

12.0-337

**Verslag Symposium
"Microverontreinigingen langs snelwegen;
een probleem om aan te pakken?"**

Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Delft, juni 1995
Redactie: ir. H. Ietswaart
W-DWW-95-738

BIBLIOTHEEK
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Van der Burghweg
Postbus 5044, 2600 GA Delft
Tel. 015 - 699111

10 AUG. 1995

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Impressie van het symposium	5
Bijlagen	
Lezing 1: Diffuse bronnen	16
Lezing 2: Verspreiding van stoffen vanaf de weg naar de directe omgeving	26
Lezing 3: Maatregelen voor opvang van runoff	35
Lezing 4: De snelweg als systeem; zijn invloed op de omgeving in de ruimte en de tijd. Meer vragen dan conclusies	50
Lezing 5: De situatie in het Verenigd Koninkrijk	59
Lezing 6: De situatie in Duitsland	71

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van het symposium "Microverontreinigingen langs snelwegen; een probleem om aan te pakken?". Dit symposium is georganiseerd door de afdeling Infrastructuur-Milieumaatregelen van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde en is gehouden op 29 maart 1995. Tijdens deze dag zijn lezingen gehouden over verschillende aspecten van dit probleem in Nederland en Engeland. Het symposium stond onder voorzitterschap van de heer Binkhorst, directie Noord-Holland van Rijkswaterstaat.

Dit verslag bevat een impressie van de lezingen en de discussie, gemaakt door de heer van der Schot van Houtsma & van der Schot. Als bijlagen zijn de teksten van de gehouden lezingen bijgevoegd. De tekst van de lezing over Duitsland, die door ziekte van de spreker niet is gehouden, is tevens aan dit verslag toegevoegd.

Impressie van het symposium "Microverontreinigingen langs snelwegen; een probleem om aan te pakken?".

De verwachting

Een openingsvraag van dagvoorzitter Gert-Jan Binkhorst - 'wat verwacht u van deze dag?' - geeft, hoe beperkt zijn steekproef in het deelnemersveld van de dag ook mag zijn, een indruk van de vraag die leeft. Wat betekent het wegverkeer en de maatregelen die eventueel genomen gaan worden voor de milieukwaliteit van het (beperkte) gebied - waterwingebied, opvangvijver voor run-off water - waarop ik werkzaam ben?



Het programma

Vijf mensen werpen hier vanuit verschillende invalshoeken hun licht op: Rob Berbee, werkzaam bij RIZA, licht het wegverkeer uit het totaal aan diffuse bronnen. Wat is het relatieve belang van de 'snelwegen' als je kijkt naar het totaal aan vervuilingen die niet toe te rekenen zijn aan een specifieke puntbron?

Hannah Ietswaart, wetenschappelijk medewerker van de afdeling Infrastructuur Milieumaatregelen van DWW, laat zien hoe verontreinigende stoffen zich van de bron (snelweg) verspreiden naar de omgeving.

Wim Janssen van de Laak, programmaleider Bodem van dezelfde afdeling van DWW, presenteert de resultaten van onderzoek naar maatregelen langs wegen voor de opvang en reiniging van het afstromend wegwater.

Irmtraud Koch, van de afdeling Verkeerswegen van de Landinrichtingsdienst, toont de effecten van een autoweg op het landschap, de flora en de fauna.

Don Revitt, van Middlesex University, geeft een beeld van de situatie in het Verenigd Koninkrijk.

Tot slot vindt een discussie plaats tussen de inleid(st)ers en de zaal.

Onderstaand een korte indruk van de lezingen en de erop volgende vragen en discussies. De integrale lezingen zijn aan het eind van dit verslag bijgevoegd.

De Bronnen

Verontreiniging door wegverkeer: relatief beperkt, maar niet te verwaarlozen

Rob Berbee gaat in zijn verhaal van groot naar klein, van het totaal aan verontreiniging van het oppervlaktewater en de resultaten van bestrijding daarvan naar de specifieke belasting van het oppervlaktewater door het wegverkeer.

De puntbronnen (industrie en huishoudens) zijn, voor lozing van zowel zuurstofbindende stoffen als zware metalen, fors gesaneerd. Het zuurstofgehalte in het oppervlaktewater is verbeterd; de gehalten zink en cadmium (als indicator voor de metalen) zijn nog verre van optimaal. Er is reden om te komen tot verdere emissiereductie. Deze zal deels moeten aangrijpen bij diffuse bronnen, waaronder het (weg)verkeer. Het wegverkeer levert een aantal zware metalen, PAK en verontreiniging met olie aan het oppervlaktewater. Het komt behalve via het afstromend wegwater ook via uitlaatgassen en depositie. Als conclusie trekt Berbee dat verkeer in relatieve zin weliswaar niet tot de allergrootste bronnen moet worden gerekend, maar dat lokaal, in de omgeving van de weg, verkeer wel belangrijk kan zijn.

Deelbronnen van het verkeer zijn corrosie van geleiderails (zink), slijtage van autobanden (zink en koper), uitlaatgassen (lood, afnemend door overstap op loodvrije benzine), lekkage van olie, die waarschijnlijk ook bijdraagt aan metalenbelasting en het chemisch zuurstofverbruik van het wegwater. De invoering van de katalysator heeft heel gunstige effecten gehad; aan de geleiderails gebeurt het nodige, maar de overige oorzaken staan aanzienlijk minder in de picture.

Directies van Rijkswaterstaat worden geconfronteerd met problemen. knelpunten liggen vooral in waterwingebieden, bij verdiepte ligging en incidenteel bij kunstwerken.

Als oplossingsrichtingen noemt Berbee naast bovengenoemde bronaanpak ook de keuze voor DAB of ZOAB wegdek, normale infiltratie in de bodem of riolering en bezinking, afwatering naar (oppervlakte)water buiten waterwingebieden of naar rioolwaterzuiveringsinstallaties. Er is geen duidelijke conclusie te trekken wat thans de beste optie is. Het RIZA onderzoekt nu het rendement van dure bezinkinstallaties en bestaande bezinkvijvers.

