelijke koperemissie; (III) verspreidingsmodel koperemissie. NS/CTO, Utrecht, mei/juni 1993.
 - Nederlandse spoorwegen. Algemene bedrijfsgegevens NS 1990. Utrecht, 1991.
 - Nederlandse Spoorwegen. Jaarverslag; chemische onkruidbeheersing 1991. NS - Infrabeheer (bureau Milieu), Utrecht, januari 1992.
 - Nederlandse Spoorwegen. Gesprek met dhr. M. v. Schaik, Infrabeheer, afd. Milieu, Utrecht, februari 1994.
 - Nieuwkoop, J. Bodemverontreiniging op voormalige bedrijfsterreinen. De erfenis van anderhalve eeuw industriële ontwikkeling in Noord-Brabant. TU Eindhoven, 1993.
 - Tweede Kamer. Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water (notitie). Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21990, nr 1.
 - Tweede Kamer. Kamerstukken 1993/1994, 22727, nr5. Notitie Interventie waarden bodemsanering. SDU, Den Haag.

7 TRAMBANEN

7.1 Inleiding

Nederland kent 37 openbaar vervoersbedrijven (tram- en autobuslijndiensten; excl. spoorwegen)[CBS, 1991]. Naast bussen die op diesel rijden (vallen onder de categorie wegen), rijden er voor het openbaar vervoer sneltram- en metrorijtuigen, trams en trolleybussen. De steden waar deze voertuigen rijden zijn Amsterdam (tram, sneltram en metro), Den Haag en Delft (tram), Rotterdam (tram, sneltram en metro), Utrecht (sneltram) en Arnhem (trolleybus). In bijlage VII-1 zijn het aantal voertuigen en trajectlengtes aangegeven.

Eind 1992 waren er 6270 lijndienst bussen bij tram- en autobusbedrijven, die gezamenlijk 421 miljoen kilometer hebben afgelegd. Totaal zijn er in Nederland 581 trams, 111 sneltram- en 115 metrorijtuigen en 2020 lokale bussen, waaronder 50 trolleybussen. Het totale baanlengte (dubbelspoor) van trams is 295 km, van metro 46.6 km, van sneltram 43.5 km en van trolleybussen 27 km [CBS, 1991,1994].

In Amsterdam wordt het openbaar vervoer verzorgd door het GVB (Gemeentelijk Vervoer Bedrijf), in Den Haag door de HTM (Haagsche Tramweg Maatschappij) en in Arnhem door de GVM (Gemeentelijke Vervoermaatschappij). In Utrecht wordt de sneltram geëxploiteerd door WN (West-Nederland), terwijl de baan zelf door de NS wordt beheert. In de regio Rotterdam wordt het openbaar vervoer verzorgd door de RET (Rotterdamsche Electrische Tram). In 1989/1990 is bij dit bedrijf een PRISMA-project uitgevoerd waarbij, na een analyse, een aantal maatregelen voor afvalpreventie zijn uitgevoerd [Hofman, 1991]. Belangrijke afvalstromen zijn oliën en vetten, verfafval, slib van reiniging van de trambaan, en afval van reiniging van gebouwen.

7.2 Deelbronnen en verspreiding naar bodem

Slijtage bovenleiding

Door de slijtage van bovenleidingen van tram en metro ontstaat, net als bij de spoorwegen, een koper-emissie naar de lucht. De koper komt eerst in de lucht, maar komt dichtbij de bron op de bodem en de straat (en op de trams). De emissie van koperstof hangt af van de gebruiksintensiteit van de bovenleiding. In figuur 7.1 zijn de stofstromen schematisch weergegeven.

Smering en reiniging trambaan

In Rotterdam wordt de trambaan twee keer per week gesmeerd met smeerolie door een smeerauto. Dit heeft als reden: 1) verminderen van slijtage van de spoorstaaf en het tramwiel; 2) verminderen van geluidsoverlast door het aanrijden van het wiel tegen de spoorstaaf. Sinds 1993 is minerale of synthetische smeerolie vervangen door lijnzaadolie. Tevens worden alle wissels gesmeerd. Hiervoor wordt een biologisch afbreekbaar smeermiddel gebruikt (Clintex bio 60)[RET, 1994].

In den Haag worden dezelfde middelen toegepast als in Rotterdam [HTM, 1994].

In Amsterdam wordt alleen op bepaalde plaatsen (bochten) smeerolie gebruikt, daarnaast worden de wissels gesmeerd en met behulp van hogedrukreiniging schoongehouden [GVB, 1994].

In Rotterdam wordt de baan (spoorstaven) ± 3 keer per 2 weken gereinigd. Dit gebeurt om twee redenen: 1) sterk vervuilde sporen kunnen niet meer dienst doen als retourrail voor de stroom; 2) sterk vervuilde spoorstaven belemmeren een goede waterafvoer (waardoor schade aan de spoor- en wegconstructie kan ontstaan).

In Rotterdam zijn twee railreinigingswagens, die, al rijdend op het spoor met een beitel het vuil in de spoorstaafgroef losmaken, met een waterstraaltje het vuil losspoelen en het vuil met spoelwater opzuigen.

In Amsterdam gebeurt reiniging van de baan met reinigingswagens met een droog proces.

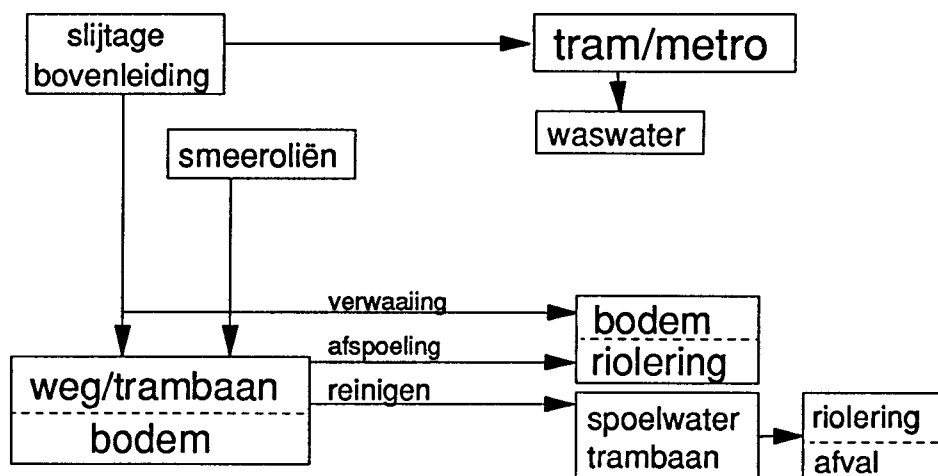
Overige bodembelasting

Lek- en morsverliezen in werkplaatsen voor het openbaar vervoer kunnen op den duur bodemverontreiniging veroorzaken (bij ontbreken vloeistofdichte vloer). Deze werkplaatsen zijn echter vergunningplichtig in het kader van de Wet Milieubeheer (zie bijlage I-1). Lekkage van motoren (buiten het bedrijfsterrein) kan ook leiden tot emissie naar de bodem [Hofman, 1991].

Afvalwater

Reiniging van het rijdend materieel vindt plaats in wasplaatsen. Het afvalwater hiervan wordt over het algemeen geloosd via een olie/waterafscheider. Afvalwater van het reinigen van de trambaan en van de gebouwen wordt veelal (na bezinking) direct geloosd op het riool. De stoffen die zich in het afvalwater bevinden zijn o.m.: schoonmaakmiddelen, ontvettingsmiddelen, olie, vet, straatvuil, etc. De bodem wordt in principe niet met deze stoffen belast.

Het afvalwater van het reinigen van de trambaan overschreed de lozingsnormen voor zware metalen en olie. Door toepassing van lijnolie voor het smeren van de baan mag het afvalwater (met alleen zware metalen uit het straatvuil) weer op het riool worden geloosd.



Figuur 7.1 Schema van stofstromen rond tram- en sneltrambanen

7.3 Emissies

Koper

Voor de steden Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Arnhem wordt de totale koperemissie naar bodem geschat op circa 10 ton per jaar [Slooff, 1990]. Dit getal is gebaseerd op een schatting uit 1977. Op basis van de huidige trajectlengtes, slijtage bij de spoorwegen en gegevens over vervanging van bovenleidingen, ligt de emissie van koper tussen 7 tot 20 ton koper per jaar (zie bijlage VII-2 voor berekening). De plaatselijke emissie is uiteraard sterk afhankelijk van de berijdingsintensiteit.

Emissies bij reinigen trambaan

In het spoelwater van het reinigen van de trambaan bevinden zich ook andere zware metalen. Afgezien van koper is het grootste deel van de verontreinigingen afkomstig van het "normale" straatvuil.

De olie in het spoelwater is daarentegen trambaan-specifiek. In Rotterdam werd 7 m³ smeerolie per jaar gebruikt. De plantaardige olie (lijnzaadolie), die momenteel wordt gebruikt, is vrijwel volledig biologisch afbreekbaar. Hiervan wordt wel meer produkt gebruikt.

Aangenomen dat in Den Haag evenveel wordt toegepast (en in Amsterdam niet) kan het totale smeerolie gebruik geschat worden op circa 16 ton plantaardige olie per jaar. Zeker de helft zal door de reinigingswag en weer worden verwijderd.

Per dag werd in Rotterdam per zuigauto 4 m³ spoelwater gebruikt en 1,5 m³ vuil opgezogen. Jaarlijks is dit 2016 m³ spoelwater en 756 m³ opgezogen vuil. Het vuil liet men in een tank bezinken waarna het water op het riool werd geloosd. Het vuil werd afgevoerd naar een verbrandingsinstallatie. Door de toepassing van biologisch afbreekbare olie mag het spoelwater (na bezinking) op het riool worden geloosd en het slib wordt gestort (het hoeft niet naar een afvalverwerkingsbedrijf)[RET, 1994].

7.4 Evaluatie van de bodembelasting

Koper

Hoewel er geen metingen van concentraties in de bodem bekend zijn, komt overeenkomstig de verspreiding bij spoorwegen naar verwachting een groot deel van het koper binnen een afstand van 10 tot 15 meter tot het hart van de baan terecht. Een klein deel komt op de trams terecht. Wanneer het koper op verhard en gerioleerd oppervlak terecht komt, wordt het voor een belangrijk deel met regenwater afgevoerd. Een deel van het koper zal bij het reinigen van de straten worden verwijderd. Bij onverharde oppervlakten en grindbedden kan het koper op en in de bodem terecht komen.

Naast het verhard oppervlak zijn ook grote delen van de tram en sneltrambanen die vrij liggen gerioleerd. Het deel van de totale baan dat gerioleerd is varieert in de vier steden tussen de 20 en 100%.

Het geëmitteerde koper komt terecht op verhard (gerioleerd) oppervlak of op onverhard oppervlak. Van de belasting op verhard oppervlak mag aangenomen worden dat 90% via het riool en met kolkenzuigerslib afgevoerd wordt. De overige 10% kan op de bodem (of in oppervlaktewater) terecht komen. De belasting van het onverharde oppervlak leidt tot een ophoping van koper in de bodem (bij (snel)trambanen over onverharde terreinen).

Oliën en vetten

Wanneer alle oliën en vetten die worden aangebracht bij smering bij het reinigen ook weer worden verwijderd, dan hoeft de bodem niet belast te worden. Er zijn echter plaatsen waar dit niet het geval is. Net als bij koper wordt aangenomen dat 90% via de riolering worden afgevoerd.

Gevolgen voor bodemkwaliteit m.b.t. koper

Voor koper is de ontwikkeling van de toekomstige bodemconcentratie berekend met het model SOILBOX (zie hoofdstuk 2). Er is uitgegaan van de "lage belasting" van 640 mg koper per m². Dit is een belasting van 7 ton (19.2 g/m dubbele baan) over een breedte van 15 meter tot het hart van de tram- en sneltrambaan (lengte 365.5 km; zie paragraaf belast oppervlak). Er is hierbij geen rekening gehouden met depositie op de trams en met depositie verder dan 15 meter.

De resultaten voor de 4 modelbodems zijn in bijlage VII-3 weergegeven. Hieruit blijkt dat bij de lage belasting de streefwaarde in alle modelbodems binnen 10 jaar na begin van de bodembelasting worden overschreden en dat de interventiewaarde bodemsanering voor humus-arm zand, humeus zand, klei en veen na resp circa 50, 45, 80 en 35 jaar worden overschreden.

Verschillen in de berijdingsintensiteit zijn echter van doorslaggevend belang voor de ontwikkeling van de bodemkwaliteit bij afzonderlijke (snel)trambanen.

Belast oppervlak

Koper

Het belast oppervlak door koper van bovenleidingen van trams is ca 885 ha. (baanlengte x breedte van belasting: 295km x 30 meter). Het onverharde oppervlak is circa 220 ha.; het verharde/gerioleerde oppervlak is circa 665 ha. Het oppervlak naast de baan kan echter ook onverhard zijn.

Het belast oppervlak door koper van de bovenleidingen van sneltrams en trolleybussen is circa 210 ha (70.5km x 30 meter). Het onverharde oppervlak ligt tussen 60 en 110 hectare (29-53% van de oppervlakte).

In tabel 7.1 is het geschatte oppervlak, dat door koper en olie wordt belast, samengevat.

Tabel 7.1 Geschat belast oppervlak per stof in ha

STOF	Lengte (km)	Breedte (m)	Oppervlakte (ha)	Ongerioleerd (ha)	Opmerkingen
koper trambaan	295	20-30	590-885	220	
koper sneltram/trolley	70.5	20-30	140-210	60-110	
olie (smering baan)	161	4	64	18	plantaardige olie

7.5 Beheersmaatregelen

Maatregelen die de slijtage van de bovenleiding tegen gaan zijn nog niet voorhanden.

Het aanbrengen van riolering onder de vrije baan van trams en sneltrams is gedeeltelijk gebeurd, maar dit verhoogd de aanlegkosten.

7.6 Conclusie en aanbevelingen

De koperemissie door trams e.d. ligt tussen 7 en 20 ton per jaar; de onzekerheid zit in het vervangingsgewicht van de kabels, de slijtagesnelheid en de berijdingsintensiteit. Door dit laatste is de belasting bij trambanen waarschijnlijk wat hoger dan bij sneltrambanen. De oppervlaktebelasting voor alle voertuigen samen ligt tussen 6 en 18 kg/(ha*jr) over een breedte van circa 30 m. In werkelijkheid is het waarschijnlijk een gradiënt vanaf het hart van de baan.

Op het onverharde (ongerioleerde) oppervlak (190-330 ha) worden volgens de berekening bij de lage bodembelasting (6.4 kg/ha/jr) de streefwaarden van koper voor de modelbodem binnen 10 jaar na aanvang van de belasting overschreden en de interventiewaarden na 35 tot 80 jaar.

Deze bron is waarschijnlijk zeer relevant voor de bodemkwaliteit en moet nauwkeuriger worden bekeken. Het verdient aanbeveling de slijtage beter te kwantificeren en de modelberekening voor een specifieke lokatie uit te voeren en met enige bodemanalyses te ondersteunen.

BRON	emissie toename /afname	plaats	overschrijding streefwaarde bodem < 50jr	overschrijding interventie waar- de <50jr	versprei- dings be- rekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
trambanen	toename	stad	Cu	Cu (behalve klei)	nee	nee	matig

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- CBS. Tram- en autobusbedrijven 1989. Produktiestatistieken transport, opslag en communicatie. CBS, Voorburg/Heerlen, 1991.
- CBS. Telefonische informatie CBS-Heerlen. Situatie per 31 september 1992. April 1984
- Hofman, H.D. en J.P.C. Dieleman. Bedrijfsrapportage RET. Project Industriële Successen met Afvalpreventie. NOTA, Leiden, 1991.
- HTM. HTM, Feiten en cijfers. Den Haag, januari 1994.
- Slooff, W. e.a.. Basisdocument Koper. Den Haag, 1990 (Publikatiereeks milieubeheer 5).
- Telefonische informatie van vervoersbedrijven in Rotterdam, Den Haag, Amsterdam en Arnhem, april 1994.

8 HOOGSPANNINGSMASTEN

8.1 Inleiding

Hoogspanningsmasten worden thermisch verzinkt. Door corrosie en afspoeling komt een deel van de aangebrachte zink in de omgeving van hoogspanningsmasten terecht. De KEMA heeft op basis van de totale lengte van het Nederlandse hoogspanningsnet (eind 1989 4400 km), een schatting gemaakt van het aantal hoogspanningsmasten [Meij, 1992]. Circa 200 km is uitgevoerd met buismasten en 4200 km met vakwerkmasten. Voor deze laatste zijn 15 verschillende masttypen gebruikt, waarbinnen de masten van verschillende hoogte zijn (voor kruisingen met wegen, kanalen, rivieren, spoorwegen, boven woningen of gebouwen worden vaak hogere masten gebruikt). De veldlengte (afstand tussen twee masten) varieert van 250m tot 480m, afhankelijk van het toegepaste masttype en masthoogte. Als gemiddelde veldlengte is 350 m aangehouden; voor 4200 km leidt dit tot 12.000 masten [Meij, 1992].

Het verzinkte oppervlak van een vakwerkhoogspanningsmast varieert afhankelijk van masttype en -hoogte. Als globale schatting wordt voor 380 kV en 220 kV-masten een oppervlak aangenomen van gemiddeld 700 m² per mast (30% van de masten), en voor lagere spanningen een gemiddeld oppervlak van 350 m² per mast (70% van de masten). De totale hoeveelheid verzinkt oppervlak van hoogspanningsmasten in Nederland is 5,5 mln m²; dit is naar schatting 4 procent van de totale hoeveelheid verzinkt oppervlak [Annema, 1991].

Overigens dragen de elektriciteitsdraden niet bij aan de zinkemissie, aangezien deze uit aluminium en staal bestaan. Verontreiniging van zink met lood en cadmium is verwaarloosbaar klein (<0,03%) [Lexmond, 1983].

Belangrijke andere bronnen van zinkcorrosie zijn bouwmaterialen (dakgoten e.d.), wegmeubilair (vangrails, bruggen en lantaarnpalen) en tuinbouwkassen [Annema, 1991].

8.2 Verspreiding naar de bodem

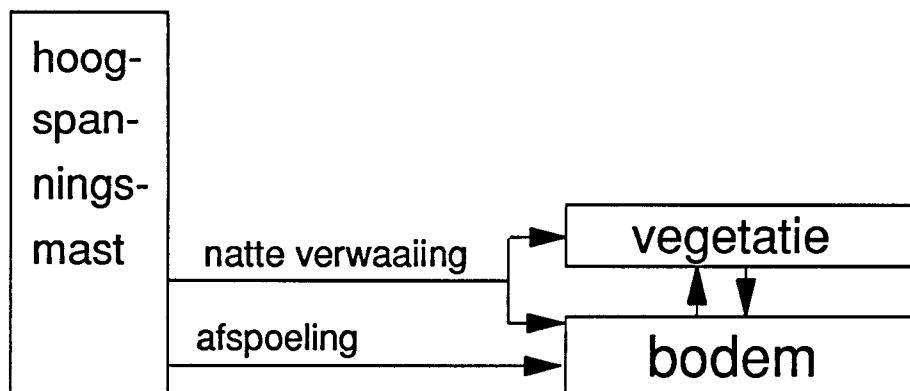
Corrosie

Door corrosie komt een deel van de op hoogspanningsmasten aangebrachte zinklaag op en in de bodem rondom de mast. De bij corrosie gevormde zinkverbindingen spoelen met regenwater af en komen in de bodem onder de mast terecht. De verspreiding van zink tot enige afstand rondom een hoogspanningsmast is voornamelijk het gevolg van winddispersie van waterdruppels met daarin opgeloste zinkionen.

De zinkbelasting van de bodem is afhankelijk van de snelheid van aantasting van de zinklaag. Deze is met name afhankelijk van de luchtverontreiniging (SO₂), de weersomstandigheden (regenval), de pH van het regenwater en de invloed van de zoute zeewind aan de kust [Meij, 1992; Cleven, 1993].

De uiteindelijke zinkconcentratie in de bodem hangt af van de totale belasting (afh. van jaarlijkse belasting x aantal jaren dat belasting duurt), de oppervlakte waarop het zink terecht komt en de verspreiding in de bodem. De verspreiding in de bodem is afhankelijk van grondsoort en van de waterhuishouding in de bodem.

In figuur 8.1 is de stofstroom van zink schematisch aangegeven.



Figuur 8.1 Stofstroom van zink bij hoogspanningsmasten

Corrosiesnelheid

Een nieuwe thermisch verzinkte hoogspanningsmast is bedekt met een zinklaag van 100 tot 120 μm dikte (dit is 0,71 tot 0,85 kg zink per m^2 metaaloppervlak (dichtheid zink 7.140 kg/m^3). De aantasting van de zinklaag verschilt per plaats op de mast. De zinklaag wordt vooral aangetast op delen van de mast die sterk aan regen en wind zijn blootgesteld en op delen die relatief lang vochtig blijven. Dit betreft ongeveer 30 % van het mastoppervlak. Op meer beschutte delen van de mast (70%) wordt de zinklaag weinig aangetast.

De PLEM stelde in Limburg voor onbeschutte delen van masten een zinkafname vast van 4,7 $\mu\text{m}/\text{jr}$ in de omgeving van Geleen en van 3,4 $\mu\text{m}/\text{jr}$ in de rest van de provincie. Door de PGEM is in Gelderland en vooral in de Flevopolders een veel sterkere afname vastgesteld. In de industriegebieden is de zinkafname op onbeschutte mastdelen ongeveer 12 μm per jaar en in de kustgebieden met zoute zeewind ongeveer 10 μm per jaar. Als gemiddelde voor Nederland wordt door de KEMA een zinkverlies van 6 μm op onbeschutte mastdelen en van 1 $\mu\text{m}/\text{jr}$ op meer beschutte mastdelen verondersteld. Gemiddeld is over de mast is dit een verlies van 2,5 $\mu\text{m}/\text{jr}$ (17,5 g/m^2 per jaar)[Kema, 1992].

Uitgaande van een gebiedsafhankelijke corrosie, is in landelijke gebieden de gemiddelde jaarlijkse afname 2 $\mu\text{m}/\text{jr}$ (14 g/m^2), in stedelijke gebieden 3,5 μm , bij industriële locaties 5,5, dicht bij verkeerswegen 7 μm en bij de kust 5 μm [Cleven, 1992; Annema, 1991].

Wanneer hoogspanningsmasten geverfd zijn, kan (als zich zinksulfaat heeft gevormd) de corrosie (met een lage snelheid) toch doorgaan. Wanneer het verven al na een jaar wordt gedaan is de kans hierop klein. De gebruikte verf bevat geen lood- of chroom-houdende pigmenten en loogt niet uit [KEMA, 1993].

Verspreiding zink rond mast en in de bodem

Uit metingen (zie ook 8.4) blijkt dat in de bodem tot 20 meter van de voet van de mast verhoogde waarden zijn gevonden. Er wordt aangenomen dat het belaste oppervlak voor grote masten en kleine masten een cirkel met een straal van resp. 25 meter en 20 meter is. Dit komt overeen met een belast oppervlak van 2000 en 1250 m^2 per mast.

Zink adsorbeert sterk aan oxyden, silica, CaCO_3 , kleideeltjes en organisch materiaal. De adsorptie is sterker bij een hoge pH. In lichte (zure) gronden zal de kans op uitloging groter zijn dan in gronden rijk aan organisch materiaal en CaCO_3 . Ook de oplosbaarheid

neemt af bij een toenemende pH. De K_d -waarde voor zink loopt sterk uiteen: voor zandgronden 0,2-4 l/kg, voor zandige leemgronden 70-100 l/kg. Er is een laag risico op grondwater contaminatie en een geringe kans op belasting van het oppervlaktewater (tenzij de mast direct aan het water staat) [Cleven, 1992].

8.3 Emissies

Van de 12.000 vakwerkmasten heeft 30 % (=3600 masten) een gemiddeld oppervlak van 700 m² (totaal 2.520.000 m²) en 70 % (=8400 masten) een gemiddeld oppervlak van 350 m² (totaal 2.940.000 m²). Het oppervlak van vakwerkmasten is dan 5.460.000 m² (≈5,5 miljoen m²).

Een nieuwe mast heeft een zinklaag met een dikte van 100 tot 120 µm (gem. 0,79 kg/m²). Dit is voor het totaal aan vakwerkmasten 4300 ton zink. Het grootste deel van de 12.000 masten zijn momenteel geschilderd, waardoor het op de masten aangebrachte zink tegen verdere aantasting is beschermd. Het gaat hier dus om schatting van de totale emissies in het verleden en het heden.

Uitgaande van een corrosiesnelheid van 2,5 µm/jr wordt door elke nieuwe mast gedurende het eerste jaar na de bouw gemiddeld 6,2 tot 12,5 kg zink geëmitteerd (afhankelijk van de mastgrootte). De totale zinkemissie van oudere masten kan, afhankelijk van het aantal jaren waarna is geschilderd, 5 tot 8 maal zo hoog zijn geweest (bij lineariteit in de tijd). Dit zijn gemiddelde waarden, afhankelijk van de plaats (bij industrie, nabij de kust) kunnen de zinkemissies groter of juist kleiner zijn.

Als alle 12.000 masten 5 jaar na de bouw waren geschilderd is de totale zinkemissie 487 ton (bij 8 jaar 780 ton). Als alle 12.000 masten één jaar na de bouw zijn geschilderd, is in totaal ongeveer 97 ton zink afgespoeld. Aangezien de levensduur van een mast gemiddeld 35 jaar is [Meij, 1992], is de belasting uitgesmeerd over deze periode. Dit geeft een bodembelasting van 2,8 ton (afgelopen 5 jaar) tot 22 ton per jaar (jaren daarvoor).

Uitgaande van de aanleg in 1988 van 100 km met hoge masten en 200 km kleine masten kan voor het eerste jaar een afspoeling van 7,5 ton zink worden berekend [Meij, 1992]. In 1990 is nogmaals ±100 km 380 kV leiding geplaatst, waardoor voor 1991 eenzelfde bodembelasting mag worden verwacht.

Achtergronddepositie van zink

De achtergronddepositie van zink was in 1990 150 g/ha/jr [Coppoolse, 1993]. Voor Nederland is dit (41863 km² [CBS, 1988]) 628 ton per jaar; volgens het basisdocument zink is dit echter 470 ton zink per jaar [Cleven, 1989].

Totale emissie van zink naar de bodem

De totale emissie van zink naar de bodem is circa 4237 ton, waarvan 1910 ton door toediening op landbouwbodem en 410 ton door depositie. Van het totale oppervlak verzinkt materiaal (125 miljoen m²) spoelt per jaar ongeveer 4000 ± 1000 ton zink af, waarvan 2025 ton naar de bodem [Cleven, 1992]. Volgens nieuw inzicht is het oppervlak verzinkt materiaal maar ruim 100 miljoen m² [RIVM, 1993]. Zie verder 11.4.

Verwachte ontwikkeling van de emissie

Verwacht wordt dat de jaarlijkse emissie van hoogspanningsmasten verder af zal nemen, doordat de tijd tussen bouw en schilderen enkele jaren geleden is teruggebracht tot één

jaar; dit wordt mogelijk nog verder bekort. In 1996 zal waarschijnlijk nog ± 150 km leiding worden aangelegd (van Zwolle naar de Eemshaven)[KEMA, 1993].

8.4 Metingen en evaluatie van de bodembelasting

Metingen

In tabel 8.1 zijn een aantal metingen opgenomen die aangeven welke zinkconcentraties in de bodem rondom hoogspanningsmasten voorkomen.

Tabel 8.1 Enkele metingen van zinkgehaltenes rondom hoogspanningsmasten [Meij, 1992]

Lokatie	bodemgehalte (mg/kg d.s.)	diepte (cm)	aantal jaar na bouw	bron
Nederland	200-650	0-20	6	Lexmond, 1987
Canada (op eiland)	200-550	?	25	Balch en Jones, 1991
Noord-Wales	1250-6500	?	27	Al-Hiyaly, 1988
Canada	8400-17400	0-5	30	Jones, 1983

De verschillen moeten vooral toegeschreven worden aan de plaats waar het monster is genomen en het aantal jaren dat bodembelasting heeft plaatsgevonden. De zeer hoge gehalten zijn gevonden op plaatsen direct naast de mastvoet [Meij, 1992].

In bijlage VIII-1 zijn de gemiddelde concentraties van 6 afstanden tot de mastvoet opgenomen [Lexmond, 1983; Van Hall, 1989]. Hieruit blijkt dat de gemiddelde gehalten in de bovenste 20 cm van de grond van 2 tot 10 meter rond de mast, de achtergrondwaarde (op 60 meter van de mast) resp. met een factor 6 (± 1) tot 3 (± 0.5) overschrijden.

Bij de metingen op zandgrond en venige klei worden de streefwaarden voor resp. humeus zand (61 mg/kg) en klei (169 mg/kg) tot een afstand van 10 meter van de mastvoet overschreden. De overschrijding aan de mastvoet is maximaal 4,5 maal de streefwaarde. Wanneer de menging van de bovengrond niet volledig zou zijn, dan kunnen gehalten in de toplaag groter zijn. De interventiewaarden voor standaardbodem (720 mg/kg) worden bij geen van de metingen (in Nederland) overschreden.

Volgens metingen gedaan naar de verspreiding in de diepte, bevindt slechts 10% van de hoeveelheid zink in de bovenste 60 cm van de bodem, zich in de laag van 40-60 cm. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de uitspoeling naar diepere grondlagen beperkt is.

Berekening van gehaltenes in de bodem

De zinkemissie heeft plaatsgevonden over een periode van meer dan dertig jaar. Het totale grondoppervlak onder alle Nederlandse hoogspanningsmasten met mogelijk een verhoogde zinkconcentratie bedraagt ongeveer 1770 ha. Op dit oppervlak is een hoeveelheid zink terecht gekomen die ligt tussen 97 tot 487 ton ($5,5 \text{ g/m}^2$ en 28 g/m^2).

Uitgaande van de belasting van 7,5 ton zink in 1989 (door in 1988 geplaatste masten) op een oppervlakte van circa 150 ha, is dit een belasting van 5 g/m^2 . Voor alleen grote masten is dit 6.5 g/m^2 (3.7 ton op 57 ha) .

Op twee manieren is berekend wat de bodembelasting betekent voor het zinkgehalte in de bovenste 20 cm van de bodem.

In bijlage VIII-2 is voor de modelbodems op een eenvoudige wijze de potentiële zinkcon-

concentratie berekend. Vergeleken met de streefwaarden voor bodemkwaliteit [RIVM, 1991] wordt (bij maximale zinkbelasting) op humus-arm zand en humeus zand de streefwaarde met een factor 2 overschreden (resp. 83 en 107 mg/kg d.s.). Bij klei en veen leidt de maximum belasting tot concentraties die ongeveer gelijk zijn aan de streefwaarden (resp. 98 en 229 mg/kg). Het achtergrondgehalte moet hierbij nog opgeteld worden.

In bijlage VIII-3 zijn de resultaten van het model SOILBOX (zie ook hoofdstuk 2) opgenomen. De belasting van 5,5 g/m² en 27.4 g/m² zijn hierbij uitgesmeerd over een periode van 35 jaar (gemiddelde levensduur). Bij de lage belasting (sinds $\pm$ 5 jaar) wordt voor alle modelbodems de streefwaarde niet overschreden (bij gelijkmatige verdeling 25 meter rond de mast). Bij de hoge belasting wordt de streefwaarde wel overschreden.

Zoals blijkt uit de metingen is in werkelijkheid de belasting vlakbij de mast veel hoger dan op 25 meter afstand. Toch komen de schattingen van de (gemiddelde) zinkconcentratie in de bodem goed overeen met de metingen in de bodem.

Afvoer van zink

Zink kan door gewassen en gras worden opgenomen en vervolgens worden afgevoerd. Volgens de KEMA is de hoeveelheid afgevoerde zink voor landbouwgrond normaal 250 g/ha/jr en voor grasland 60 g/ha/jr, voor grond direct rond hoogspanningsmasten is dit ook 250 g/ha/jr (6% van de gemiddelde belasting per ha per jaar)[Meij, 1992].

De afvoer van zink op grasland, mais, aardappelen en natuur is volgens gegevens van het RIVM achtereenvolgens circa 500, 900, 300 en 0 g/ha/jaar [Milieudiagnose, 1992]. Dit is vooral afhankelijk van het gewas en de oogstfrequentie; 20% afvoer tot helemaal geen afvoer van zink. Uitspoeling van zink naar diepere grondlagen hangt sterk af van de samenstelling van de bodem en de vorm waarin zink in de bodem voorkomt.

8.5 Beheersmaatregelen

Tot circa 5 jaar geleden werd door de meeste elektriciteitsbedrijven het onderhoud van hoogspanningsmasten als volgt uitgevoerd. Als de zinklaag van een mast plaatselijk zo ver was aangetast dat gevaar bestond voor roestvorming op het onderliggende staal, werd de mast van een beschermende verflaag voorzien. De eerste verfbeurt vond dan als regel na 5 tot 8 jaar na de bouw plaats [Meij, 1992].

Tegenwoordig worden hoogspanningsmasten in veel gevallen ongeveer een jaar na de bouw geschilderd, maar 3 tot 4 jaar komt ook voor [SEP, 1994]. Het besluit om masten in een eerder stadium te schilderen is niet alleen vanwege milieuredenen, maar vooral uit corrosie-technische motieven. Het milieu wordt bij het gebruik van verf wel belast met koolwaterstoffen (chloorrubberverf) en (verwijderde) verf kan op de bodem terecht komen. Bij het nieuwe traject van Zwolle naar de Eemshaven (in 1996) zullen de masten binnen een jaar licht worden gestraald en vervolgens geverfd [SEP, 1994].

Momenteel wordt bij de KEMA onderzoek gedaan naar andere manieren om staal voor hoogspanningsmasten te beschermen, waarbij geen zink meer vrij komt. Dit onderzoek komt niet op korte termijn beschikbaar [KEMA, 1993].

8.6 Conclusies en aanbevelingen

Geconcludeerd kan worden dat tot voor circa 5 jaar de bodembelasting met zink door hoogspanningsmasten een niet te verwaarlozen bijdrage leverde aan de totale emissie van

zink door corrosie ($\pm 5\%$ van het verzinkt oppervlak). Doordat er tegenwoordig eerder na de bouw geschilderd wordt, is de belasting sterk afgenomen. Wanneer de masten zijn geschilderd, mag worden aangenomen dat corrosie van zink stopt.

Door corrosie van zink kan in 5 tot 8 jaar na de bouw een zodanige hoeveelheid zink op de bodem komen dat de streefwaarde op zandgronden tot ± 15 meter van de mast wordt overschreden (m.n. aan de noord-oost zijde). In de eerste meter vanaf de mast kan ook de interventiewaarde (720 mg/kg) overschreden worden.

Wanneer de masten binnen één jaar na de bouw worden geverfd, dan neemt de belasting met 80% af t.o.v. circa 5 jaar geleden. Overschrijding van de streefwaarde beperkt zich dan tot enkele meters rond de mast.

De bodembelasting door masten ten opzichte van de totale Nederlandse bodembelasting door zink is waarschijnlijk afgenomen tot enkele tienden van procenten.

Verdere emissiereductie van deze bron lijkt niet noodzakelijk (mits binnen 1 jaar geverfd), wel verdient het aanbeveling naar lokale (of diffuse) bodembelasting door andere bronnen van zinkcorrosie te kijken, zoals bouwmaterialen, wegmeubilair en tuinbouwkassen.

BRON	emissie toename/ afname	plaats	overschrijding streefwaarde bodem <50jr	overschrijding interventie- waarde <50jr	verspreidings berekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
hoogspannings- masten	afname	land (stad)	Zn	-	ja	ja	goed

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- Annema, J.A., J. Ros, J. Verburgh en K. Huizinga. Mogelijkheden en onmogelijkheden van ketenbeheer zink. RIVM, Bilthoven, oktober 1991. (rapportnr 736301013).
- Berg, R. van den, C.A.J. Denneman en J.M. Roels. Risk assesment of contaminated soil: Proposals for adjusted, toxicologically based Dutch soil clean-up criteria. In: F. Arendt e.a. (eds). Contaminated Soil '93. Kluwer, Dordrecht, 1993.
- CBS. Statistiek van de wegen, 1 jan 1988. Den Haag, 1988.
- Cleven, R.F.M.J., J.A. Janus, J.A. Annema en W. Slooff (eds.). Basisdocument zink. RIVM. Bilthoven, november 1992. (Rapportnr. 710401019).
- Coppoolse, J. et al. Zware metalen in het oppervlaktewater. Bronnen en maatregelen. SPEED-document zware metalen. RWS/RIZA, VROM, RIVM, april 1993.
- KEMA. Mededeling dhr F.B.J. Koops. KEMA, Arnhem, november 1993.
- Lexmond, Th.M. Zinkverontreiniging van de bodem nabij hoogspanningsmasten in de 380 kV-leiding tussen Geertruidenberg en Eindhoven. LH Wageningen, november 1983.
- Meij, R en F.B.J. Koops. Emissies van zink bij de produktie en transport van elektriciteit. KEMA, Arnhem, mei 1992.
- Milieudiagnose 1991, III Bodem en grondwaterkwaliteit. RIVM, Lab. voor Bodem- en Grondwateronderzoek, Bilthoven, december 1992. Rappnr. 724801003.
- RIVM. Mededeling J.A. Annema. RIVM, november 1993.
- SEP. Mededeling dhr. Slofstra. SEP, Arnhem, augustus 1994.
- Van Hall Instituut. Verspreiding van de zinkbelasting van de bodem rondom verzinkte hoogspanningsmasten (interne rapportage). Groningen, oktober 1989.

9 STRALEN, REINIGEN, VERVEN EN IMPREGNEREN

9.1 Inleiding

Bij oppervlaktebehandeling van materialen kan onderscheid gemaakt worden tussen stralen/reinigen van materialen, het aanbrengen en verwijderen/bewerken van verflagen en conserveren van hout door impregneren. In het eerste en tweede geval gaat het om de emissies tijdens de activiteit (stralen, verven), dit is in feite een éénmalige bodembelasting. In het laatste geval gaat het vooral om uitloging tijdens de gehele gebruiksfase.

Opgemerkt moet worden dat de deelbron verven een overlap heeft met het gebruik van verfprodukten in de bouw (hoofdstuk 10) en dat de deelbron uitloging overlapt met uitloging van spoorbielsen bij spoorwegen.

Het totale gestraalde oppervlak van mobiele en vaste objecten ligt tussen 3,8 mln en 11,4 mln m² (114.000 ton grit meteen verbruik van 10 tot 30 kg per m²) [Meijer, 1993; VOM, 1994]. De toepassingsgebieden van straal grit zijn vooral scheepswerven en -dokken en staalconstructies (op bedrijfsterreinen)(zie bijlage IX-1, tabel 1). Jaarlijks wordt circa 0,5 mln m² bruggen en waterbouwkundige werken behandeld [RWS, 1994].

Metaal en steenachtige materialen kunnen op meerdere manieren worden gestraald. Er wordt onderscheid gemaakt tussen droogstralen met grit (ca. 85% van buitentoepassing) en natstralen met gebruik van grit (5-10% van buitentoepassing). Daarnaast is momenteel het stofvrij stralen in opkomst (<5%)[VOM, 1994]. Ook wordt hogedruk reiniging (hydro-jetting; <5%) veel toegepast.

Op het gebied van waterbelasting en afvalstoffen door (grit)stralen is enig onderzoek uitgevoerd aan het stralen van mobiele objecten in het kader van CUWVO VI [CUWVO, 1988, 1991a, 1991b]. Voor vaste objecten is een dergelijke studie niet uitgevoerd.