Tot slot roept Berbee op tot het ontwikkelen van een gemeenschappelijk door wegbeheerders, waterschappen en provincies gedragen aanpak

hoe in dit land om te gaan met wegwater.

De zaal stelt na de lezing nog enkele vraagstukken aan de orde:

- * Het wegdek: Naast DAB en ZOAB is ook verontreiniging in de buurt van een betonplatenweg onderzocht.
- * De optredende verontreinigingen zijn niet specifiek gerelateerd aan kwetsbaarheid van bepaalde type gebieden. Daar zou in de oplossingskeuze wel rekening mee gehouden kunnen worden - waar wel en waar geen maatregelen? - maar dat is in zijn aard een politieke keuze.
- * Er komt een juridisch probleem om de hoek kijken als je een weg als aparte bron bekijkt, zeker als met rioleringen wordt afgewaterd. Formeel zou Rijkswaterstaat zichzelf een lozingsvergunning moeten geven.
- * Vindt samenwerking niet plaats? Discussies vinden op allerlei plaatsen en op ad-hocbasis plaats. Berbee zou meer tot werkelijke samenwerking willen komen, één lijn willen uitzetten.

De verspreiding

Wegdek heeft belangrijk effect op verspreidingsfactoren

Hannah Ietswaart presenteerde in haar lezing een onderzoek naar de verspreiding van microverontreinigingen langs verkeerswegen. Aan de orde kwamen vragen als: Wat is het relatieve belang van run-off en verwaaiing? Hoe wordt de verontreiniging 'ontvangen' door de omgeving? Welke invloed op de verspreiding van verontreiniging hebben de factoren verkeersintensiteit- en samenstelling en het type weg?

In het onderzoek is gekeken naar verspreiding van niet gasvormige verontreinigingen met name polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en zware metalen. Zowel bij run-off als bij verwaaiing is het grootste effect dicht langs de weg te vinden. De samenstelling van het afstromende water is afhankelijk van de neerslagsamenstelling. Verontreinigende stoffen komen in de run-off vooral gebonden aan slib voor. Dit geldt voor PAK nog sterker dan voor zware metalen. Op een afstand van 30 meter is de neerslag door verwaaiing vergelijkbaar met achtergrondconcentraties. Hierbij valt op dat, ook op kortere afstanden, de verwaaiing bij een wegdek met dicht asfaltbeton (DAB) groter is dan die bij zeer open asfaltbeton (ZOAB). Ook de totale stofstromen zijn bij DAB groter dan bij ZOAB.

Ietswaart stipt nog een viertal puntjes kort aan:

- * Er is geen correlatie tussen verkeersintensiteiten en verontreiniging;
- * Er zijn nauwelijks verontreinigingen in het afgemaaid gras gevonden;
- * Het probleem in de bodem lijkt mee te vallen. Cumulatie beperkt zich tot de bovenste laag (circa 10 tot 35 cm). Het niveau van verontreiniging ligt meestal rond de streefwaarde, incidenteel wordt de interventiewaarde overschreden.
- * In het grondwater overschrijden de gehalten de wettelijk vastgestelde interventiewaarde wel op enkele plaatsen.

Concluderend stelt Ietswaart dat ZOAB voor een groot deel van de problemen in de directe omgeving van de weg een passende oplossing is.

Enkele vragen:

* Compost uit bermgras is lange tijd hét probleem van het wegverkeer beschouwd. Is het echt geen probleem?

Ietswaart: De uitstoot van lood is in ieder geval afgenomen. Daarnaast blijkt dat de breedte van de berm belangrijk is voor de kwaliteit van het maaisel. Bij brede bermen wordt meer en minder vervuild gras vermengd bij maaien, hierdoor is de totale kwaliteit goed. Bij smalle bermen is dit minder het geval. Uit DWW-onderzoek langs snelwegen blijkt, hoe moeilijk dat ook te geloven is, dat de concentraties meevallen.

* Hoe zit het met bestrijdingsmiddelen in de bermen?

Ietswaart: Er wordt door het CBS aan gewerkt, met enquêtes, om te weten te komen wat waar wordt gebruikt. Andere bestrijdingsmethoden (borstelen/verbranden) nemen toe. Op taluds met schermen, ontkom je vaak niet aan chemische bestrijding.

* Er is nogal wat variatie te zien tussen de verschillende 'DAB-wegen' en tussen 'ZOAB-wegen'. Is dat te verklaren, bv. door veroudering van de wegen?

Ietswaart: Factoren zijn niet te herleiden: het zijn verschillende jaren, verschillende plaatsen.

* Kan bij veroudering van ZOAB ook de karakteristiek, de opslagcapaciteit ervan veranderen?

Ietswaart: ZOAB wordt regelmatig gespoeld om de doorlatendheid op peil te houden, daarmee worden ook de verontreinigingen verwijderd.

* Is er gekeken naar zout als verontreiniging?

Hier is niet zozeer sprake van een microverontreiniging. Wel heeft het aandacht in ecologische studies. Ook is bekend dat Cl⁻ de mobiliteit van zware metalen in de bodem verhoogt.

* Zijn microverontreinigingen een probleem?

Ietswaart wijst op de beperkte invloed van RWS. Die kan niet direct iets doen aan een groot aantal diffuse verspreidingen van verontreinigingen. Ze stelt daarnaast dat de omvang van de microverontreinigingen in de directe omgeving van de weg door het verkeer zodanig zijn dat het zonde zou zijn om miljarden te besteden aan riolering voor alle wegen.

De Maatregelen

Voorkomen van verontreiniging door run-off mogelijk, maar kostbaar

Wim Janssen van de Laak gaat in zijn verhaal in op de maatregelen die mogelijk getroffen kunnen worden om eventueel optredende effecten te voorkomen en op factoren die een rol spelen in de bepaling van de noodzaak tot het nemen van die maatregelen. Civieltechnische gegevens en bodemeigenschappen zijn mede bepalend voor de mate waarin verontreiniging van bodem, grond- en oppervlaktewater kan optreden. Civieltechnische aspecten zijn: het wegprofiel, de verhardingssoort en -breedte, aanwezigheid van goten, bermsloten en dergelijke en de verkeersintensiteit. Bodemeigenschappen zijn: grondsoorten, geohydrologie, grondwaterstand en -stroming, stofgedrag in de bodem en achtergrondconcentraties in het betreffende milieucompartiment.

DWW heeft onderzoek verricht op twee locaties met behulp van een

verspreidingsmodel, waarvan, aldus Janssen van de Laak, de betrouwbaarheid nog onzeker is, omdat validatie van het model nog niet heeft plaatsgevonden. In deze projecten zijn maatregelen voor het voorkomen van verontreiniging getroffen, gericht op de lokale situatie. De uitgangspunten voor het ontwerp, gericht op immisiebeperving, vertalen zich in drie pakketten maatregelen:

- * opvang, afvoer en zuivering van de run-off;
- * bekleding van de berm met adsorberende grond;
- * opvang van run-off, gevolgd door adsorptie in filtersystemen.

Na beschrijving van de technische uitvoering van de verschillende maatregelen (zie-hiervoor de integrale weergave van zijn lezing) komt Janssen van de Laak tot een beoordeling. Deze is gedaan op basis van het milieurendement. Het milieurendement is bepaald aan de hand van drie criteria: verwijderingsrendement, hoeveelheid vast afval ten opzichte van de hoeveelheid verontreiniging die wordt verwijderd en de overall kosten. De verwijderingsrendementen betreffen schattingen op basis van ervaringen met andere processen - voor het daadwerkelijke rendement is te weinig ervaring en is meer onderzoek nodig.

De verwijderingsrendementen ontlopen elkaar niet veel, afgezien van het lage rendement voor zware metalen in compostfilters. De hoeveelheid vast afval verschilt wel aanzienlijk voor de verschillende maatregelen en ook de kosten per kilometer weg lopen sterk uiteen (zie lezing).

Tot slot maakt Janssen van de Laak nog enkele opmerkingen over de noodzaak tot het treffen van maatregelen. Onderzoek is nodig om te achterhalen of het aandeel van de run-off in de totale verontreiniging (inclusief directe depositie en verwaaiing) dure aanleg van voorzieningen rechtvaardigt. Uit de case-studies is geen evidente noodzaak gebleken en deze wordt nog minder als rekening wordt gehouden met vervanging van DAB door ZOAB. Wel blijven maatregelen in waterwin- en bodembeschermingsgebieden nodig om verontreiniging van grondwater te voorkomen. Het zijn persoonlijke gedachten; op korte termijn formuleert Rijkswaterstaat (DWW en Hoofddirectie) een beleidsstandpunt.

Aansluitend op deze lezing komen zowel technische en financiële als meer beleidsmatige vragen en discussies.

- *Het verhaal heeft zich beperkt tot de weg. Kunstwerken zijn speciale situaties waarvoor maatregelen wenselijk kunnen zijn.
- *ZOAB wordt als oplossing genoemd, omdat het leidt tot minder verontreinigde run-off. Maar waar blijft die verontreiniging (massabalans, milieurendement, kosten)? Hierover laat het onderzoek zich niet uit. Het zou een goed punt voor discussie zijn (overigens komt het in de middagdiscussie niet aan de orde).
- *Als absorberend materiaal zijn verschillende producten, waaronder GFT-compost, bruikbaar.
- *Zijn er metingen gedaan aan het grondwater? Op een vijftal locaties zijn zowel metingen aan berm als grondwater uitgevoerd. De concentratie in het grondwater bleef onder de streefwaarden. Moeilijkheid hierbij was overigens dat er geen vergelijking met de nul-situatie mogelijk was.
- *Hierop aansluitend kwam de discussie over de zin van de maatregelen.

len. Enerzijds levert het een (politieke) discussie op over het uitgangspunt en het milieurendement (stand-still beginsel of het streven naar een optimum). Anderzijds over de onzekerheden. Als de verhouding tussen verschillende bronnen (run-off, verwaaiing, natte depositie) onbekend is kun je dan iets zeggen over het milieurendement van de maatregel? Berbee stelt daar tegenover dat voorkomen sowieso relevant is: "Bij industriële lozingen kijken we ook niet naar verhoudingen, maar naar rendement."

*Een volgende vraag betreft het WVO-vergunningenbeleid. Als je run-off opvangt en afvoert ontstaat een puntbron waarvoor je formeel een vergunning nodig hebt. Het is niet geheel duidelijk hoe RWS optreedt als vergunningverlener aan RWS.

*Hoe verhouden de kosten van maatregelen zich tot de totale aanlegkosten? Dit is lokaal verschillend. Een globale schatting per kilometer weg is:

kosten maatregel/kosten totale weg = f0,5 à 3 miljoen/f16 miljoen.

*Tot slot wordt een discussiepunt opgeworpen over het voorkomen van lozingen in waterwin- en beschermingsgebieden. Je wilt 0-lozing binnen het gebied en accepteert enige lozing erbuiten. Nu is heel scala van maatregelen (goten, folies, walletjes enz.). Waar moet het naar toe? Feitelijk is dit een vraag aan de provincies: hoe sterk gaan die zich maken voor eenduidigheid in de maatregelen die ze eisen.

Pauze

De verhouding tussen (drink)waterbeheerders, die vaak weinig risico wensen, en overheden (die voor belangrijk deel van de kosten opdraaien) beheerste menige discussie tijdens de lunch.