Er is geen informatie over de hoeveelheid geverfd oppervlak. De totale hoeveelheid verfprodukten die jaarlijks afgezet (en gebruikt) wordt is circa 270.000 ton [VVVF, 1992]. Naar schatting wordt 25% van deze produkten buiten toegepast [Tauf, 1994]. Een deel van de componenten kan belastend zijn voor de bodem. Deze stoffen kunnen bij aanbrengen en bij bewerken/verwijderen van de verf op de bodem komen.

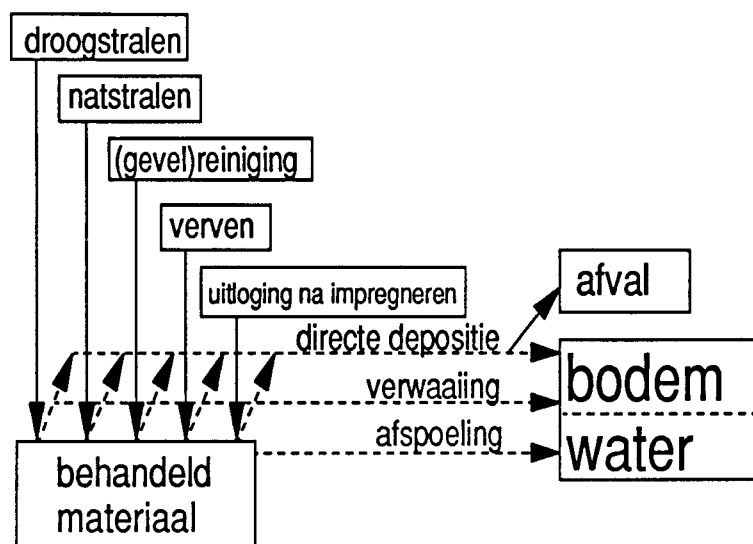
In 1989 werd 120.000 m³ hout gecreotoseerd [Slooff, 1989] en ±200.000 m³ hout met CCA-zout (met koper, chroom en arseen) verduurzaamd [Klinckhamers, 1992]. Dit wordt grotendeels buiten toegepast. Door uitloging, verdamping of slijtage komen stoffen in de omgeving van het behandelde materiaal terecht.

9.2 Deelbronnen en verspreiding naar bodem

In deze paragraaf wordt achtereenvolgens aandacht besteed aan stralen en reinigen van materialen, aan verven en aan impregneren van hout. In figuur 9.1 zijn de verschillende processen en stofstromen schematisch weergegeven.

9.2.1 Stralen en reinigen

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen behandelen van materialen met toevoeging van een straalmiddel (straalgrit) of het alleen met water stralen. Daarnaast worden er nog



Figuur 9.1 Schema van stofstromen bij de oppervlaktebehandeling van materialen

bepaalde schoonmaakmiddelen gebruikt voor gevelreiniging. De materialen die behandeld worden zijn vooral metalen, maar ook steenachtige materialen (gevels, wegen, beton) en overige materialen. Het doel is altijd om het oppervlak te reinigen, meestal ten behoeve van een verdere behandeling.

Stralen met straalgrit

In Nederland wordt overwegend eenmalig te gebruiken smeltslakgrit gebruikt (bodmassen van centrales in Duitsland; ca. 75% bestaande uit Al-oxiden en Si-oxiden). Daarnaast wordt veel staalgrit en korund (Al-oxide) gebruikt. In 1989 werd 114.000 ton grit gebruikt, verwacht wordt dat dit met enkele tientallen procenten zal afnemen tot het jaar 2000 [Meijer, 1991]. Meermalig straalgrit (o.a. staalgrit, Al-oxide, gietijzer) wordt vooral binnen toegepast (ca. 10.000 ton/jr)[Meijer, 1993].

Naar schatting wordt 40% van het grit op gebruikt materiaal toegepast, waarvan 80% buiten. De overige 60% wordt op nieuw materiaal toegepast, waarvan slecht 10% buiten (90 % binnen). In totaal wordt dus circa 40% van het grit buiten toegepast. Welk deel boven land en welk deel boven of bij water wordt toegepast, is niet bekend. Dit wordt geschat op ongeveer de helft.

Belasting van de bodem

Wegen waarlangs bodem (en oppervlaktewater) belast kunnen worden bij straalwerkzaamheden boven land zijn [CUWVO, 1988]:

- straalmiddelen en verfresten kunnen rechtstreeks op de bodem terecht komen;
- als stof kan fijn grit en verfresten via de lucht op de bodem (en in het water) komen;
- hogedruk spuitwater kan direct of indirect (via spuitdamp) op de bodem terecht komen.

De belasting van de bodem met stoffen hangt af van de samenstelling van straalgrit, de samenstelling van verven en de mate waarin grit en verf daadwerkelijk bij stralen op de bodem komen.

De samenstelling van straalgrit verschilt per soort grit. Voor smeltslakgrit zijn een aantal analyses gedaan, voor en na stralen, die een indicatie geven van concentraties die kunnen

voorkomen (zie bijlage IX-1, tabel 2). Andere middelen (staalgrit en korund) zijn veel schoner; koperslakgrit (met veel koper) wordt vrijwel niet meer gebruikt [VOM, 1994].

De samenstelling van verven is de afgelopen jaren steeds minder milieubelastend geworden. Doordat verwijderde verf 30-40 jaar oud kan zijn, maar ook al na 5-10 jaar opnieuw kan worden behandeld, is het moeilijk een goed idee te krijgen van de samenstelling van verwijderde verf. Zie hiervoor verder paragraaf 9.2.2. Bij verven die ouder dan 15 jaar is het mogelijk dat er hoge concentraties metalen in zitten.

De verspreiding van grit en verf verschilt per straalmethode. Voor natte straalmethoden is de verspreiding over het algemeen minder dan voor droge methoden. Tegenwoordig worden meestal maatregelen genomen (spannen van zeilen) om diffuse verspreiding te voorkomen.

Uitgaande van *droogstralen* met voorzieningen kan gemiddeld 72% van het grit worden ingezameld voor hergebruik. Het andere deel gaat verloren naar bodem (via lucht), water of wordt als afval gestort [Meijer, 1991]. Bij goede afscherming en opvang kan op een lokatie 80-95% van het grit worden opgevangen [VOM, 1994]. Het verlies van verf is moeilijker in te schatten, maar loopt uiteen van 10 tot 75% (resp. wel en geen afscherming) [Meijer, 1991]. Gezien de huidige werkwijze, ga ik uit van 15% diffuse verliezen.

Bij *nat stralen* kan naar schatting circa 90% van het grit worden opgevangen. De verf blijft hieraan voor een groot deel hangen. Het water wordt meestal naar een riool geleid of opgevangen, maar kan ook in de bodem zakken. Naar schatting komt 10% van de verf op de bodem terecht.

Bij *stofvrij stralen* kan naar schatting circa 95% van het grit worden afgevangen, voor de verf kan eenzelfde percentage worden aangehouden [VOM, 1994].

Hogedruk reiniging/ gevelreiniging

Gevelreiniging vormt een onderdeel van stralen; het onderscheid zich door het soort oppervlak en de aard van het object. Methoden en middelen gebruikt bij gevelreiniging zijn: borstelen; droog en nat gritstralen; hogedruk reiniging (heet of koud water); reinigen met zuren voor algehele reiniging (fluorwaterstof-zuur, zoutzuur of andere zuren); reinigen met loog (natronloog, kaliloog: voor oliën, vetten en verfbindmiddelen); reinigen met oppervlakte-actieve stoffen (vaak in combinatie met andere stoffen); reinigen met complexonpasta's (plaatselijk vuil); en reinigen met organische oplosmiddelen (in bijzondere situaties [SBR]). In welke mate verschillende methoden in Nederland worden toegepast is niet bekend.

Het aan de gevel geadsorbeerde stof bestaat uit stof met daaraan m.n. PAK en de metalen lood en zink. Afgezien van de verontreiniging, komen ook de milieubelastende stoffen dichloormethaan, logen en zuren op de bodem. Wanneer geen voorzieningen worden getroffen, komt afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden een groot deel van deze stoffen op de bodem terecht.

Er zijn grote verschillen in de regelgeving rond gevelreiniging bij verschillende gemeenten [LU-Wageningen, 1993]. Gemeente Haarlem en Amsterdam lopen met maatregelen in de regelgeving voorop, tevens is door de provincie Noord-Holland een draaiboek voor haar gemeentes opgesteld waarmee lozingen op het riool en diffuse bodembelasting kunnen worden beperkt.

9.2.2 Verven en impregneren

Tijdens het aanbrengen en bewerken van verflagen en na het impregneren van hout (uitloging), treden er emissies op naar de omgeving. Het gaat daarbij met name om emissies van metalen (lood, koper, chroom, zink en arseen) en PAK naar de bodem.

Verven

Samenstelling verf

De meest milieubelastende componenten van verf zijn de pigmenten en bepaalde hulpstoffen (biociden, siccatieven)[CPM-TNO, 1990]. Gezien de samenstelling van verschillende verven gaat het met name om belasting met de metalen lood, koper, chroom (III en VI), zink en barium. De samenstelling van verven is de afgelopen tien jaar sterk veranderd en deze trend zal zich doorzetten (zie tabel 2, bijlage IX-2 voor de globale samenstelling).

De metalen antimoon, arseen, cadmium, kwik en seleen komen (sinds 1987) vrijwel niet (meer) voor in spuitafval. De metalen chroom, kobalt, koper, lood, molybdeen, tin, barium en zink kunnen wel worden aangetroffen. In de periode 1979 tot 1987 en later daalt het gehalte aan kobalt, lood en molybdeen. Het gehalte tin en barium is na 1987 gedaald, het gehalte koper zal voorlopig gelijk blijven en het gehalte aan zink zal verder stijgen (zie tabel 3 bijlage IX-2)[Douma, 1993].

Aanbrengen verf

In Nederland worden ongeveer 270 ton verfprodukten toegepast, waarvan circa 25% buiten wordt toegepast. Ze bestaan voor circa 30% uit organische oplosmiddelen, waarvan een derde aromaten (tolueen, xyleen, styreen) en een derde alifatische oplosmiddelen, en voor circa 70% uit vaste bestanddelen (zie tabel 1 van bijlage IX-2) [Eijssen, 1992].

Afhankelijk van de applicatiemethode kunnen verfverliezen sterk variëren; wanneer buiten gewerkt wordt, is het verfverlies bij gebruik van kwast of roller 2-5% en bij airless spuiten van verf 5-45% (in hallen 0-5% voor kwast/roller en 50-60% voor pneumatisch spuiten)[CUWVO, 1991a]. Deze verf kan op de bodem terecht komen.

Verwijderen verf

Verwijderen van verf kan d.m.v. stralen, branden, afbijten en schuren. Voor stralen wordt verwezen naar 9.2.1. Bij branden en afbijten kunnen verfladders op de bodem terecht komen. Tevens kan dichloormethaan (aanwezig in afbijtmiddel) op de bodem terecht komen. De belasting van de bodem is afhankelijk van de mate waarin de bodem wordt afgedekt. Bij schuren zal het schuursel voor een groot deel diffuus op de bodem terecht komen. Kwantificering van deze bodembelasting is niet goed mogelijk.

Uitloging

Over het uitlooggedrag van verven is weinig bekend. In verhouding met de hoeveelheden verf die bij aanbrengen en het verwijderen van de verf op de bodem terecht komt, zijn emissies tijdens "gebruik" te verwaarlozen [Med. TNO, 1994]. Wel is een studie gedaan naar het uitlooggedrag van spuitafval van verschillende bedrijfstakken. Hieruit blijkt dat m.n. de metalen barium, chroom en zink (bij pH 4) in toenemende mate uitlogen en de interventiewaarde voor grondwater in de extracten wordt overschreden. Voor de metalen As en Mo blijft het extract onder de interventiewaarde, voor de overige metalen Cd, Co, Cu, Hg, Ni en Pb) wordt de interventiewaarde voor minstens één soort spuitafval overschreden [Beek, 1989].

Impregneren

Impregneren van hout gebeurt in Nederland met creosootolie (met PAK) en met CCA-zouten (met koper, chroom en arseen). Voor de verduurzaming was per jaar $\pm$ 10.000 ton creosootolie en $\pm$ 500-600 ton CCA-zouten nodig. Bij de huidige produktie met een vacuümdruk-methode zijn de emissies naar de omgeving veel lager dan bij de vroegere methode van het dompelen. Tijdens opslag van het materiaal bestaat de mogelijkheid tot afspoelen van de impregneermiddelen en belasting van de bodem. Door toepassing van een nabehandeling (stoombehandeling/hittebehandeling) is de uitloging tijdens de opslagfase met 90% verminderd [Klinckhamers, 1992].

Creosootolie. Van het gecreosoteerd hout wordt 25% in water gebruikt (oeverbeschoeiing etc.) en 75% op land (spoorbielsen 25%, agrarisch 30-35%, landinrichting 15%). Op land zal PAK en VOS op de lange duur uit het hout verdwijnen door verdamping en contact met regenwater en grondwater. De levensduur van gecreosoteerd hout wordt geschat op 40-50 jaar (Klinckhamers, 1992)

In creosootolie zit gemiddeld 26,65% tot 41,4% PAK [Slooff, 1989; Berbee, 1989]. Een deel van dit verschil komt doordat de één uitgaat van 10 en de ander van 16 PAK's. Een m³ hout bevat zodoende aanvankelijk gemiddeld 22 tot 35 kg PAK. In de opslagfase verdampen waarschijnlijk met name de lagere PAK uit (m.n. naftaleen, acenafthyleen en acenaftheen). Afhankelijk van het soort hout en of het hout is nabehandeld kan de emissie naar de bodem bij opslag (gedurende 76 dagen) variëren tussen 0,2 en 130 mg/m³ hout [Boonstra, 1991]. Voor 120.000 m³ hout is dit 25 g tot 15,6 kg (in 76 dagen). De emissie van PAK naar lucht en bodem gedurende de levensduur ligt tussen de 3,0 en 4,7 kg (14% van de input).

CCA-zouten. Het met CCA-zout verduurzaamd hout komt voor ruim 40% in de omgeving van woningen terecht, voor 20 % in de bouw, voor 25% voor inrichting van groen/natuur en 12,5 % in de waterbouw. Uitloging op land gebeurt alleen door langstromend regen en grondwater (geen verdamping). De levensduur van het hout ligt tussen 30 en 100 jaar [Klinckhamers, 1991].

In de opslagfase is de uitloging relatief laag doordat de nabehandeling zouten op de buitenkant van het materiaal heeft verwijderd. Tijdens de gebruiksfase op land loogt alleen koper en chroom uit en arseen vrijwel niet. Het gaat bij een levensduur van 50 jaar daarbij om 1% (Cr: 14 g van de 1180 g/m³) tot 3% (voor Cu 19 g van de 770 g/m³) van de totale hoeveelheid aanwezig in het hout [Berbee, 1989].

9.3 Emissies

Stralen met grit

De totale hoeveelheid eenmalig grit in 1989 gebruikt grit was 114.000 ton [Meijer, 1991]. Het percentage grit en verwijderde stoffen dat bij droog stralen met afscherming niet voor hergebruik in aanmerking komt wordt geschat op ongeveer 28%. Een deel hiervan wordt gestort en een deel komt in het milieu terecht. Van de buiten en boven de bodem toegepaste hoeveelheid grit (ca 20%) komt naar schatting 10-15% op de bodem. Dit komt neer op 2300-3400 ton per jaar.

Het deel van de verfdeeltjes dat uiteindelijk op de bodem terecht komt, kan worden geschat op 15% van de hoeveelheid verwijderde verf. De hoeveelheid verwijderde verf (buiten) is 5-10% van de hoeveelheid nieuw grit [Meijer, 1991]. De hoeveelheid verf die

diffuus verdwijnt is dus 115-340 ton per jaar.

Wanneer we uitgaan van de gemiddelde samenstelling van verven in 1979 (zie bijlage IX-3, tabel 2) en de samenstelling van ongebruikt grit (zie bijlage IX-1, tabel 2), dan kan de totale bodembelasting in 1989 worden berekend. In tabel 9.1 is het resultaat weergegeven.

Hogedruk reiniging/gevelreiniging

Het aantal gereinigde gevels in gemeente Haarlem was in 1993 ± 250 (het aantal onthefingen ± 180) [Gemeente Haarlem, 1994]. Op basis van het aantal woningen in Nederland van voor 1945 [CBS, 1993], kan het aantal gereinigde gevels worden geschat op 11000 woningen per jaar ($1.502.000/35.000 \times 250$).

Ondanks enige analyses van water bij gevelreiniging, een globaal inzicht in de gehanteerde methoden en in de voorzieningen ter voorkoming van verontreiniging, kan geen schatting van de bodembelasting (met name lood en zink) worden gegeven. Bij het afbijten van verf komt van de 2000 ton toegepaste dichloormethaan naar schatting ca. 100 ton jaarlijks op de bodem terecht [Slooff, 1988]. Dit wordt deels voor gevelreiniging gebruikt.

Aanbrengen en verwijderen verf

De hoeveelheid toegepaste verfproducten is 270.000 ton [VVVF, 1992], waarvan naar schatting 25% buiten wordt aangebracht. De hoeveelheid gemorste verf (bij kwast/roller: 2-5% van toegepaste verf) kan op grond van de hoeveelheid buiten aangebrachte verf, geschat worden op 1350 tot 3400 ton. Voor diffuus verspreid spuitafval van vijf bedrijfstgroepen wordt een schatting gemaakt van 1450 ton/jr [Douma, 1993]. Op grond van de samenstelling van grondstoffen in 1989 (bijlage IX-2) is een indicatie gegeven van de bodembelasting bij het aanbrengen van verven (zie tabel 9.1a en b).

De hoeveelheid verf die door schuren, afbranden en afbijten van verf (samenstelling 10 jaar geleden) op de bodem komt, is onbekend (bij RIVM-LAE zal hiervoor een schatting worden gemaakt).

Impregneren

Creosootolie

Gedurende de levensduur op het land (75% van het hout; 90.000 m³ hout/jr) vervluchtigt een deel van de PAK en komt een deel op de bodem terecht. Het totaal wordt geschat op 270-420 ton (3-4,7 kg/m³ hout). Wanneer 20% hiervan uitlooft, is de emissie naar de bodem 54-84 ton gedurende de levensduur (van 50 jaar) en 1,1 tot 1,7 ton/jr.

De hoeveelheid in Nederland gecreotiseerd hout tussen 1971 en 1991 is naar schatting 2,6 mln m³ [Klinkhamers, 1991]. Uitgaande van een totale hoeveelheid aanwezig in Nederland van 4 mln m³ hout is de emissie van PAK naar bodem 48 tot 75 ton per jaar.

De schatting van de PAK-emissie naar de bodem (exclusief lichte PAK) op basis van vier scenario's ligt tussen 45 en 65 ton per jaar in 1993 [Klinkhamers, 1991]. Dit is een indicatie van de emissie; de werkelijke emissie kan enkele factoren groter en kleiner zijn.

CCA-zouten

Gedurende de levensduur (87,5% op land toegepast; 175.000 m³ hout/jr) looft een deel van de zouten uit. Arseen looft op land vrijwel niet uit. De uitloging van chroom en koper is gedurende een levensduur van 50 jaar is resp. 2,45 en 3,33 ton.

De hoeveelheid in Nederland gewolmaniseerd hout tussen 1971 en 1991 is naar schatting 2,2 mln m³ [Klinkhamers, 1991]. Uitgaande van een totale hoeveelheid aanwezig in Nederland van 3 mln m³ hout in 1993 is de emissie van chroom en koper resp. 42 en 57

ton per jaar.

De schatting van de chroom, koper en arseen emissie naar de bodem op basis van vier scenario's is resp. 12-15 ton, 15-23 ton en max. 0,5 ton per jaar voor 1993 [Klinkhamers, 1991]. Gezien de vele aannames is dit een vrij grove schatting (zie tabel 9.1a en b).

Tabel 9.1a Emissie naar de bodem door verschillende deelbronnen (ton/jr)

Deelbron	hoeveelheid (ton)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Stralen: eenmalig grit	2300-3400	<0.01-0.07	<0.01	0.05-0.58	0.04-1.0	--	0.02-0.48	0.26-0.34
Stralen: verf	115-340	--	0.01-0.02	0.25-0.73	0.34-1.0	<0.01	2.1-6.4	2.0-5.9
Gevelreiniging	nvt	--	--	--	--	--	?	?
aanbrengen verf verwijderen verf	1350-3400 onbekend	--	0	0.67-1.0	1.3-3.0	0.01-0.03	6.3-14	9.3-22
uitloging verduur- zaamd hout	nvt	0.4	--	12-15	15-23	--	--	--
TOTAAL (maximaal)	nvt	0.5	0.03	17	28	0.04	21	28

Tabel 9.1b Emissie naar de bodem door verschillende deelbronnen (ton/jr)

Deelbron	hoeveelheid (ton)	PAK	DCM	minerale olie	aromaten
Stralen: eenmalig grit	2300-3400	--	--	--	--
Stralen: verf	115-340	--	--	--	--
Gevelreiniging	nvt	?	100	--	--
aanbrengen verf verwijderen verf	1350-3400 onbekend	-- --	-- zie gevelr.	135-340 --	135-340 --
uitloging verduur- zaamd hout	nvt	45-75	--	--	--
TOTAAL (maximaal)	nvt	75	100	340	340

Toekomstige emissies

De emissies door stralen zullen langzaam iets afnemen doordat de opvang van grit en verf verder zal verbeteren en de verfsystemen steeds minder belastende stoffen bevatten. Voor gevelreiniging is het onzeker of een dergelijk ontwikkeling bestaat.

De emissies bij verven zullen ook iets afnemen door de veranderende samenstelling van verven. Het gehalte van de meest schadelijk metalen neemt in elk geval af, andere metalen (bijv. zink) kunnen nog iets toenemen.

De emissies door uitloging van verduurzaamd hout zullen nog stijgen door een toenemende hoeveelheid van dit hout. Overigens worden de grootste emissies van naar de bodem voorzien tijdens de afvalfase van het hout. De hoeveelheid hout in de afvalfase zal nog sterk toenemen [Klinkhamers, 1992].

Vergelijking met emissies naar de bodem

In hoofdstuk 11.4 worden de emissies naar bodem vergeleken met de totalen in Nederland.

9.4 Evaluatie van de bodembelasting

Belangrijk is dat de activiteiten stralen en verven vaak op wisselende plaatsen de bodem belasten; er is geen sprake van een accumulatie van stoffen in de bodem gedurende jaren. Alleen bij uitloging van geïmpregneerd hout is sprake van accumulatie in de bodem. Andere objecten worden vaak maar één keer in de vijf tot tientallen jaren behandeld. Om deze reden is alleen voor uitloging de toekomstige bodemconcentratie modelmatig geschat.

Schatting van belast oppervlak

Het grote van het oppervlak waar verontreinigingen van het stralen en reinigen op terecht komen is moeilijk in te schatten. Gesteld kan worden dat vanwege de afscherpende maatregelen de verontreinigingen niet over een zeer groot oppervlak worden verspreid. Globaal wordt dit oppervlak geschat op 25% van het gestraalde oppervlak, per object kan dit echter ver uiteen lopen [VOM, 1994].

De dikte van waarmee verf gemiddeld wordt aangebracht is 200 μm [VOM, 1994]. Uitgaande van 67,5 ton buiten aangebrachte verf, een dichtheid van 1.5 kg/l en een droge stofgehalte van 0,7, wordt 158 mln m^2 oppervlak behandeld. Het belaste bodemoppervlak wordt ook op 25% van het behandelde oppervlak gesteld.

Er is ca. 7 mln m^3 geïmpregneerd hout in Nederland (4 mln m^3 gecreotoseerd en 3 mln gewolmaniseerd). Wanneer één m^3 hout ca. 5 m^2 bodem belast (aanne), dan wordt 3500 hectare bodem belast (1500 ha. door PAK en 2000 ha. door chroom, koper en arseen).

Tabel 9.2 Geschat belast oppervlak per bron in ha

BRON	behandeld oppervlak (mln m^2)	deel dat wordt belast (%)	belast oppervlak (ha)	opmerkingen
stralen	3.8-11	25%	100-300	
gevelreiniging	?	25%	?	
verf aanbrengen	158	25%	4000	
verf verwijderen	?	?	?	
uitloging hout	7 mln m^3		3500	aanname 1 m^3 belast 5 m^2

Stralen/reinigen

In het verleden (voordat afscherpende maatregelen worden getroffen heeft de Bouwdienst van Rijkswaterstaat wel eens onderzoek gedaan naar concentraties van metalen in het gras en de bodem vóór en na het stralen. Resultaten van dit onderzoek zijn echter niet meer beschikbaar [RWS, 1994].

De belasting van de bodem door straalgrit is bepaald aan de hand van uitloogproeven met grit (zie bijlage IX-1). De berekende belasting is daardoor een maximum belasting; omdat de omstandigheden in de bodem zullen minder extreem zijn. Bij het berekenen van de belasting door verf, is verondersteld dat de verfmatrix op den duur volledig afbreekt en de aanwezige stoffen in de bodem komen.

Er zijn enkele metingen aan het afvalwater van gevelreiniging gedaan (zie bijlage IX-2) en van bodem na reiniging. In één geval bleek het gehalte dichloormethaan in de toplaag van de bodem 82 mg/kg (interventiewaarde 20 mg/kg). Het is niet bekend in hoeverre dit een

incident is of veelvuldig voorkomt. Voor een goede indruk is meer informatie nodig.

Verven

Een aantal factoren maakt de belasting door verven onzeker. Ten eerste is de belasting van de bodem sterk afhankelijk van de omstandigheden en het gedrag van mensen. Ten tweede is het onduidelijk of de verfmatrix inderdaad op den duur volledig wordt afgebroken. Tot slot zijn oplosmiddelen in verven vrij vluchtig; hierdoor zullen lang niet alle middelen in de bodem geraken, maar ook zullen verdampen.

Impregneren

Er zijn geen metingen van de bodem rondom geïmpregneerd hout bekend. De geschatte bodembelasting van chroom, koper en PAK is aanzienlijk (resp. gemiddeld 6.3, 9.5 en 40 kg/ha/jr). De werkelijke belasting van de bodem (per oppervlakte-eenheid) is echter sterk afhankelijk van het oppervlak waar de stoffen op terecht komen. Metingen van de gehalten in de bodem kunnen meer inzicht geven in de verspreiding van de stoffen in de bodem.

Chroom. Op basis van de geschatte bodembelasting (8-10 kg/ha/jr) wordt binnen 10 jaar na plaatsing van dit hout de streefwaarde voor alle modelbodems overschreden en na 50 tot 130 jaar de interventiewaarde voor bodemsanering.

Koper. Op basis van een bodembelasting tussen 10 en 15 kg/ha/jr wordt de interventiewaarde voor de verschillende bodems na 15 tot 50 jaar na begin van de belasting overschreden.

PAK. Van de emissie van 45 tot 75 ton PAK (10 van VROM) naar de bodem is het niet bekend welk aandeel de verschillende PAK hierin hebben. Een modelmatige berekening is daarom niet goed mogelijk. Met name naftaleen zal door verdamping niet volledig in de bodem verdwijnen. Van de zwaardere PAK loogt met name fenantreen uit het hout [Klinkhamers, 1992]. De bodembelasting per oppervlakte-eenheid is ca. 23-38 kg/ha/jr.

9.5 Beheersmaatregelen

Stralen

Er zijn mogelijkheden om bodem- en waterbelasting door stralen en reinigen te voorkomen, vanuit de milieuzorg wordt hieraan ook aandacht besteedt. Bij RWS wordt bijvoorbeeld gestreefd naar het zoveel mogelijk gebruiken van hoge drukreiniging met water voor het verwijderen van markeringen (zonder toevoeging van andere stoffen).

Er zijn veel mogelijkheden voor afscherming van de werkzaamheden. De kosten van deze maatregelen zijn vaak een veelvoud van kosten van de oppervlaktebehandeling zelf.

Uit het oogpunt van diffuse verspreiding van stoffen zijn een aantal alternatieve methoden (t.o.v. droogstralen) aan te geven, die voor dit aspect gunstig zijn: hydrojetting met gritinjectie, nat stralen, CO₂-stralen, mobiel-werpstralen en vacuüm-stralen. De laatste twee vinden echter overwegend plaats in gesloten ruimten en CO₂-stralen zal voor staalonderhoud geen rol gaan spelen [Meijer, 1991].

Verven/bewerken geverfd oppervlak

De bodem kan afgedekt worden zodat geen grote hoeveelheden verf meer op de bodem terecht komen. Zo kan de belasting met dichloormethaan ook worden voorkomen.

Impregneren

In de circulaire werkprogramma milieumaatregelen bij houtimpregneerbedrijven zijn (in

het kader van het doelgroepenbeleid) uitloognormen voor geïmpregneerd hout opgesteld. waaraan sinds eind 1993 moet worden voldaan als het hout de nabehandelingsruimte verlaat [DGM-IBPC, 1992]. Verder zijn in deze circulaire ter voorkoming van emissies naar de bodem tijdens opslag maatregelen opgenomen (overkapping, vloestofdichte vloer). Deze maatregelen hebben vooral invloed op emissies in de opslagfase en in mindere mate in de gebruiksfase.

9.6 Conclusies en aanbevelingen

Door stralen, verven en uitloging van hout komen (wat betreft zware metalen) met name chroom, koper, lood en zink in het milieu. Voor chroom en koper is uitloging van geïmpregneerd hout de belangrijkste oorzaak, lood en zink komen vooral op de bodem door lekkage/morsen bij het aanbrengen van verf en het stralen van met verf behandeld oppervlak.

Daarnaast komen PAK vrij uit geïmpregneerd hout en komt dichloormethaan op de bodem bij (enkele vormen van) gevelreiniging en afbijten van verf. Bij het aanbrengen van verf kunnen alifatische en aromatische koolwaterstoffen op de bodem komen.

Rond de omvang van de emissies bestaat onzekerheid, m.n. rond de emissie naar de bodem van dichloormethaan, alifatische en aromatische koolwaterstoffen.

De emissies naar de bodem bij stralen en verven zullen ongeveer gelijk blijven of iets afnemen, de emissies door uitloging van geïmpregneerd hout zullen iets toenemen door de toename van de aanwezige hoeveelheid hout.

Omdat de aannames over het belaste oppervlak slechts grove schattingen zijn, is een betere onderbouwing hiervan gewenst om tot een goede schatting van de bodembelasting te komen. Het door stralen/reinigen belaste oppervlak is ca. een factor 10 kleiner dan het belaste oppervlak door verven en door uitloging van hout (elk circa 4000 ha.)

Op basis van de geschatte bodembelasting door uitloging van geïmpregneerd hout worden de streefwaarden voor koper en chroom voor alle modelbodems binnen 10 jaar na begin van de belasting overschreden. Ook de interventiewaarde kan binnen 50 jaar worden overschreden voor Cu en Cr (op veen).

Het verdient aanbeveling de uitloging van geïmpregneerd hout en de emissie naar de bodem nader te onderzoeken. Gezien de kans op uitspoeling naar het (ondiepe) grondwater verdient het aanbeveling na te gaan in welke mate dichloormethaan bij gevelreiniging wordt toegepast en wat de gevolgen voor het grondwater kunnen zijn.

BRON	emissie toename /afname	plaats	overschrijding streefwaarde bodem < 50jr	overschrijding interventie waarde < 50jr	versprei- dings be- rekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
stralen	gelijk	stad	DCM	DCM?	nee	ja	redelijk
verven	gelijk	stad	-	-	nee	nee	
impregneren	toename	stad- /land	Cu, Cr PAK?	Cu, Cr(veen)	ja	nee	

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- Beek, A.I.M. van de, en Th.G. Aalbers. Onderzoek naar het uitlooggedrag van metalen in spuitafval van verschillende verfverwerkende bedrijfstakken (rapportnr. 738608003). RIVM, juli 1989.

- Berbee, R.P.M. Onderzoek naar de uitloging in oppervlaktewater van PAK, koper, chroom en arseen uit geïmpregneerd hout (nr. 89.049). DBW/RIZA, Lelystad, 1989.
- Boonstra, M. e.a. Evaluatie van onderzoek naar de uitloogkarakteristieken van verduurzaam hout (Rapnr B-91-0082). TNO-Bouw, maart 1991.
- CBS. Maandstatistiek Bouwnijverheid. Voorburg/Heerlen, maart 1993.
- CUWVO werkgroep VI. Waterverontreinigingsproblematiek bij het stralen en conserveren van mobiele objecten (interimrapportage). Den Haag, december 1988.
- CUWVO werkgroep VI. Waterverontreinigingsproblematiek bij het stralen en conserveren bij scheepswerven voor beroepsvaart en grote jachten. Den Haag, april 1991a.
- CUWVO werkgroep VI. Waterverontreinigingsproblematiek bij het afsputten van recreatie vaartuigen. Den Haag, april 1991b.
- DGM-IBPC. Circulaire werkprogramma milieumaatregelen bij houtimpregneerbedrijven. Den Haag, mei 1992.
- Douma, G.H.(Centrum TNO-Coatings) Informatiedocument spuitafval (rapportnr. 738902-024). RIVM, Bilthoven, augustus 1993.
- Eijssen, P.H.M. e.a. Produktie van verf. Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland. RIVM/RIZA/DGM, Bilthoven, augustus 1992.
- Klinckhamers, P. Een verkennende studie naar de emissies van verduurzaam hout. IVEM, RU Groningen, mei 1992.
- Leidraad Bodembescherming. Den Haag, augustus 1993.
- Meijer, P.J., H. Verhagen. Informatiedocument Straalgrit (rapportnr. 738902016). RIVM, Bilthoven, november 1991.
- Meijer, P. Stralen met meermalig straalmiddel. Procesbeschrijvingen Industrie. RIVM, Bilthoven, augustus 1993.
- RIZA. Telefonische informatie de heer Krinkels. Lelystad, februari 1994.
- RWS. Mededeling dhr Zeegers, Bouwdienst Rijkswaterstaat ZH. Zoetermeer, mei 1994.
- Slooff, W. en J.P.M. Ros (eds.). Integrated Criteria Document Dichloromethane (rapnr. 758473009). RIVM, Bilthoven, juni 1988.
- Slooff, W. e.a. Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen (en advies gezondheidsraad). RIVM, Bilthoven, maart 1989. (Publicatiereeks Milieubeheer nr. 8)
- Stichting Bouwresearch. Gevelgids deel 1, Gevelreiniging. Rotterdam.
- TAUW. Onderzoek naar de risico's van wonen en woningbouw in grondwaterbeschermingsgebieden. Deventer, januari 1994.
- TNO-Coatings. Mondelinge mededeling dhr Hoeflaak. Delft, januari 1994.
- TNO-CPM. Milieugegevens van verf ten behoeve van een produktinformatiesysteem. Delft, 1990.
- Tweede Kamer. Kamerstukken 1993/1994 22727, nr5. Notitie Interventie waarden bodemsanering. SDU, Den Haag.
- VOM (Vereniging Oppervlaktebehandeling Metalen). Gesprek met dhr. Smietman. Bilthoven, februari 1994.
- VVVF. Statistisch jaarverslag 1992. Leiden, 1993.

10 BOUWACTIVITEITEN

10.1 Inleiding

Bouwactiviteiten vinden hoofdzakelijk op wisselende lokaties plaats. Door verschillende activiteiten tijdens het bouwproces kan de onbedekte bodem, die zeer kwetsbaar is, belast worden met verschillende stoffen.

Milieuzorg is momenteel sterk in opkomst in bouw; hierdoor lopen de werkwijzen bij verschillende bouwbedrijven sterk uiteen. Dit hoofdstuk probeert een beeld te geven van activiteiten die op de bouwplaats worden uitgevoerd en de bodem kunnen belasten. Het gaat om de bodembelasting als geheel en de resultaten zijn dus niet te betrekken op afzonderlijke bouwplaatsen. Na een beschrijving van de potentieel bodembelastende activiteiten, wordt getracht de omvang van de bodembelasting te bepalen.

De bouwvergunning gaat steeds meer richting een milieuvergunning door de vele voorwaarden die gesteld kunnen worden door de vergunningverlener. Naast stoffen die tijdens de bouw in het milieu kunnen komen gaat het ook om milieu-aspecten van reeds aanwezige verontreinigingen, bronbemaling (geen vervuild grondwater), afvoer van bouw- en sloopafval, en nog aanwezige tanks en leidingen [NMC, 1993]. Sinds oktober 1992 is het ook verplicht een verkennend bodemonderzoek uit te voeren voordat een bouwvergunning wordt verleend [WEKA, 1994].

In 1992 waren ongeveer 90.000 mensen werkzaam op bouwplaatsen, het aantal bouwbedrijven en het aantal bouwplaatsen is niet exact bekend. In 1992 is voor bijna 48.000 werken een bouwvergunning is verleend, waarvan bijna de helft voor woningen [CBS, 1993]. Bij een bouwduur van gemiddeld 1 jaar zal het om ongeveer ca. 25.000 bouwlokaties gaan.

10.2 Deelbronnen en verspreiding naar bodem

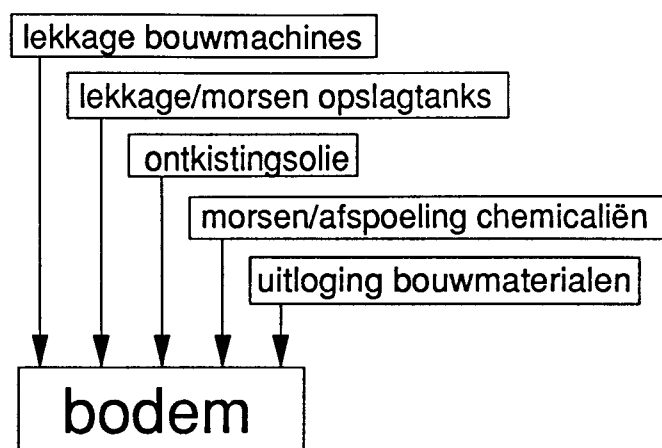
Stoffen die de bodem kunnen belasten op de bouwplaats zijn brandstoffen (diesel en huisbrandolie), olie (smeerolie, hydraulische olie, ontkistingsolie ed.) en diverse chemicaliën en afvalstoffen. Deze stoffen zijn nodig voor machines voor grondverzet, hijswerktuigen, generatoren, bekisting bij storten van beton en diverse afbouwwerkzaamheden [NMC, 1993; NVOB, 1992]. Per stofgroep worden de verschillende bronnen aangegeven. In figuur 10.1 zijn de (potentiële) stofstromen schematisch weergegeven.

Reeds bestaande verontreinigingen

Een probleem in het bouwafval en renovatieafval vormt het hoge gehalte aan PAK. De vraag is waar dit allemaal vandaan komt en hoeveel bij sloop in de bodem terecht komt.

Wanneer verontreinigingen reeds in de grond aanwezig zijn, is er een groot risico voor verspreiding van de verontreiniging bij het grondverzet. Dit kan komen door de aanwezigheid van o.m. oude olietanks, leidingen en rioleringen [NVOB, 1992].

Ook kan relatief vuile bovengrond worden omgewerkt, zodat een schonere bovengrond ontstaat. Dit is zeer ongewenst en moet worden voorkomen. Hoe vaak dit soort situaties zich voordoen is niet bekend. Door bronbemaling kunnen ook reeds aanwezige verontreinigingen verder verspreid worden.



Figuur 10.1 Schema van stofstromen naar de bodem op de bouwplaats

Brandstoffen

De belangrijkste brandstof die wordt gebruikt is dieselolie voor bouwmachines en aggregaten. In bijlage X-1 is een overzicht opgenomen van de bouwmachines welke dieselolie gebruiken. Daarnaast wordt soms huisbrandolie gebruikt voor de verwarming van bijvoorbeeld bouwketen.

Brandstoffen kunnen op en in de bodem komen door lekkage bij opslag, het vullen van opslagtanks of het (handmatig) overpompen in machines of kleine tanks.

Het lekpercentage bij op- en overslag wordt op basis van een risicobenadering geschat op gemiddeld 0.003% [Tauw, 1994].

Olie

Motorolie

Motorolie bestaat voor 80-85% uit alifatische en naftenische koolwaterstoffen en voor de rest uit additieven. Tijdens het gebruik kunnen PAK's worden gevormd in de olie.

Motorolie kan op de bouwplaats in de bodem komen door lekkage van machines, door morsen bij het ververset van motorolie of lekkage van oliedrums. Dit ververset wordt naar schatting in de helft van de gevallen op de bouwplaats gedaan.

De hoeveelheid motorolie die volgens een risicobenadering op de bodem terecht kan komen is gemiddeld 0,35 g per gebouwde woning [Tauw, 1994].

Hydraulische vloeistoffen

In veel specialistische voertuigen voor de bouw en grondverzet wordt gebruik gemaakt van hydraulische systemen, waarin een vloeistof zit, veelal (smeer)olie. Er kunnen drie soorten vloeistoffen onderscheiden worden [van der Poel, 1987]:

1. Vloeistoffen op basis van minerale olie; deze bevatten meestal additieven (0.1 - 30%) om de eigenschappen te verbeteren (tegen corrosie, oxidatie van de olie en slijtage).
2. Brandbestendige vloeistoffen; deze kunnen uit water bestaan met enkele procenten olie, uit een water in olie emulsie ($\pm$ 40% water), uit (co)polymeren in water en uit watervrije vloeistoffen (fosfaatesters). Deze laatste worden veel toegepast. Onduidelijk is of gechloreerde koolwaterstoffen nog worden toegepast.
3. Remvloeistoffen en schokbrekerolie; de eerste zijn op basis van glycolen of siliconen, de tweede is op basis van minerale olie met toevoeging van polymeren.

Hydraulische vloeistoffen kunnen op de bodem komen door het losschieten van slangen

van hydraulische systemen. Hoe vaak dit gebeurt is niet goed bekend [DGM-IBPC, 1994]. Remvloeistoffen kunnen vrijkomen bij vervanging en bij lekkage.

Smeeroliën en -vetten

Emissie van smeerolie treedt o.a. op rond hei-installaties (slag-diesel); de hoeveelheden olie die vrij kunnen komen zijn niet bekend. Er zijn ongeveer 200 van deze installaties in Nederland (zie bijlage X-1). Bij het doorsmeren op de bouwplaats (veel machines zijn zelfsmierend) kunnen ook smeervetten op de bodem komen.

Bij wasplaatsen voor rollend materieel bestaat de kans dat allerlei aanhangende oliën en vetten van de machines de bodem ingespoeld worden [Misset's, 1993]. Deze wasplaatsen zijn alleen aanwezig wanneer sprake is van verontreinigde grond.

Ontkistingsolie

Ontkistingsolie wordt toegepast bij het storten van beton en bestaat vaak uit minerale oliën, maar er zijn ook afbreekbare (plantaardige) oliën beschikbaar.

De verbruikte hoeveelheid per gebouwde woning is ca. 2 liter. Het wordt alleen toegepast bij grotere projecten (meer dan 30 woningen) en opgeslagen in 200 liter vaten. Op basis van een risico-benadering wordt de belasting van de bodem door op- en overslag geschat op 0.1% van de toegepaste hoeveelheid [Tauw, 1994].

Chemicaliën en Afvalstoffen

Er wordt een grote verscheidenheid aan chemische (hulp)stoffen gebruikt op de bouwplaats. Deze stoffen kunnen op de bodem komen bij o.a. overgieten van verf, verwaaien van cement en morsen bij het toepassen van verf, verdunningsmiddelen en zoutzuur. Het verfverlies bij gebruik buiten met kwast/roller wordt geschat op 2-5% (bij airless spuiten van verf 5-45%) [CUWVO, 1991a]. Verfprodukten bestaan in 1989 voor ca. 30% uit organische oplosmiddelen (zie bijlage IX-2), waarvan een derde aromaten (o.a. toluen, xyleen, styreen) [Eijssen, 1992].

Met behulp van een risicobenadering is geschat dat gemiddeld 0.55% van de verf en 1,3 % van de oplosmiddelen die in de bouw worden toegepast (aangenomen dat 25% buiten wordt gebruikt) op de bodem terecht kunnen komen. Aangenomen wordt dat oplosmiddelen voor 20% uit aromaten en 80% uit alifatische koolwaterstoffen bestaan [Tauw, 1994].

Uit de genoemde stoffen kan, samen met de reeds genoemde oliën en vetten, chemisch afval ontstaan. Dit kan onderverdeeld worden naar de fasen van het bouwproces.

Grondwerk: restanten van vetten, diesel en huisbrandolie, remvloeistoffen, smeerolie, afgewerkte olie, oliefilters en batterijen.

Ruwbouw: restanten ontkistingsolie, toevoegstoffen voor mortels, houtverduurzamingsmiddelen, voegkitten, montagelijmen, verf, verfverdunningsmiddelen.

Montagebouw: restanten soldeervet en -pasta, lijmen, voegkitten.

Afbouw: restanten lijmen/kitten, zoutzuur, chemische bouwstoffen (harders, versnellers, vertragers), primers, kleurstoffen, verfverdunningsmiddelen, purschuim en -foam, reinigingsmiddelen [Misset's, 1993].

De hoeveelheid chemisch afval per gebouwde woning ligt waarschijnlijk tussen 5 en 10 kg. Bij een proefproject in Leusden in 1988 bleek per woning ongeveer 5,5 kg chemisch afval vrij te komen. Dit bestond uit verfrestanten (51%; met naar schatting 10% aromaten en 10% olie-achtige verbindingen), plastic en lege fusten (28%), brandbare stoffen (olie; 9%), spuitbussen (7%), accu's en bijtende stoffen [Essen, 1989].

Het is mogelijk dat bovengenoemde stoffen vóór inzameling of bij opslag op of in de

bodem terecht komen. De hoeveelheid ligt tussen de 0.1% en 20% van het chemisch afval [Tauw, 1994]. De aanwezige oplosmiddelen zullen overigens grotendeels verdampen.

10.3 Emissies

Brandstoffen

In 1992 werd voor mobiele werktuigen 500 mln. kg (=595 mln liter) dieselolie toegepast [CBS, 1994]. Een berekening van Tauw gaat echter uit van een gebruik van 720 liter per gebouwde woning; bij de bouw van ca. 50.000 "werken" per jaar is het verbruik ca. 30 mln kg (35 mln liter) diesel [Tauw, 1994]. Dit verschil ligt in elke geval gedeeltelijk aan het ontbreken van andere dan woningbouw-werkzaamheden.

Uitgaande van 0.003% lekkage kan een emissie van 0.9 tot 15 ton (1050 tot 18000 liter) diesel naar de bodem worden berekend.

Olieprodukten

Motorolie

Het verbruik van motorolie wordt voor de transportsector en voor overige sectoren geschat op 50% van de hoeveelheid toegepaste motoroliën. Dit verbruik wordt veroorzaakt door verbranding, verdamping en lekkage. De totale toegepaste hoeveelheid in Nederland is ca. 78.000 ton. Bij "overige" sectoren wordt 20.000 ton toegepast, maar de in de bouw toegepaste hoeveelheid olie is onbekend. Hier wordt uitgegaan van de hoeveelheid bij de (vergelijkbare?) landbouwsector: 7000 ton/jr toegepast. Wanneer de lekkage, net als bij wegverkeer, op 10% van het verbruik wordt geschat [Nieuwenhuis, 1990], dan is deze lekkage 350 ton per jaar. Hiervan komt naar schatting 175 ton op de bouwplaats.

Uitgaande van een lekkage van smeerolie bij op- en overslag van gemiddeld 0,35 gram per gebouwde woning [Tauw, 1994] wordt de lekkage geschat worden op slechts 0.02 ton per jaar. Dit verschil kan deels verklaard worden door lekkage van de bouwmachines zelf, de emissie naar de bodem zal tussen beide in liggen.

Op basis van de samenstelling van de olie van het wegverkeer (bijlage V-2) kan de emissie van andere stoffen worden berekend.

Hydraulische vloeistoffen

De voornaamste verliezen van hydraulische vloeistoffen treden op bij onderhoud en reparaties en bij storingen (leidingbreuk, losschieten van slangen). Naar schatting van het RIVM komt 5 tot 10% van de hydraulische vloeistoffen op de bodem terecht [van der Poel, 1987]. Het totale verbruik van hydraulische vloeistoffen in Nederland is niet bekend. De totale hoeveelheid toegepaste niet-motorolie in 1988, waaronder hydraulische olie, was 88000 ton/jr [Nieuwenhuis, 1990]. Het verbruik aan hydraulische olie in 1987 was ca. 8000 ton [Klingenberg, 1989]. Als 10% daarvan in bouwmachines wordt toegepast, leidt dit tot een emissie van 40-80 ton naar de bodem.

Smeervetten

De hoeveelheid toegepaste smeervetten in Nederland is ca 5000. ton. De hoeveelheid gebruikt in de sector bouw en de lekkage is onbekend. De emissie naar de bodem wordt niet gekwantificeerd.

Ontkistingsolie

Op basis van een verbruik van 2 l ontkistingsolie per gebouwde woning (en de bouw van

50.000 woningen per jaar), wordt in Nederland jaarlijks 100.000 liter (ca 90 ton) ontkistingsolie toegepast. De hoeveelheid ontkistingsolie die door op- en overslag op de bodem kan komen met behulp van een risico-benadering geschat op gemiddeld ca. 0,1 ton per jaar. Het is onduidelijk waar het grootste deel van de olie blijft (chemisch afval, met gewoon afval, vervluchtiging of toch in de bodem).

Chemicaliën en afvalstoffen

Van chemicaliën wordt alleen de hoeveelheid gemorste verf gekwantificeerd. De totale hoeveelheid toegepaste verf is opgenomen in hoofdstuk 9. De in de sector bouw toegepaste hoeveelheid verfprodukten is 91 ton in 1992 [VVVF, 1993]. Wanneer een kwart van deze verf buiten wordt toegepast en de lekkage van verf 2-5% is, dan is de emissie naar bodem 0,4-1,1 ton. De hoeveelheid toegepaste oplosmiddelen is ongeveer 2,5 tot 5% van het verfgebruik: 2,3-4,6 ton. De emissie naar bodem is 30 tot 60 kg (bij een lekkage van 1,3%; zie voor basis van deze schatting bijlage IX-2).

De hoeveelheid chemisch afval uit de bouw is (bij 50.000 woningen per jaar) 250 tot 500 ton per jaar. Aangenomen dat tussen 1% en 10% van de het chemisch afval toch op de bodem terecht komt is dit 2,5 tot 50 ton per jaar. Op basis van de samenstelling (50% verf, 10% olie, overig niet meegerekend) kan een schatting van de bodembelasting worden gemaakt (zie tabel 10.1).

Tabel 10.1 Emissie naar de bodem door de verschillende deelbronnen (in kg)

Deelbron	hoeveelheid (ton)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	PAK	mineraal olie (ton!)	aromaten
Dieselolie	0.9-15									0.9-15	
Motorolie (max.)	0.02-175	1.4	0.2	1.3	58	0.6	191	145	148	150	
Hydraulische vloeistoffen	40-80									40-80	
Ontkistingsolie	0.1									0.1	
Chemicaliën verf	0.4-1.1	-	-	0.5	1.0	<0.03	4.6	7.1	-	0.05-0.15	50-150
oplosmiddelen	0.03-0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02-	10
zoutzuur	?	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	
Afvalstoffen	2.5-50	-	-	0.6-12	1.1-31	<0.25	5.3-106	8.0-161	-	0.25-5	400-7500
TOTAAL (maximaal)		1	0.2	14	90	1	302	313	148	250 ton!	7650

10.4 Evaluatie van de bodembelasting

Metingen

Er zijn geen bodemanalyses bekend die zijn gedaan op bouwlocaties voor en na het uitvoeren van bouwwerkzaamheden. Dergelijke metingen zijn ook weinig zinvol door de al eerder genoemde heterogene belasting en de grote verschillen in de werkzaamheden die op elke bouwplaats worden uitgevoerd.

Belast oppervlak

In 1992 was het gebouwde vloeroppervlak voor verleende bouwvergunningen $32,3 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ en het totale bouwvolume $133,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ [CBS, 1993]. Uitgaande van een gemiddelde bouwduur van 1 jaar, en een schatting van het gemiddeld aantal verdiepingen per type gebouw is schatting gemaakt van het jaarlijks bebouwd oppervlak (zie bijlage X-1 tabel 1). Aangenomen dat het bouwplaatsoppervlak ongeveer twee maal (1,5 tot 2,5) zo groot is, is het totale oppervlak ca. 4700 ha (3500 tot 5900 ha).

Tabel 10.2 Geschat belast oppervlak (ha)

BRON	deel van totale opp. (%)	belast oppervlak (ha)	opmerkingen
lekkage olie	2%	95 (50-120)	
chemicaliën	2%	95 (50-120)	
afval	2%	95 (50-120)	
TOTAAL	100%	4700 (3500-5900)	

Invloed op bodemkwaliteit

De emissies naar de bodem door bouwactiviteiten zijn zeer heterogeen en niet continu. De belasting van de bodem wordt daarom berekend op basis van het geschatte belaste oppervlak en niet de totale oppervlakte van de bouwplaats. De werkelijk belasting van de bodem zal zeer plaatselijk zijn en kan daardoor oorzaak zijn van veel hogere gehalten in de bovengrond.

Ook is de belasting door deze bron gemiddeld maar een jaar op dezelfde plaats. Door dit tijdelijke karakter van de bodembelasting, net als bij stralen en verven, kan er geen geleidelijke accumulatie van stoffen optreden.

Uitgaande van een onbelaste bodem (zonder historische verontreiniging) en een emissie naar de bodem betrokken op een deel van het bouwterrein (2% van het oppervlak voor elk van de deelbronnen olie, chemicaliën en afvalstoffen) kan de bodembelasting per hectare worden berekend. Op basis daarvan kan een eerste uitspraak worden gedaan over de ontwikkeling van de bodemkwaliteit. Door de heterogene en deels onbekende samenstelling en doordat het om een éénmalige belasting gaat, is het model SOILBOX niet geschikt.

Olie

De belasting van de bodem met olie (250 ton op 95 ha) is 2,6 kg per m^2 . Dit is een niet te verwaarlozen hoeveelheid die op 2% van elke bouwplaats zou kunnen optreden. Wanneer deze hoeveelheid wordt gemiddeld over de bovenste 20 cm van de bodem, dan ligt de concentratie in de modelbodems rond 1 g/kg (zie bijlage X-2). De interventiewaarde (5 g/kg) wordt dus niet overschreden; er is dan wel sprake van een lichte verontreiniging. Een nadere beschouwing van deze belasting lijkt hiermee gerechtvaardigd.

Aromaten

De potentiële belasting van de bodem met aromaten uit verf en (chemische) afvalstoffen is (460-7650 kg op 190 ha) 0,24-4,0 g/ m^2 . Wanneer vervluchtiging wordt verwaarloosd (worst case) kan de genoemde belasting in de bovenste 20 cm van de droge bodem leiden tot een concentratie van maximaal 10-30 mg/kg. Deze waarde ligt op de interventiewaarde voor xyleen (25 mg/kg; strengste waarde van aromaten). In werkelijkheid zal gezien de

aannames de interventiewaarde niet worden overschreden. Overschrijding van streefwaarden (0.05 mg/kg) lijkt wel mogelijk. Of streef- en interventiewaarden voor grondwater met deze belasting overschreden kunnen worden is onduidelijk.

Metalen

De belasting van de bodem met zware metalen uit olie en verf leidt amper tot verhoging van de concentratie in de bodem. Streefwaarden zullen niet worden overschreden.

10.5 Beheersmaatregelen

Er zijn vele mogelijkheden om bodembelasting te voorkomen. Vanuit de milieuzorg wordt de toepassing hiervan gestimuleerd. Enerzijds valt te denken aan het gebruik van minder belastende stoffen en anderzijds aan maatregelen om te voorkomen dat stoffen op de bodem terecht komen.

Bij minder belastende stoffen kan gedacht worden aan waterverdunbare verf, verven zonder zware metalen, afbreekbare (plantaardige) ontkistingolie en gebruik van afbreekbare smeeroliën.

Enkele maatregelen ter voorkoming van belasting van de bodem zijn: lekbakken voor opslag tanks (volledige inhoud van tank) en bij aftappunten; fundering van tanks; aanwezigheid van olieabsorptiemiddelen; afdekken van bodem bij verven.

10.6 Conclusies en aanbevelingen

Geconcludeerd kan worden dat er weinig bekend is over de emissies door bouwactiviteiten naar de bodem. Wel is duidelijk dat gebruik van machines en apparaten, werken met oplosmiddelen en chemisch afval de activiteiten zijn, die een bedreiging voor de bodem kunnen vormen. De omvang van emissies vertonen echter een zeer grote spreiding, dit wordt veroorzaakt doordat de frequentie van lekkages en allerlei activiteiten onzeker zijn.

Bij deze globale analyse is wel duidelijk geworden dat olielekkage en lekkage van oplosmiddelen de bodemkwaliteit kunnen beïnvloeden tot concentraties boven de streefwaarden. Deze overschrijdingen zullen zeer plaatselijk zijn en niet op het gehele bouwterrein voorkomen. Bij verdere implementatie van de milieuzorg is het van belang goed op emissies en gebruik van deze stoffen te letten.

BRON	emissie toename /afname	plaats	overschrijding streefwaarde bodem < 50jr	overschrijding interventie- waarde <50jr	versprei- dings be- rekening	bodem- analyse	betrouw- baarheid
bouwacti- viteiten	afname	stad	olie aromaten	-	nee	nee	matig

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- CBS. Maandstatistiek Bouwnijverheid. Voorburg/Heerlen, 1993.
- CBS. Luchtverontreiniging emissies door mobiele bronnen 1992 (concept). Milieustatistieken. 1994.

- CUWVO VI. Waterverontreinigingsproblematiek bij het stralen en conserveren bij scheepswerven voor beroepsvaart en grote jachten. Den Haag, april 1991.
- DGM-IBPC. Mededeling dhr. Werring. Den Haag, mei 1994.
- Eijssen, P.H.M. e.a. Produktie van verf. Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland. RIVM/RIZA/DGM, Bilthoven, augustus 1992.
- Essen, H. van e.a. Het ABC van chemisch bouwafval. IVM-UvA, Amsterdam, 1989.
- Klingenberg, A. Smeermiddelen en afvalolie. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht, april 1989.
- Misset's Milieu handboek 1993. Misset's Milieumagazine/ NMC, Doetinchem, januari 1993.
- Nieuwenhuis, J.W. en J.H. de Zeeuw (Tauw, Deventer). Informatiedocument afgewerkte olie (rapportnr. 738902007). RIVM, Bilthoven, juni 1990.
- NMC. Mondelinge mededeling, 1993.
- NVOB. Bouwen aan een schone zaak; Handboek "Milieuzorg voor het bouwbedrijf". Baarn, 1992.
- Poel, P. van der, en J.P.M. Ros. Uitwerpverwachting snijvloeistoffen en hydraulische vloeistoffen (rapportnr. 738620001). RIVM, Bilthoven, mei 1987.
- Tauw Milieu bv. Onderzoek naar de risico's van wonen en woningbouw in grondwaterbeschermingsgebieden. Deventer, januari 1994.
- VVVF. Statistisch jaarverslag 1992. Leiden, 1993.
- WEKA. Bouwen en Milieu. Handboek ter ondersteuning van milieuverantwoord beslissen. Amsterdam, februari 1994.

11 RELATIEVE BIJDRAGE EN PRIORITEITSTELLING VAN BRONNEN

11.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de bodembelasting van in de voorgaande hoofdstukken uitgewerkte bronnen op verschillende manieren vergeleken. Op basis hiervan kunnen bij bepaalde bronnen en/of stoffen prioriteiten worden gesteld. Daarbij zijn de gegevens uit de hoofdstukken 3 t/m 10 in dit hoofdstuk opgenomen. Voor meer uitgebreide informatie wordt naar die hoofdstukken verwezen.

Om het (landelijk) belang van verschillende bronnen van bodembelasting te vergelijken en zo prioriteiten te kunnen stellen zijn een aantal gegevens ter beoordeling nodig. In de paragrafen 11.2 t/m 11.4 zijn deze gegevens opgenomen. In deze paragrafen worden indien mogelijk voor elke bron de volgende gegevens op een rij gezet:

- het belaste oppervlak per stof;
- de totale emissie naar bodem per stof;
- de belasting per oppervlakte-eenheid uitgedrukt;
- plaats van de bron: (stedelijk gebied, landelijk gebied, langs infrastructuur);
- verwachte toe- of afname van de emissie naar bodem;
- tijdsduur tot overschrijden van streefwaarden voor bodemkwaliteit;
- tijdsduur tot overschrijden van interventiewaarden voor bodemsanering;
- relatieve bodembelasting t.o.v. totale belasting van de Nederlandse bodem.

Vergelijking van deze gegevens (van bronnen en stoffen) levert een maat op voor (1) het relatieve belang van een bron voor de ontwikkeling van de plaatselijke bodemkwaliteit en (2) het belang van een bron ten opzichte van landelijke emissies naar bodem.

11.2 Vergelijking van bodembelasting bronnen en stoffen

In de tabellen 11.1 en 11.2 zijn resp. de schattingen van het belaste oppervlak en de huidige emissies naar bodem van elke bron opgenomen. Het belaste oppervlak geeft de omvang van de invloedssfeer van de bron aan en zegt niets over de ernst van die beïnvloeding. In principe gaat het alleen om onverhard oppervlak; als een deel van het oppervlak verhard is, is dat aangegeven.

De emissies naar de bodem geven de hoeveelheid stof aan die op het belaste oppervlak terecht komt. Voor een aantal bronnen is dit een vereenvoudiging van de werkelijkheid, omdat een klein deel van de emissie ook buiten dat oppervlak terecht zal komen.

De bodembelasting per hectare (bodem) is aangegeven in tabel 11.3. De gemiddelde bodembelasting van elke bron kan zodoende met andere bronnen worden vergeleken. Op grond van deze gemiddelde belasting is in de afzonderlijke hoofdstukken de verwachte ontwikkeling van de bodemkwaliteit berekend. In paragraaf 11.3 wordt daarop ingegaan.

Belast oppervlak

Uit tabel 11.1 blijkt dat het oppervlak dat door wegen buiten de bebouwde kom wordt belast, het grootst is (56000 ha)(emissies binnen de bbk komen voor 90% op verhard oppervlak terecht; onverhard dus ca. 4900 ha). Trambanen bestaan voor een groot deel (70-75%) uit verhard oppervlak; circa 300 ha is onverhard en wordt werkelijk belast. Het

? = wel bron, omvang onbekend
 * = mogelijk bron
 - = geen bron van betekenis

Tabel 11.1 Geschat belast oppervlak door lokale bronnen per stof (ha) (gemiddelden)

BRON	DEELBRON	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb	As	PAK totaal	minerale olie	arom. kws	chloor kws	bestrijd. middel.	OPMERKINGEN
Riolering	in m3 l	2E+06	2E+06	2E+06	2E+06	2E+06	2E+06	2E+06	2E+06	?	-	2E+06	-	of 3400 ha. in oppervlakte (als 0.5m3 = 1m2) 0.2-1 ha.; directe sanering
Buisleidingen	nvt	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	
Wegen	binnen bbk -totaal	48800	48800	48800	48800	48800	48800	48800	48800	24400	?	-	-	10% onverhard, 90% verhard oppervl.
	buiten bbk -totaal	56000	56000	56000	56000	56000	56000	56000	56000	28000	?	-	-	650 100% onverhard
	-snelwegen	5842	5842	5842	5842	5842	5842	5842	5842	1460	?	-	?	
Spoorwegen	nvt	-	-	8000	-	?	8000	-	1360	48	-	-	3360	
(snel)Trambanen	nvt	-	-	1095	-	-	-	-	-	64	-	-	*	25-30% onverhard, 70-75% verhard
Hoogspanningsmasten	nvt	-	-	-	-	1770	-	-	-	-	-	-	-	totale oppervlak van door masten belaste bodem
Oppervlaktebehandeling	stralen	200	200	200	200	200	200	200	-	-	-	4200	-	
	verven	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	-	-	4000	0*	-	* opgenomen bij stralen
	uitloging	-	1500	1500	-	-	-	1500	2000	-	-	-	-	
Bouwactiviteiten	olie	-	95	95	95	95	95	95	95	95	-	-	-	totaal oppervlak bouwterrein (jaarlijks)
	overig	-	190	190	-	190	190	-	-	190	190	-	-	ca. 4700 ha (3500-5900 ha)
Totale oppervlakte Nederlandse bodem (km2): 41863 (4.186.300 ha.) [CBS, 1988]														

Tabel 11.2 Geschatte emissie naar de bodem door lokale bronnen per stof (ton/jr) (gemiddelden)

BRON	DEELBRON	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb	As	PAK	Olief (-verb)	arom. kws	chloor kws	bestrijd. middel.	OPMERKINGEN
Riolering	nvt	0.004	0.027	0.127	0.028	1.057	0.172	0.003	0.003	?	-	0.192	-	
Buisleidingen	nvt	-	-	-	-	-	-	-	-	215	-	-	-	150-350 m3, directe sanering
Wegen	binnen bbk -totaal	0.21	2.38	2.55	1.86	?	18	0.09	17.4	1720	?	-	-	10% naar bodem, 90% naar riolering
	buiten bbk -totaal	0.48	5.55	5.94	4.35	371	42.0	0.22	40.5	1720	?	-	?	100% naar bodem
	-snelwegen	0.24	2.78	2.97	2.18	306	21.0	0.11	20.3	860	?	-	?	
Spoorwegen	nvt	-	-	20-40	-	?	1.1	-	26	?	-	-	12.1	
(snel)Trambanen	nvt	-	-	10-20	-	-	-	-	-	8	-	-	*	70-75% gaat naar riolering; olie is plantaardig (afbreekbaar)
Hoogspanningsmasten	nvt	-	-	-	-	97-485	-	-	-	-	-	-	-	belasting gedurende eerste jaar/ 5jaar van allel masten (levensduur 35 jr)
Oppervlaktebehandeling	stralen	0.02	0.81	1.19	<0.01	4.3	4.5	0.04	?	-	-	100	-	100 ton DCM is totale bodememissie
	verven	-	0.84	2.2	0.02	16	10	-	-	238	238	0*	-	deel aromaten verdampt; * zie stralen
	uitloging	-	13.5	19	-	-	-	-	60	-	-	-	-	
Bouwactiviteiten	olie	0	0.001	0.058	0.001	0.145	0.191	0.001	0.148	238	-	-	-	
	overig	-	0.012	0.033	-	0.168	0.111	-	-	5.2	7.65	-	-	grootste deel aromaten verdampt
TOTALE EMISSIE NAAR DE BODEM IN NEDERLAND (in 1990)		17	187	968	205	4501	398	32	314	17500	?	?	20390	voor bronvermelding zie bijlage XI-1

oppervlak dat door transportleidingen wordt belast is relatief klein (0.6 ha). De getallen moeten beschouwd worden als een indicatie van het belaste bodemoppervlak, met name de oppervlakten genoemd onder riolering, oppervlaktebehandeling en bouwactiviteiten hebben een grote onnauwkeurigheidsmarge (tot een factor 10).

Emissies van stoffen naar bodem

In tabel 11.2 zijn de gemiddelde totale emissies van elke bron opgenomen. De belangrijkste bronnen (met emissies boven 5 ton/jaar) worden aangegeven.

Metalen. De bronnen riolering, wegen, oppervlaktebehandeling en bouw emitteren het hele scala aan zware metalen naar bodem. De emissie is het grootst voor wegen.

De emissie van *chromium* wordt vooral veroorzaakt door uitloging van geïmpregneerd hout; deze is 2 tot 3 maal zo groot als de emissie door wegen buiten de bebouwde kom.

De emissie van *koper* wordt vooral veroorzaakt door spoorwegen (bovenleiding). Deze emissie is 3 tot 7 maal zo groot als de emissie door wegen buiten de bebouwde kom (uitlaatgassen/banden), tot 4 maal zo groot als de emissie door trambanen (bovenleiding) en ongeveer 2 maal groter dan de emissie door uitloging van hout.

De jaarlijkse emissie van *zink* heeft als belangrijke bron wegen (banden/vangrails); deze is circa 20 maal groter dan de emissie door verven en circa 100 maal groter dan de jaarlijkse emissie door hoogspanningsmasten.

De emissie van *lood* naar de bodem door wegen (42 ton uit uitlaatgassen) is 2 tot 3 maal zo groot als de emissie bij stralen en verven.

PAK. De emissies van PAK naar de bodem worden vooral veroorzaakt door wegen, spoorlijnen (uitloging spoorbielsen) en door uitloging van geïmpregneerd hout (algemeen). De schattingen van de emissie naar bodem zijn onzeker, doordat het gedrag van de verschillende PAK niet goed bekend is (mate van vervluchtiging en uitloging uit hout).

Olie(producten). Emissie naar de bodem van olieproducten wordt (in afnemende omvang) veroorzaakt door wegen, lekkage van olie in de bouw, verven en ondergrondse transportleidingen. Voor de spoorwegen is de omvang van de lekkage niet bekend. De belasting door transportleidingen wordt meestal op korte termijn volledig gesaneerd. De omvang van de lekkage verven (alifatische oplosmiddelen) en lekkage van olie zijn zeer onzeker (kunnen meer dan een factor 10 kleiner zijn).

Aromaten. Bij morsen/lekkage van verven en oplosmiddelen kunnen aromaten (tolueen, xyleen en styreen) op de bodem komen. Deze zullen voor een groot deel verdampen, maar ook in de bodem kunnen verdwijnen.

Chloorkoolwaterstoffen. In totaal kwam in ca. 100 ton van de toegepaste 2000 ton dichloormethaan (in 1988) bij gevelreiniging en het verwijderen van verf op de bodem.

Bodembelasting per oppervlakte

In tabel 11.3 is de bodembelasting per hectare belast oppervlak uitgedrukt. Afgezien van enkele verharde oppervlakten komen alle stoffen op de onverharde bodem terecht. De getallen geven een beeld van de intensiteit van de bodembelasting. Op basis van deze bodembelasting is voor meerdere bronnen de mate van overschrijden van streefwaarden en interventiewaarden geschat. Voor een goede interpretatie van de getallen in tabel 11.3 moeten een paar kanttekeningen worden gemaakt.

Bij de bron hoogspanningsmasten gaat het om een tijdelijke belasting (1 jaar). Bij de deelbronnen stralen en verven (onderdeel oppervlaktebehandeling) en de bron bouwactiviteiten wordt steeds een ander oppervlak belast. Dit betekent dat stoffen niet op dezelfde plaats in de bodem accumuleren. In dit opzicht verschillen ze dus van de andere bronnen.

De getallen in tabel 11.3 geven een *gemiddelde* belasting van de bodem. Dit komt doordat

Tabel 11.3 Geschatte bodembelasting per hectare voor elke bron per stof (kg/ha/jr)

? = wel bron, omvang onbekend
 * = mogelijk bron
 - = geen bron van betekenis

BRON	DEELBRON	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb	As	PAK	Olie (-verb)	arom. kws	chloor kws	bestrijd. middel	OPMERKINGEN
Riolering	nvt	0.001	0.008	0.037	0.008	0.311	0.051	0.001	0.001	-	-	0.056	-	0.5 m3 komt overeen met 1 m2 aan het oppervlak
Buisleidingen	nvt	-	-	-	-	-	-	-	-	358333	-	-	-	vrijwel altijd directe sanering
Wegen	binnen bbk -totaal	0.004	0.049	0.052	0.038	?	0.369	0.002	0.357	70	?	-	-	10% naar bodem, 90% naar riolering
	buiten bbk -totaal	0.009	0.099	0.106	0.078	6.63	0.750	0.004	0.723	61	?	-	-	?
	-snelwegen	0.041	0.475	0.508	0.372	52.3	3.59	0.019	3.47	589	?	-	-	?
Spoorwegen	nvt	-	-	2.5-5.0	-	?	0.14	-	19	?	-	-	-	3.6
(snel)Trambranen	nvt	-	-	9.1-18	-	-	-	-	-	125	-	-	-	* lijnolie is goed afbreekbaar
Hoogspanningsmasten	nvt	-	-	-	-	55-274	-	-	-	-	-	-	-	In kg/hal gedurende eerste jaar of eerste 5 jaar van mast
Oppervlaktebehandeling stralen		0.1	4.1	6.0	0.0	21.5	22.5	0.2	-	-	-	24.0	-	-
verven		0.0	0.2	0.6	0.0	4.0	2.5	-	-	-	59.5	-	-	-
uitloging		-	9.0	12.7	-	-	-	-	30.0	-	-	-	-	-
olie		-	0.0	0.6	0.0	1.5	2.0	0.0	1.6	2505	-	-	-	-
overig		-	0.1	0.2	-	0.9	0.6	-	-	27	40.3	-	-	-

Tabel 11.4 Relatieve bijdrage van emissie naar de bodem door lokale bronnen aan totale bodembelasting in Nederland (gewichts %)

BRON	DEELBRON	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb	As	PAK	Olie (-verb)	arom. kws	chloor kws	bestrijd. middel	OPMERKINGEN
Riolering	nvt	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	-	?	-	-
Buisleidingen	nvt	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	- meestal directe sanering
Wegen	binnen bbk -totaal	1.2	1.3	0.3	0.9	?	4.5	0.3	5.5	9.8	?	-	-	- slechts 10% is bodembelasting
	buiten bbk -totaal	2.8	3.0	0.6	2.1	8.2	10.6	0.7	12.9	9.8	?	-	-	-
	-snelwegen	1.4	1.5	0.3	1.1	6.8	5.3	0.3	6.4	4.9	?	-	-	-
Spoorwegen	nvt	-	-	2.1-4.1	-	?	0.3	-	8.3	?	-	-	-	0.1
(snel)Trambranen	nvt	-	-	1.0-2.1	-	-	-	-	-	nvt	-	-	-	* 25-30% is bodembelasting
Hoogspanningsmasten	nvt	-	-	-	-	0.1-0.3	-	-	-	-	-	-	-	- In ton gedurende levensduur mast
Oppervlaktebehandeling stralen		0.12	0.43	0.12	0.00	0.10	1.1	0.13	?	-	-	?	-	-
verven		-	0.45	0.23	0.01	0.36	2.5	-	-	1.4	?	-	-	-
uitloging		-	7	2.0	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-
olie		-	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	1.4	-	-	-	-
overig		-	0.01	0.00	-	0.00	0.03	-	-	0.03	?	-	-	-
TOTALE EMISSIE NAAR BODEM IN NEDERLAND		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

stoffen meestal niet homogeen zijn verdeeld, maar een sterke gradiënt vertonen (spoorwegen, snelwegen, hoogspanningsmasten) of heterogeen over een terrein zijn verdeeld (bv. rioleringen, bouwactiviteiten).

Tot slot gaat het in enkele gevallen (door een ruwe schatting van het belaste oppervlak) om een indicatie van de bodembelasting per oppervlakte. Voor meer informatie per bron wordt verwezen naar de afzonderlijk hoofdstukken.

Per stof wordt aangegeven welke bronnen een relatief hoge bodembelasting hebben. Er treedt (t.o.v. "totale emissies naar de bodem") een kleine verschuiving op in de prioriteit die aan bronnen moet worden gegeven.

Cadmium komt door stralen (100 g/ha) en langs snelwegen (41 g/ha/jr) op de bodem terecht; voor stralen is dit echter een eenmalige belasting.

Chroom komt met name door snelwegen (0.5 kg/ha/jr), stralen (4 kg/ha) en uitloging van geïmpregneerd hout (9 kg/ha/jr) op de bodem.

Koper heeft een relatief hoge belasting van de bodem langs spoorwegen (2.5-5 kg/ha/jr), langs trambanen (9-18 kg/ha/jr), bij stralen (6 kg/ha) en bij uitloging van geïmpregneerd hout (13 kg/ha/jr).

Nikkel komt alleen langs wegen vrij (bij snelwegen 0.4 kg/ha/jr).

Zink heeft een zeer hoge belasting langs snelwegen (52 kg/ha/jr), het eerste jaar na plaatsing van hoogspanningsmasten (55 kg/ha) en bij stralen (22 kg/ha). Alleen bij wegen gaat het om een continue belasting.

*Lood*belasting is het hoogst langs snelwegen (3.6 kg/ha/jr), bij stralen (23 kg/ha/jr), door verven (2.5 kg/ha/jr) en door bouwactiviteiten (2.6 kg/ha/jr). De grootte van de belasting van laatste drie bronnen is onzeker (door een ruwe schatting van het belaste oppervlak) en is maar éénmalig.

Arseen kan met afgestraalde verf vrijkomen.

PAK. Emissie van PAK naar de bodem is hoog bij spoorwegen (19 kg/ha/jr), langs snelwegen (3.5 kg/ha/jr) en bij uitloging van geïmpregneerd hout (30 kg/ha/jr).

Olie. Een hoge belasting van de bodem met olie is te verwachten bij snelwegen (600 kg/ha/jr), en bij bouwactiviteiten (2500 kg/ha/jr), voor spoorlijnen is de belasting onbekend.

Aromatische oplosmiddelen kunnen bij verven op de bodem komen (ca 60 kg/ha/jr), maar zullen voor een groot deel verdampen.

Gechlorideerde koolwaterstoffen komen op de bodem bij het verwijderen van verf en gevelreiniging (24 kg/ha/jr). Dit gebeurt steeds op wisselende plaatsen; wellicht wordt een deel hiervan opgevangen of verdwijnt in het riool.

Bestrijdingsmiddelen worden in redelijke hoeveelheden langs spoorwegen toegepast (3.6 kg actieve stof/ha/jr) en in lichte mate in sommige wegbermen langs wegen (hoeveelheid onbekend).

11.3 Beoordeling plaatselijke ontwikkeling bodemkwaliteit

Werkwijze

Ter beoordeling van gevolgen van plaatselijke bodembelasting zijn voor elke bron de volgende aspecten samengevat (zie tabel 11.5):

- plaats van de bron: (stedelijk gebied, landelijk gebied, langs infrastructuur);
- verwachte toe- of afname van de emissie naar bodem;

- wel/niet overschrijden van streefwaarden van een stof binnen een periode van 50 jaar);
- wel/niet overschrijden van interventiewaarden van een stof binnen een periode van 50 jaar);
- wel/niet verspreidings berekeningen en metingen uitgevoerd;
- wel/niet bodemanalyses uitgevoerd (en wel/niet ondersteuning "modelberekening");
- mate van zekerheid van de resultaten/ beschikbaarheid van informatie.

Meer gedetailleerde informatie is opgenomen in de hoofdstukken over de afzonderlijke bronnen.

Plaats van bronnen

De uitgewerkte bronnen belasten de bodem vooral in stedelijke of bewoonde gebieden (rioleringen, trambanen, stralen/verven/impregneren en bouwactiviteiten), langs infrastructuur (wegen en spoorwegen) en in mindere mate in het landelijke gebied (transportleidingen en hoogspanningsmasten).

Bodembelasting in de toekomst

In kolom twee van tabel 11.5 is grofweg aangegeven hoe emissies zich zullen ontwikkelen. Lekkage van de *riolering* zal de komende jaren nog hetzelfde blijven, omdat op korte termijn de hoeveelheid slechte riolering niet zal verminderen (wel op de lange termijn). Een verbetering van de samenstelling van het huishoudelijk afvalwater is niet direct verwacht.

Het risico van lekkage van *ondergrondse transportleidingen* blijft waarschijnlijk ongeveer even groot.