De Effecten

De weg beïnvloedt samenstelling flora en fauna

Irmtraud Koch plaatste tegenover de milieuhygiënische invalshoek van de ochtend een ecologische benadering: De weg als ecosysteem en zijn invloed op de omgeving. Ze vergelijkt de weg met een rivier en kijkt hoe flora en fauna zich ontwikkelen aan de directe randen en wat verder weg.

De reactie van planten en dieren op een weg is vergelijkbaar met natuurlijke systemen: ze proberen zich zo goed mogelijk aan te passen. Drie ruimtelijke reacties zijn globaal mogelijk: tolereren, vermijden en opzoeken. De meeste planten en dieren reageren op emissiefactoren (zware metalen, zout en geluid) negatief, enkele positief of neutraal. Er ontstaat meer kans op plagen.

Het bestaan van een weg beïnvloedt de ruimtelijke verdeling van planten en dieren en de wijze van ordening van de omgeving is vergelijkbaar met die bij een rivier (zônering).

De reactie van flora en fauna heeft ook een tijdsfactor. Door voortdurende blootstelling ontstaat stress, waarop verschillend wordt gereageerd: er treedt ziekte en sterfte op of er ontstaat weerstand en resistentie. Ook hier vertonen verschillende planten en dieren uiteenlopende reacties. Bij planten en insecten treedt aanpassing sneller op. Dit heeft invloed op de reactie van verschillende typen dieren (planten-, insecten-, vlees- of alleseters). Hierbij speelt ook de wijze van opslag van verontreinigingen (in wortels of in blad) een rol. Zoogdieren en vogels vertonen nog geen resistentie en ontwikkelen ziekten: verminderde lever- en nierfuncties, invloed op zenuwsystemen, groeivermindering en teruglopende voortplantingsvermogens.

De tijdseffecten zijn te herleiden tot de voedselketen. De accumulatie van stoffen in de omgeving kan bij lagere dieren hoger worden dan in de bodem. Vleeseters die hun maaltijd in de buurt van de snelweg nuttigen zijn daardoor in gevaar. Door de variatie in reactie - ziekte, sterfte, resistentie - verandert de samenstelling van flora en fauna.

Volgens Koch zijn op dit moment meer vragen dan antwoorden voorhanden. Ze geeft in haar lezing een groot aantal onderzoeksvoorstellen. Het is volgens haar echter niet verstandig om de resultaten van dit onderzoek af te wachten alvorens maatregelen te nemen.

De lezing van Koch roept niet veel vragen op, misschien omdat haar ideeën nieuw is voor de meeste aanwezigen.

* Zijn bomen en hagen goede middelen om verspreiding enigszins te verminderen? Hiervoor is onderzoek nodig. Inplanten zorgt voor het filteren van de lucht en daarmee voor concentratie in de hagen. Door de luchtstroom ontstaat verdunning. Koch wil geen definitief antwoord geven. "RWS, doe je best!"

Groot Brittannië

Veel opvang en reinigingsmethoden beschikbaar

Don Revitt geeft in zijn lezing een beeld van de situatie in Groot-Brittannië (GB) en beschrijft zijn onderzoek naar methoden om de runoff van de wegen te reinigen.

Hij begint zijn verhaal met een essentieel verschil tussen het Britse en het Nederlandse wegensysteem. In GB heeft het afvoeren van regenwa-

ter van de wegen de hoogste prioriteit; milieu-effecten die hierdoor zouden kunnen optreden worden weliswaar onderkend, maar mogen niet leiden tot het niet waterdicht maken van de wegen. Meestal gaat het water direct naar het oppervlaktewater. De run-off van wegen wordt niet gecontroleerd en valt onder de diffuse (non-source) bronnen.

De meeste verontreinigingen - koolwaterstoffen (m.n. oliën en PAK), zware metalen en zouten - zijn geabsorbeerd aan vaste deeltjes. Andere diffuse verontreinigingen (nutriënten, microbiologische vervuilingen en pesticiden en herbiciden) komen vooral van niet-weggebonden activiteiten. Bij wegen onderscheidt Revitt de volgende bronnen: slijtage van auto's en banden, lekkage van olie, uitlaatgassen, gladheidsbestrijding, wegslijtage, afval en atmosferische (droge en natte) depositie.

Revitt behandelt vervolgens enkele aspecten van het onderzoek dat hij in GB uitvoert. Hij deelt het totale systeem in in vier stadia: de verontreiniging bevindt zich in de atmosfeer, op het wegdek, in het ondergrondse rioolstelsel of in het ontvangende water (receiving water). De maatregelen kunnen op deze stadia aangrijpen. Een tweede model dat hij hanteert is de wijze waarop de verontreiniging zich aan de deeltjes bindt. Dit is met name van belang voor de kans dat het later in het milieu weer beschikbaar komt. Ook is daarvoor van belang in wat voor vorm de betreffende verontreiniging voorkomt. Lood komt vooral in een slecht oplosbare metallurgische vorm voor, terwijl zink juist in een beter oplosbare vorm voorkomt. Gevolg is dat in het sediment meer lood dan zink te vinden is, terwijl in de wortels van planten meer zink gevonden wordt.

Hierna stapt Revitt over op een inventarisatie van verschillende systemen voor de behandeling van run-off water. Hij onderscheidt daarbij een opvangbassin (deze leveren meer kwantitatieve regulering van de afvoer op dan een kwalitatieve verbetering), sedimentatietanks (deze komen niet zo veel voor in GB), filtratiesystemen (met risico's van dichtslibben en doorslaan naar grondwater) en vegetatiesystemen. Op de laatste twee gaat Revitt iets verder in. Hij onderscheidt de met gras begroeide greppels, die vooral dienen voor het afvoeren van water naar lozingspunten en het vertragen en filteren van de run-off terwijl het de bodem inzakt. Daarnaast beschrijft hij de zogeheten wetlands-bassins. Dit zijn gecombineerde systemen waar het water, na de snelle afvoer van de weg, door het wetland wordt geleid, waarbij langzaam de verontreinigingen via verschillende processen (bezinking en biofiltratie, adsorptie biologische opname en fysisch-chemische interacties) worden weggenomen.