De emissies bij *stralen, verven en uitloging* van hout blijven ook ongeveer gelijk. Door afscherming bij straalwerkzaamheden is de emissie sinds ca. 5 jaar sterk verminderd.

Bij *wegen* zal met name de emissie van lood verder afnemen. De emissie van zink zal gelijk blijven, tenzij alternatieven voor verzinkte vangrails toegepast gaan worden. Emissies van andere stoffen kunnen licht toenemen door de toename van het autoverkeer. De toename van de hoeveelheid wegdek met ZOAB zorgt voor een afname van de verspreiding van verontreinigingen.

De emissie van zink door *hoogspanningsmasten* zal nog verder afnemen doordat eerder na de bouw het zink met een verflaag afgedekt wordt. Bij *bouwactiviteiten* mag ook een lichte afname van de bodembelasting worden verwacht door de invoering van milieuzorg in de bouw.

De emissie van koper bij *trambanen* kan licht stijgen, door een uitbreiding van het sneltram-net. De emissie van koper bij *spoorwegen* zal licht groeien, door een toename in het gebruik van het spoor en de uitbreiding met de hogesnelheidslijn en de betuwelijn. De belasting met olie zal de komende jaren afnemen.

Overschrijding streefwaarden of interventiewaarden

In de derde en vierde kolom van tabel 11.5 is aangegeven of op basis van berekeningen of metingen streefwaarden voor de modelbodems binnen 50 jaar na begin van de belasting worden overschreden of reeds zijn overschreden. Hetzelfde is gedaan voor overschrijding van de interventiewaarde voor bodemsanering.

In alle gevallen is uitgegaan van de schatting van de "huidige" belasting (bronjaar 1991/1992). Tevens is bij de berekening rekening gehouden met achtergrondgehalten in relatief onbelaste gebieden (zand-, klei- en veenbodems) in Nederland. Dit betekent dat wanneer de bodem in voorgaande jaren reeds is belast (door de bewuste bron of andere bronnen),

Tabel 11.5 Gegevens ter beoordeling van plaatselijke bodembelasting (bronjaar 1991 en 1992)

BRON	Emissie 1) toename/ afname	Plaats 2) stad, land, infra	Overschrijd. streef- waarde <50 jaar	Overschrijd. interventie- waarde <50 jaar	Verspreiding berekening en/of meting	bodem- analyse	betrouw- baarheid resultaat 3)
Riolering	+/-	stad land	Cl-kws	-	nee	ja	+/-
Buisleidingen	+/-	land	olie?	olie: directe sanering	nee	nee	+/-
Wegen (s=snelwegen) (w= wegen buiten bbk)	Pb - overige +/-	stad infra	Cd (s) Cu (s): 70 jr Zn (s+w) Pb (s+w) fenant. (s) naftaleen (s+w) olie?	- - Zn (s) - - - -	deels	ja	+
Spoorwegen	+	infra	Cu olie?	Cu:80 -	ja	ja	+
Metro- en trambanen	+	stad	Cu	Cu	nee	nee	+/-
Hoogspanningsmasten	-	land	Zn	-	ja	ja	+
Oppervlaktebehandeling (stralen, verven en uitloging)	+/-	stad	DCM? Cr Cu	- - Cu	nee	nee	+/-
Bouwactiviteiten	-	stad	olie aromaten?	- -	nee	nee	-

- 1) + (lichte) toename voor bepaalde stoffen
+/- ongeveer gelijk of sommige stoffen omhoog en andere omlaag
- (lichte) afname voor bepaalde stoffen

- 2) belangrijkste plaats waar bodem wordt belast
stad= in stedelijk of industriegebied
land= buiten de bebouwde kom
infra= met name langs infrastructuur

- 3) + resultaat goed onderbouwd, conclusies vrij hard
+/- resultaat redelijk onderbouwd, conclusies met randvoorwaarden
- resultaat matig onderbouwd, conclusies indicatief

de overschrijding eerder zal optreden.

Geconcludeerd worden dat bij *rioleringen* op basis van de geschatte emissies naar de bodem kans op verontreiniging van de bodem met chloorkoolwaterstoffen bestaat, voor PAK wordt hooguit de streefwaarde bereikt. Op basis van de geschatte concentratie tetrachloormethaan in het rioolwater kan de streefwaarde voor grondwater ook worden overschreden.

Voor *transportleidingen* was geen berekening mogelijk. Bij lekkage (1 tot 2 keer per jaar) wordt direct de interventiewaarde overschreden, waarop sanering volgt. Alleen bij kleine onopgemerkte lekkages kan de interventiewaarde worden overschreden.

Bij *snelwegen* wordt binnen 50 jaar na begin van de belasting de interventiewaarde voor zink overschreden. De overschrijding van zink zal met name onder vangrails optreden. Voor een cadmium en lood worden op die termijn streefwaarden overschreden, voor koper gebeurt dit na ca. 70 jaar. Door analyses langs snelwegen worden deze resultaten ondersteund, voor lood en koper liggen de concentraties hoger dan berekend. Voor lood is dit, gezien de afgenomen emissie, verklaarbaar. Fenantreen en naftaleen (de meest geëmitteerde PAK) zullen op basis van de emissie-schattingen de streefwaarden overschrijden.

De streefwaarden voor koper langs *spoorwegen* en *trambanen* (vrije baan) worden binnen 50 jaar na begin van de bodembelasting overschreden, de interventiewaarden langs trambanen worden op die termijn mogelijk ook overschreden. Omdat de belasting en de verspreiding van smeerolie bij spoorwegen niet bekend is, is het onzeker of streefwaarden worden overschreden. Voor uitloging van PAK uit bielsen is het ook onzeker of dit tot overschrijding van de streefwaarden leidt.

Rond oudere *hoogspanningsmasten* worden zowel streefwaarden als interventiewaarden (direct onder mast) overschreden. Door de lagere emissie (sinds ca. 5 jaar) zullen de streefwaarden waarschijnlijk nog worden overschreden tot enkele meters vanaf de mastvoet.

Voor *stralen en verven* zijn gezien het eenmalige karakter van de activiteiten geen berekeningen met SOILBOX gedaan. Aangezien de eenmalige belasting van de bodem per hectare maximaal 10 maal groter is dan de jaarlijkse belasting langs snelwegen, kan echter geconcludeerd worden dat streefwaarden waarschijnlijk niet overschreden worden. Voor specifieke lokaties hoeft dit niet zo te zijn.

Uitloging van geïmpregneerd hout kan op basis van de berekende belasting per oppervlakte binnen 50 jaar na begin van de belasting leiden tot een overschrijding van de streefwaarden voor chroom en koper. Voor koper kan ook de interventiewaarde overschreden worden (na 15 tot 50 jaar). Voor PAK is geen berekening uitgevoerd, omdat de samenstelling niet bekend is (fractie naftaleen, fluorantheen etc.). Gezien de belasting per oppervlakte bij wegen mag echter overschrijding van streefwaarden binnen 50 jaar worden verwacht.

Vanwege het incidentele karakter van lekkages bij *bouwactiviteiten* is geen berekening van de bodemconcentratie uitgevoerd. Gezien de hoeveelheden olie die potentieel op de bodem kunnen komen, zal de streefwaarde incidenteel worden overschreden bij op- en overslagplaatsen voor olieprodukten.

Betrouwbaarheid van de resultaten

Verspreidingsberekeningen van emissies en bodemanalyses in de buurt van de bronnen zorgen voor een goede onderbouwing van de schattingen op basis van emissies. Voor zowel snelwegen, spoorlijnen als hoogspanningsmasten zijn de emissies redelijk nauwkeurig bekend en zijn meer of minder uitgebreide bodemanalyses gedaan. Hierdoor is de betrouwbaarheid van de resultaten redelijk.

Bij rioleringen zijn wel enige analyses gedaan, die niet in tegenspraak zijn met de schattingen op basis van de emissies. Analyses langs ondergrondse transportleidingen zijn niet bekend en worden niet zinvol gevonden als geen lekkage wordt verwacht. De gevolgen van de emissies van trambanen zijn nog onzeker omdat er geen analyses bekend zijn. Door het gebrek aan gegevens rond de bron bouwactiviteiten is de betrouwbaarheid van de resultaten lager.

11.4 Bijdrage aan totale emissie naar Nederlandse bodem

In tabel 11.4 zijn relatieve bijdragen van de bronnen aan de totale Nederlandse bodembelasting aangegeven. In bijlage XI-1 staan de totale emissies naar de Nederlandse bodem die bij de berekening zijn gebruikt. Deze zijn afkomstig uit verschillende basisdocumenten aangevuld met meer recente gegevens. De belangrijkste bijdragen van lokale bronnen aan de totale Nederlandse bodembelasting worden hierna kort toegelicht. Aangezien deze totale emissies op veel grotere oppervlakten terecht komen is het lokale aspect van minder belang.

Omdat zowel in de geschatte emissies als in de totale emissies naar de Nederlandse bodem onzekerheden zitten, moeten de percentages als een indicatie worden gezien.

Zware metalen

De lekkage van riolering heeft een minimale bijdrage aan de totale bodembelasting.

De bijdrage van wegen aan de bodembelasting met zware metalen ligt tussen 2% en 11%, voor arseen en koper is dit maar 0.7%. Voor koper komt dit door de grote bijdrage van de landbouw.

Chroom: Uitloging van gewolmaniseerd hout draagt voor circa 7% bij aan de bodembelasting in Nederland. Daarna zijn wegen een belangrijke bron met circa 3%.

Koper: Spoorwegen dragen tussen de 2 en 4% bij aan de koperbelasting, voor trambanen is dit waarschijnlijk 1 tot 2% van de totale belasting van 968 ton per jaar.

Nikkel: Wegen dragen als enige substantieel bij met ruim 2% van de totale bodembelasting met nikkel (205 ton).

Zink: De totale emissie naar de bodem is geschat op 4501 ton, waarvan 1970 ton op landbouwbodem en 410 ton door depositie op de bodem komt. Door corrosie van verzinkt materiaal komt ca. 2025 ton op de bodem [Cleven, 1992].

De bijdrage van wegen (door vangrails, bruggen, lantaarnpalen) is circa 8%. De jaarlijkse bijdrage van hoogspanningsmasten aan de bodembelasting is 0.1-0.3%.

Belangrijke andere bronnen van (diffuse) zinkcorrosie zijn bouwmaterialen (m.n. dakgoten e.d.) en tuinbouwkassen [Annema, 1991].

Lood: Aan de totale emissie van lood naar de bodem (398 ton/jr) dragen vooral wegen met circa 11% bij. Het verwijderen van verven is circa 2.5% van de totale emissie naar de bodem.

PAK: De totale bodembelasting van de 10 PAK's (314 ton PAK in 1985) bestaat uit een directe belasting van de bodem met PAK (64 ton/jr) en depositie op de bodem van een deel van de emissies naar de lucht (250 ton/jr). De lokale bijdrage van verkeer (buiten de bebouwde kom) aan de bodembelasting met PAK is circa 13%. De totale PAK-belasting door het verkeer is naar schatting (ca. 25% van 187,2= 47 ton/jr [Slooff, 1989]). De emissie van PAK door uitloging vormt circa 19 % van de totale emissie naar bodem; voor de belasting met PAK door spoorwegen ligt dit (naar schatting) rond de 8%.

Olie: De toegepaste hoeveelheid olie in Nederland was in 1988 ca. 165.000 ton, waarvan ongeveer 65.000 ton wordt verbruikt. Hiervan komt naar schatting 10% (6500 ton) via lekkage in het milieu (bodem en oppervlaktewater). Daarnaast wordt er vanuit gegaan dat van de afgewerkte olie (100.000 ton) naar schatting 9000-14000 ton in het milieu wordt geloosd [Nieuwenhuis, 1990]. Wegen (m.n. buiten de bebouwde kom) hebben een belangrijk aandeel in de totale oliebelasting van de bodem (1900 ton; ca. 11%); een ander deel van de olie (ca. 1500 ton) komt binnen de bbk in het riool. De lekkages van transportleidingen zijn ca. 215 ton per jaar, maar worden direct weer gesaneerd.

De belasting van de Nederlandse bodem met *bestrijdingsmiddelen* was in 1988 circa 20000 ton. Het gebruik van langs spoorwegen is dus 0.1 van het totale gebruik in Nederland.

De totale emissies van *aromaten* en *chloorkoolwaterstoffen* naar de Nederlandse bodem zijn niet bekend, waardoor hiermee geen vergelijking kan worden gemaakt.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- Nieuwenhuis, J.W. en J.H. de Zeeuw (TAUW, Deventer). Informatiedocument afgewerkte olie (rapportnr. 738902007). RIVM, Bilthoven, juni 1990.
- Slooff, W. e.a. Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen (en advies gezondheidsraad). RIVM, Bilthoven, maart 1989. (publicatiereeks milieubeheer nr. 8)
- Cleven, R.F.M.J., J.A. Janus, J.A. Annema en W. Slooff (eds.). Basisdocument zink. RIVM, Bilthoven, november 1992. (rapportnr. 710401019)
- Annema, J.A., J.Ros, J. Verburgh en K. Huizinga. Mogelijkheden en onmogelijkheden van ketenbeheer zink (rapportnr. 736301013). RIVM, Bilthoven, oktober 1991.

12 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van de prioriteitstelling in hoofdstuk 11 en gegevens uit de hoofdstukken over de afzonderlijke bronnen kunnen conclusies getrokken worden over:

- welke bronnen (en stoffen) beïnvloeden de bodemkwaliteit het sterkst;
- welke bronnen belasten het grootste oppervlak tot boven de streefwaarden;
- welke concrete activiteiten zijn verantwoordelijk voor overschrijdingen;
- de ontwikkeling van deze activiteiten;
- en de mogelijkheid om deze ontwikkeling door bepaalde maatregelen te beïnvloeden.

Per bron worden de belangrijkste conclusies gegeven, waarna prioriteiten worden gesteld. Aanbevelingen voor het uitvoeren van nader onderzoek die uit de conclusies volgen zijn cursief opgenomen.

Tot slot worden de belangrijkste potentiële bronnen van bodemverontreiniging aangegeven en bronnen waarvoor nadere gegevens gewenst zijn.

Bij het berekenen van toekomstige bodemgehalten op basis van de geschatte bodembelasting is rekening gehouden met achtergrondgehalten in relatief onbelaste gebieden. Afhankelijk van het achtergrondniveau, kunnen op bepaalde plaatsen streefwaarden sneller of juist langzamer worden overschreden. Als streefwaarden reeds worden overschreden (in steden), is een kleine toename minder bezwaarlijk dan in relatief onbelaste gebieden. Bij de beoordeling van de resultaten moet hiermee rekening worden gehouden.

De acht beschouwde 'lokale' bronnen dragen samen voor 1% tot 15% bij aan de totale emissie van de verschillende zware metalen naar de Nederlandse bodem. Voor PAK's en olie dragen deze bronnen zelfs voor resp. circa 41% en maximaal 15% bij aan de totale bodembelasting. Met name wegen, spoorwegen en uitloging van hout leveren een belangrijke bijdrage aan de emissies naar de bodem.

Riolering

Door lekkende openbare riolering wordt circa 17 miljoen m³ bodem belast (ter indicatie dit komt overeen met ca. 3400 ha). Voor chloorkoolwaterstoffen bestaat op basis van de totale afvoer via het riool een kans op overschrijding van streefwaarden voor bodem en grondwater op een deel van dat oppervlak. Voor PAK is de kans klein dat streefwaarden worden overschreden.

Zwaardere verontreiniging (boven interventiewaarden) is mogelijk wanneer hogere concentraties in het rioolwater aanwezig zijn en grote hoeveelheden afvalwater lekken (bv. bedrijfsriolering).

Om een betere indruk te krijgen van de verontreinigingsgraad rond openbare riolering en particuliere riolering zullen er meer metingen moeten worden gedaan (b.v. bij geplande renovatie werkzaamheden). Ook verdient het aanbeveling na te gaan in hoeverre bij bekende gevallen van ernstige bodemverontreiniging lekkage van riolering een oorzaak is. Goed functioneren van de riolering is met name van belang in de directe nabijheid van bedrijfsaansluitingen op het riool en bij trajecten waarop chloorkoolwaterstoffen of andere mobiele stoffen worden geloosd.

Ondergrondse transportleidingen

De incidentele lekkages van ondergrondse transportleidingen zijn op zich ernstig, maar worden meestal vrijwel direct gesaneerd. Er is daardoor niet zo'n hoge prioriteit voor aanvullende maatregelen. Hoewel leidingbeheerders lekkage van olie en olieprodukten ook

willen voorkomen, blijft aandacht nodig voor de eventuele aanwezigheid van niet opgemerkte kleine lekkages, met name wanneer het gaat om stoffen met een lage viscositeit. *Het verdient aanbeveling toepassing van preventieve technieken (t.b.v. leidingcontrole) te ondersteunen om bodemverontreiniging te voorkomen. Aanleg van leidingen door grondwaterbeschermingsgebieden moet worden voorkomen. Onderzoek naar "structurele", beperkte lekkages bij koppelingen en aansluitingen is gewenst.*

Wegen

Alle wegen buiten de bebouwde kom belasten een oppervlakte van ca. 56000 ha, waarvan snelwegen ongeveer 10% (5800 ha). Langs wegen met een vangrails en een hoge verkeersintensiteit (autosnelwegen) kunnen binnen 50 jaar na begin van de belasting interventiewaarden voor zink worden overschreden. Voor cadmium, lood, zink, fenantreen en naftaleen worden de streefwaarden overschreden. Uit metingen blijkt dat dit met name geldt voor de eerste 2 tot 5 meter vanaf de rand van de weg (door run-off en natte verwaaiing). Voor cadmium, lood, koper, zink, PAK en olie worden streefwaarden langs snelwegen overschreden. De belangrijkste bronnen hiervan zijn uitlaatgassen, slijtage van banden, lekkage van olie en corrosie van vangrails.

Het is gewenst de belasting terug te brengen en t.b.v. bodembescherming van wegbermen concreter te maken op welke plaatsen overschrijding van streefwaarden en interventiewaarden op zullen treden.

Voor het nemen van maatregelen ter voorkoming van verspreiding van stoffen en van verontreinigde bodem vervult Rijkswaterstaat een centrale rol. Afgezien van bijzonder omstandigheden (gevoelige gebieden) verdienen brongerichte maatregelen de voorkeur boven inrichtingsmaatregelen. Grond afkomstig uit wegbermen is vaak verontreinigd en kan niet zonder restricties worden toegepast.

Spoorwegen

Koper van de bovenleiding belast een oppervlak van ca. 8000 ha (6400 ha bodem en 1600 ha spoorbaan). De streefwaarden worden binnen 10 tot 20 jaar na begin van de belasting overschreden (gemiddeld over 20 m aan weerskanten van het hart van de baan). Net als bij wegen is er sprake van een vrij sterke gradiënt. Een lichte toename van de emissie wordt verwacht als gevolg van uitbreiding van het spoorwegnet en verhoging van de berijdingsintensiteit.

PAK en olie komen alleen op de spoorbaan zelf terecht. De verspreiding van deze stoffen is waarschijnlijk beperkt. Het is onbekend of de hoge gehalten aan PAK in het ballastbed afkomstig zijn van de uitloging van bielsen. De emissie van PAK naar de bodem zal de komende jaren gelijk blijven of afnemen door een afname in het gebruik van houten bielsen ten gunste van betonnen bielsen. Het is onduidelijk in welke mate houten spoorbielsen bijdragen aan de gevonden hoge gehalten aan PAK in het ballast-materiaal.

Het gebruik van herbiciden is de afgelopen jaren sterk gedaald.

Gezien de accumulatie van koper in de bodem vlak langs spoorwegen gedurende vele jaren, lijkt aandacht nodig voor het bodemgebruik (volkstuinten) in de toekomst.

De mate van uitloging en uitspoeling van lichtere PAK uit spoorbielsen en de herkomst van PAK in het ballastbed zullen nader onderzocht moeten worden om uitsluitsel hierover te krijgen. Hoewel emplacementen in de studie niet zijn meegenomen, lijken overslag van goederen en het tanken van dieselolie potentiële bronnen van bodemverontreiniging.

Stoppen met het gebruik van het uitspoelingsgevoelige herbicide diuron is gewenst, alternatieven moeten echter beschikbaar zijn.

Trambanen

De koperbelasting langs trambanen is waarschijnlijk groter dan rond spoorwegen (hogere berijdingsintensiteit; het (onverharde) belaste oppervlak is echter kleiner (ca. 250 ha). De geschatte belasting kan binnen 10 jaar na begin van de belasting leiden tot overschrijding van de streefwaarden. Het smeren van de tramrails is weinig bodembelastend door het gebruik van goed afbreekbare (plantaardige) olie.

Een nadere beschouwing van de exacte slijtage van de bovenleiding (rekening houdend met de berijdingsintensiteit) is gezien de geschatte koperbelasting nodig. Tevens zijn enkele bodemanalyses op onverharde (en ongerioleerde) delen van de baan nodig om de uitkomsten van de modelberekeningen te toetsen.

Hoogspanningsmasten

Het totale door zink belaste oppervlak is circa 1770 ha. Het grootste deel van dit oppervlak wordt momenteel niet meer belast. Bij de momenteel veelal toegepaste werkwijze, schilderen van de masten binnen een jaar na plaatsing, worden waarschijnlijk alleen de streefwaarden tot enkele meters rond de mast overschreden. Wanneer masten binnen een jaar na plaatsing met een verfsysteem worden behandeld, dan heeft deze bron weinig prioriteit. Aanvullende maatregelen ter bescherming van de bodem zijn dan niet nodig.

Wel is aandacht nodig voor emissies naar de bodem van andere verzinkte objecten (tuinbouwkassen, grote hekwerken etc. met meer dan circa 0.3 m² verzinkt materiaal per m² bodem). Beschermen tegen corrosie is daarbij een belangrijk aandachtsveld.

Oppervlaktebehandeling

Het belaste oppervlak is bij grove schatting voor stralen/reinigen 100-300 ha, voor verven circa 4000 ha en voor uitloging van geïmpregneerd hout circa 3500 ha. Alleen in het laatste geval gaat het om een continue belasting, waardoor accumulatie in de bodem kan optreden.

Straalmiddelen zijn ten opzichte van verontreiniging in de verwijderde verven, relatief schoon. De hoeveelheid dichloormethaan voor het verwijderen van verf en gebruikt bij gevelreiniging kan tot gehalten in bodem en grondwater leiden die liggen boven de interventiewaarden.

Bij verven worden gemiddeld geen streefwaarden overschreden; de momenteel toegepaste opvang en afscherming lijken dus voldoende om verspreiding te voorkomen. Oplosmiddelen zijn wel potentieel gevaarlijk, maar zullen voor een groot deel verdampen.

Uitloging van geïmpregneerd hout leidt op basis van de berekende oppervlaktebelasting tot overschrijding van de streefwaarden voor koper en chroom. Mogelijk kunnen voor koper ook interventiewaarden worden overschreden. Voor de verschillende PAK worden de streefwaarden waarschijnlijk ook overschreden.

Uit het oogpunt van bodembescherming is het gewenst de uitloging van koper, arseen en PAK beter te kwantificeren en te bepalen in welke mate dit in/op de bodem komt. Dit geldt ook voor het geval dat geïmpregneerd hout in de bodem achterblijft (na 50 jaar).

Het is gewenst meer inzicht te krijgen in de omvang van het gebruik van dichloormethaan bij gevelreiniging en als afbijtmiddel en de mate waarin dit in de bodem kan komen.

Bouwactiviteiten

Het jaarlijkse bouwoppervlak is ongeveer 3500 ha, waarvan circa 70 ha mogelijk wordt belast met verschillende stoffen. De belangrijkste potentieel bodem verontreinigende activiteiten zijn olie lekkage, morsen van verven en lekkage van (gevaarlijke) afvalstoffen. De omvang van de oliebelasting is onzeker, maar streefwaarden kunnen gemakkelijk

overschreden worden. Dit zal met name op specifieke plaatsen van het bouwterrein voorkomen. Dit geldt ook voor andere stoffen. De introductie van milieuzorgsystemen bij bouwbedrijven (minder belastende stoffen, betere omgang met afval) zal naar verwachting de belasting van de bodem de komende jaren doen afnemen.

Ten behoeve van het voorkomen van lekkage van olie en andere stoffen naar de bodem is het gewenst de verdere implementatie van milieuzorg in de bouw te ondersteunen.

Samenvattend kan bij een aantal vormen van bodembelasting nu reeds prioriteit worden gelegd voor verminderen van de bodembelasting.

In willekeurige volgorde hebben vanuit het oogpunt van bodembescherming de volgende bronnen prioriteit:

- emissies (van chloorkoolwaterstoffen) bij lekkage van openbare en bedrijfsrioleringen;
- emissie en verspreiding van lood, zink, PAK en olie langs autosnelwegen en andere drukke wegen buiten de bebouwde kom;
- emissie en depositie van koper langs spoorwegen.

Een aantal andere vormen van bodembelasting kunnen invloed hebben op de plaatselijke bodemkwaliteit, maar er is aanvullende informatie of onderzoek nodig om te kunnen beoordelen wat de gevolgen voor de bodemkwaliteit op termijn kan zijn.

- uitspoeling van PAK en olie uit het ballastbed langs spoorwegen;
- emissie en depositie van koper langs (snel)trambanen in de grote steden;
- emissie naar de bodem en uitspoeling van dichloormethaan bij gevelreiniging en verwijderen van verf;
- omvang van de uitloging van koper, chroom en PAK uit geïmpregneerd hout.

BEGRIPPENLIJST

bronnen	activiteit of proces waarbij stoffen in (een bepaald deel van) het milieu terecht kunnen komen.
bronnen van lokale bodembelasting	bronnen die in de directe omgeving van de bron de bodem belasten met stoffen, waarbij sprake is van een puntbelasting of een lijnbelasting met veelal een duidelijke afnemende gradiënt (gezien vanaf de bron).
bronnen van diffuse bodembelasting	bronnen die de bodem over een groter oppervlak belasten, waarbij -gezien het schaalniveau- sprake is van een min of meer homogene verdeling van de belasting (veelal gaat het om een relatief lage bodembelasting).
deelbronnen	duidelijke onderdelen van bronnen die concreet de oorzaak aangeven van de emissie van bepaalde stoffen.
bodem	grond in zijn natuurlijke ligging, bv. veengronden, kleigronden
grond	materiaal dat uit de bodem verwijderd is.
standaardbodem	bodem met organische stofgehalte van 10% en lutumgehalte van 25%.
modelbodem(s)	ten behoeve van een modelmatige benadering beschreven bodems. In deze rapportage zijn op basis van verschillen in humus- en lutumgehalten vier grondsoorten gedefinieerd (2x zand, klei en veen; zie hoofdstuk 2). Zo kunnen verschillen in de bodemkwaliteit zichtbaar worden gemaakt.
(ondiep) grondwater	de bovenste meter van het grondwater. Wanneer over grondwater wordt gesproken, wordt in principe de bovenste meter bedoeld.
emissie naar bodem	hoeveelheid stof die vanuit een bepaalde bron naar de bodem wordt geëmitteerd. Het kan zijn dat een gedeelte hiervan uiteindelijk niet op de bodem komt (door bv afspoeling van verhard oppervlak).
bodembelasting (per oppervlakte)	hoeveelheid van een stof die daadwerkelijk op de bodem terecht komt (immissie). Een maal op/in de bodem kan deze onder invloed van vele processen aanwezig blijven of verdwijnen (afbraak, uitspoeling). Meestal is dit uitgedrukt per oppervlakte-eenheid (ha, m ²), maar soms ook voor heel Nederland.
bodemconcentratie	concentratie van een stof in de bodem uitgedrukt in mg/kg droge grond.
streefwaarde	gehalte van een stof in de bodem en het grondwater waarbij de risico's voor nadelige effecten verwaarloosbaar worden geacht. Bij gehalten boven de streefwaarde is sprake van bodemverontreiniging. Indien niet specifiek aangegeven, gaat het in dit rapport om streefwaarden voor de (droge) bodem.
interventiewaarde	gehalte van een verontreinigende stof in de bodem waarboven sprake is van ernstige bodemverontreiniging en een saneringsnoodzaak geldt. De waarden zijn bepaald op grond van de potentiële blootstelling waarboven ernstig gevaar voor de volksgezondheid en het milieu bestaat. In dit rapport gaat het (indien niet specifiek aangegeven) om interventiewaarden in de (droge) bodem.

Bijlage I-1 Toelichting op bronnen die in aanmerking zijn gekomen voor uitwerking

Hieronder wordt per mogelijke bron een toelichting gegeven op de beslissing tot het wel of niet uitwerken van de bron.

Uiteindelijk is besloten 9 bronnen uit te werken (waarvan 1 onvolledig). Vier bronnen worden niet meegenomen omdat bepaalde wetten reeds op deze activiteiten van toepassing zijn. De laatste drie genoemde bronnen vallen om dezelfde of andere redenen af.

BRON	TOELICHTING	
riolering	riolering op bedrijfsterreinen valt hier buiten, omdat dit binnen BSB wordt meegenomen, zie ook reeks bodembescherming.	ja
buisleidingen	gericht op transport van olie en olieprodukten, er is m.n. aandacht voor niet direkt op te merken lekkages nodig	ja
snelwegen en wegen	eventueel kan apart aandacht gericht worden op parkeerplaatsen.	ja
spoorwegen	er is geen gericht beleid geformuleerd voor de verschillende deelbronnen	ja
metro/trambanen	dit is van toepassing in en rond een aantal grote steden	ja
hoogspanningsmasten	eventueel aan te vullen met andere verzinkte materialen	ja
oppervlaktebehandeling	meer concreet zijn dit de activiteiten: stralen en reinigen impregneren en verven. er is weinig bekend over bodembelasting	ja
bouwactiviteiten	deze bron is een meer concrete invulling van "mobiele bronnen"; de activiteiten op de bouwplaats moeten nog concreet gemaakt worden.	ja
lokale depositie rond bedrijven	Voor enkele bedrijven met grote bijdrage aan bodembelasting (via de emissieregistratie; er valt te denken aan vuilverbranding, basismetaal en raffinaderijen).	ja
crematie-as strooivelden	Hiervoor is beleid geformuleerd in de Wet op lijkbezorging	nee
gemeentewerven/-composteerterrinen	Gezien de bodembedreigende activiteiten (werkplaatsen, opslag van afvalstoffen) valt dit onder categorie 28 van de Wet Milieubeheer, waarvoor een vergunning nodig is (inrichtingen en vergunningenbesluit milieubeheer).	nee
gemeentevervoerbedr.	Gezien de bodembedreigende activiteiten (werkplaatsen, opslag van afvalstoffen) valt dit onder categorie 13 van de Wet Milieubeheer, waarvoor een vergunning nodig is (inrichtingen en vergunningenbesluit milieubeheer).	nee
werkplaatsen voor wegbeheer	Het is niet geheel duidelijk welke bodembedreigende activiteiten hier plaatsvinden. Waarschijnlijk vallen deze inrichtingen ook onder de Wet Milieubeheer, waarvoor een vergunning nodig is (inrichtingen en vergunningenbesluit milieubeheer).	nee
parkeerplaatsen olie- en gaswinning	wordt misschien bij wegen opgenomen (navragen bij rijkswaterstaat). probleem is onderkend bij deze bedrijven	nee
opslagtanks olieprodukten	Met akties tankslag is dit in de aandacht geweest, de vraag is in hoeverre het probleem is verholpen. Volgens (bodembescherming 69) zijn $\pm$ 31500 tanks behandeld van het totaal van 185000 tanks (schatting TNO, 1983).	nee
jacht/schietterreinen	Lood voor de jacht is per 1/2/93 verboden (Nota jacht en wildbeheer, LNV), op schietterreinen moet lood worden opgevangen of de bodem afgegraven worden. Sportvisserij geeft een diffuse loodbelasting in water.	nee

Bijlage I-2 Toelichting op bron "Lokale depositie rond bedrijven"

Inleiding

In Nederland worden een groot aantal stoffen naar de lucht geëmitteerd. Deze stoffen verplaatsen zich over zeer grote en over kleinere afstanden door de atmosfeer alvorens ze worden omgezet, afgebroken of neerslaan op de bodem of in water terecht komen. De depositie vanuit de lucht op de bodem wordt wel diffuse belasting of achtergrond depositie genoemd. In de gevallen waar een (sterke) bron aanwezig is en de geëmitteerde stoffen voor een groot deel in de directe omgeving van de bron op de bodem terecht komen, kan ook gesproken worden van een lokale bodembelasting. Stoffen met een relatief grote depositiesnelheid zijn metalen en stofdeeltjes waaraan metalen en allerlei andere stoffen gebonden kunnen zijn.

In de volgende paragraaf worden enkele bronnen aangegeven die een belangrijke bijdrage leveren aan de emissie naar de lucht. Voor de bepaling van de bodembelasting per oppervlakte-eenheid en gevolgen voor de bodemkwaliteit wordt aangesloten op berekeningen van de depositie die door RIVM-LAE en RIVM-LLO zullen worden uitgevoerd.

Volgens de vierde ronde van de emissieregistratie [VROM,1992] leveren afvalnutsbedrijven en de basismetaalindustrie een grote bijdrage aan de emissies van metalen naar lucht. Ook de chemische industrie emitteert hiervan een aanzienlijk deel.

De emissies van afvalnutsbedrijven en de basismetaalindustrie worden hierna kort toegelicht. Ook op kleinere schaal kan het proces van lokale depositie optreden.

Afvalnutsbedrijven

Afvalnutsbedrijven of afvalverbrandingsinstallaties emitteren allerlei stoffen die bij de verbranding van huisvuil en andere afvalstoffen vrijkomen. Momenteel zijn nog 8 afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) in bedrijf. De rookgassen worden voor de schoorsteen te verlaten eerst door een E-filter en vervolgens door een gaswasser geleid om stof, chloorkoorwaterstoffen, fluorwaterstof en zware metalen of te scheiden. De gereinigde rookgassen worden via een hoge schoorsteen (> 90 m) geloosd [Kuipers, 1991].

De geloosde rookgassen (gassen en deeltjes) kunnen via droge en natte depositie op de bodem terecht komen. Droge depositie is alleen relevant voor deeltjesvormige verontreinigingen. Natte depositie ontstaat door uitregenen (in wolken) en door uitwassen (onder wolken) van verontreinigingen. Het eerste is vooral van belang voorgasvormige verontreinigingen en het tweede proces vooral voor deeltjesvormige verontreinigingen [Schutter 1993].

De stoffen die met name van belang zijn bij afvalverbrandingsinstallaties zijn (zware) metalen, dioxines, verzurende stoffen, chloriden en fijn stof. Voor de depositie op de bodem zullen we in 12.3 ingaan op de eerste twee groepen.

Dioxinen gebonden aan grove deeltjes (>10µm) worden op geringe afstand van de bron gedeponeerd (tot enkele tientallen km). Deze relatief grote deeltjes zijn daarmee verantwoordelijk voor de lokale bodembelasting bij de grote bronnen). De depositie is het grootste benedenwinds van de bron, in Nederland is dat de noord-oostelijke richting [Schutter, 1993].

Basismetaalindustrie

Op basis van de emissieregistratie levert de basismetaal industrie vooral een bijdrage (>10%) aan de landelijke emissie van arseen, lood, zink en PAK's.

Emissie Afvalverbrandingsinstallaties

Uit de emissieregistratie zijn de emissies overgenomen van 1988, de emissie van dioxines is van eind 1990, op het moment dat 4 van de 12 installaties zijn gesloten en 2 installaties zijn aangepast (Amsterdam, Weurt, Den Haag, Duiven, Eindhoven, Roosendaal, Dordrecht/-Rotterdam en Rijnmond; gesloten Alkmaar, Leeuwarden, Leiden en Zaanstad). Alle emissiegegevens zijn opgenomen in tabel 1.

Tabel 1 Emissies van afvalverbrandingsinstallaties 1988/1990 en in de 3^e-ronde ER ('85-'87).

STOF	EMISSION 88 (ton/jr)	EMISSION 85-87 (ton/jr)
Antimoon	3.0	2.9
Arseen	0.38	0.26
Cadmium	2.3	1.7
Chroom	34.4	37
Koper	6.5	6.3
Kwik	3.0	10
Lood	51.4	42
Nikkel	21.9	26
Zink	141.5	38
NO/NO ₂	4700	4100
SO ₂	3690	3300
Chloriden	5460	9000
Fluoriden	56.8	58
Fijn stof	2840	1500
Dioxinen (in TEQ)	0.412*10 ⁻³ (eind 1990)	0.790*10 ⁻³ (begin 1990)

Voor dioxines is met behulp van nederlandse emissiegegevens en emissieschattingen van dioxines in het buitenland met een depositiemodel (OPS) een schatting gemaakt van de depositie in Nederland (tabel 2).

Volgens de resultaten van het OPS-model voor een situatie, is de totale depositie het hoogst op ongeveer 1 km van de bron en neemt deze sterk af in de richting van de achtergrondwaarde op 10 km van de bron [Schutter, 1993].

Tabel 2 Berekende depositie van dioxines in Nederland voor drie situaties (tussen haakjes minimale en maximale concentraties in Nederland)[bron: Schutter 1993] (oppervlakte Nederland 35.000 km²).

SITUATIE	droge depositie (ng TEQ m ⁻² j ⁻¹)	natte depositie (ng TEQ m ⁻² j ⁻¹)	totale depositie (ng TEQ m ⁻² j ⁻¹)	totale depositie (g TEQ j ⁻¹)
begin 1990	8 (2-100)	5 (2-230)	13 (3-240)	455
eind 1990	4 (1-50)	4 (1-150)	8 (3-160)	280
2000 (extra maatregelen)	2 (0.6-12)	2 (1-5)	4 (2-18)	140

LITERATUUR

- Schutter, M.A.A. en J.A. Jaarsveld. Verspreiding en depositie van dioxinen in Nederland. (rapnr 730501036). Bilthoven, juni 1993.
- VROM. Industriële emissies in Nederland. Vierde inventarisatieronde Basisjaar 1988 (publicatiereeks emissieregistratie nr.5). Den Haag, oktober 1992.
- Kuipers, G. Emissie-onderzoek afvalverbrandingsinstallatie AVIRA te Duiven. MT-TNO, Apeldoorn, maart 1991.
- Jaarsveld, J.A. en D. Onderdelinden. Modelmatige beschrijving van concentratie en depositie van kolen relevante componenten in Nederland veroorzaakt door emissies in Europa (rapnr 228202002). RIVM, Bilthoven, april 1986.
- Jaarsveld, J.A. en D. Onderdelinden. Verspreiding en depositie van dioxines, dibenzofuranen en zware metalen geëmitteerd door afvalverbrandingsinstallatie (rapnr 738473007). RIVM, Bilthoven, 1989.
- Jaarsveld, J.A. Het operationeel atmosferisch transportmodel voor prioritaire stoffen; specificatie en aanwijzingen voor gebruik (rapnr 228603008). RIVM, Bilthoven, 1989.
- Jaarsveld, J.A. en D. Onderdelinden. Berekening van de zinkdepositie rond verzinkerij (rapnr 218101035) RIVM, Bilthoven, 1983.