De vragen gaan vooral over het wetland-bassin.

* Werkt het? Het wetland-bassin is nog niet uitgetoetst op wegen, maar wel voor het reinigen van zout water uit mijnen en voor stedelijk afvalwater. Daar werkt het.

* Hoe effectief zijn rietvelden? En waar blijven de verontreinigingen? Het kan verstandig zijn een kleilaag aan te leggen onder het bassin, maar waarschijnlijk worden de stoffen vastgelegd in het riet en, na het afsterven, in het sediment. Na ongeveer 20 jaar is het nodig om het sediment te verwijderen. Maaien in de winter kan goed helpen om later de opname weer te versterken. Overigens neemt het riet ook in de winter, via de wortels, verontreiniging op. Ook de biofiltra-

tie en de bacteriële afbraak blijft actief.

* In hoeverre is het verstandig om, bijvoorbeeld bij Schiphol, een actief systeem te maken, alle run-off op te vangen (riolering)? Het Hoogheemraadschap Rijnland is met Schiphol in discussie. Daarbij tekent men aan dat de capaciteit van het riool tekort schiet. Overigens heeft Schiphol zijn eigen zuiveringssysteem.

Discussie



Dan komt de kernvraag van de dag, zo lijkt het: Moeten we het probleem van de microverontreinigingen langs de wegen aanpakken of niet?

Ietswaart bijt het spits af: Op basis van het eigen onderzoek concludeert ze dat het probleem meevalt. Het beleid kan nog niet definitief zijn. Sommigen zullen zeggen: 'Hoe durf je?' Mensen kunnen/zullen ermee op de loop gaan. Ietswaart wil niet zeggen dat je er niets aan hoeft te doen, maar je houdt maar een klein deel van de verontreinigingen buiten het milieu. Op sommige plaatsen moet je dan maar besluiten om dat niet te doen. Soms heb je wel een oplossing. Wij vragen aan het beleid: Wat wil je en wat kun je? Je moet daarbij lokaal kijken en naar de hele keten. Als je relatief schoon wegwater via de riolering leidt druk je ander, vuiler water eruit.

Berbee beaamt dat de run-off, zeker bij ZOAB, slechts iets vervuilerd is dan regenwater.

Koch stelt dat maatregelen weinig effectief en te duur zijn. Ze is er van overtuigd dat het verkeer sneller tot een gesloten systeem te maken is dan de landbouw, maar moeilijker dan de industrie. Ze propageert het

gebruik van emissieschermen, vergelijkbaar met geluidsschermen, die zorgen dat je de verontreiniging in de buurt van de weg houdt. Ietswaard pleit voor een bredere kijk dan het verontreinigingsprobleem. Ketenenadering brengt je bij gebruik van energie, ruimte en grondstoffen en die zijn minstens zo belangrijk.

Juridische instrumenten om de milieudruk door wegen te verminderen bestaan in Europa niet. Revitt wijst op de VS, waar ook voor niet-puntlozingen vergunningen nodig zijn.

Samenwerking: Enkele malen is op deze dag de term samenwerking gevallen. Verschillende overheidslichamen hebben verschillende beleidsuitgangspunten. Hoe kun je dat afstemmen en samenwerking concreetiseren?

Janssen van de Laak wil eerst binnen RWS, met de Hoofddirectie tot beleid komen en dan met andere partijen - provincies en waterschappen - tot overeenstemming proberen te komen.

Hierbij wordt overigens aangetekend dat bij meer brongericht beleid een grotere rol voor de provincies en de waterschappen weggelegd is. Daarnaast moet VROM veel regelingen in gang zetten. Ietswaard wil dan ook dat het ministerie van V&W (RWS) druk uitoefent op VROM.

Tevreden?

De voorzitter steekt tot slot nog even zijn licht op bij de mensen die aan het begin hun verwachting hadden uitgesproken. Hebben ze iets gemist?



De eerste miste de verbreding naar calamiteiten-bestrijding. Een maatregel mag dan wellicht niet nodig/nuttig zijn voor diffuse verontreiniging, maar kan wel zijn waarde hebben bij de opvang van een calamiteit. Een tweede reactie was dat de discussie zich teveel had beperkt tot de weg en de berm. Waterschappen, waterkwaliteitsbeheerders komen er wat

bekaid vanaf. Wel heeft de dag de behoefte aan duidelijkheid - "hoe om te gaan met afstromend regenwater? - bevestigd en geconcretiseerd.

Lezing 1: Diffuse bronnen

Drs. R.P.M Berbee
Rijkswaterstaat/RIZA
Afdeling Afvalwater Procesindustrie
Postbus 17, 8200 AA LELYSTAD
tel. 03200-70463

1 Inleiding



Wanneer we op vakantie zijn en onze auto parkeren op de Raststätte zien we alle bezwaren van het wegverkeer. Op 100 m. bij je vandaan razen de auto's. Het geeft je duidelijk te denken. De parkeerplaats ziet er alles behalve schoon uit. Donkere olievlekken op de grond en rommel naast de vuilnisbak.

In de ANWB-kampioen hebben we kunnen lezen dat er geregeld gestolen wordt op parkeerplaatsen. Het slot van de auto gaat dus acuut dicht op het moment dat je maar een klein stukje bij de auto vandaan gaat.

Wanneer we bij de benzinepomp staan zien we de vette aanslag op de grond en bij de dieselopomp. Kortom ook dat maakt niet zo'n erg goede indruk.

Als het geregend heeft ziet het er vaak nog troostelozer uit. De files maken het gehele plaatje ook niet veel beter. Het is duidelijk niet altijd 'blij dat ik rij!'

Die indrukken bepalen in hele sterke mate onze gevoelens t.a.v. wegverkeer. Ik weet niet of ik representatief ben. Ik schat echter in dat binnen de Nederlandse bevolking de gevoelens over wegverkeer en milieu waarschijnlijk ook niet al te positief zijn.

Vandaag gaan we het uitgebreid hebben over verontreinigingen afkomstig uit het wegverkeer. Deze dag zal vooral technisch van aard zijn. Ik denk echter dat we op deze dag bij het trekken van conclusies ook rekening moeten houden met de meer gevoelsmatige beleving die de samenleving bij wegverkeer heeft.

Aan mij de eer om voor deze dag de aftrap te verzorgen. Eigenlijk zou een collega van mij deze lezing houden, Jan Schoot-Uiterkamp. Jammer genoeg werd hij ziek en daarom is aan mij binnen het RIZA gevraagd om voor hem in te vallen. Op zich was deze overstap niet zo moeilijk. Ik ben namelijk vrij nauw betrokken bij het onderzoek naar behandelingsmogelijkheden van afstromend wegwater. Op de resultaten daarvan kan ik jammer genoeg niet ingaan. De resultaten daarvan zijn namelijk nog maar ten dele beschikbaar, en zijn gewoon nog te prematuur.

Mijn verhaal zal gaan over het belang van wegverkeer binnen het geheel van de diffuse bronnen van waterverontreiniging.

De inleiding hebben we inmiddels achter de rug.

Ik zal bij het tweede punt vertellen wat er aan bij het terugdringen van emissies naar oppervlaktewater tot nu toe gerealiseerd is. Dit is eigenlijk een algemene inleiding naar de diffuse bronnen toe.

Bij het derde punt ga ik in op het belang van wegverkeer. Vervolgens vertel ik iets over de oorzaken die bijdragen aan de verontreiniging. Gevolgd door een introductie naar problemen in de praktijk en oplossingsrichtingen. Tenslotte zal ik een aantal conclusies trekken.

2 Wat is er bereikt?

Belasting met i.e.'s

Op deze dia (figuur 1) ziet u een overzicht van de ontwikkeling en de produktie van zuurstofbindende stoffen vanuit de industrie en huishoudens, de rode en gele kolom. De groene kolom is de belasting van het oppervlaktewater met zuurstofbindende stoffen. Zoals u kunt zien is de belasting van het oppervlaktewater in de loop van de jaren teruggelopen van zo'n 46 miljoen inwonerequivalent naar ca. 9 miljoen in 1990. Interne saneringen in de industrie en de bouw van communale en industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties hebben dit resultaat opgeleverd. Kortom dit ziet er zeer bevredigend uit.

Saneringen van industriële emissies

De saneringen van industriële emissies van metalen geeft zo ongeveer een vergelijkbaar beeld als bij de i.e.'s (figuur 2). In 1975 loosden we vanuit de industrie nog zo'n 1200 ton zink en 30 ton cadmium. Inmiddels zijn de industriële lozingen van zink en cadmium fors teruggelopen tot minder dan 100 ton zink en ca. 2 ton cadmium. Kortom, er hebben zowel bij de i.e.'s als bij de zware metalen behoorlijke saneringen van de lozingen plaatsgevonden.

Zuurstofgehalten in Rijn en Maas

Wat heeft dit nu opgeleverd? Deze figuur (figuur 3) geeft u een indruk wat sanering van zuurstofbindende stoffen oplevert. In de Waal was het gehalte aan zuurstof rond 1970 bedroevend laag. In de Maas was het wat beter. Door de sanering van de lozingen van zuurstofbindende stoffen is het gehalte aan zuurstof in het oppervlaktewater inmiddels behoorlijk opgekrikt. De vis in het water zal nu duidelijk minder adempnood hebben.

Watergegevens

Uit deze dia (figuur 4) blijkt dat de gehalten van zink en cadmium nog verre van optimaal zijn. Aangegeven is de mate van overschrijding van de grenswaarde voor zink en cadmium in zowel het Rijks- als het regionale oppervlaktewater. In beiden wordt de grenswaarde voor zink in behoorlijke mate overschreden. Kortom de vis mag dan minder adempnood hebben, hij zwemt nog rond in water dat volgens de normen teveel zware metalen bevat.

Voor zowel Rijkswaterstaat als regionale beheerders is er een reden om

te komen tot verdere emissiereductie.

De vraag is: "Waar komen die resterende zware metalen nu vandaan?"

3 Overschakelen naar belang van wegverkeer

Verdeling Zn-emissies in NL (cirkeldiagram)

In deze dia (figuur 5) is aangegeven waar voor zink de huidige zink-emissies vandaan komen. Iets meer dan een derde deel is afkomstig uit communale bronnen, 20 % ongeveer door rechtstreekse lozingen op het oppervlaktewater uit de industrie en het restant ongeveer een derde deel uit diffuse bronnen. Die diffuse bronnen wat zijn dat nu? We moeten dan denken aan bijvoorbeeld zink wat via depositie in het oppervlaktewater belandt, corrosie van verzinkte materialen en zinkemissies uit het wegverkeer. Ook achter het woordje communaal zitten voor een aanzienlijk deel diffuse bronnen. Corrosie van drinkwaterleidingen bijvoorbeeld is verantwoordelijk voor een groot deel van de koperemissies in Nederland. Maar ook de corroderende dakgoot moet tot de diffuse bronnen worden gerekend. Kortom diffuse bronnen is een verzamelnaam voor allerlei verspreid plaatsvindende emissies. Deze emissies zijn over het algemeen heel moeilijk aan te pakken.