Bijlage II-1 Gemiddelde gehalten van zware metalen in de bovengrond (0-10 cm) in natuurgebieden

[bron: Milieuverkenning 2, 1991; Edelman, 1983; de Wilde, 1992; Basisdocument, 1989]

Gebruikt zijn de gemiddelden van de minimale en de maximale gevonden waarde van een stof van [Edelman, 1983]

STOFFEN	Alle bodems (range) (mg/kg)	ZAND (range) (mg/kg)	KLEI (range) (mg/kg)	VEEN (range) (mg/kg)	bron	Gemiddelde alle bodems (mg/kg)	ZAND (range) (mg/kg)	KLEI (range) (mg/kg)	VEEN (range) (mg/kg)	bron
Arseen	1-33	1-9	12-21	5-24	[1]	11.2	1.2-7.1	24-41	2.6-9.7	[3]
Cadmium	<0.05-1.8	0.05-0.74	0.27-0.55	1.0-1.8	[1]	0.33	<0.02-0.33	0.08-0.74	0.13-0.84	[3]
Chroom	11-117	11-43	75-117	16-42	[2]	13.5	1.0-6.3	38-47	3.7-9.8	[3]
Koper	0.83-50	0.8-9	18-31	5-29	[1]	9.4	0.4-4.9	26-31	2.3-12.3	[3]
Nikkel	<0.5-47	1-7	27-47	2.4-16	[2]	10.7	0.3-3.7	40-43	1.9-7	[3]
Zink	6-189	6-62	81-153	37-120	[1]	34.2	0.6-26	98-127	6.9-46	[3]
Lood	3-200	3-43	47-58	67-105	[1]	39.8	10-32	50-57	7.6-95	[3]
Kwik	0.02-0.51	0.02-0.10	0.08-0.15	0.06-0.23	[1]	0.20	0.06-0.20	0.17-0.30	0.19-0.38	[3]
PAK-totaal van 10	?	0.226	0.564	?	[4]	0.02-2.2	0.02-2.2	0.1-0.6	0.03-0.6	[3]
Naftaleen	-	-	-	-	[4]	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	[3]
Anthraceen	-	-	-	-	[4]	<0.01-0.03	<0.01-0.03	<0.01-0.01	<0.01-0.01	[3]
Fenanthreen	-	-	-	-	[4]	0.01-0.33	0.01-0.33	0.03-0.05	0.02-0.05	[3]
Fluorantheen	-	0.049	0.149	-	[4]	<0.02-0.45	<0.02-0.45	0.04-0.1	<0.02-0.09	[3]
Benzo[a]anthraceen	-	0.012	0.055	-	[4]	<0.01-0.17	<0.01-0.17	0.01-0.05	<0.01-0.06	[3]
Chryseen	-	0.043	0.106	-	[4]	0.01-0.31	0.01-0.31	0.02-0.06	0.01-0.07	[3]
Benzo[k]fluorantheen	-	0.081	0.154	-	[4]	<0.01-0.07	<0.01-0.07	<0.01-0.02	<0.01-0.03	[3]
Benzo[a]pyreen	-	0.006	0.023	-	[4]	<0.02-0.17	<0.02-0.17	<0.02-0.02	<0.02-0.05	[3]
Benzo[ghi]peryleen	-	0.014	0.036	-	[4]	<0.10-0.39	<0.10-0.39	<0.10	<0.10-0.13	[3]
Indeno[1,2,3-cd]pyreen	-	0.021	0.041	-	[4]	<0.05-0.16	<0.05-0.16	<0.05	<0.05	[3]
Olie(-achtige verb.)										
Benzeen										
Fenolen										
Ftalaten										
Styreen										
Tolueen										

[1] Nationale Milieuverkenning 2 op basis van: Edelman, Th. Achtergrondgehalten van stoffen in de bodem. RIN, Amhem, 1983.

[2] Edelman, Th. Achtergrondgehalten van stoffen in de bodem. RIN, Amhem, 1983.

[3] Wilde, P.G.M. de. e.a. Beoordeling van gereinigde grond. 1. Uitloogkarakteristieken en chemische samenstelling van referentiegronden. RIVM/IWACO, Bilthoven augustus 1992.

[4] Slooff, W. e.a. Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen (en advies gezondheidsraad). RIVM, Bilthoven, maart 1989. (Publicatiereeks Milieubeheer nr. 8)

Bijlage II-2 Interventiewaarden voor bodemsanering

[bron: Kamerstukken 1993/1994 22727 nr 5. Notitie Interventiewaarden bodemsanering. SDU, Den Haag]

Voor humus en lutum gecorrigeerde interventiewaarden voor enkele anorganische en organische verbindingen voor vier modelbodems (mg/kg d.s.)

STOF	humusarm- zand (H=0.5, L=0.5)	humeus zand (H=6, L=0.5)	klei (en löss) (H=4, L=37.5)	veen (H=50, L=9)	standaard- bodem (H=10, L=25)
Arseen	34	37	60	58	55
Cadmium	7.3	8.6	11	17	12
Chroom	228	228	475	258	380
Koper	101	114	211	203	190
Nikkel	90	90	285	114	210
Lood	355	380	571	555	530
Zink	350	381	867	627	720
Kwik	7.3	7.5	11	9.3	10
PAK (som van 10)	8	24	16	120	40
olie (produkten)	1000	3000	2000	15000	5000
benzeen	0.2	0.6	0.4	3	1
tolueen	26	78	52	390	130
xyleen	5	15	10	75	25
fenolen	8	24	16	120	40
1,2 dichloorethaan	0.8	2.4	1.6	12	4
dichloormethaan	4	12	8	60	20
1,1,1,-trichloorethaan	-	-	-	-	50
trichlooretheen	3	36	24	180	60
trichloormethaan	2	6	4	30	10
tetrachloorethaan	-	-	-	-	50
tetrachloormethaan	0.2	0.6	0.4	3	1
tetrachlooretheen	0.8	2.4	1.6	12	4

Bijlage II-3 Achtergrond depositie (nat en droog) per jaar

STOFFEN	nat		droog		nat+droog		BASIS-		
	mmol/ha	g/ha	mmol/ha	g/ha	mmol/ha	g/ha	JAAR	BRON	
Cadmium	meting model	12	~1.35			50-75	5.6-8.4	1991	md2
			1.9		0.4		2	1985	coppoolse
			1.1		0.4		1.5	1990	coppoolse
			<10					1986	tukkers
		8.9	~1.0	4.3	~0.5			1989	MV2
		3.4	~0.4	3.7	~0.4			1989	MV2
Chroom			4		2		4.9	1985	coppoolse
			2		-		3.8	1990	coppoolse
			<10					1986	tukkers
Koper		400	~25			8-12	0.5-0.8	1991	md2
			41		10		51	1985	coppoolse
			20		-		30	1990	coppoolse
			60					1986	tukkers
Nikkel			7		3		7.5	1985	coppoolse
			4.5		-		7.1	1990	coppoolse
Zink	meting model	2600	~170			500	~33	1991	md2
			193		31		224	1985	coppoolse
			124		26		150	1990	coppoolse
			390					1986	tukkers
		2200	~144	780	~51			1989	MV2
		370	~24	300	~20			1989	MV2
Lood	meting model	170				150-200	~31-41	1991	MD2
			91		49		141	1985	coppoolse
			39		17		57	1990	coppoolse
			100					1986	tukkers
		210	~44	140	~29			1989	MV2
		230	~48	190	~39			1989	MV2
Arseen	meting model		3.3		1.1		4.4	1985	coppoolse
			<2.2		0.5		3.9	1990	coppoolse
		45	~3.4	15	~1.1			1989	MV2
		36	~2.7	31	~2.3			1989	MV2
PAK (totaal van 10)			4.8		55.5		60.3	1985	basis PAK*
naftaleen			0.1		28.9		29.2	1985	basis PAK*
antraceen			0.02		0.60		0.63	1985	basis PAK*
fenantreen			0.6					1991	aben
			1.1		19.0		20.3	1985	basis PAK*
fluoranteen			0.8					1991	aben
							3.37	1990	campen sc2
			1.40		5.30		6.75	1985	basis PAK*
benzo(a)antraceen			0.19		0.22		0.41	1985	basis PAK*
chryseen			0.48		0.17		0.65	1985	basis PAK*
benzo(k)fluorantheen			0.24		0.19		0.43	1985	basis PAK*
benzo[a]pyreen			0.07-0.13					1991	MD2
			0.095					1991	aben
							0.36	1990	campen sc2
			0.22		0.17		0.39	1985	basis PAK*
benzo(ghi)peryleen			0.46		0.29		0.75	1985	basis PAK*
indeno[1,2,3-cd]pyreen			0.65		0.24		0.89	1985	basis PAK*

* oppervlakte NL (km2)

41473 (Campen, 1991)

~ betekent: "komt overeen met" (gegeven waarde was in mmol/ha)

Aben. Gehalten aan PAK's in ng/l in regenwatermonsters in 1991 (ruwe gegevens van 3 lokaties). RIVM, 1992.

Basis PAK = Slooff, W. Basisdocument PAK (en advies gezondheidsraad). RIVM, Bilthoven, maart 1989.

Campen A.L.B.M. et al. PAK in oppervlaktewater; bronnen en maatregelen. RWS/RIZA, VROM, RIVM, juni 1991.

Coppoolse, J. et al. Zware metalen in oppervlaktewater; bronnen en maatregelen. RWS/RIZA, VROM, RIVM, 1993.

MD= Milieudiagnose 1991, II Luchtkwaliteit. RIVM, Bilthoven, december 1991.

MV2= Nationale milieuverkenning 2, 1990-2010. RIVM, Bilthoven, 1991.

Tukkers (Raadgevend bureau). Literatuuronderzoek naar de samenstelling van runoff van wegen en voorsp. ber.

t.a.v. berm-bodem- en grondwaterkwaliteit voor een periode van 100 jaar. I.o.v. RWS. Woerden, 1986.

Bijlage II-4 Aannames en uitgangspunten voor berekening van bodemconcentratie met behulp van het model SOILBOX [bron: Bakker, 1993]

Bodemkenmerken

Onderstaande gegevens zijn gebruikt als invoer voor het model wat betreft de modelbodems. De pH is hiervoor niet nodig.

Eigenschappen van vier modelbodems en van standaardbodem voor berekening streefwaarden en berekening van concentraties in de bodem (tussen haakjes aannames voor bulkdichtheid in SOILBOX)[bron: RIVM, 1992; Wösten, 1987; Lexmond 1983]

Modelbodem	lutum-gehalte	humus-gehalte	porositeit Θ (m ³ /m ³)	volume fractie water (pF=2.0)	bulkdichtheid (kg/m ³)	pH
humus-arm zand	0.5%	0.5%	0.4	0.20 (B1)	1650 (1500)	5.5
humeus zand	0.5%	6%	0.4	0.20 (B1)	1290 (1200)	5.5
klei (en löss)	37.5%	4%	0.5	0.44 (B11)	1400 (1250)	5.5
veen	9%	50%	0.72	0.61 (B18)	600 (450)	5.5
standaardbodem	25%	10%	-	-	-	-

Invoer stofgerelateerde kenmerken

De K_d -waarde toont grote spreiding, de volgende aannames zijn gemaakt; deze zijn analoog de K_d -waarden in Soilbox (in l/kg) en afkomstig uit [Sloof, 1989], [Meijden, 1986] en [Bockting, 1993]. De Freundlich constante (n) is bij gebrek aan betere gegevens op 1 gesteld. Bij lage bodem concentraties is dit geen probleem.

K_d waarden voor sorptie in de modelbodems (in l/kg)

STOF	log K_{oc} [Meijden/Bockting]	humus-arm zand	humeus zand	klei	veen	standaard bodem
nikkel						
cadmium		500	1400	1950	4500	
chrom		8800	12000	56000	33000	
koper		420	600	4600	5500	
zink		450	550	2600	6000	
lood		3550	7750	17000	35500	
naftaleen	2.98/2.97	8	95	63	790	160
fenantreen	4.14/4.35	190	2280	1520	19000	3800
olie (octaan)	5.04/-	930	11200	7460	93200	18600
dichloormethaan	1.68/1.56	0.31	3.7	2.5	31	6.2
tetrachloormethaan	2.04/1.53	0.29	3.5	2.3	29	5.8

Afbraak

STOF	HALFWAARDETIJD	BRON
naftaleen	50 dagen	[Slooff, 1989]
fenantreen	150 dagen	[Slooff, 1989]

Er is een vrij grote onzekerheid in beide waarden, misschien halfwaardetijd in jaren.

olie	?
tetrachloormethaan	7 dagen (aeroob, 25 °C, 10 mg/l water) [Verheijen, 1985]
dichloormethaan	4 dagen (aeroob, 20 °C, 10 mg/l water) [Verheijen, 1985]
	enkele weken tot maanden (in bodem) [Slooff & Ros, 1988],

Overige Invoer

- achtergronddepositie in g/(ha.jr);
- niet atmosferische bronnen in g/(ha.jr);
- regenval 900 mm/jr, verdamping 300 mm/jr, opname planten 300 mm/jr

- mengdiepte: 20 cm;
- de beginconcentratie is op nul gesteld, achtergrondconcentraties (voor relatief onbelaste bodems) worden later bij de berekende waarden opgeteld. Hierdoor wordt verondersteld dat de achtergrondconcentratie niet meedoet bij de uitloging;
- de afvoerterm door de opname van stoffen door planten is op nul gesteld; Dit is op natuurlijke gronden het geval.

Gebruikt resultaat

- concentratie in bodem tussen 0 en 200 jaar na start van belasting en indien van toepassing concentratie bij bereiken van steady-state.
- overschrijding van streefwaarde en/of interventiewaarden voor bodemsanering binnen 50 jaar na begin van bodembelasting.

Bronnen

- Bakker, D.J. en K.D. van den Hout. De invloed van atmosferische depositie op de kwaliteit van de bodem en oppervlaktewater in Nederland. Beschrijving rekenmethode en berekeningsresultaten. TNO, Delft, september 1993.
- Bocking G.J.M., e.a. Soil-water partition coefficients for organic compounds (rapnr 679101013) RIVM, Bilthoven, december 1993.
- Lexmond, Th.M. Zinkverontreiniging van de bodem nabij hoogspanningsmasten in de 380 kV-leiding tussen Geertruidenberg en Eindhoven. LH Wageningen, november 1983.
- Meijden, A.M. van der, en A.P.T. Driessen (DHV). Betekenis van het sorptie-evenwicht voor de verdeling van organische microverontreinigingen in de bodem (Bodembescherming 54). Ministerie van VROM, 1986.
- Milieudiagnose 1991, III Bodem en grondwaterkwaliteit. RIVM, Lab. voor Bodem- en Grondwateronderzoek, Bilthoven, december 1992. (rapnr. 724801003).
- Slooff, W. en J.P.M. Ros (eds.). Integrated Criteria Document Dichloromethane (rapnr. 758473009). RIVM, Bilthoven, juni 1988.
- Slooff, W. et al Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen (en advies gezondheidsraad). RIVM, Bilthoven, maart 1989. (publicatiereeks milieubeheer nr. 8)
- Verheijen LAHM. Transport van organische verbindingen door de bodem. Invloed van bodemverontreinigingen en leidingmateriaal op de drinkwaterkwaliteit. KIWA, Nieuwegein, 1985.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving. Waterretentie- en doorlatendheids karakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. ICW/Stiboka, Wageningen 1987

Bijlage III-1 Theoretische bodembelasting rond lekkages in rioleringen

	berekende totale lekkage (kg/jr)				lekkage uit slecht riool (g/km/jr)		aanvoer RWZaanvoer RWZI afvoer via overstort [VROM, 1990] [Peek, 1993]		bodemconc. na 50 jaar 1)2)		streefwaarde 3) Interv.		conc. in streef-afvalwaterwaarde 3) waarde 4:	
	gem.	min.	max.	max.	min.	max.	(kg/jr) 1986	(kg/jr) 1991	(mg/kg) min.	(mg/kg) max.	H-arm stand. bodem (mg/kg)	Interv. waarde 4) (mg/kg)	(totaal) 2) (opgelost) (ug/l)	waarde 4: (ug/l)
	2E+06	511000	2E+06	188	546									
afvalwater (m3l)	?	?	?	?										
olie	?	?	?	?										
EOCL	?	?	?	?										
Cyanide (totaal)	?	?	?	?										
arsen	3.16	1.2	4.8	0.44	1.18		2493	4400	0.03	0.08	16	29	0.8	10
cadmium	3.58	1.3	5.5	0.50	1.34		2455	2000	0.03	0.09	0.41	0.8	1	1.5
chrom	26.5	10	41	3.67	9.93		34108	42000	0.24	0.66	51	100	7.1	1
koper	127	48	194	17.58	47.61		166959	202000	1.17	3.17	16	36	34	15
kwik	0.793	0.3	1.2	0.11	0.30		780	1000	0.01	0.02	0.2	0.3	0.2	0.05
lood	172	65	263	23.81	64.48		96700	110000	1.59	4.30	51	85	46	15
zink	1057	398	1617	146.30	396.22		493659	482000	9.75	26.41	52	140	282	150
PAK (10 VROM)	2.57	1.0	3.9	0.36	0.96		1713		0.02	0.06	0.052	0.26	0.7	0.1
dichloorethaan	19	7.2	29	2.63	7.12		12361						5.1	400
trichloorethaan	46	17	70	6.37	17.24		32887				0.001		12	-
dichloormethaan	42	16	64	5.81	15.74		26445						11	1000
tetrachloormethaan	54	20	83	7.47	20.24		35275						14	10
chloroform	16	6.0	24	2.21	6.00		11377						4.1	400
trichlooretheen	8.3	3.1	13	1.15	3.11		4144						1.7	500
tetrachlooretheen	8.7	3.3	13	1.20	3.26		6088						2.3	40
Y-HCH	0.43	0.2	0.7	0.06	0.16		338						0.1	1
sulfaat	28000	10541	42824	3875	10496		28132						7400	-
stikstof	51000	19200	78000	7059	19118		74275000	84556000					14000	-
fosfaat totaal	11000	4141	16824	1522	4123		20106000	14188000					2900	-

- 1) vet = gehalte/concentratie groter dan streefwaarde
vet+onderstreept= gehalte/concentratie groter dan interventiewaarde
- 2) er is géén rekening gehouden met de achtergrondconcentratie in de bodem
de dichtheid van de bodem is gesteld op 1500 kg/m³
- 3) Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water (notitie). Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21990, nr1.
- 4) Notitie Interventiewaarden bodemsanering. Tweede Kamer, kamerstukken 1993-1994, 22727, nr5. SDU, Den Haag.

Bijlage III-2 Bodem- en grondwateranalyses bij mogelijk lekkende rioleringen

Tabel 1 Bodemconcentraties bij (vermoedelijk) lekkende riolering in mg/kg d.s.

[bron: Heidemij, 1992]

lokatie:	Gemeente Zeist			streefwaarde	interventiewaarde
	monster 1	monster 2	monster 3	(standaardbodem)	
olie	400	27	<10	50	5000
EOCL	0.2	<0.1	<0.1	0.1	
Cyanide (totaal)	9.9	<1	<1	5	50 pH>5
arsen	<2	<2	<2	29	55
cadmium	<0.5	<0.5	<0.5	0.8	12
chrom	39	7.2	<5	100	380
koper	50	9.1	9.3	36	190
kwik	1.2	<0.2	<0.2	0.3	10
lood	17	<5	<5	85	530
zink	62	10	7.9	140	720
PAK totaal	2.5	4.5	0.94	-	40
naftaleen	<0.1	<0.1	<0.1	0.015	-
anthracen	<0.05	0.15	<0.05	0.05	-
fenanthreen	0.28	1	0.08	0.045	-
fluorantheen	0.49	1.2	0.21	0.015	-
benzo[a]anthracen	0.23	0.43	0.1	0.02	-
chryseen	0.3	0.42	0.11	0.02	-
benzo[k]fluorantheen	0.17	0.22	0.06	0.025	-
benzo[a]pyreen	0.31	0.43	0.14	0.025	-
benzo[ghi]peryleen	0.28	0.28	0.11	0.02	-
indeno[123cd]pyreen	0.42	0.38	0.13	0.025	-

Tabel 2 Bodemconcentraties aan de onderkant van slechte rioleringen (10-75 cm afstand) in mg/kg d.s.

[bron: Heidemij, 1992]

lokatie:	gemeente Arnhem (A), Tilburg (T), Zeist (Z) en Velsen (V)												streefw. standaard bodem
	A4	A3	A2	T3	T1	T5	Z1	Z3	Z4	V1	V2	V3	
pH (KCl)	6.5	7.6	7	6.7	4.5	4.1	7.6	6.1	4.2	8.8	8.7	8.6	-
olie	<20	<20	<20	<20	<20	<20	20	<20	<20	<20	<20	<20	50
EOCL	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.44	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
Cyanide (totaal)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5
arsen	3.9	<2	<2	<2	<2	<2	2.6	<2	<2	2.6	<2	2.3	29
cadmium	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.8
chrom	<5	<5	<5	<5	5.1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5.4	100
koper	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5.7	<5	<5	<5	<5	<5	36
nikkel	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5.8	<5	<5	<5	35
kwik	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.3
lood	<5	<5	<5	<5	<5	<5	19	6.2	<5	<5	<5	5.8	85
zink	8.3	<5	6.7	<5	<5	7	23	6.9	11	5.1	5.2	19	140
PAKtotaal													
naftaleen	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.015
anthracen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05
fenanthreen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.045
fluorantheen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.015
benzo[a]anthracen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.02
chryseen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.02
benzo[k]fluorantheen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.025
benzo[a]pyreen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.025
benzo[ghi]peryleen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.02
indeno[123cd]pyreen	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.025

vet= overschrijding van streefwaarde voor standaardbodem [Tweede Kamer, 1991]

Bijlage III-2 (vervolg)

Tabel 3 Analyseresultaten grondwater bij mogelijk lekkende riolerings (in µg/l)
vet: waarde tussen streefwaarde en interventiewaarde
vet+onderstreept: waarde groter dan interventiewaarde

lokatie:	gemeente Arnhem			gemeente Tilburg			gemeente Velsen					gemeente Zeist			streef- waarde grondwater grondw.	interventie waarde		
	A2	A3	A5	T1	T2	T3	T4	T5	V1	V2	V3	V4	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	
olie	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	600
EOCL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1.1	1.1	1.6	<1	1.4	4.3	1	5.5	70
thermotol. coliformen	<1	<1	<1	<1	700	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	4	<1	<1 (in ke/100 ml)	
N-Kjeldahl (mg/l)	<1	<1	<1	2.2	2.3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	12	1.6	<1	<1	
nitraat (mg/l)	16	18	19	4.8	<0.5	<0.5	<0.5	30	7.5	21	20	11	0.87	<0.5	13	34	6.1	
fosfaat totaal (mg/l)	1.1	11	1.3	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.51	0.13	1.3	<0.1	<0.1	
sulfaat (mg/l)	40	33	24	17	-	<10	<10	76	19	29	92	21	<10	43	22	25	10	
kalkium (mg/l)	5	31	23	2.8	21	7	9.8	4.3	4.3	6.3	5.5	4.2	9.6	18	9.5	19	2.9	
pH (KCl)	6.5	7.6	7	5.8	7.5	7.1	6.6	5.1	7.1	7.3	7.1	7.2	6.8	6.6	6.4	5.9	6	
arsen	3.2	25	6.7	<2.5	5.8	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	3.8	3.7	37	<2.5	<2.5	60
cadmium	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	93	<1	1.5
chromium	<1	1.7	6.5	<1	5.1	4.5	4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	7.5	30
koper	27	<10	<10	<10	16	<10	<10	<10	22	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	75
nikkel	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11	200	<10	75
kwik	<0.1	0.57	<0.1	<0.1	0.22	<0.1	0.24	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.48	0.48	1.8	1.1	0.53	0.3
lood	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	14	12	75
zink	27	16	33	16	42	23	17	50	52	49	61	28	140	53	33	530	150	800
chloroform	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	400
1,1,1-trichloorethaan	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
tetrachloormethaan	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	10
trichlooretheen	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.8	<0.1	<0.1	500
tetrachlooretheen	0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	15	<0.1	19	40
benzeen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	30
tolueen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	1000
ethylbenzeen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	150
xylenen	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	70

Bijlage IV-1 Overzicht buisleidingen in Nederland

Deze bijlage geeft een indruk van de omvang en ligging van de ondergrondse vloeistofleidingen in Nederland. De leidingen liggen, naast een aantal hoofdverbindingen, voornamelijk in de Rijnmond, Zuid West Nederland en Limburg. Daarnaast is er het pijpleidingennet van Defensie. Achtereenvolgens wordt een overzicht gegeven van 1. hoofdverbindingen, 2. het DPO-net van Defensie, en 3. van verschillende regio's. Bij elke tabel is de bron vermeld, de gegevens zijn afkomstig van begin jaren tachtig.

Tabel 1 Hoofdverbindingen in Nederland

bron: Risico's op bodemverontreiniging ten gevolge van transportactiviteiten per spoor, weg en pijptransport. VROM, mei 1983 (Bodembescherming 28).

traject	produkt	km lengte	capaciteit m³ ton jaar	doorzet C.B.S. 1980	schat- ting m³ ton/ jaar	vervoers- prestatie (m³ ton/ km.)	
1.Rijnmond - Amsterdam	ruwe olie	70	20	3,6		647	schatting
2.Rijnmond - Venlo	ruwe olie	150	23	21		3150	
3.Rijnmond - Antwerpen	ruwe olie	65	33	23,3		1514,5	
4.Rijnmond - Vlissingen	ruwe olie	110	6,5	4		440	
5.Rijnmond - Beek (L.)	nafta	180	1,3		0,65*	117	
6.Antwerpen - Beek (L.)	nafta	10	1,2		0,6	6	
7.Vlissingen - Terneuzen	nafta	25	1,0		0,5	12,5	
8.Borsselle - Ellewoutsdijk	nafta	10	1,2		0,6	6	
9.Rotterdam - Venlo	nafta/gasolie	160	8		4	640	
10.Pernis - Moerdijk	gasolie	30	1,7		0,65	25,5	
11.Pernis - Moerdijk	nafta	30	1		0,5	15	
12.Pernis - Moerdijk	kraakgasolie	30	0,6		0,3	9	
13.Pernis - Moerdijk	kraakgasolie	30	1		0,5	15	
14.Pernis - Moerdijk	kraakgasbenzine	30	0,6		0,3	9	
Rijnmond	ruwe olie	177	?		?	2500**	
Rijnmond	olieprodukten	214	?		?	342***	
Leidingenwet Defensie	olieprodukten	1000	?		0,5	500	

9948

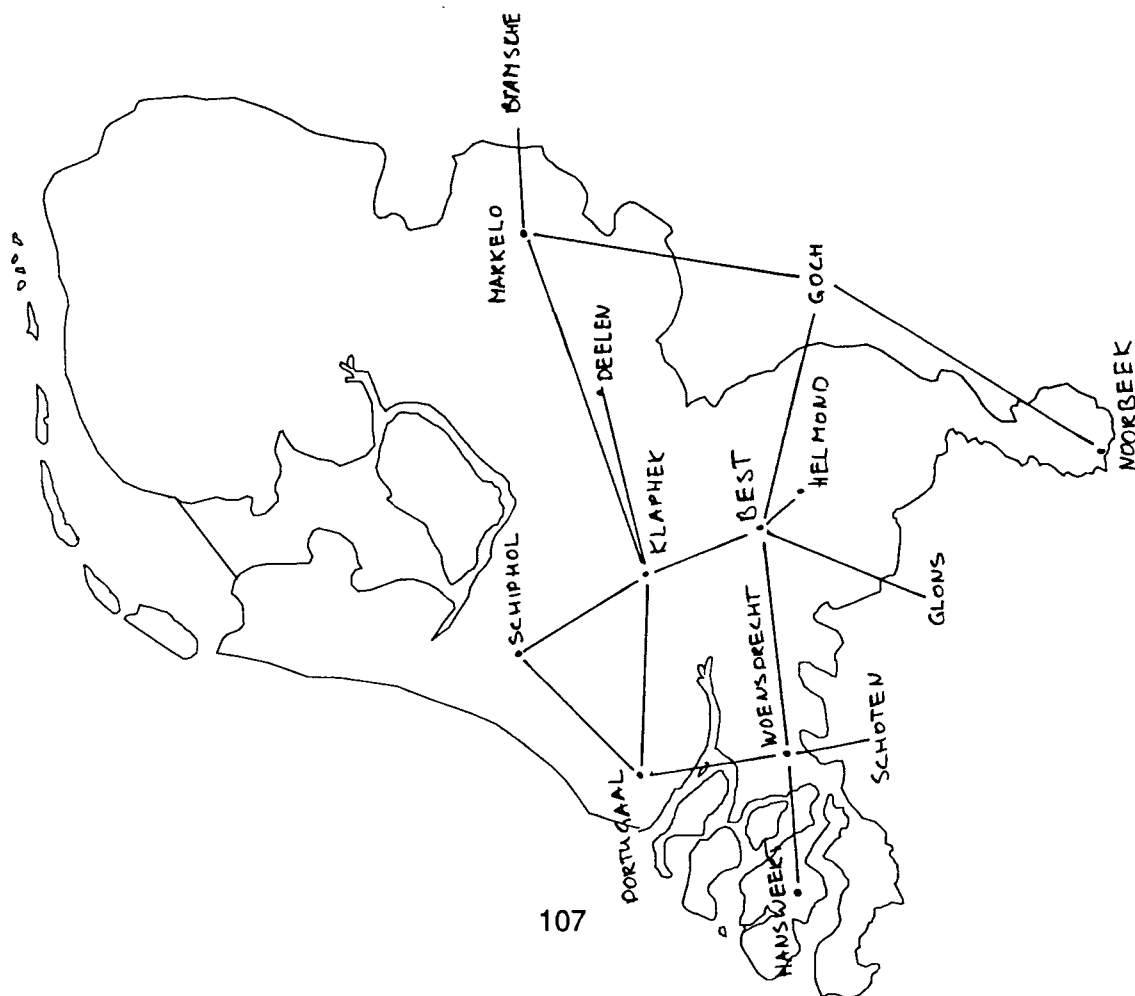
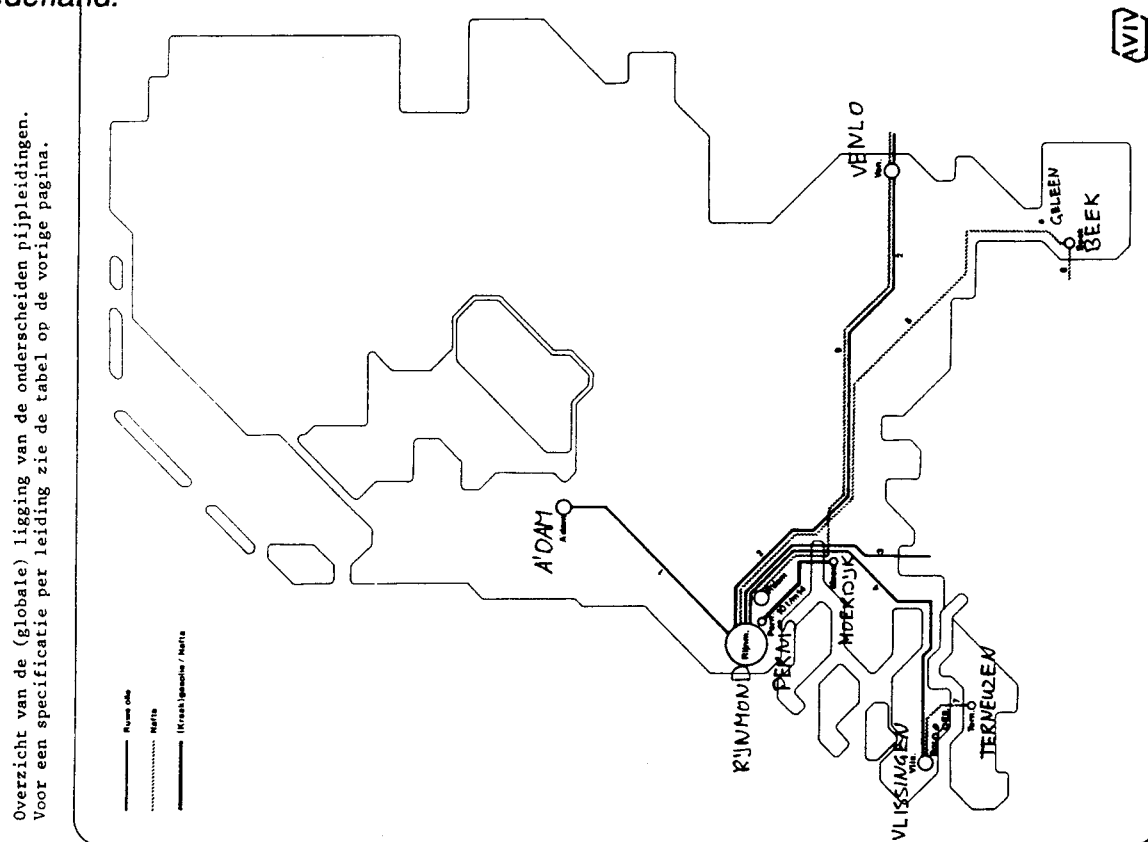
* geschat op basis van een capaciteitsbenutting van 50%.

** de totale doorzet in deze leidingen wordt verondersteld aan de som van de doorzetten in de leidingen 1-4.

*** de doorzet in deze leidingen wordt gelijk verondersteld aan de som van de doorzetten in de leidingen 5-14

BIJLAGE IV-1 (vervolg)

Figuur 1 Globale ligging van hoofdtransportverbindingen en defensieleidingen in Nederland.



BIJLAGE IV-1 (vervolg)

Tabel 2 Leidingen in Rijnmondgebied

bron: Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. VROM, Leidschendam, januari 1985 (Bodembescherming 41).

Eigenaar c.q. leidingexploitant	Tracé	produkt	diameter	lengte
	Markweg-BP (Europoort)	ruwe olie	24", 2x30"	3 km.
	" "	"	2x34", 40"	
	" "	nafta	12"	
	BP (Europoort)- Rijnweg (Euro- poort)	ruwe olie	30", 2x34", 40"	3 km.
	" "	nafta	8", 12", 22"	
	" "	stookolie	12"	
	" "	benzine	6"	
	Rijnweg (Europoort)- Europak (Moezelweg)	ruwe olie	20", 4x24", 26"	5 km.
	"	ruwe olie	28", 2x30", 36"	
	"	nafta	8", 12", 22"	
	"	stookolie	12", 20"	
	"	benzine	16"	
	Botlekweg/Moezelweg	ruwe olie	20", 3x24", 26"	4 km.
	Botlekweg/Europaweg	ruwe olie	28"	
	"	nafta	8", 2x12", 2x16"	
	"	nafta	22"	
	"	stookolie	12", 16", 20"	
	"	benzine	6"	
	Botlekweg/Europaweg	ruwe olie	20", 4x24", 28"	4 km.
	Botlekweg/Welplaatweg	nafta	8", 2x12", 2x16", 22"	
	"	benzine	6"	
	"	stookolie	12", 16", 20"	
	"	tolueen	6"	
	"	propyleenoxide	4"	
	"	chloor	3"	
	Botlekweg/Welplaatweg- Esso (Botlek)	ruwe olie	20", 4x24", 28"	2 km.
	"	nafta	12", 16", 22"	
	"	stookolie	16", 20"	2 km.
	"	aardgas	12", 16"	
	"	propyleenoxide	4"	
	"	vinylchloride	4"	
	"	chloor	4"	6 km.
	Esso (Botlek)- Shell (Pernis)	ruwe olie	6", 20", 4x24", 28"	
	"	nafta	2x8", 10", 2x12"	
	"	nafta	16", 22"	
	"	stookolie	16", 20"	
	"	propyleenoxide	4"	
	"	vinylchloride	4"	
	"	chloor	4"	
	Leidingen door Voorne- Putten :			
DPO	Europoort-Holl.Diep e.v.	vloeib.koolwaterst.	8"	
DTM RAPL	Esso Botlek-Limburg Moezelweg (Europoort)- Antwerpen	vloeib.koolwaterst.	8"	
RRP	Moezelweg (Europoort)- Holl. Diep e.v.	ruwe olie	34"	
Total	Maasvlakte-Vlissingen	ruwe olie	36", 24" 24"	

BIJLAGE IV-1 (vervolg)

Tabel 3 Leidingen in Zuid-West Nederland

bron: Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. VROM, Leidschendam, januari 1985 (Bodembescherming 41).

stand per september 1983

Eigenaar c.q. leidingexploitant	Tracé *	produkt	Ø	druk in (max. bar bedr. druk)	lengte in km.	max. bedr. temp. °C
SNC		propyleen	6"	35-45 (100)	23,4	50
EPM **		-	6"	80-100 (100)	36,6	50
EPM		ethyleen	8"	80-100 (100)	29,0	50
SNC		nafta	8"	4-40 (100)	29,0	50
SNC		gasolie	10"	4-40 (100)	29,0	50
SNC		butyleen	6"	9-15 (100)	29,0	50
SNC		ethyleenoxide	6"	5 (100)	29,0	50
SNC		pyr.gasolie	6"	33 (100)	29,0	50
SNC		cracked gasoil	6"	4-15 (100)	29,0	50
SNC **		-	2x6"	—	5,6	—
RAPL		crude oil	34"	30 (52)	8,7	50
DOW		ethyleen	6"	80-100 (100)	10,0	50
DOW **		-	6"	—	2,8	—
DIM		vloeib.kool- waterstoffen	8"	50-80 (80)	6,1	30
DIM **		-	8"	—	6,3	—
A.L.		stikstof	6"	40 (64)	47,3	20
A.L.		zuurstof	10"	40 (64)	39,7	20
Total		crude oil	24"	44 (60)	54,1	30
SNC		pyr.gasoil	8"	1-7 (100)	29,0	50
SNC		propyleenoxide	6"	— (100)	29,0	50
EPM		ethyleen	10"	80-100 (101)	43,4	50
RRP		crude oil	24"	—	2,0	—

Aanvulling Zeeland :

Terneuzen - Ellewoutsdijk e.v. nafta
 Terneuzen - Ellewoutsdijk e.v. propyleen/ethyleen

* Tracé : Pernis-Klundert-België/Zeeiland
 De leidingen liggen over uiteenlopende lengten in de leidingstraat.

** buiten bedrijf

BIJLAGE IV-1 (vervolg)

Tabel 4 Leidingen in Zuid Limburg (1983)

bron: Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. VROM, Leidschendam, januari 1985 (Bodembescherming 41).

Eigenaar c.q. leidingexploitant	Tracé	produkt	ø	druk in bar	doorzet 10 ⁶ ton/jr	(huidige capaciteit)
RRP	Rijnmond-Venlo-BRD	ruwe olie	36"	40	14	(20)
RRP	Rijnmond-Venlo-BRD	vloeib. koolwaterstof	24"	60	5	(10)
Botlekleding (DTM)	Rijnmond-Geleen	vloeib. koolwaterstof	8"	80	0,6	(1,3)
PALL	Antwerpen -Geleen	vloeib. koolwaterstof	18"	67	1,3	(6)
APC	Darmen-Geleen	ethyleen	10"	100	0,7	(1 -)
DTM	Tessenderlo-Antwerpen v.v.	monovinylnchloride	4"	65	0,12	(0,25)
DTM	Geleen-Stein	vloeib. koolwaterstof	4"	25	0,07	(0,21)
DTM	Geleen-Stein	" " "	10"	12	0,26	(4,8)
DTM	Geleen-Stein	" " "	4"	25	0,1	(0,42)
DTM	Geleen-Stein	" " "	10"	10	0,07	(1,9)
DTM	Geleen-Stein	" " "	3"	25	0,02	(0,12)
DTM	Geleen-Stein	" " "	8"	40	0,05	(1,03)
DTM	Geleen-Stein	stikstof	3"	4	0,5	(2,17)
DTM	Geleen-Stein	zwavelzuur	4"	13	0,13	(0,57)
Solvay	BRD Venlo-Thorn België	pekel	18"	50	ca.3	(5)
DPO	Noorbeek-Goch v.v.	vloeib. koolwaterstof	10"	80		(2,0)
DPO	Glons-Aken v.v.	vloeib. koolwaterstof	10"	80		(2,0)
DPO	Best-Goch v.v.	vloeib. koolwaterstof	6"	80		(0,7)

Tabel 5 Leidingennet van Defensie (1983)

bron: Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. VROM, Leidschendam, januari 1985 (Bodembescherming 41).