Wat is nu de bijdrage van de verkeersemisies?

Bronnen van diffuse emissies

Hier ziet een overzichtsbeeld van emissies uit diffuse bronnen (figuur 6). Het is een prognose voor het jaar 1995. Het is vandaag 29 maart 1995 en de dia zou op dit moment dus horen te kloppen. Laat ik u duidelijk maken. Dit zijn heel vaak resultaten van modelberekeningen en dus vaak slechts benaderingen van de realiteit. De balans van de kolommen tot 100 % wordt veroorzaakt door industriële bronnen.

Het zal duidelijk zijn, er zit in deze dia heel veel informatie verscholen. We beperken ons vandaag tot verkeer. Dat zijn de oranje blokjes uit dit staafdiagram. De getoonde verkeersemisies slaan niet alleen op Rijkswegen, maar ook op provinciale en gemeentelijke wegen.

Het grootste aandeel van het verkeer vinden we bij olie. Dat klopt ook want olie zit in afstromend wegwater van een snelweg, normaal gesproken in de hoogste gehalten, ga uit van zo'n 4-8 mg/l. Daarnaast zien we bij cadmium, koper, zink en lood ook oranje blokjes. In het geval van koper is de belangrijkste bron echter slijtage van de bovenleiding van de trein. De spoorbaan moeten we natuurlijk ook tot het verkeer rekenen. Loodemissies uit het verkeer zijn natuurlijk heel bekend. De oranje blokjes zijn echter niet helemaal representatief. In de blokken van depositie en die van bouwmaterialen zitten ook emissies die tot het verkeer moeten worden gerekend. Voor depositie zijn natuurlijk de verontreinigingen in uitlaatgassen relevant, bijvoorbeeld lood. Bij bouwmaterialen moeten we denken aan het aandeel van corrosie van verzinkte geleiderails.

Als je een conclusie wilt trekken uit deze dia dan is de eerste indruk dat

verkeer in relatieve zin niet tot de allergrootste bronnen moet worden gerekend. Lokaal in de omgeving van een weg zal verkeer wel belangrijk kunnen zijn.

Metingen van de directie Zuid Holland bevestigen dit. In die gevallen dat er sprake is van rechtstreekse lozing van wegwater op oppervlaktewater kun je lokaal soms verhoogde gehalten aantreffen van stoffen die door het wegverkeer worden geëmitteerd.

4 Oorzaken verontreiniging

Geëmitteerde stoffen en oorzaken

Wat zijn de oorzaken van emissies van wegverkeer (figuur 7). Over dit onderwerp zijn al vele binnenlandse en buitenlandse rapporten geschreven. Een Amerikaan, mijnheer Shaheen heeft voor zover mij bekend al in 1975 een dik rapport over dit onderwerp geschreven. Het moet een goed rapport zijn want het wordt nog geregeld geciteerd.

Het aandeel van de oorzaken die bijdragen aan emissies van het wegverkeer wordt vaak uitgerekend met cijfers tot achter de komma. De aannames in dergelijke sommen zijn echter vaak van dien aard dat ik de voorkeur geef aan een tabel met veel of weinig plusjes en zonodig een vraagteken. Zoals u ziet heb ik vier stoffen geel gemaakt. Dit zijn stoffen die in wegwater in de hoogste gehalten voorkomen. Ik hoop dat deze stoffen ook overeen komen met de inhoud van latere lezingen.

Zink komt voor een groot deel uit banden en door corrosie van geleiderails. Bij de productie van autobanden wordt zink aan het rubber toegevoegd. Een discussie over de aanpak van deze bron is nog niet gestart. Dat is ook wel een beetje begrijpelijk want Nederland is nu niet bepaald een grote producent van banden. Door Noorwegen is bij de voorbereiding van de komende Noordzeeministersconferentie zink uit autobanden als aandachtspunt naar voren geschoven.

Vermindering van de zinkcorrosie van geleiderails staat zeker in de aandacht. Er loopt binnen het ministerie van V&W op dit moment een project dat gericht is op minder corrosiegevoelige geleiderails. De laatste signalen die ik opving was dat beton in ieder geval een minder aantrekkelijk alternatief is. Het is wat minder veilig.

Lood komt voor het grootste deel vrij via de uitlaatgassen. De invoering van katalysatoren op auto's heeft het emissiereductie-mes echter aan verschillende kanten laten snijden. Zowel de lood-, koolwaterstof als NOx-emissies lopen door de invoering van katalysatoren immers terug. Voor de aanwezigheid van koper is slijtage van banden van belang. Dat lekkage van olie bij verkeer speelt zal duidelijk zijn. De lekkage van olie draagt waarschijnlijk ook bij aan de metalen-belasting, en de CZV-last van het wegwater.

Als conclusies bij deze dia kan men stellen dat de invoering van katalysatoren heel gunstige effecten heeft gehad. Dat er aan geleiderails het nodige gebeurt, maar dat de overige oorzaken duidelijk minder in de picture staan.

5 Problemen in de praktijk

Problemen in de praktijk

We gaan nu over naar de praktijk van het omgaan met wegwater. In deze dia (figuur 8) staat weergegeven in hoeverre de directies worden geconfronteerd met problemen rond de afvoer van verontreinigd wegwater. In totaal speelt dit voor zover mij bekend op zo'n 12 plaatsen in Nederland.

De knelpunten liggen vooral in waterwingebieden en bij verdiepte liggingen, en incidenteel bij kunstwerken. Bij aanleg van nieuwe wegen en renovaties komt dit probleem geregeld om de hoek kijken. Provincies en waterschappen zijn hiervoor steeds alerter.