Eigenaar c.q. leidingexploitant	Tracé	produkt *	ø	druk in bar	doorzet
DPO	Botlek		12", 10"	80	
"	Poortugaal-Schiphol		4"	80	
"	Poortugaal-Woensdrecht		6"	80	
"	Poortugaal-Klaphek (bij Vianen)		8"	80	max. ca. 250 m ³ /hr.
"	Klaphek-Schiphol		4"	80	
"	Klaphek-Markelo		8"	80	
"	Klaphek-Vliegveld Deelen		4"	80	
"	Klaphek-Best		6"	80	
"	Markelo-Bramsche (BRD)		8"	80	
"	Markelo-Goch (BRD)		8"	80	
"	Woensdrecht-Hansweert		8"	80	
"	Woensdrecht-Schoten (B)		8"	80	
"	woensdrecht-Best		6"	80	
"	Best-Glons (B)		6"	80	
"	Best-Goch (BRD)		6"	80	
"	Best-Helmond		6"	80	

* Stoffen die door DPO worden verpompt zijn hoofdzakelijk kerosine, benzine en diesel.

BIJLAGE IV-2 Getransporteerde stoffen

bron: Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. VROM, Leidschendam, januari 1985 (Bodembescherming 41).

Stoffen		oplosbaar- heid in water (g/l)	kook- punt °C	leiding- druk (ato)	fase bij trans- port	Code Rijn- mond i.v.m. brandgevaar (zie tabel 3.2.)	Code i.v.m. bodemveront- reiniging	Voorlopig IMP-bodem Lijst I resp. Lijst II- stof
ruwe olie	vloeibare koolwaterstoffen			30-40	V	I.V.3	V ₁ -B	I
stookolie			200-400		V	I.V.3	V ₁ -B	I
nafta			16-180	4-40	V	I.V.1	V ₁ -B	I
benzine					V	I.V.1	V ₁ -B	I
kerosine			150-250		V	I.V.2	V ₁ -B	I
gasolie			200-360	4-40	V	I.V.3	V ₁ -B	I
cracked gasoil				4-15	V	I.V.3	V ₁ -B	I
pyrolysisch gasoil				1-7/33	V	I.V.3	V ₁ -B	I
tolueen		0,5 (16°C)	110,8		V	I.V.1	V ₁ -B	I
ethyleenoxide		oneindig	13,5	5	V	I.V.1	V ₁ -B	I
propyleenoxide		330 (20°C)	35		V	I.V.1	V ₁ -B	I
aardgas	gasvormige koolwaterstoffen	0,03	-161,4	40-90	G	I.G.1	G ₁ -A	-
etheen		0,3 (0°C)	-103,9	60-100	G	I.G.2	G ₁ -A	-
propeen		0,8	-47	80-100/	VG/G	I.VG.1	G ₂ -A	-
butaan		onoplosb.	-0,6	35-45	VG ³⁾	I.VG.1	G ₂ -A	-
butadieen		onoplosb.	-4,4	9-15	G	I.G.1	G ₂ -A	-
isobutaan		onoplosb.	-10		G	I.G.1	G ₂ -A	-
LPG (liquefied petroleum gas) .1)					VG	I.VG.1	G ₂ -A	-
vinylchloride		gering	-12	65	VG	II.VG.1	G ₂ -B	I
zuurstof	elementaire gassen	0,07 (0°C)	-18,3	40	G	III.G	G ₁ -A	-
stikstof		0,03 (0°C)	-195,8		G	III.G	G ₁ -A	-
waterstof		0,002 (0°C)			G	I.G.2	G ₁ -A	-
chloor	anorganische stoffen	9,8 (10°C)	-34,6		VG	II.VG	G ₂ -B	I
zoutzuur		823 (0°C)			V	II.V	V-B	II
zwavelzuur		oneindig		5	V	II.V	V-B	II
pekkel		+ 350(0°C)			V	III.V	V-B	II
ammoniak ²⁾		530 (20°C)	-33,4		VG	II.VG	G ₁ -B	II
afvalwater					V	II.V	V-B	II

1.) hoofdbestanddelen van LPG zijn: propaan, butaan, buteen en isobutaan in verschillende verhoudingen

2.) niet aangetroffen bij Nederlandse ondergrondse pijpleidingen

3.) VG is tot vloeistof verdicht gas

BIJLAGE IV-3a Lekkages van ondergrondse vloeistofleidingen in Nederland

bron: -Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. VROM, Leidschendam, januari 1985 (Bodembescherming 41);
 -Lekkages in provincie Brabant 1987-1991, Provincie Noord-Brabant, april 1992.
 -Dirks, W. en W. Grijm. Bodemverontreiniging ten gevolge van buisleidingen; een verkennend onderzoek (SPM, Rosmalen). VROM, Leidschendam, december 1991.

Jaar	Vloeistof	Maatschappij	Plaats	Lekkage- hoeveelh.	Oorzaak	Bijzonder- heden
1965	kerosine	DOC	Houten		diepploegen	brand
1965	kerosine	DOC	Boxtel		aanboring	-
1965/ 1966	ruwe olie	NAM	Rotterdam		corrosie	straten, huizen, auto onder olie
1966	kerosine	DOC	Vlaardingen		dragline	-
1966	kerosine	DOC	Leidschendam		heimachine	-
1967	kerosine	DOC	Jutphaas		dragline	-
1968	kerosine	DOC	Sassenheim		heimachine	-
1968	ruwe olie	NPM	Ringvaart Haarlemmermeer		contact zinker met damwand	betreft zinker onder Ring- vaart
1969	kerosine	DOC	Nw.Vennep		aanleg drainage	-
1970	kraakbenzine	DSM	Strijen	10-20m ³	drainage- machine	gat 6 x 40 mm.
1971	kerosine	DOC	Belfeld		graafma- chine	-
1972	ruwe olie	NAM	Rotterdam	enkele m ³	corrosie	-
1974	nafta	Esso	Botlek			leiding misschien bovengronds (niet bekend) schade was f 4.000.000,--
1974	ruwe olie	NAM	Rotterdam		zetting	-
1975	kerosine	DOC	Schiphol		aanleg drainage	-
1977	kerosine	DOC	Weerselo	+ 30 m ³	diepwoelen	lek binnen 2e beschermingsge- bied van water- wingebied
1979	ruwe olie	Total	Reimers- waal	enkele m ³	scheurvorm- ing t.g.v. eerder plaatsgevon- den bescha- diging (oor- zaak bescha- diging niet bekend)	2000 m ³ grond afgevoerd
1979	zware crude	BP	Rotterdam		-	-
1980	-	RRP	Rotterdam		afsluiter door onbekende open- gedraaid	
1983	nafta	RRP	Rotterdam (Petroleumweg)		lekke flens	
1983	ethyleen	Shell	Rotterdam		-	-
1986	gasolie	RRP		400 m ³	lekke flens	in 1991 nog niet gesaneerd
1987	nafta	DSM	Riethoven		-	"10 dagen werk"
1989	brandstof	DPO	Son		-	5 " "
1990	brandstof	DPO	Aarle-Rixtel		-	2 " "
1991	nafta	DSM	Berkel-Enschot		-	5 " "

BIJLAGE IV-3b Lekkage-incidenten en hun oorzaken; vijf verschillende leidingsystemen

bron: Bodemverontreiniging en het ondergrondse transport van stoffen. VROM, Leidschendam, januari 1985 (Bodembescherming 41)

* tussen haakjes staan het aantal lekkages per 1000 km leiding per jaar.

Leidingen	jaar	lengte leiding km,jr	totaal aantal lekken	externe oorzaken			interne oorzaken			overige oorzaken
				mech. besch.	corrosie	grond- verschuiv- ingen	mat/constr.	bediening	corrosie	
1. Ondergrondse stalen gastransp.leidingen in de V.S.	1970 t/m 1978	3714000	2059 (0,55) ^a	1085 (0,29)	363 (0,10)	79 (0,02)	387 (0,10)	-	89 (0,02)	58 (0,02)
2. Vloeistoftransport- leidingen in de V.S. (alle produkten, incl. LPG, incl. pompstations)	1968 t/m 1979	3197000 (2,0 → 0,8)	3600	1000 (0,31)	1051 (0,85 → 0,15)	54 (0,03) 168 t/m 175	378 (0,12)	225 (0,07)	204 (0,06)	512 (0,16)
3. Cross country pijp- leidingen in W-Europa (excl. pompstations ; alle produkten)	1970 t/m 1981	205550	143 (0,69)	51 (0,25)	59 (0,29)	13 (0,06)	18 (0,09)		2 (0,01)	
4. Gastransportleidingen in Nederland, regionale net HTL-net (hoge druk transportleidingen)	1975 t/m 1980	36822 23052	37 (1,0) 1 (0,04)	24 (0,65)	1 (0,03)		6 (0,16) 1 (0,04)			6 (0,16)
5. Ondergrondse vloe- stofleidingen in Neder- land	1965 t/m 1979	30000	17 (0,57)	12 (0,4)	3 (0,1)	1 (0,03)				

BIJLAGE IV-3c Aantallen lekkages en lekkage hoeveelheden van Europese leidingen

Tabel 1 Gemiddeld aantal lekkages per jaar voor Europese leidingen, periode 1971-1992 (CONCAWE, 1991, 1993)

OORZAAK	1971-1992			1971-1985			1986-1992		
	aantal	aantal/jr	%	aantal	aantal/jr	%	aantal	aantal/jr	%
materiaal/construct. fout	69	3.1	24	49	3.3	23	20	2.9	29
operationeel	19	0.9	7	16	1	7	3	0.4	4
corrosie	95	4.3	33	75	5	35	20	2.9	29
grondverschuiving	13	0.6	5	11	0.7	4.9	2	0.3	3
mech. beschadiging derden	88	4.0	31	64	4.3	30	24	3.4	35
TOTAAL	284	12.9	100	215	14.3	100	69	9.9	100

Tabel 2 Aantal lekkages en lekkage-hoeveelheden voor Europese leidingen (CONCAWE, 1991, 1992, 1993)

PERIODE	hvh bruto (m3)	aantal lekkages	hvh/lek (m3)	bodem- opp. (m3)	opp/lek (m2)	hvh/opp. (m3/m2)
71-81 (europa)	30436	174	175	-	-	-
86	1089	12	91	-	-	-
87	1900	8	238	-	-	-
88	1193	11	108	-	-	-
89	2184	13	168	-	-	-
90	907	4	227	4030	1008	0.23 + 1x verspreiding ondergronds
91	1346	14	96	148405	10600	0.01
92	804	7	115	7130	1019	0.11
86-90	7273	48	166	-	-	-
88-92	6434	49	131	-	-	-
	hvh netto					
86	238	12	20			
87	400	8	50			
88	752	11	68			
89	1291	13	99			
90	531	4	133			
91	902	14	64			
92	430	7	61			
86-90	3212	48	67			
88-92	3906	49	80			

In 1992 was:

de totale lengte van Europese pijpleidingen 21.500 km

de totale doorzet 598.000.000 m3

het totale transportvolume 105*E+9 m3*km

Bijlage V-1 Verwachte ontwikkeling van de loodemissie door loodhoudende benzine

Tabel 1 geeft de verschillende scenario's op basis van de mogelijke groei van het autopark. In tabel 2 zijn de verwachte loodemissies af te lezen. Hieruit kan afgeleid worden dat een sterke toename van het aantal (schone) auto's de looduitstoot meer afneemt dan bij een minder grootte toename van dat aantal. De aanschaf van schone auto's bepaald de afname van de loodemissie.

Tabel 1 Overzicht scenario's voor loodemissie [De groene ruimte, 1987]

groei autopark 1983-2000	groei vervoersprestatie per jaar			
	0 %	0,9 %	1,8 %	2,5 %
20 %	A1		A3	
30 %	C1	C2	B3	C4
40 %			C3	D4
50 %			D3	

bron: Berekening emissie scenario's partikulier personenvervoer, Energie Studie Centrum, Petten, 1986.

Tabel 2 Verwachte loodemissies uit diverse scenarioberekeningen. Voor alle jaren is uitgegaan van 0,1125 g/l in loodhoudende benzine [De groene ruimte, 1987].

jaar	loodemissie (ton)								
	A1	C1	C2	A3	B3	C3	D3	C4	D4
1985	330	330	330	340	340	330	340	340	340
1990	180	170	180	200	190	200	190	200	190
1995	80	70	80	60	90	90	90	100	50
2000	10	10	10	10	10	5	10	5	5

bron: Berekening emissie scenario's partikulier personenvervoer, Energie Studie Centrum, Petten, 1986.

BIJLAGE V-2 Berekeningen van emissies naar de bodem door wegen (voor 5 deelbronnen)
Uitlaatgassen

emissiefactor		benzine	0.01	0.05	1.7	0.07	5.06	1	0.05	-	-	-	CBS, 1994
(mg/kg)		benzine (loodvrij)	0.01	0.05	1.7	0.07	141.8	1	0.05	-	-	-	CBS, 1994
		benzine (super)	0.01	0.05	1.7	0.07	141.8	1	0.05	-	-	-	CBS, 1994
		lpg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		diesel	0.01	0.05	1.7	0.07	0.15	1	0.05	-	-	-	CBS, 1994;
emissie NL		benzine					161630						Stobbelaar, 1991.
1992		benzine (loodvrij)	25	126	4282	176	12752	2519	126	62500	3610	69300 ①	106 E+6 CBS, 1994
(kg/jr)		benzine (super)	11	53	1785	74	148838	1050	53	zie loodvrij			
		lpg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11 E+6 CBS, 1994
		diesel	36	178	6055	249	534	3562	178	64700	8450	77500 ②	49 E+6 CBS, 1994
		totaal	71	357	12123	499	162124	7131	357	127300	12070	146860 ③	165 E+6 CBS, 1994
emissie (kg/jr)													
- landelijke		benzine	3	16	531	22	14139	312	16			6064	?
wegen		lpg	-	-	-	-	-	-	-				?
		diesel	3	16	530	22	47	312	16			6781 ②	?
		totaal	6	31	1061	44	14186	624	31	11139	1056	12850 ③	?
- snelwegen		-	6	31	1061	44	14186	624	31	11139	1056	12850 ③	?
Totaal wegen buiten de bbk			12	62	2121	87	28372	1248	62	22278	2112	25701	?
emissie wegdek		benzine	0.000	0.001	0.033	0.001	0.885	0.020	0.001			0.380	?
buiten bbk		lpg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?
(kg/ha/jr)		diesel	0.000	0.001	0.033	0.001	0.003	0.020	0.001			0.425	?
		totaal	0.000	0.002	0.066	0.003	0.888	0.039	0.002	0.698	0.066	0.804	?
Brandstofverbruik 1991 (Klein, 1993)													CBS/Rab+Thomas
		mln liter	mln kg										
		benzine totaal	4519	3344	100%								
		- loodvrij	2745	2031	59.8%								
		- super	1774	1313	40.2%								
		lpg	1580	853									
		diesel	4071	3420									
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											
		diesel											
		benzine totaal											
		- loodvrij											
		- super											
		lpg											

BIJLAGE V-2 (vervolg) Berekeningen van emissies naar de bodem door wegen (voor 5 deelbronnen)
Lekverliezen motorvoertuigen

eenheid	materiaal	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK naftaleen	PAK fenanthr.	PAK 10 VROM	VOS/ olie	REFERENTIE
gehalte (mg/kg)	olie koelvloeistof	1.28 -	7.7 0	33.8 76	3.24 16	1090 6	827 14	8.1 -	- 0	- 0	812	1E+06	Tukkers, 1986; Oostergo, 1993
emissie NL (kg/jr)	olie koelvloeistof	4 0	27 0	118 882	11 186	3815 70	2895 162	28 0	- 0	- 0	2842 0	3440000	
emissie naar wegdek buiten bbk (kg/jr)	olie koelvloeistof totaal	3 0 3	19 0 19	83 617 700	8 130 138	2671 49 2719	2026 114 2140	20 0 20	- - -	- - -	1989 0 1989	2408000 0 2408000	
emissie buiten bbk (kg/ha/jr)	olie koelvloeistof totaal	0.000 0.000 0.000	0.001 0.000 0.001	0.003 0.019 0.022	0.000 0.004 0.004	0.084 0.002 0.085	0.063 0.004 0.067	0.001 0.000 0.001	- - -	- - -	0.062 0 0.062	75 0 75	
Lekverlies 1993 (ton/jr)	olie koelvloeistof (ethyleen-glycol)	3500											v Bentum, 1994
oppervlakte (ha)	buiten bbk binnen bbk	31936 27818				11600 (2 liter voor 5.8 mln auto's)							CBS, 1994; Oostergo, 1993

Slijtage wegdek

eenheid	materiaal	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK naftaleen	PAK fenanthr.	PAK totaal	VOS/ olie	REFERENTIE
gehalte (mg/kg)	asfalt	1	327	16	157	17	55	-	-	-	3472		Tukkers, v Bentum
emissie naar wegdek buiten bbk (kg/jr)	asfalt	8	2609	128	1253	136	439	0	0	0	6927		
emissie buiten bbk (kg/ha/jr)	asfalt	0.000	0.082	0.004	0.039	0.004	0.014	0.000	0.000	0.000	0.217		
wegdekslijtage 1992 (ton/jr)	totaal	7980 (buiten de bebouwde kom) 25% bevat teerbitumen (met PAK)											Tukkers, CBS v Bentum, 1994
oppervlakte (ha)	buiten bbk binnen bbk	31936 27818											

Strooizout

eenheid	materiaal	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK naftaleen	PAK fenanthr.	PAK totaal	VOS/ olie	REFERENTIE
gehalte (mg/kg)	vacuümzout	0.001	0.04	0.09	0.28	0.05	0.13	0.012	-	-	-	-	Noort
emissie naar wegdek buiten bbk (kg/jr)	vacuümzout	0.1	3.4	7.7	23.9	4.3	11.1	1.0					
emissie buiten bbk (g/ha/jr)	vacuümzout	0.004	0.16	0.36	1.12	0.20	0.52	0.05					
hoeveelheid/jr (kg/ha/jr)	vacuümzout	4000											
oppervlakte (ha)	buiten bbk binnen bbk	31936 27818											

BIJLAGE V-3 Run-off en depositieflux in de omgeving van wegen

Metingen van depositieflux en run-off van zware metalen, PAK (som van 10) en olie op 4 lokaties.
(in mg per m weg per weghelft per jaar; en omgerekend naar g/km/jr).

Lokatie:	Badhoevedorp (A9 in 1991); verkeersintensiteit 74.000 vpe							(DAB)	
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie
run-off	22	52	349	78	626	2390	-	11	57 ml
verwaaiing	17	146	521	83	1721	2242	-	158	-
totaal	39	198	871	162	2346	4632	0	169	57 ml
totaal (in g/km/jr!)	78	395	1742	323	4693	9263	0	337	114 liter

Lokatie:	Akersloot (A9 in 1990); verkeersintensiteit 47.000 vpe							(DAB)	
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie
run-off	3	10	110	8	125	626	-	2	
verwaaiing	27	115	386	68	1304	2294	-	172	
totaal	30	125	495	76	1429	2920	0	174	?
totaal (in g/km/jr!)	59	250	991	151	2857	5840	0	348	

Lokatie:	A58 Krabbendijke (in 1992); verkeersintensiteit 21.000 vpe							(DAB)	
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie
run-off	22	68	391	94	459	1564	-	29	37 ml
verwaaiing	5	73	433	32	1356	203	-	56	
totaal	27	141	824	126	1815	1768	0	86	37 ml
totaal (in g/km/jr!)	54	282	1648	251	3629	3535	0	171	74 liter

Lokatie:	A28 Nijkerk (winter 1992/1993); verkeersintensiteit 39.000 vpe							(ZOAB)	
	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie
run-off	1	10	62	18	48	161	-	48	-
verwaaiing	-	-	-	-	-	-	-	1	
totaal	1	10	62	18	48	161	0	48	-
totaal (in g/km/jr!)	2	20	125	36	97	322	0	97	-

BRONNEN:

- Keuken, M.P. e.a. Meting van massastromen van zware metalen en PAK in run-off van een snelweg. ECN, 1989.
 Keuken, M.P. e.a. Meting van massastromen van zware metalen en PAK door natte en droge verwaaiing van een snelweg. ECN, Petten, juni 1989
 Wegener J.W.M. e.a. Meting massastromen van PAK naar de directe omgeving van de weg. IVM, september 1990.
 Wyers, G.P. e.a. Meting van massastromen van zware metalen door natte en droge verwaaiing van een snelweg naar de berm. ECN, juni 1990.
 Wegener e.a. Meting massastromen van PAK naar de directe omgeving van de weg (II). IVM, september 1991.
 Wyers e.a. Meting van massastromen van zware metalen door run-off, natte en droge verwaaiing van een snelweg naar de berm. ECN, april 1991.
 Wegener e.a. Meting massastromen van PAK naar de directe omgeving van de weg (III). IVM, september 1992.
 Wyers e.a. Meting massastromen van zware metalen van de weg naar de directe omgeving (III). ECN, september 1992
 Wegener e.a. Meting massastromen PAK van de weg naar de directe omgeving (IV). IVM, oktober 1993.
 Wyers e.a. Meting massastromen van zware metalen van de weg naar de directe omgeving (IV). ECN, juli 1993.

BIJLAGE V-4: Analyseresultaten grondmonsters bermbodem van snelwegen op 11 lokaties

bron: [TAUW, 1990, 1991; Beugeling 1988; Post, 1993]

Gehalten van zware metalen, PAK (som van 10) en olie (niet vluchtig)(mg/kg d.s.)

Lokatie: A-13 westzijde (Den Haag-rotterdam km 13.45)

Afst tot verh (m)	Diepte (cm-mv)	droogrest (gew. %)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie niet vluchtig
0.6	0-5	82.1	2.5	22	125	19	600	350	11	68	730
	25-35	89.1	1.3	20	39	14	335**	200	4.8	78	
2.0	0-5	82.1	1.2	22	34	15	200	260	6.5	14	320
	25-35	87.2	0.5	19	16	13	60	140	7.5	5	
4.0	0-5	78.2	0.7	19	25	9	100	130	7.5	7.3	
	25-35	83.9	0.3	22	14	12	<10	94	8.5	3.4	
10.0	0-5	68.8	0.5	22	22	12	60	120	10	3	
	25-35	70.5	0.4	24	19	13	35	110	11	2.6	
200	0-5	59.3	0.4	22	60	15	100	210	8	2.4	

** 1e meting 450, 2e meting 240

Gehalten van zware metalen, PAK (10) en olie (niet vluchtig)(mg/kg d.s.)

Lokatie: A2-westzijde (Utrecht-Amsterdam km 13.45)

Afst tot verh (m)	Diepte (cm-mv)	droogrest (gew. %)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie niet vluchtig
0.6	0-5	74.7	1.9	33	450	26	650	530	6.5	12	730
	25-35	89.1	0.6	19	13	11	60	70	4	4.8	
2.0	0-5	76.2	1.4	28	58	22	35	270	7.5	12	960
	25-35	77.5	0.6	48	26	32	160	130	8.5	130	
4.0	0-5	67.9	0.8	25	32	17	180	145	6.5	9.7	
	25-35	68.3	0.6	32	21	20	110	105	9.5	20	
10.0	0-5	39.9	0.6	72	36	46	40	125	17	2	
	25-35	63.6	0.5	43	42	30	120	155	16	0.8	
200	0-5	52	0.7	78	45	42	60	175	16	1.1	

Gehalten van zware metalen, PAK (10) en olie (niet vluchtig)(mg/kg d.s.)

Lokatie: A2-oostzijde (Utrecht-Amsterdam km 13.45)

Afst tot verh (m)	Diepte (cm-mv)	droogrest (gew. %)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie niet vluchtig
0.6	0-5	79.8	2.0	25	111	24	600	590	5	5.7	1100
	25-35	86.1	1.6	64	24	10	120	170	2.9	3.5	
2.0	0-5	79.7	1.8	30	91	25	600	495	5.5	6.7	700
	25-35	76.7	0.6	32	24	20	80	120	9	14	
4.0	0-5	74.2	1.2	30	46	19	280	235	8	11	
	25-35	73.8	0.7	32	24	19	135	130	8	36	
10.0	0-5	45.9	1.0	42	70	32	260	195	11	2.6	
	25-35	64.7	0.3	67	41	44	120	155	18	2.2	
200	0-5	49	0.9	66	105	34	85	200	20	1.6	

Gehalten van zware metalen, PAK (som van 10) en olie (niet vluchtig)(mg/kg d.s.)

Lokatie: A-27 oostzijde (Utrecht-Hilversum, km 89.3)

Afst tot verh (m)	Diepte (cm-mv)	droogrest (gew. %)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie niet vluchtig
0.6	0-5	65.1	0.5	9	35	6	170	75	3.6	1	290
	25-35	79	0.1	4	4	3	15	20	2.1	0.1	
2.0	0-5	70.2	0.4	8	26	3	210	52	2.5	0.9	300
	25-35	87.4	0.1	6	8	1	40	18	2.3	0.1	
4.0	0-5	74.1	0.3	8	18	1	140	41	2.6	0.4	
	25-35	84.2	0.1	7	12	<1	50	19	2.6	0.2	
10.0	0-5	73.8	0.2	8	21	3	120	34	4	0.3	
	25-35	77.5	0.3	10	28	<1	15	59	7	0.3	
200	0-5	79.5	0.2	5	10	1	50	13	2.7	0.1	

vet & onderstreept = gehalte >= interventie-waarde voor standaardbodem (Tweede Kamer, 1993/1994)**vet =** gehalte >= helft interventie-waarde standaardbodem**gearceerd =** gehalte >= streefwaarde voor standaardbodem [Tweede Kamer, 1991]

BIJLAGE V-4 (vervolg): Analyses grondmonsters bermbodem van snelwegen op 11 lokaties

bron: [TAUW, 1990,1991; Beugeling 1988; Post, 1993]

Gehalten van zware metalen, PAK (som van 10) en olie (niet vluchtig)(mg/kg d.s.)

[Tauw, 1990]

Lokatie: A-4 westzijde (Leiden-Leimuiden, km 25.1)

Afst tot verh (m)	Diepte (cm-mv)	droogrest (gew. %)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie niet vluchtig
0.6	0-5	77.4	**	30	46	15	290	230	9	7.3	300
	25-35	78.6	0.7	32	26	18	160	145	9.5	13	
2.0	0-5	79	0.2	23	18	14	55	81	7.5	2.5	140
	25-35	75.7	0.3	24	24	14	150	110	6.5	8.5	
4.0	0-5	78.3	0.2	28	12	15	25	65	6	0.8	
	25-35	83.4	0.1	20	8	10	15	43	6	0.2	
10.0	0-5	52.5	0.7	28	26	20	85	140	7.5	5.2	
	25-35	66.3	0.4	28	22	16	120	79	7.5	2	
200	0-5	66	0.3	22	23	7	100	54	6	1.5	

** 1e meting 5.8, 2e meting 0.8

Gehalten van zware metalen, PAK (som van 10) en olie (niet vluchtig)(mg/kg d.s.)

[Beugeling, 1988]

Lokatie: A12 zuidzijde (Den Haag-Utrecht, km 11.7), A13 westzijde (Den Haag -Rotterdam km 13.45)

Afst tot verh (m)	Diepte (cm-mv)	droogrest (gew. %)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie niet vluchtig
A12 0.6	0-5	80.9	2.3	22	48	14	420	250	3.9	34	5
	25-35										
2.0	0-5	81.7	1.0	19	27	9.7	150	110	4.5	3.9	5
	25-35	79.4	0.3	28	18	15	52	60	7.5	0.27	5
A13 0.6	0-5	81.9	2.6	24	72	21	380	490	6.5	95	5
	25-35										
2.0	0-5	80.6	0.4	23	21	15	230	210	5.4	25	5
	25-35	81.7	0.3	22	18	17	46	110	4.8	4.9	5

Gehalten van zware metalen, PAK (10) en olie (niet vluchtig) bij vangrails (mg/kg d.s.)

[Tauw, 1991]

Lokatie: A13, A12, A20, A4

Afstand tot vangrail (m)	Diepte (cm-mv)	droogrest (gew. %)	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As	PAK totaal	olie niet vluchtig
A13 0	0-5	81.4	1.0	19	36	16	240	540	8.5	38	690
	25-35	87.3	1.2	24	32	67	190	245	7	170	540
1.4	0-5	78	0.5	22	12	14	50	105	9	13	270
	25-35	84.6	3.3	35	96	22	480	1550	9	5.2	140
A12 0	0-5	82.9	1.8	31	33	7	215	275	4.5		
	25-35	82.5	0.9	22	24	14	210	185	5		
1.4	0-5	79.4	1.1	22	34	18	210	660	7		
	25-35	86.6	0.8	20	22	14	210	195	6		
A20 0	0-5	82.5	1.4	24	35	21	210	770	5		
	25-35	88.1	0.6	16	26	12	165	225	29		
1.4	0-5	80.5	0.5	21	16	16	85	120	22		
	25-35	82.3	0.3	27	12	16	45	88	24		
A4 0	0-5	79.9	1.8	26	53	16	520	1550	5		
	25-35	77.8	1.2	30	40	21					
1.4	0-5	76	1.5	27	37	20	270	1050	7		
	25-35	80.1	0.5	27	26	19	150	160	9		

Gehalten van 5 zware metalen in de bodem (mg/kg d.s.)

[Post, 1993]

Lokatie: Zuid West Londen

Plaats	Afst tot verh (m)	Diepte (cm-mv)	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Ham	0.5	0-7.5	2.65	113	30	1030	429
Common	10	0-7.5	0.12	13	21	82	53
Surbiton	0.5	0-7.5	1.26	49	21	490	501
	10	0-7.5	0.13	12	13	69	50
Richmond A meting	0.5	0-7.5	1.39	47	21	590	215
	10	0-7.5	0.13	15	12	78	55
Richmond B controle	0.5	0-7.5	0.21	18	11	81	60
	10	0-7.5	0.15	19	10	55	53
Richmond C controle	0.5	0-7.5	0.92	27	16	119	83
	10	0-7.5	0.41	9	8	44	26

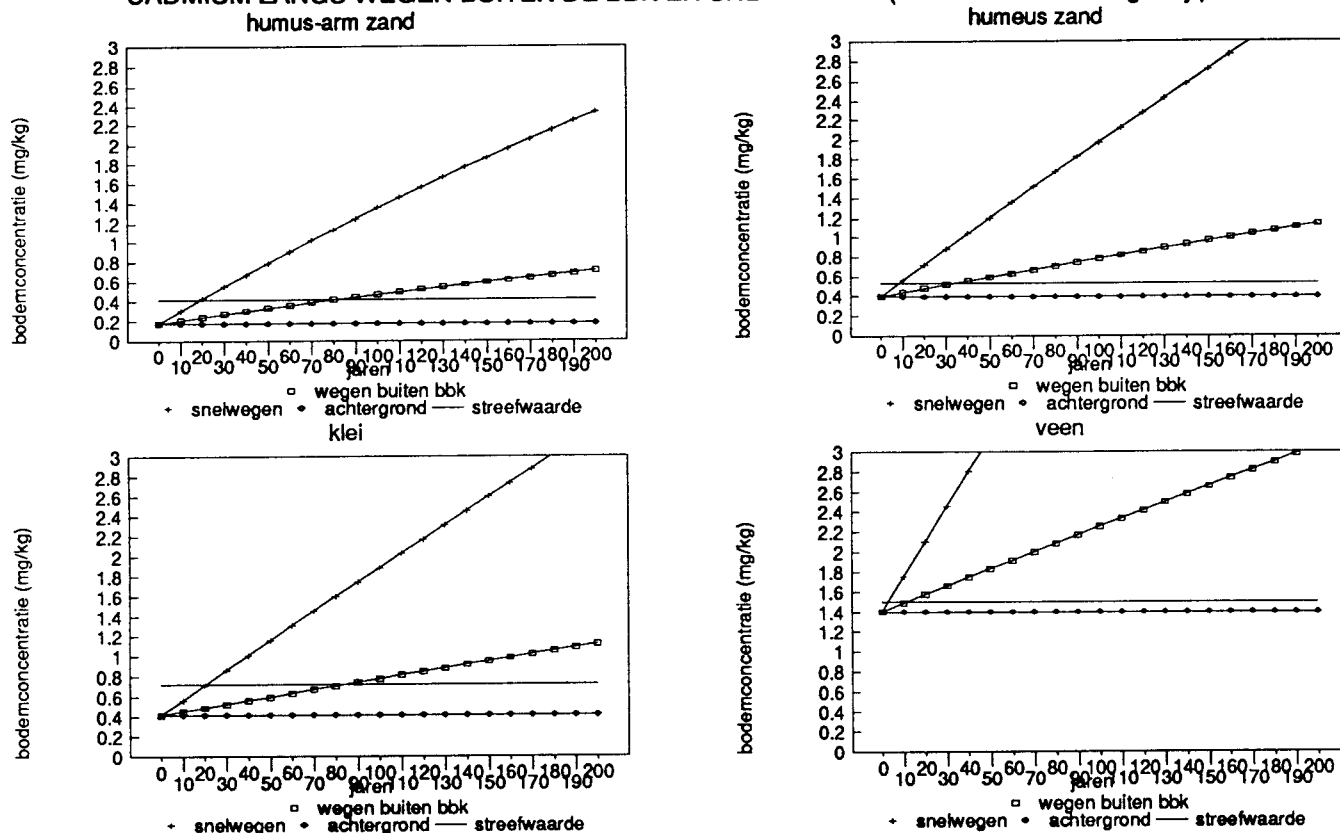
vet & onderstreept = gehalte >= interventie-waarde voor standaardbodem (Tweede Kamer, 1993/1994)

vet = gehalte >= helft interventie-waarde standaardbodem

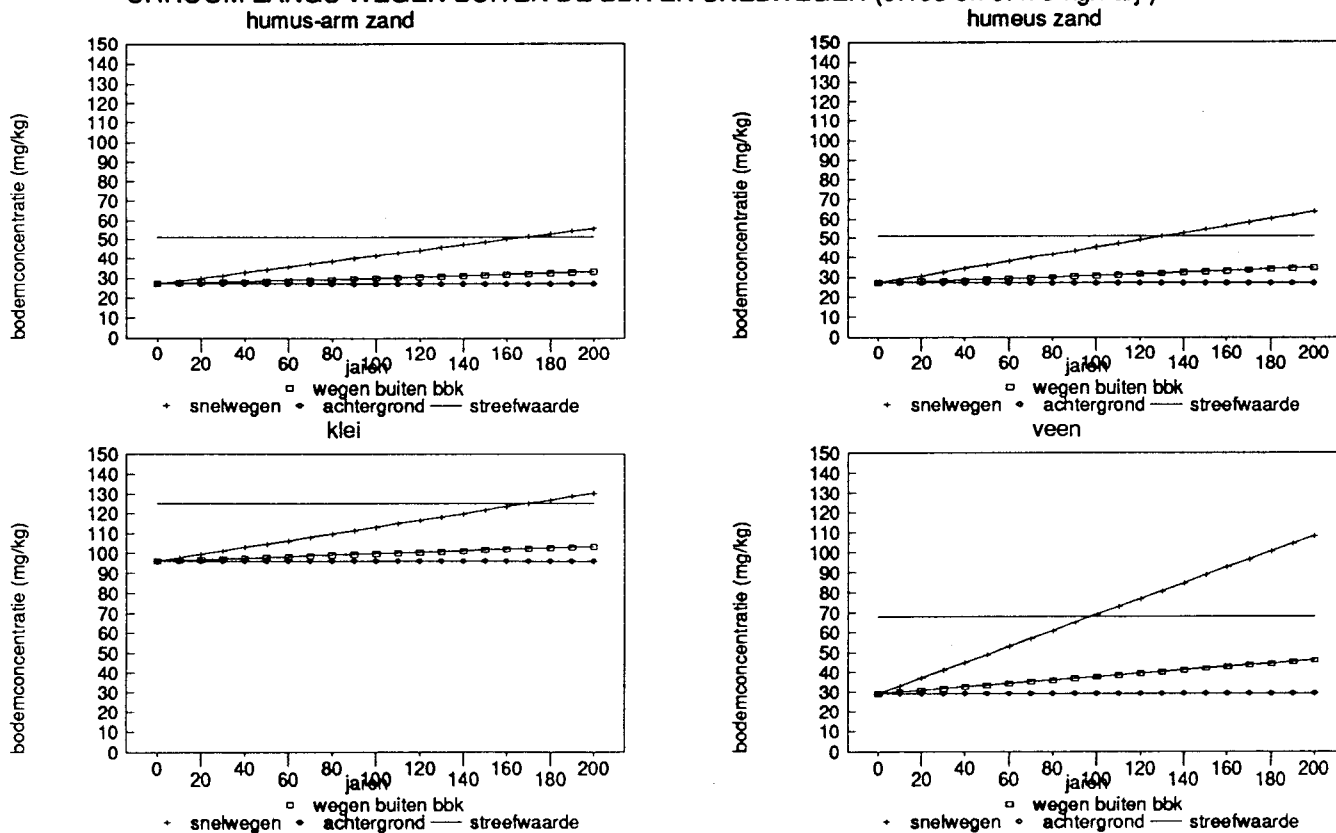
gearceerd = gehalte >= streefwaarde voor standaardbodem [Tweede Kamer, 1991]

Bijlage V-5 Berekende concentratie van cadmium en chroom in 4 modelbodems langs wegen buiten de bbk en snelwegen (belasting Cd: 1.05 en 4,25 mg per m² per jaar; Cr 10,3 en 47,9 mg per m² per jaar)

CADMIUM LANGS WEGEN BUITEN DE BBK EN SNELWEGEN (0.0105 EN 0.0425 kg/ha/jr)

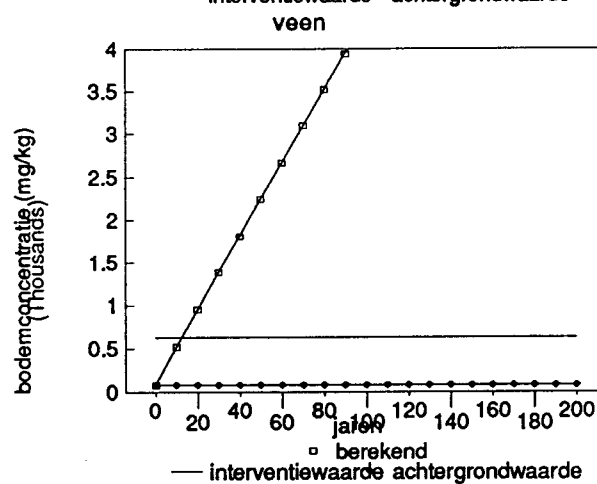
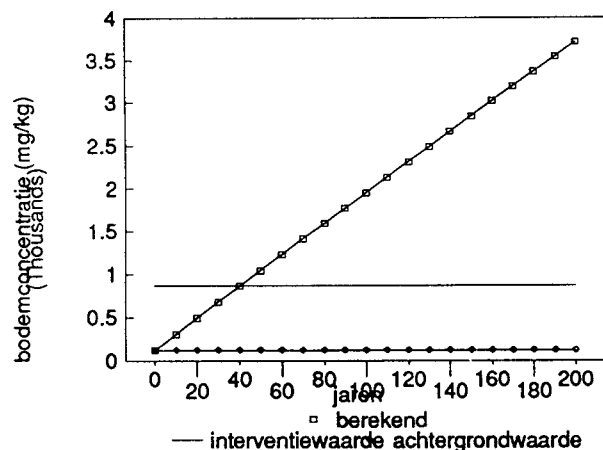
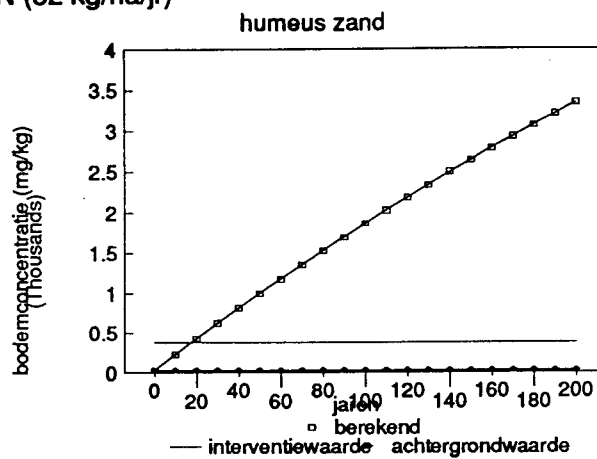
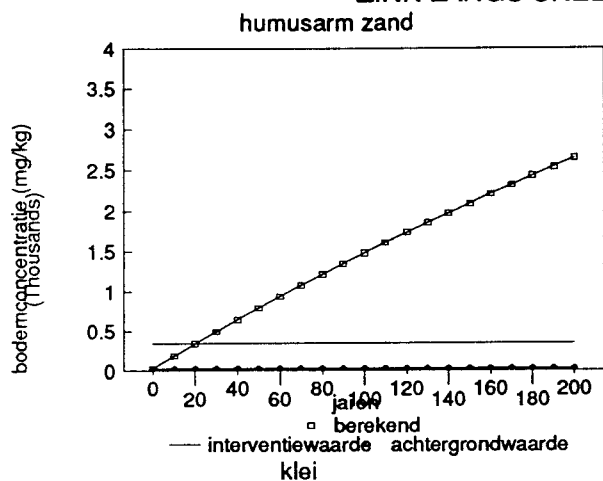


CHROOM LANGS WEGEN BUITEN DE BBK EN SNELWEGEN (0.103 en 0.479 kg/ha/jr)

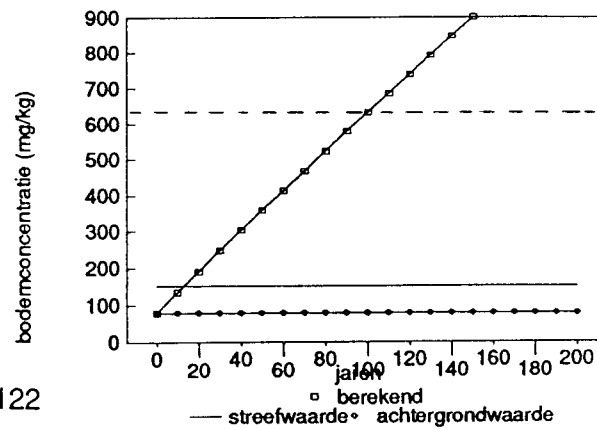
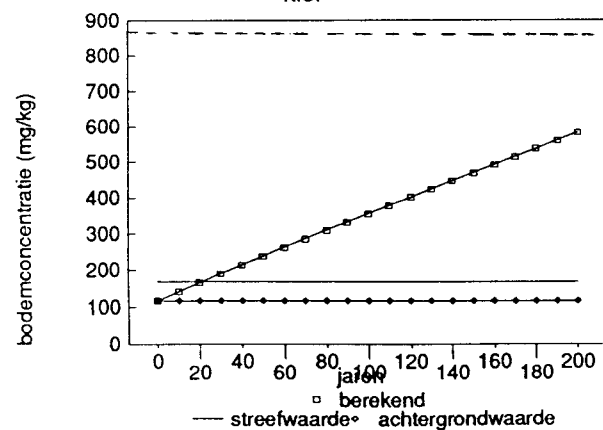
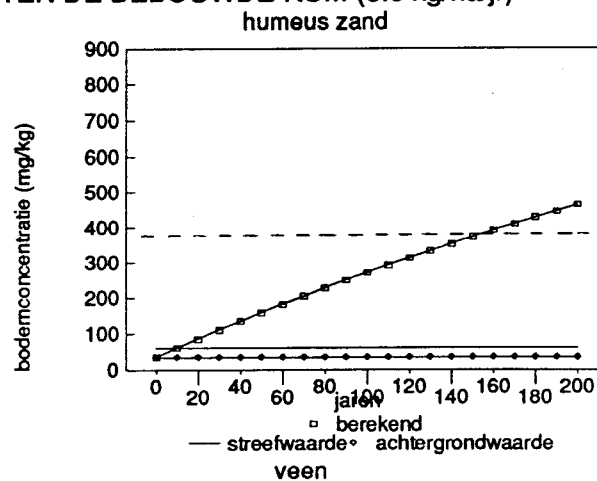
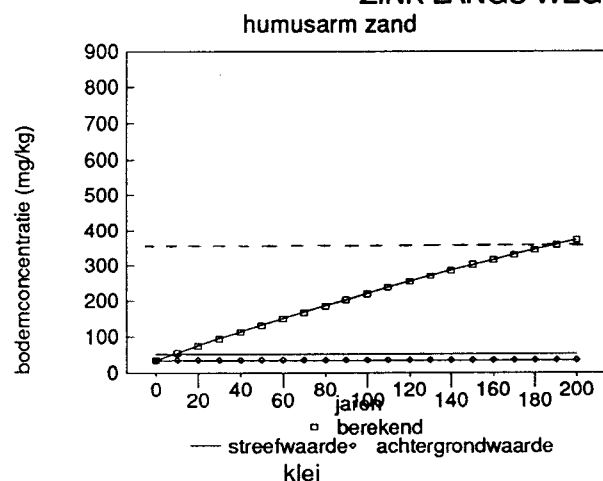


Bijlage V-6 Berekende concentratie van zink in 4 modelbodems langs snelwegen en wegen buiten de bbk (belasting resp. 5245 en 678 mg per m² per jaar; stippellijn geeft interventiewaarde bodemsanering aan)

ZINK LANGS SNELWEGEN (52 kg/ha/jr)

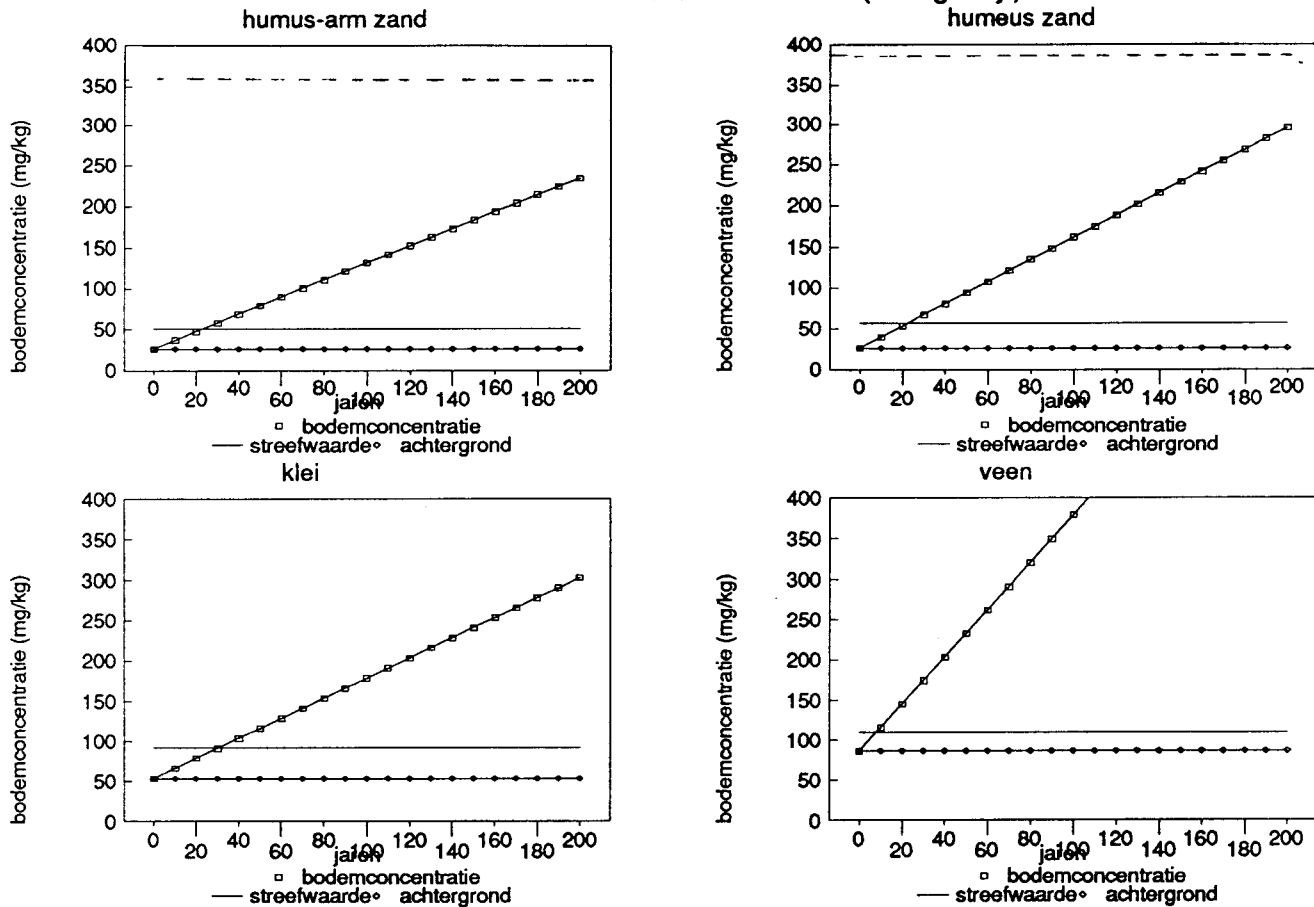


ZINK LANGS WEGEN BUITEN DE BEBOUWDE KOM (6.8 kg/ha/jr)

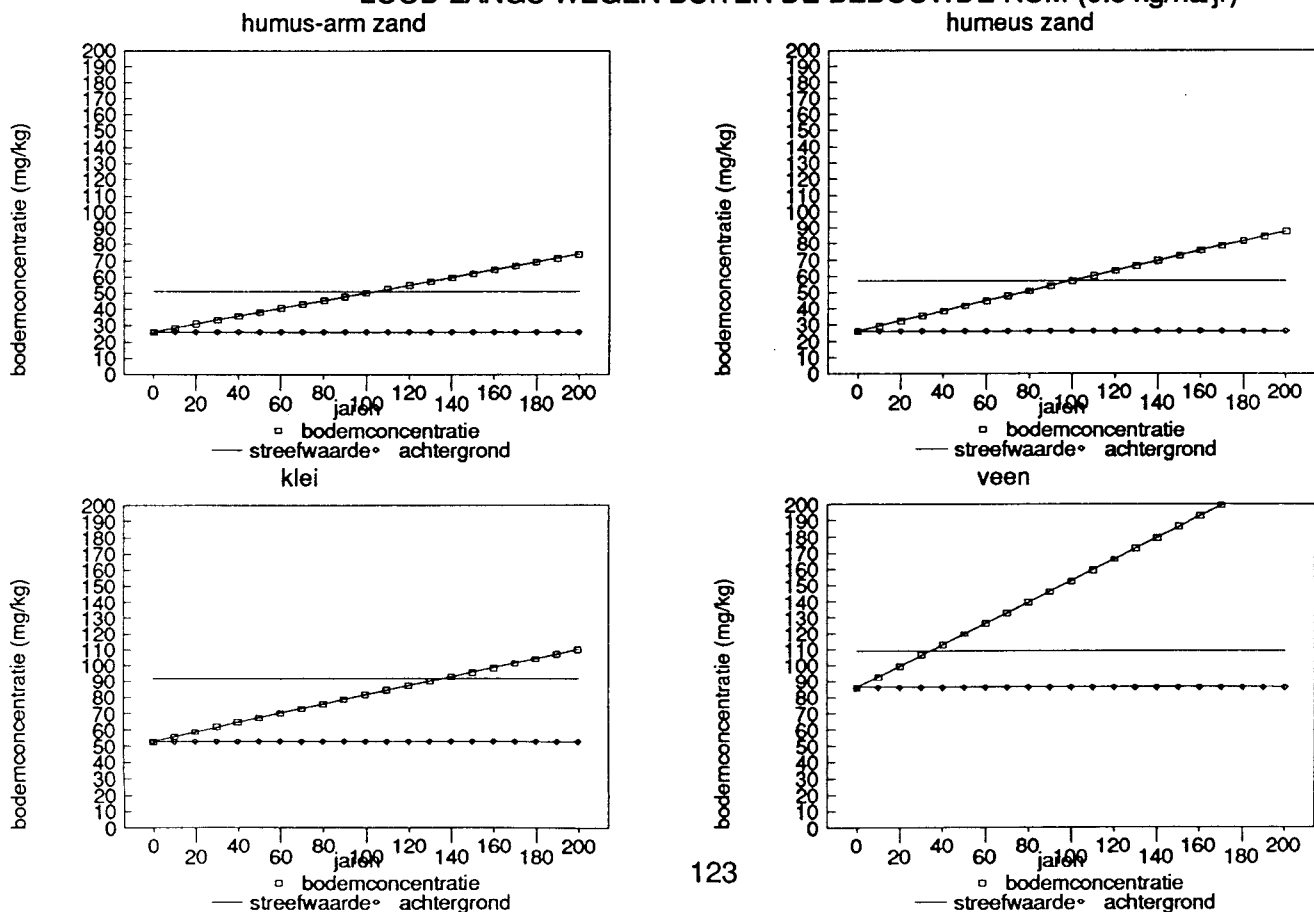


Bijlage V-7 Berekende concentratie van lood in 4 modelbodems langs snelwegen en wegen buiten de bbk (belasting resp. 353 en 81 mg per m² per jaar; stippellijn geeft interventiewaarde bodemsanering aan)

LOOD LANGS SNELWEGEN (3.5 kg/ha/jr)

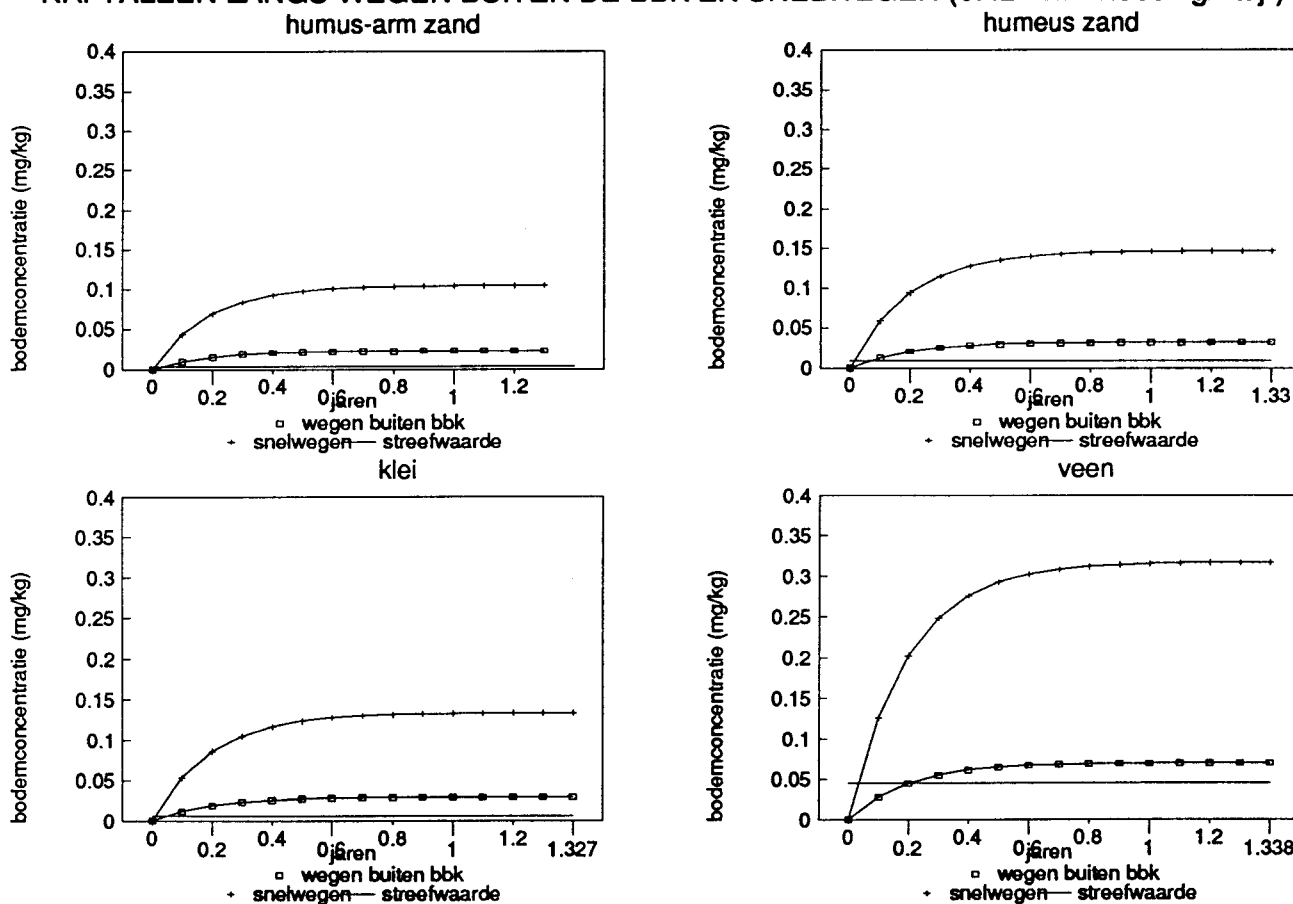


LOOD LANGS WEGEN BUITEN DE BEBOUWDE KOM (0.8 kg/ha/jr)

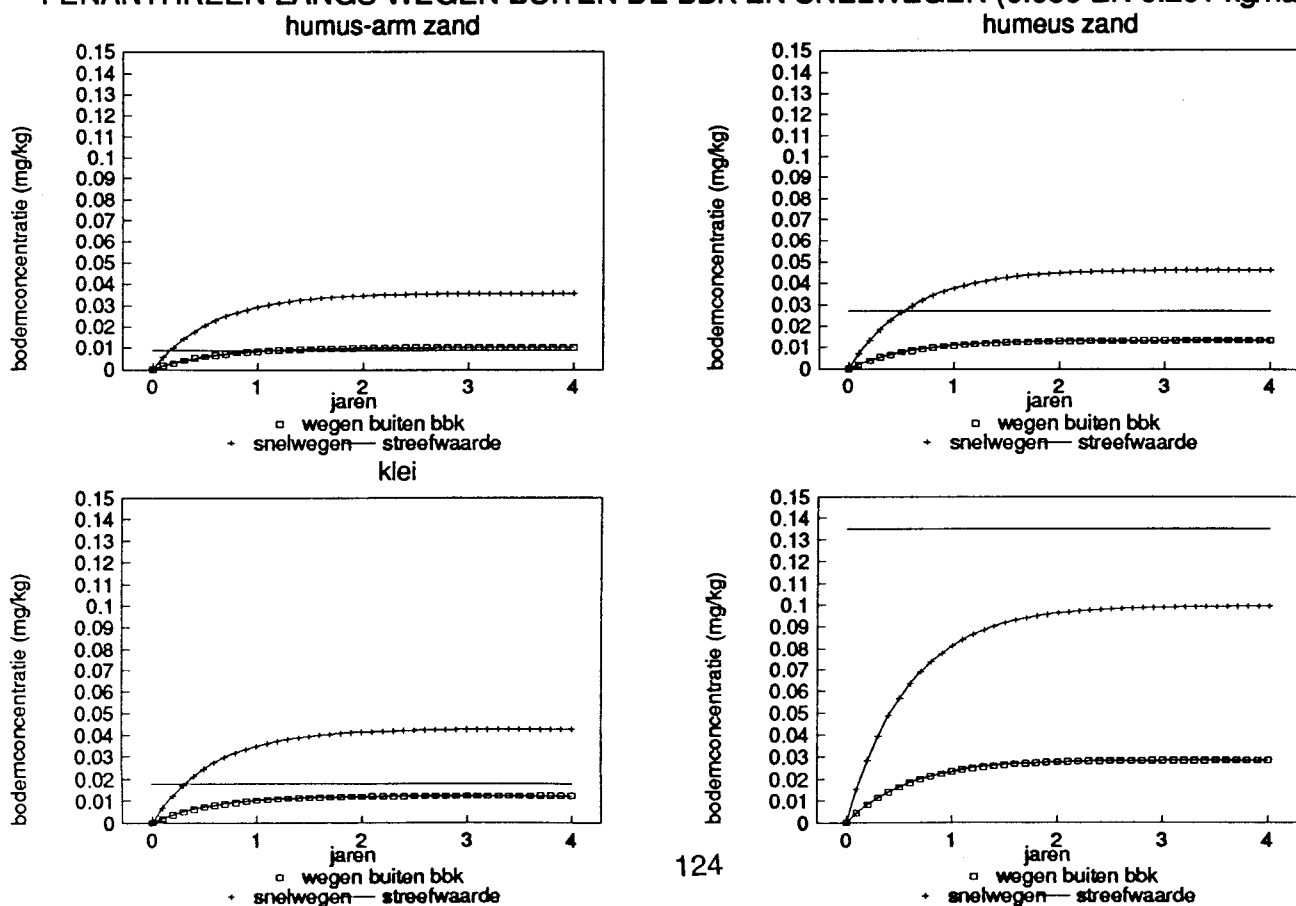


Bijlage V-8 Berekende concentratie van naftaleen en fenanthreen in 4 modelbodems langs snelwegen en wegen buiten de bbk (naftaleen 194 en 42,7 mg per m² per jaar; fenanthreen 20 en 5.8 mg per m² per jaar)

NAFTALEEN LANGS WEGEN BUITEN DE BBK EN SNELWEGEN (0.427 EN 1.939 kg/ha/jr)



FENANTHREEN LANGS WEGEN BUITEN DE BBK EN SNELWEGEN (0.058 EN 0.201 kg/ha/jr)



Bijlage VI-1 Door Nederlandse Spoorwegen toegepaste bestrijdingsmiddelen

Tabel 1 Toegepaste onkruidbestrijdingsmiddelen door de NS sinds 1968

[bron: Lourijzen, 1991; NS, 1991]

Bestrijdingsmiddel	actieve stof	jaartal																																		
		58	68	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92										
Calciumchloraat		X	X	X	X	X	X	X	X	X																										
Aakarzol	amitrol/diuron		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Aaglotyl			X	X	X	X	X	X	X	X																										
Aaglotyl S											X		X	X	X	X																				
Aaglotyl Supra																	X	X																		
Primatol ATA	amitrol/atrazin		X																																	
Primatol ATA + OrgaAmitol				X	X																															
Dalapon	dalapon		X	X	X	X																												X		
2-4-5 T	2-4-5 T		X	X	X	X																														
2-4-5 T (Aanetos)	2-4-5 T						X	X	X																											
Aadipon			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	Xzu	Xzu																		
Aavarol/Hyvar X Sol	amitrol/bromacil			X	X	X	X	X	X																											
Aavarol	amitrol/bromacil									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Aamitrol	amitrol			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Aaherba Amine 2.4 D							X	X	X	X																										
Jebubrusex							X	X	X	X																										
Primatol ATA	amitrol/atrazin										X																									
Casoron	dichlobenil										X																									
Fydulan G	dalapon, dichlobenil											X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Casoron 133/Fydulan G													X	X																						
Gesatop	simazin											X																							X	
Round Up	glyfosaat											X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Ammoniumsulfamaat													X	X	X	X	X																			
Fyducit															X	X	X	X			X															
Asepta DCP	dalapon																		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Cornox M	MCPA																		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Aakarmex	diuron																					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Ustinex	amitrol, diuron																																	X	X	

Tabel 2 Verbruik actieve stof in 1986, 1991 en 1992 in kg [bron: NS, 1992, 1994].

actieve stof	merknamen	verbruik in 1986	verbruik in 1991	verbruik in 1992
amitrol	Ustinex/Aakarzol/Aamitrol	7616	6100	4599
ammonium-thiocyanaat		2438	-	-
bromacil		5694	-	-
diuron	Ustinex/Aakarzol	196	8900	6279
dalapon	Fydulan G/Asepta DCP	739	764	296
dichlobenil	Fydulan G	120	380	130
MCPA	Cornox M	214	76	168
BAM	afbraakprod. dichlobenil	(60)	(190)	(65)
Glyfosaat	Roundup	45	396	662
Simazin	Gesatop	-	-	25-250
TOTAAL actieve stof		17062	16616	12134
actieve stof per km spoor		6.6	5.9	4.3

BIJLAGE VI-2: Metingen koperdepositie tot 50 m van spoorlijn [Hoeve, 1991; NS-CTO, 1993]

Tabel 1 Depositie en concentratie in lucht van koper op verschillende afstanden tot hart van de spoorbaan (mg/m²/jr) [Hoeve, 1991]

Lokatie: Traject Arnhem-Utrecht (bij Veenendaal, km 66)				
afstand tot hart	bakken	NS emmers	NS emmers (gecorr. opp.)	concentratie
spoorbaan (m)	(mg/m ² . jr)	(mg/m ² . jr)	(mg/m ² . jr)	(ug/m ³)
Zuid -50	4.37	16	3.5	0.0061
Zuid -25	5.66	36	7.8	-
Zuid -16	6.52	25	5.4	-
Zuid -10	3.85	44	9.6	-
Zuid -4	27.53	101	22	-
0	-	-	-	-
Noord 4	85.28	337	73.3	0.015
Noord 15	10.43	43	9.4	0.025
Noord 25	3.98	32	7	0.017
Noord 50	3.98	14	3	0.0074

Tabel 2 Depositie van koper op verschillende afstanden tot hart van de spoorbaan (mg/m²/jr)[NS-CTO, 1993]

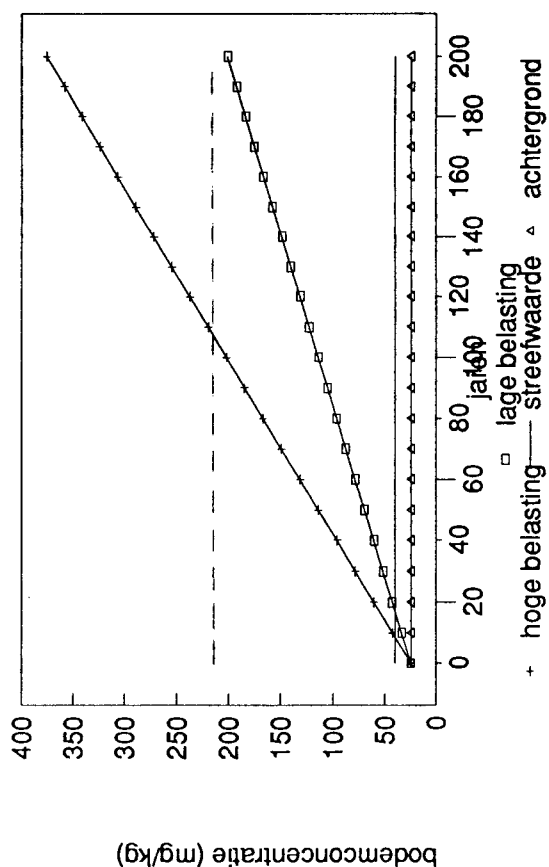
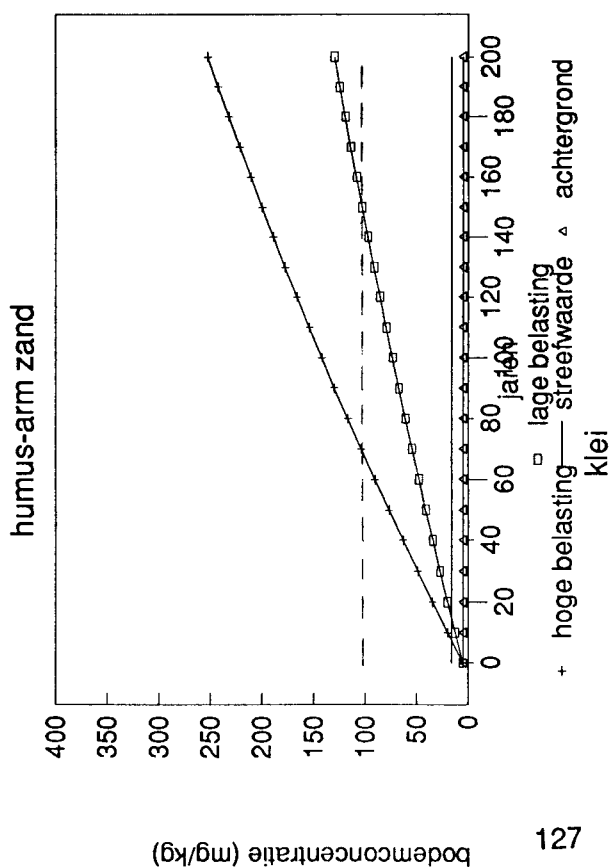
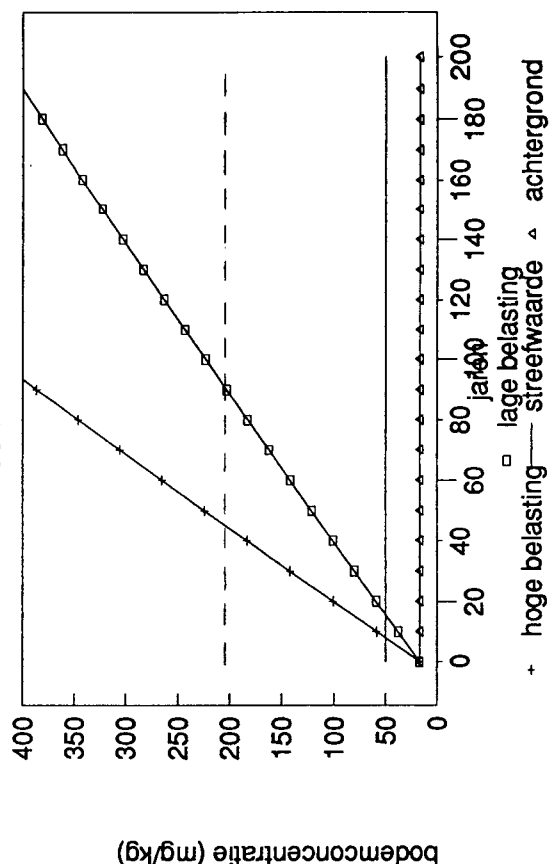
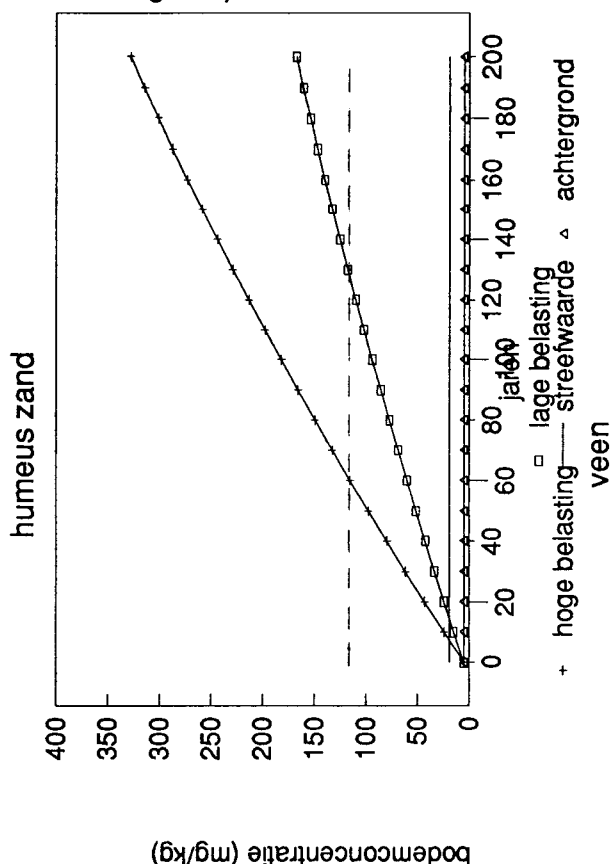
Lokatie: Traject Arnhem-Utrecht (bij Veenendaal, km 66.0)					
afstand tot hart	gem. depositie	periode A1	periode A2	periode B1	periode B2
spoorbaan (m)	(mg/m ² . jr)				
Zuid -52	19.5	16.6	12.4	17.5	31.7
Zuid -27	32.5	60.7	28.4	31.7	22
Zuid -18	25.7	25.2	29.1	21.2	25.5
Zuid -12	44.7	37.9	49.1	43.8	43.7
Zuid -6	106.1	83.5	133.8	80.3	105.6
0	-	-	-	-	-
Noord 6	555.6	327.4	968.8	333.9	350.9
Noord 17	43.6	36.2	49.6	43.5	-
Noord 27	28.2	37.2	26.9	30.9	14.4
Noord 52	14.5	12	17.4	13.7	-

Tabel 3 Depositie van koper op verschillende afstanden tot hart van de spoorbaan (mg/m²/jr)[NS-CTO, 1993]

Lokatie: Traject Utrecht-Woerden (bij Harmelen, km 11.9)						
afstand tot hart	gem. depositie	periode 1	periode 2	periode 3	periode 4	periode 5
spoorbaan (m)	(mg/m ² . jr)					
Zuid -14.3	130	205	74	59	110	171
Zuid -6.7	288	454	255	310	187	297
0	1942	1083	2551	956	1548	2778
Noord 4.7	1992	1041	2832	512	1332	3120
Noord 7.7	592	296	1148	348	375	681
Noord 12.8	174	62	218	153	149	235
Noord 15.0	111	59	113	93	87	164

KOPER LANGS SPOORWEGEN (2.53 en 5.03 kg/ha/jr)

Bijlage VI-3 Berekende concentratie van koper in 4 modelbodems langs spoorwegen (hoge belasting 503, lage belasting 253 mg per m² per jaar; stippellijn geeft interventiewaarde bodemsanering aan)



BIJLAGE VII-1 Omvang tram-, metro-, sneltram- en trolleybus-net in Nederland verdeeld naar vijf regio's

Netlengte en soort vervoer in verschillende steden

Stad	Type vervoer	netlengte dubbel spoor (km)	percenta- ge baan gerioleerd	aantal rijtui- gen	aantal passa- ges/ (dag*km) ¹	bron- jaar	bron
Amsterdam (GVB)	tram (motor-) sneltram/metro metro bus	133.7 17 23.6 ?	100% ? ?	289 13 44 ?	432 144 144 ?	1992	CBS, 1994 GVB, 1994
Rotterdam ² (RET)	tram (motor-) sneltram metro bus totaal	155 enkel (83.6 vrije baan) 8.6 23 ? 403	90% 70% 70%	145 71 71 273	216 144 144	1988, 1992	Hofman, 1991 CBS, 1994 RET, 1994
Den Haag (Delft) (HTM)	tram (motor-) bus	83.6 (67,6 vrije baan) 149.2	20%	147	432	1993	HTM, 1994
Utrecht (WN)	sneltram	17.9	0%	27	144	1992	CBS, 1994 WN., 1994
Arnhem (GVM)	trolleybus bus totaal	54 enkel ?	100%	50 120	144	1992	CBS, 1994 GVM, 1994
TOTAAL	tram sneltram metro lijndienstbus w.v. trolley	294.8 43.5 46.6 ? 54 enkel	75% 50-85% 35-55% 100%	581 111 115 6270 50	432 144 144 - 144	1989- /1993	CBS, 1991

¹Voor trams wordt gerekend dat gemiddeld elke 5 minuten een tram passeert in beide richtingen gedurende 18 uur van de dag; voor sneltram, metro en trolleybus wordt uitgegaan van één passage per kwartier in beide richtingen gedurende 18 uur per dag.

²De regio Rotterdam beslaat de gemeenten Rotterdam, Schiedam, Vlaardingen, Spijkenisse, Capelle aan de IJssel en Albrandswaard.

- CBS. Telefonische informatie van CBS Heerlen (situatie per 31 december 1992). april 1994.
- CBS. Tram- en autobusbedrijven 1989. Produktiestatistieken transport, opslag en communicatie. CBS, Voorburg/Heerlen, 1991.
- Hofman, H.D. en J.P.C. Dieleman. Bedrijfsrapportage RET. Project Industriële Successen met Afvalpreventie. NOTA, Leiden, 1991.
- WN. Telefonische informatie, West-Nederland, Utrecht, april 1994.
- GVM. Telefonische informatie, Gemeentelijke Vervoersmaatschappij, Arnhem, april 1994.
- RET. Telefonische informatie, Rotterdamsche Electriche Tram, Rotterdam, april 1994.
- GVB. Telefonische informatie. Gemeentelijk vervoerbedrijf, Amsterdam, april 1994.
- HTM. HTM, Feiten en cijfers. Den Haag, januari 1994.
- HTM. Telefonische informatie. Haagsche Tramweg-Maatschappij. Den Haag, april 1994.

Bijlage VII-2 Berekening van de koperslijtage door trams etc.

Berekening op basis van slijtage metingen bij de NS [Markesteljn, 1993]

Tram: 295 km dubbelspoor met 432 passages per dag;
emissie 0.13 gram per passage per kilometer;
op jaarbasis is dit $0.13 \cdot 295 \cdot 432 \cdot 365$ g koper, dat is 6,0 ton koper

Sneltram/Trolley: 43,5 en 27 km "dubbelspoor" met 144 passages per dag;
emissie 0,13 gram per passage per kilometer;
op jaarbasis is dat $0,13 \cdot 70,5 \cdot 144 \cdot 365$ g koper; dat is 0,48 ton koper.

Metro: metro's gebruiken een derde rail voor de stroomvoorziening, dit betekent alleen slijtage van ijzerdeeltjes.

De totale emissie van koper door tram, sneltram en trolleybus is dus ca. 6,5 ton/jaar

Berekening op basis van schatting slijtage en snelheid van vervanging in Den Haag

Tram: In Den Haag werd opgegeven dat de gemiddelde levensduur van de bovenleiding 10 jaar is en de doorsnede 60% van de aanvangsdoorsnede van 100mm². De nieuwe rijdraad (doorsnede van 100 mm²) weegt 890 gram per meter. Het gewicht bij vervanging is dus ca 534 g/m. De afname per jaar (levensduur 10 jaar) is dan 35,6 gram. Dit lijkt zeer hoog, daarom wordt ook uitgegaan van het vervangingsgewicht bij de NS: 720 g per meter. In dat geval is de afname per meter per jaar 17 gram koper. De jaarlijkse emissie ligt dus tussen 10 ton ($295 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 17$ g koper) en 21 ton ($295 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 35,6$) per jaar.

Sneltram/Trolley: De slijtage bij sneltram en metro zal langzamer gaan dan bij trams (minder intensief gebruik. Uitgaande van een levensduur van 20 jaar is de slijtage per jaar: $70,5 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 8,5$ g koper; dat is 1,2 ton per jaar

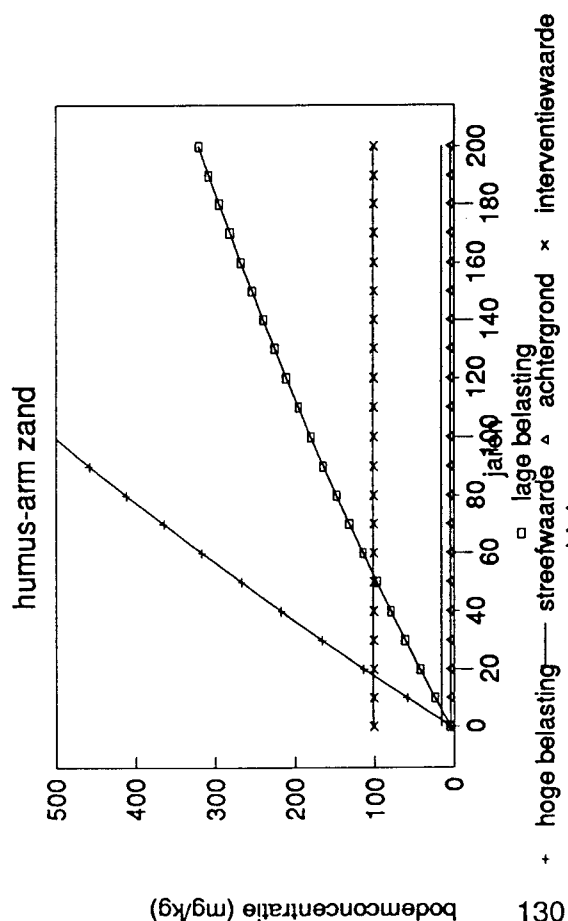
De totale koperemissie door trams etc. in Nederland ligt dan tussen 11,2 en 22,2 ton per jaar.

Tot slot

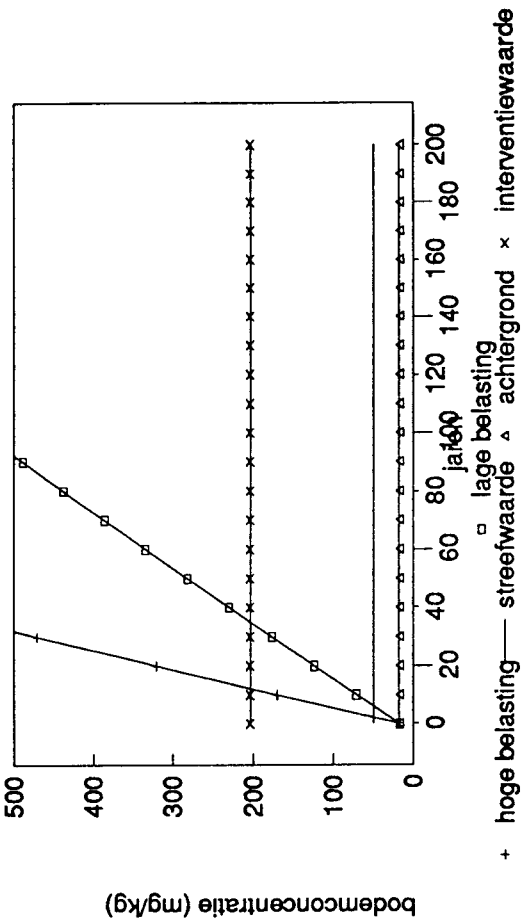
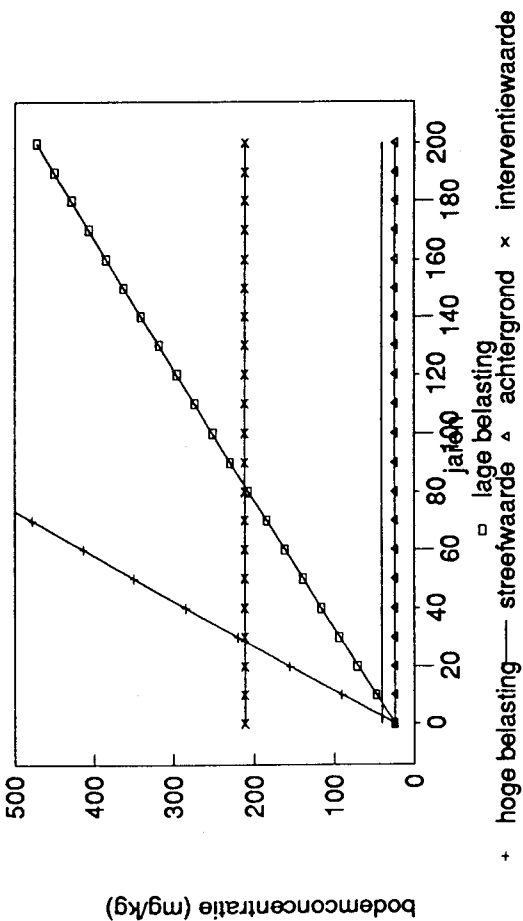
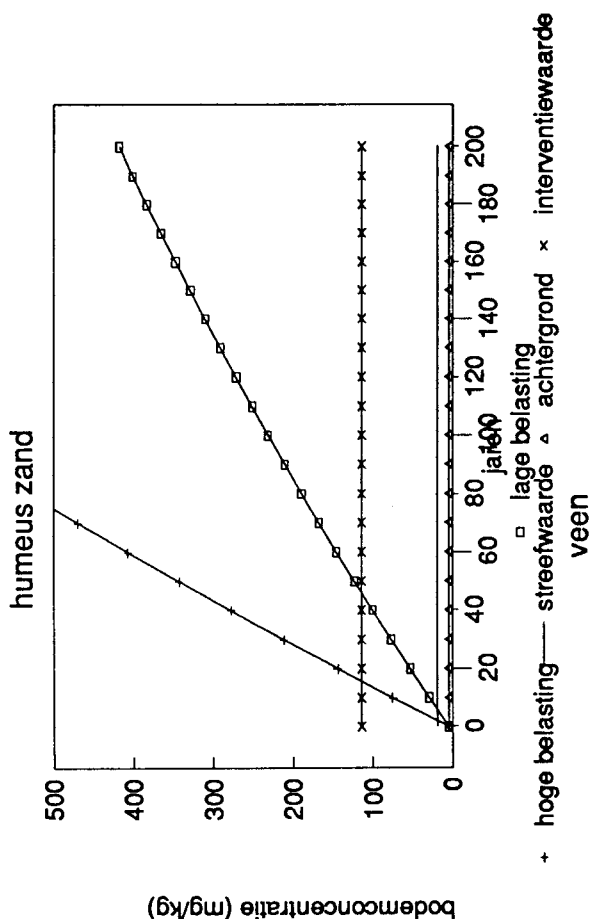
De koperemissie kan op basis van beide benaderingen geschat worden op 7 tot 20 ton per jaar.

KOPER LANGS TRAM, SNELTRAM EN TROLLEYBANEN (6.4 en 18.3 kg/ha/jr)

Bijlage VII-3 Berekende concentratie van koper in 4 modelbodems op onverharde delen van trambanen (hoge belasting 1830 en lage belasting 640 mg per m² per jaar)



130



Zinkgehalten in drie bemonsterde lagen op verschillende afstanden tot voet van mast (mg/kg d.s.)

Lokatie: mast 49 (380 kV leiding van Geertruidenberg naar Eindhoven), bouwjaar 1960, zand

afstand tot mastvoet	diepte (cm-mv)	humusgehalte range (gew. %)	gem. zink-gehalte (mg/kg)	zinkgehalte range	gem. zink-voorraad (g/m ²)
0	0-20	4.6-5.5	291	202-326	77.7
	20-40	3.8-4.4	194	76.3-408	53.7
	40-60	1.6-4.1	65	14.4-155	19
2	0-20	4.3-5.2	130		
	20-40	2.9-5.0	121		
	40-60	1.3-4.5	25		
6	0-20	4.4-4.8	80		
	20-40	3.3-4.9	65		
	40-60	1.5-4.1	24		
10	0-20	4.5-6.8	60		
	20-40	3.6-4.6	50		
	40-60	0.9-3.5	13		
20	0-20	4.3-5.5	35		
	20-40	3.6-5.6	29		
	40-60	1.4-4.9	8		
60	0-20	4.5-5.5	18		
	20-40	3.2-5.8	19		
	40-60	1.1-5.3	8		

Zinkgehalten in drie bemonsterde lagen op verschillende afstanden tot voet van de mast (mg/kg d.s.)

Lokatie: mast 51 en mast 55 (380 kV leiding van Geertruidenberg naar Eindhoven), bouwjaar 1960, zand

afstand tot mastvoet (m)	diepte (cm-mv)	mast 51		mast 55	
		humusgehalte range (gew. %)	gem. zink-gehalte (mg/kg)	gem. zink-gehalte (mg/kg)	
0	0-20	4.5-6.2	260	196.5	
	20-40	1.4-4.8	127	120.6	
	40-60	0.8-1.6	35	51.2	
2	0-20	4.6-6.4	169	166.4	
	20-40	1.4-4.8	47	125.4	
	40-60	0.6-1.8	13	57.9	
6	0-20	4.2-6.4	122	90.7	
	20-40	1.3-4.2	37	56.8	
	40-60	0.6-1.6	12	16.9	
10	0-20	3.4-5.9	82	70.4	
	20-40	1.1-3.3	26	41.7	
	40-60	0.7-1.5	11	11.7	
20	0-20	3.3-7.9	46	36.1	
	20-40	1.1-4.6	16	24.2	
	40-60	0.7-1.9	7	10.0	
60	0-20	2.8-6.8	34	21.6	
	20-40	1.6-3.4	15	14.1	
	40-60	0.6-1.6	8	6.7	

Zinkgehalten in bovenste 25 cm van de bodem op verschillende afstanden tot centrum van de mast (mg/kg d.s.)

Lokatie: Essenpolder (Gr), bouwjaar 1933, venige klei

Afstand tot mast (m)	Diepte (cm-mv)	zink conc. (mg/kg)	Afstand tot mast (m)	Diepte (cm-mv)	zink conc. (mg/kg)
NO	0-25	538	10	0-10	100
	0-25	462		10-20	156
	0-25	176		20-30	226
	0-25	114		30-40	87
	0-25	86		40-50	132
ZO	0-25	95	40	50-60	125
	0-25	93		0-10	83
	0-25	72		10-20	55
	0-25	290		20-30	42
	0-25	132		30-40	63
ZW	0-25	111	60	40-50	68
	0-25	47		50-60	58
	0-25	287		0-10	72
	0-25	124		10-20	77
	0-25	91		20-30	66
NW	0-25	91		30-40	84
	0-25	257		40-50	77
	0-25	112		50-60	65
	0-25	124			
	0-25	80			

gearceerd = gehalte is >= streefwaarde voor humeus zand (61 mg/kg) of standaardbodem (169 mg/kg) [Tweede Kamer, 1991]

Bijlage VIII-2 Eenvoudige berekening van zinkconcentratie rond hoogspanningsmasten op basis van totale bodembelasting

Totaal belast oppervlak:	1770 ha	(1770.10 ⁴ m ²)
minimum zinkbelasting:	97 ton	(5,5 g/m ²)
maximum zinkbelasting:	487 ton	(27,5 g/m ²)

diepte: 0,2 m
 volume van de bodem: 0,2 m³/m² (totaal 3,54.10⁶ m³)

MODELBODEMS

grondsoort	lutumgehalte	humusgehalte	Streefwaarde [Leldraad, 1993]
humus-arm zand	0.5%	0.5%	52 mg/kg
humeus zand	0.5%	6%	61 mg/kg
klei (en löss)	37.5%	4%	169 mg/kg
veen:	9%	50%	152 mg/kg

	dichtheid bodem (kg/m ³)		gewicht bodem (kg)
humusarm zand:	1650	[Lexmond]	330
humeus zand:	1290	[Lexmond]	258
klei:	1400 (1100-1700)	[Wösten]	280
veen:	600 (400-600)	[Wösten]	120

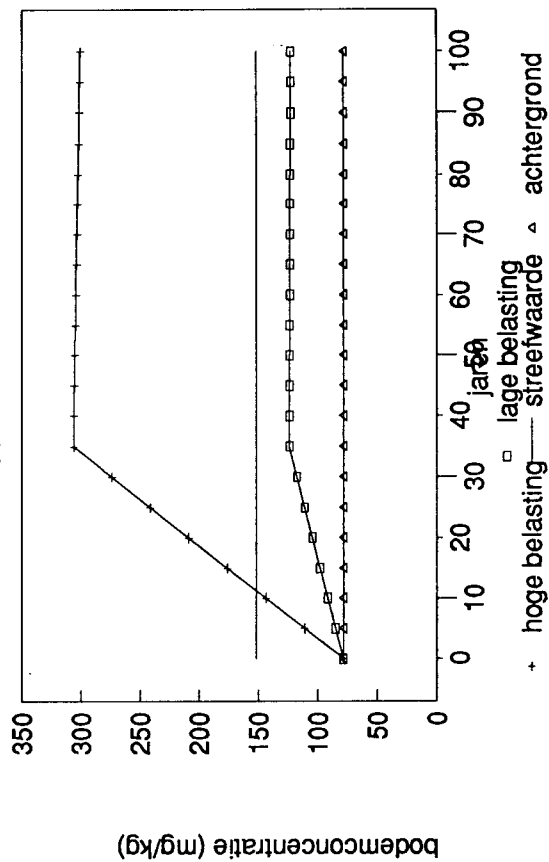
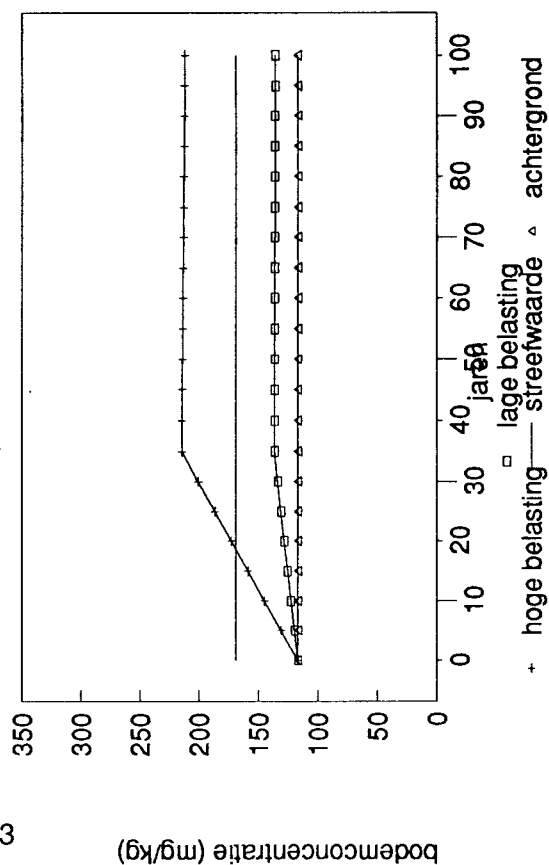
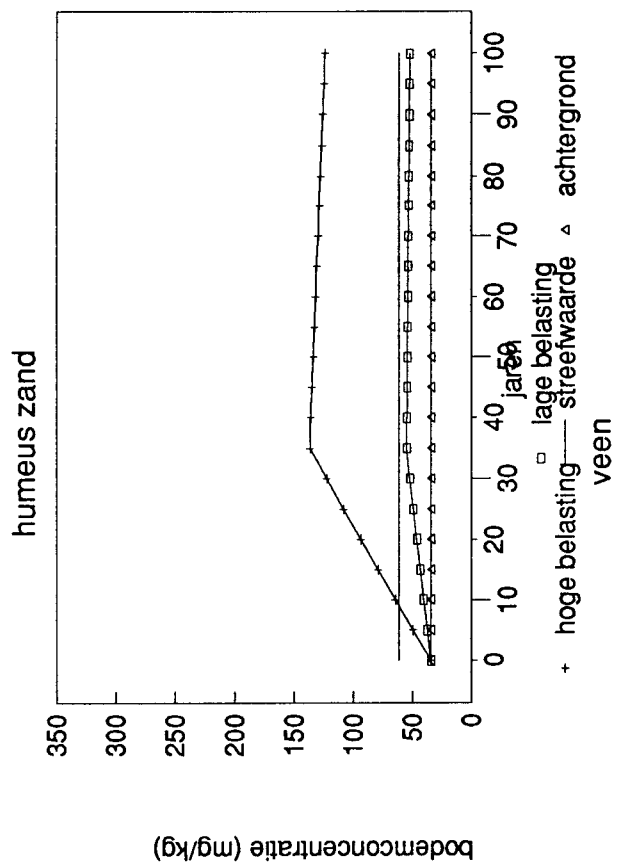
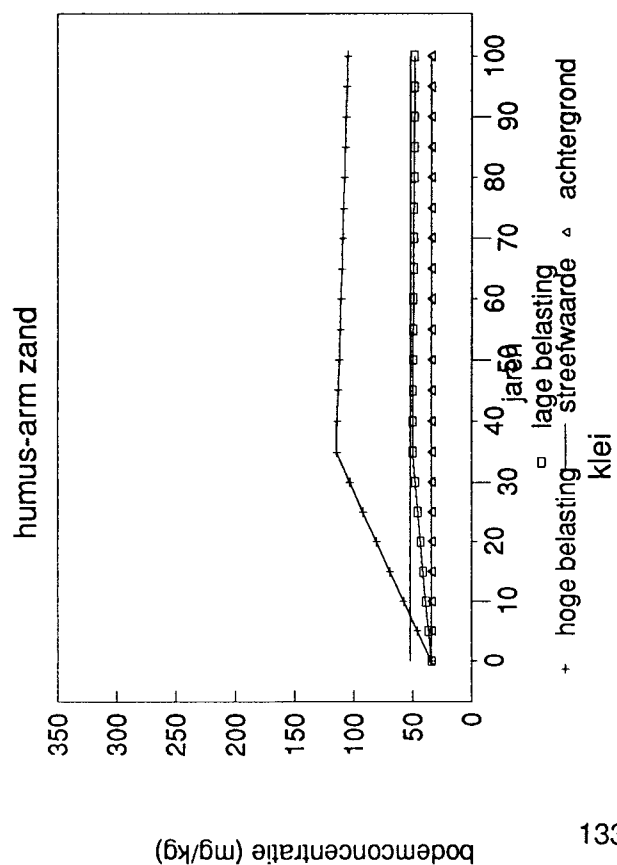
Aangenomen dat alle zink in de bovenste 20 cm van de bodem blijft, neemt het zinkgehalte in die laag met de volgende hoeveelheid toe (mg/kg d.s.):

	lage belasting	hoge belasting	achtergrondgehalte (mg/kg; zie hoofdstuk 2)	streefwaarde (mg/kg)
humus-arm zand:	17	83	34	52
humeus zand:	21	107	34	61
klei:	20	98	117	169
veen:	46	229	78.5	152

- Lexmond, Th.M. Zinkverontreiniging van de bodem nabij hoogspanningsmasten in de 380 kV-leiding tussen Geertruidenberg en Eindhoven. LH Wageningen, november 1983.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving. Waterretentie- en doorlatendheids karakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. ICW/Stiboka, Wageningen 1987.

ZINK ROND HOOGSPANNINGSMASTEN (1.6 en 7.8 kg/ha/jr gedurende 35 jaar)

Bijlage VIII-3 Berekende concentratie van zink in 4 modelbodems rond hoogspanningsmasten (hoge belasting 27400 mg per m², lage (huidige) belasting 5500 mg per m²)



BIJLAGE IX-1 Toepassingsgebieden van straalgrit en samenstelling staalgrit

Tabel 1 Gebruik van straalgrit per toepassingsgebied in 1989 [Meijer, 1991]

Toepassingsgebied	10 ³ ton	%	verspreiding
scheepswerven/dokken	24	21%	water/(bodem)
bruggen/sluizen/stuwen	11	10%	water
grote staalconstructies/bedrijfsterreinen	23	20%	bodem/water
olieraffinaderijen/tankparken	17	15%	bodem
staalconstructies/nieuwbouw	19	17%	bodem
offshore Noordzee	5	4%	water
wegmarkering (niet door RWS)	5	4%	bodem
betonreparatie (gevelreiniging)	7	6%	bodem
sierbeton/betonindustrie	3	3%	bodem
TOTAAL	114	100%	

Tabel 2 Samenstelling ongebruikt en gebruikt straalgrit [bron: Meijer, 1991]

	ONGEBRUIKT		GEBRUIKT (ontsluiting HNO ₃ /HCl)	
	ontsluiting mg/kg droog	volled. ontsluiting mg/kg droog	grit 1 mg/kg droog	grit 2 mg/kg droog
metaal				
Cd	1	1	1-2	1
As	1-20	-	1-3	17
Pb	10-140	30	150-1350	490
Cu	16-300	73	1400-15000	260
Cr	20-170	56	125-365	200
Sb	1-7	3.6	-	-
Hg	0.1	-	0.1	0.1
Zn	-	110	4450	-
Co	-	27	grit 1: stralen scheepsreparatie	
Ba	-	730	grit 2: stralen nieuwe schepen	

Ongebruikt grit overschrijdt geen grenswaarden van de BAGA; alleen het grit gebruikt voor scheepsreparatie overschrijdt dit geval de waarde voor koper (5000 mg/kg).

BIJLAGE IX-2 Analyseresultaten van monsters genomen bij gevelreiniging

Samenstelling afvalwater van gevelreiniging [Gemeente Haarlem, 1992; Gemeente Amsterdam, 1993]

Reiniging met verfabijt op basis van methyleenchloride

	eenheid	minerale olie	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	dichloor-methaan	indamprest
HAARLEM									
verfrest	mg/kg	14000	75000	58	44000	-	-	14000	
afvalwater	mg/l	-	21	0.028	14	0.074	-	790	7 g/l
afbijtmiddel	mg/l	-	-	-	-	-	-	710000	
bodem (toplaag)	mg/kg							82	
(grondwaternivo)	mg/kg							79	
AMSTERDAM									
verfrest+DCM	mg/l	-	1255	1.3	22	471	51.5	49	methanol overig
gevelreiniger	mg/l	-	25	0.02	33	1.6	1.1	-	Ni: 0.56
water	mg/l	-	2.3	<0.02	1.9	0.19	0.11	2500	As: 0.5
gehalte rioolkolk 1	mg/l	-	62	-	185	-	-		Sb: 0.015
gehalte rioolkolk 2	mg/l	-	41	-	71 (55 mg/kg d.s)				

Reiniging ongeverfde gevel met "noors mineraal"

	eenheid	minerale olie	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	As	Hg
afvalwater	mg/l	-	130	-	93	-	-	-	-	-
noors mineraal	mg/kg	-	28	<1	<10	<3	36	2700	<8	<1

Reiniging ongeverfde gevel met middel op basis van HF

	eenheid	minerale olie	Zn	Cd	Pb	Cu	Cr	F	pH
afvalwater	mg/l	-	26	-	17	-	-	2800	9.8

BIJLAGE IX-3 Toepassingsgebieden verf en samenstelling grondstoffen

1992 [VVVF, 1993]

Afzet productie van verfprodukten door VVVF-leden in NL	196.000 ton
Invoer verfprodukten vanuit buitenland in 1992	77.000 ton
TOTAAL	273.000 ton

Tabel 1 Afzet/omzet naar verbruikssector van VVVF-leden fabrikanten in Nederland in 1992

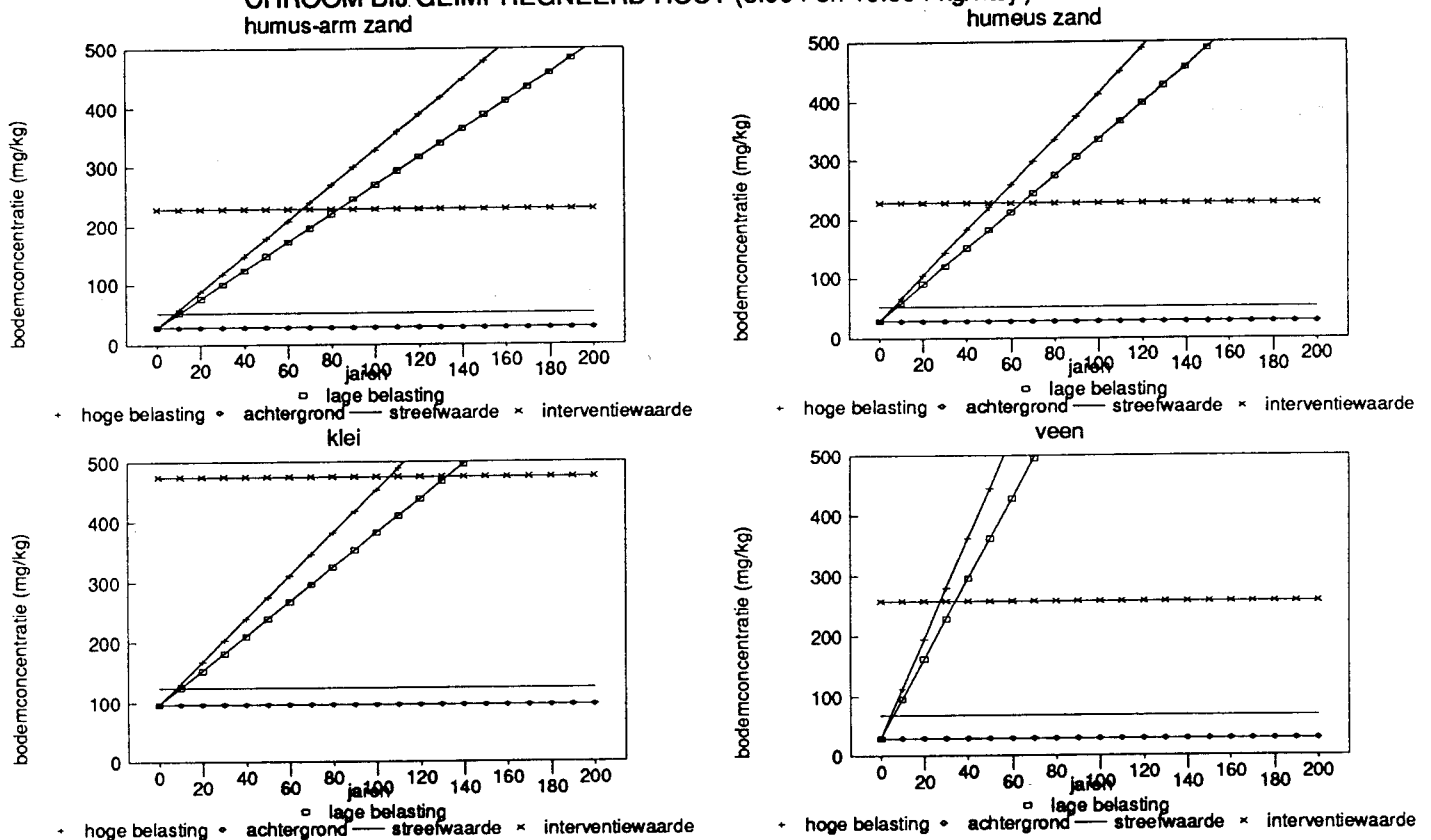
SECTOR	Hoeveelheid (ton)	substraat
Scheepsbouw en scheeps- onderhoudsmarkt	3651	metaal
Bouwnijverheid	90935	
muurverven	20327	steen
pleisters	31822	steen
beitsen	3885	hout
lakken, verven	31258	metaal/hout
kitten	3643	
Industriële markt	42633	
geprefab. bouw- en constructie-elementen	37% (in 1991)	metaal
overige produkten	63% (in 1991)	divers
Particuliere markt	58981	
muurverven	24069	steen
overige	34912	metaal/hout
TOTAAL	196200	

Tabel 2 Gewichtspercentages milieubezwaarlijke componenten als fractie van het totale grondstoffengebruik en totale hoeveelheden [RIVM, 1992]

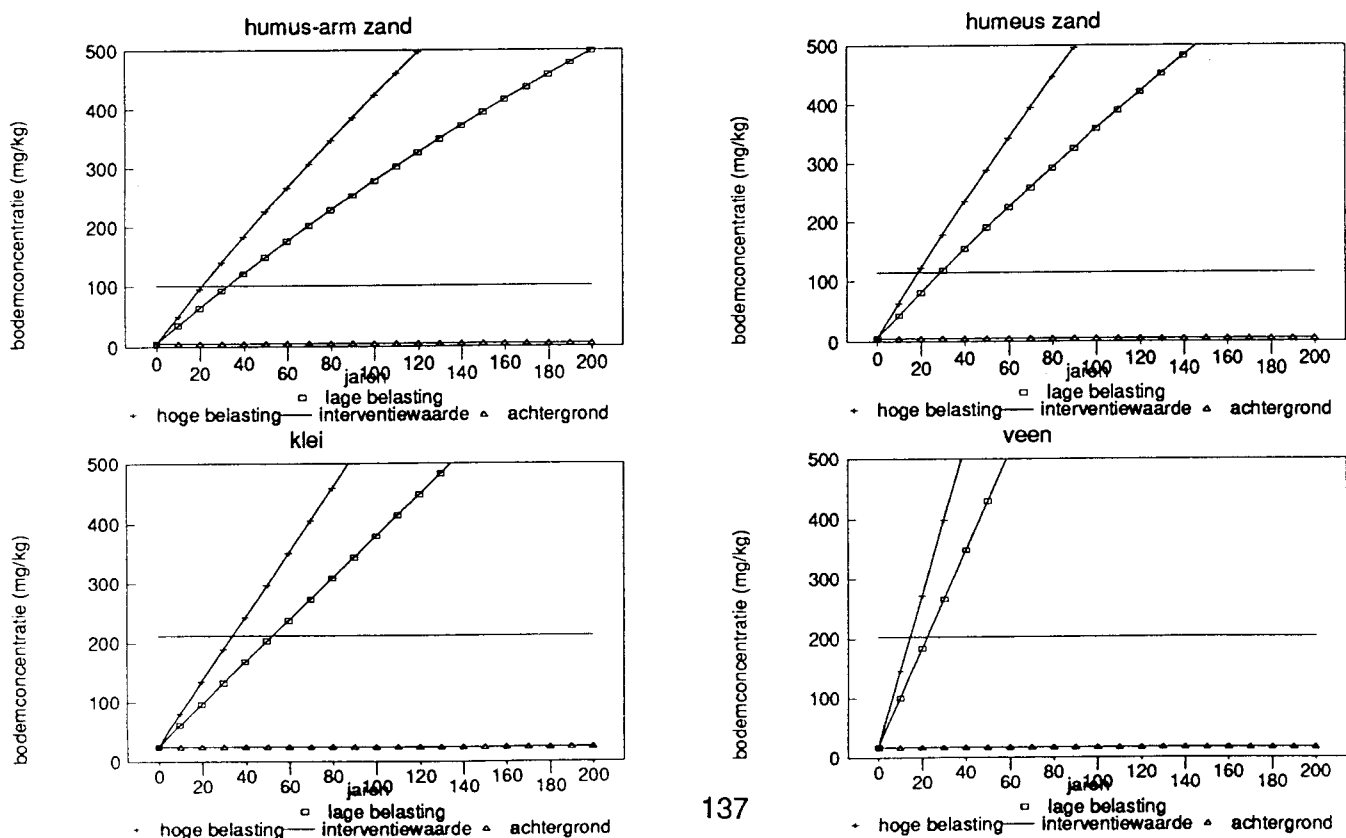
component	fractie milieubezwaarlijke componenten		totaal in grondstoffen (ton) (335.000 ton)	emissie naar bodem
	1989	1979		
Antimoon	<0.001	<0.001	<3	
Barium	0.945	0.680	3165	
Cadmium	0	0.004	0	
Chloorparaffinen	0.127	0.240	425	
Chroom III	0.009	0.037	30	
Chroom VI	0.037	0.091	124	
Koper	0.087	0.178	291	
Kwik	0	0.001	0	
Lood	0.422	1.130	1414	
Molybdeen	0.003	0.005	10	
Nikkel	<0.001	<0.001	<3	
polychloorbifenyyl	<0.001	<0.001	<3	
strontium	0.013	0.005	44	
zink	0.643	1.040	3154	
org. oplosmiddelen	30.755	39.017	103 10 ³	
TOTAAL	33.044	43.431	111 10 ³	

Bijlage IX-4 Berekende concentratie van chroom en koper in 4 modelbodems bij met CCA-zouten geïmpregneerd hout (belasting Cr: 800.4 en 1000.4 mg per m² per jaar;
Cu: 1003 en 1536 mg per m² per jaar)

CHROOM BIJ GEIMPREGNEERD HOUT (8.004 en 10.004 kg/ha/jr)



KOPER BIJ GEIMPREGNEERD HOUT (10.03 en 15.36 kg/ha/jr)



Bijlage X-1 Omvang van bouwwerken en aantallen bouwmachines

Tabel 1 Verleende bouwvergunningen naar soort bouwwerk in 1992 [CBS, mrt 1993]

	inhoud (1000m ³)	oppervl. (1000m ²)	bouwlaag hoogte (m)	aantal werken	oppervl. per werk	bouwlagen geschat	bouwopp (1000m ²)
woningen	36786	13277	2.8	26841	0.49	2	6639
hallen en loodsen	21553	2984	7.2	2557	1.17	1	2984
kantoren	5966	1778	3.4	2061	0.86	4	445
bedrijfshallen/kantoor	21444	3387	6.3	2830	1.20	1	3387
kassen	22294	5085	4.4	1008	5.04	1	5085
schuren en stallen	12363	2452	5.0	4631	0.53	1	2452
mestkelders	-	-	-	619	0.00	1	0
winkels	3493	838	4.2	2264	0.37	2	419
scholen	2140	555	3.9	701	0.79	2	278
nood scholen	43	14	3.1	57	0.25	1	14
geen gebouw	-	-	-	216			
overig en onbekend	7819	1940	4.0	3954	0.49	1	1940
TOTAAL	133902	32309	4.1	47739	0.68		23642 (2364 ha)

bron: CBS. Maandstatistiek Bouwnijverheid, jaargang 35. Voorburg/Heerlen, maart 1993.

Tabel 2 Omvang van het park van bouwmachines (mobiele werktuigen) eind 1991 [DGM-IBPC, 1992]

	aantal	diesel	hydraul. olie	Opmerking
Grondverzetmachines				
draglines	160	x	x	aantal neemt nog steeds sterk af
wielladers (laadschoppen)	7000	x	x	aantal neemt toe
hydraulische graafmachines	12000	x	x	sterke groei is voorbij
graaf-laadcombinaties	400	x	x	
dumpers	300	x	x	
Heistellingen	200	x	x	meeste zijn slag-diesel (olie uit uitlaat)
Boorstellingen	50	x	x	
Kranen				
mobiele kranen op rupsen	250	x	x	
mobiele kranen op banden	2200	x	x	
torenkranen	900	x	x	
vorkheftrucks	onbekend	x	x	
terreinvorkheftrucks	550	x	x	komt sterk overeen met wiellader
betonmolens	6000	x		
stroomaggregaten voor arbeidsvermogen	4500	x		
stroomaggregaten voor laswerk	onbekend	x		
motorcompressoren	6500	x		
hydraulische aggregaten	onbekend	x	x	
pompen	24000			
sloophamers	13000			
asfaltafwerkmachines	250	x	x	

Lekkage van motorolie komt bij alle type bouwmachines (in verschillende mate) voor. Lekkage van hydraulische olie treedt in principe alleen op bij slangbreuk. De frequentie waarmee dit gebeurt is niet bekend.

bron: Informatie van DGM-IBPC over de omvang van het park van bouwmachines. Den Haag, 1992.

Bijlage XI-1 Totale emissies van stoffen naar de bodem in Nederland

Emissies van stoffen waarvoor interventiewaarden bodemsanering zijn opgesteld en landelijke emissies van bekend zijn

STOFFEN	EMISSION LUCHT WATER			BODEM			TOTAAL	BRON	basisjaar
	TOTAAL			DIRECT DEPOSITIE					
	(ton/jr)	(ton/jr)	(ton/jr)	totaal (ton/jr)	landbouw (ton/jr)	(ton/jr)			
Cadmium		3		13.2	11.6	3.5	17	B-Cd/diff.	1990
Chroom		8	635	170	118	17	187	B-Cr/diff.	1985/1990
Koper	1276	69	255	952	886	16	968	B-Cu/diff.	1990
Nikkel		25		118	98	87	205	ER/diffuus	1985/1990
Zink	6021	239	1965	4091	1969	410	4501	B-Zn/diff.	1986-1990
Lood		409		248	172	150	398	MV2/diffuus	1990
Arseen		1		14	13	18	32	B-As/diff.	1985/1990
Kwik		5		1.8	1.8	2.3	4	ER/diffuus	1985/1990
PAK-totaal (10)	1220.6	1116.2	40.4	64		250.2	314.2	B-PAK	1985
Naftaleen		726	23.8	30.1		121	151.1	"	"
Anthraceen		19.1	1.1	1.2		2.6	3.8	"	"
Fenanthreen		286.6	6.9	13.7		84	97.7	"	"
Fluorantheen		63.1	4.3	8.8		28	36.8	"	"
Benzo[a]anthraceen		4	1.1	2.7		1.7	4.4	"	"
Chryseen		6.7	1.4	2.8		2.7	5.5	"	"
Benzo[k]fluorantheen		1.9	0.5	1.4		1.8	3.2	"	"
Benzo[a]pyreen		2.8	0.5	1.1		1.6	2.7	"	"
Benzo[ghi]peryleen		3.7	0.4	1.1		3.1	4.2	"	"
Indeno[1,2,3-cd]pyreen		2.3	0.4	1.1		3.7	4.8	"	"
Bestrijdingsmiddelen				20390			20390	MJP-G	1988
stoffen waarvoor weinig informatie beschikbaar:									
Olie(-achtige verbindingen)		?	?	17500		0	17500	Nieuwenhuis	1988
Benzeen		9700	46			89	89	ER/TNO	'85/'88
Fenolen		291	189					ER	1988
Ftalaten		25.3	12					ER	1988
Styreen		1500	15.5					ER	1988
Tolueen		36600	90					ER	1988
Vinylchloride		310	-					ER	1988
1,2 dichloorethaan		1220	9			17		ER/TNO	'85/'88
dichloormethaan		3700	63.2	100			100	ER/B-dcm	1988
tetrachloormethaan		310	1.5			1.2		ER/TNO	'85/'88
tetrachlooretheen		4300	45			28		ER/TNO	'85/'88
trichloormethaan		122	12.8			3.6		ER/TNO	'85/'88
1,1,1-trichloorethaan		4400	-			180		ER/TNO	'85/'88
trichlooretheen		2300	54			57		ER/TNO	'85/'88
Chloorbenzenen		44.5	10					ER	1988
Chloorfenolen		?				37		TNO	1985
Dioxinen		0.00099				0.00028		Schutter	1990

BRONNEN

B-Cd=	Basisdocument cadmium (en advies gezondheidsraad)(publikatiereeks milieubeheer nr.4). RIVM, maart 1990
B-Cr=	Basisdocument chroom (rapnr. 758701001). RIVM, september 1989.
B-Cu=	Basisdocument koper (rapnr. 758474003). RIVM, juni 1989.
B-Zn=	Basisdocument zink (rapnr. 710401019). RIVM, november 1992.
B-As=	Basisdocument arseen (rapnr. 758701002). RIVM, 1990.
B-PAK=	Basisdocument polycyclische aromatische koolwaterstoffen (publikatiereeks milieubeheer nr. 8) RIVM, 1989.
B-dcm=	Basisdocument dichloormethaan (rapnr. 758473009). RIVM, juni 1988.
ER=	VRM. Industriële emissies in Nederland, vierde ronde. Publikatiereeks emissieregistratie, 1992.
MV2=	Nationale Milieuverkenning 2, 1990-1991. RIVM, Bilthoven, 1991.
diffuus=	Bronnen van diffuse bodembelasting (concept oktober 1994). DGM/RIVM. (gegevens atmosferische depositie uit: "TNO" en [Jaarsveld, RIVM, 1993: atmospheric deposition of cadmium etc
MJP-G=	Meerjarenplan Gewasbescherming. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1990.
Nieuwenhuis=	Nieuwenhuis, J.W. Informatiedocument afgewerkte olie (rapnr 738902007). RIVM, juni 1990.
TNO=	Warmenhoven, J.P. e.a. De bijdrage van atmosferische depositie aan de verontreiniging van de Nederlandse bodem en het Nederlandse oppervlaktewater incl. territoriale wateren. TNO, november 1989.
Schutter=	Schutter, M.A. en J.A. Jaarsveld. Verspreiding en depositie van dioxinen in Nederland. RIVM, juni 1993.