Oplossingsrichtingen

In deze dia (figuur 9) staan de belangrijkste oplossingsrichtingen aangegeven. Ik ga hier wat snel doorheen. Het eerste punt heb ik al behandeld. Mevrouw Ietswaart zal u ongetwijfeld vertellen over het belang van ZOAB als maatregel. De normale infiltratie in de bodem is ook een optie. De heer Janssen van der Laak zal naar ik aanneem de gevolgen van infiltratie in de bodem behandelen van wegwater. Vooral in grondwaterwingebieden wordt wel de derde optie riolering en bezinking van wegwater genoemd, gevolgd door het wegwater buiten het gebied te leiden.

Het rioleren en aansluiten op een RWZI is ook een mogelijkheid. Deze is wat minder aantrekkelijk. Wegwater van dicht asfalt-beton heeft CZV- en stikstofgehalten die lager zijn dan de effluenten van RWZI's. Dit betekent dus dat zeer dun water wordt afgevoerd naar de zuivering. Ook de hoeveelheden water zijn vaak een probleem. Juist wanneer het regent krijgen de zuiveringsinstallaties van het normale verharde oppervlak immers al voldoende water te verwerken. Daarnaast kan nog het probleem van de afstand tot de zuivering spelen. Al met al kleven aan deze optie dan ook nogal wat vraagtekens.

Een duidelijke conclusie wat te doen kunnen we op dit moment niet trekken. Er lopen echter wel wat activiteiten om hierin wat meer helderheid te krijgen

Onderzoeksinitiatieven waterbeheer

Door de werkgroep diffuse bronnen van CUWVO VI is dit nagegaan. In totaal was er sprake van zo'n 18 initiatieven binnen de "natte" sector van Rijkswaterstaat en waterbeheerders op het gebied van wegwater. Hieronder meetprogramma's, inventariserend literatuuronderzoek en enkele meer oplossingsgerichte initiatieven. Als RIZA zijn we momenteel bezig met een onderzoek waarin we het rendement van bezinkinstallaties bekijken. We voeren dit onderzoek uit met water afkomstig van zowel ZOAB als DAB. Ook levert dit onderzoek inzicht wat er met zandfiltratie kan worden bereikt. Juist dit onderzoek wordt uitgevoerd, omdat in veel ontwerpstudies op dit moment vaak forse aannames worden gedaan over het rendement van dergelijke voorzieningen. Aan deze bezinkinstallaties en de noodzakelijke riolering hangt een fors prijskaartje. Het onderzoek is alleen daarom al zinvol. Daarnaast bekijken we in samenwerking met het waterschap Regge en Dinkel en de

directie Oost naar het rendement van een bestaande bezinkvijver. Wij hopen dat het eerste onderzoek voor de zomer wordt afgerond. Het tweede onderzoek heeft een langere doorlooptijd, waarschijnlijk wordt dit maart '96.

Conclusies

Ik kom nu tot mijn conclusies

De diffuse bronnen "waaronder wegverkeer" komen steeds meer in beeld. Ook in de praktische uitvoering binnen Rijkswaterstaat merken we dit.

De problematiek van wegwater speelt vooral regionaal. Aandacht hiervoor van waterkwaliteitsbeheerders is dan ook logisch. Op landelijke schaal is het geen enorme grote verontreinigingsbron naar het oppervlaktewater.

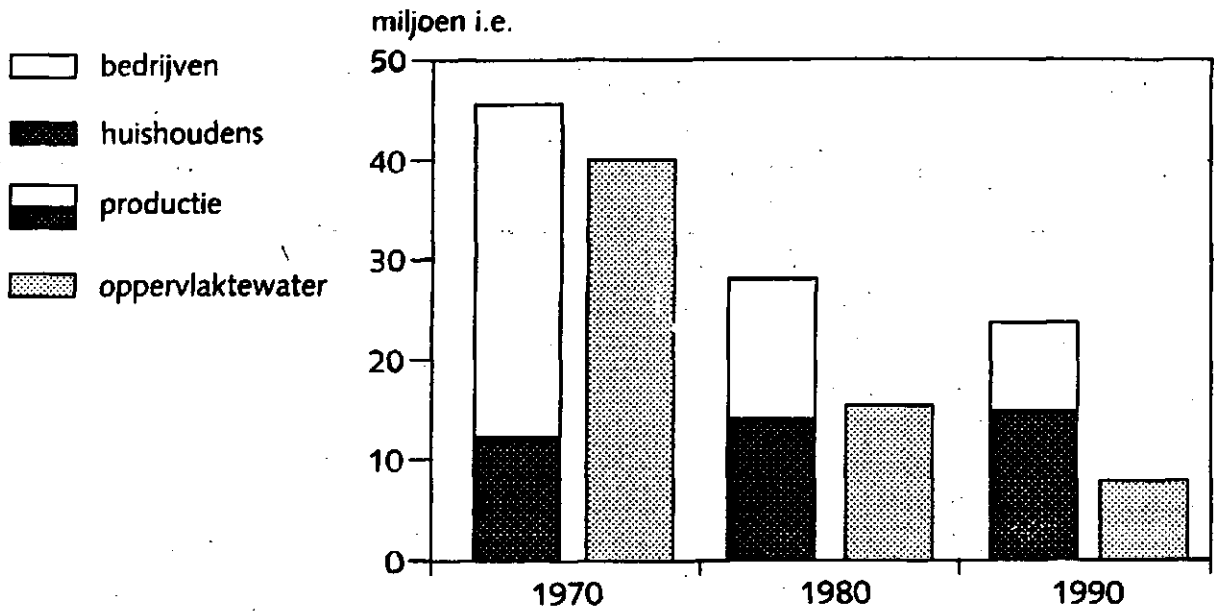
Aanpak bij de bron is uiteraard heel belangrijk. De invoering van katalysatoren heeft hele gunstige effecten gehad. Geleiderails krijgen ook aandacht. Aandacht voor de overige bronnen, bijvoorbeeld banden is nog uiterst miniem.

De meeste knelpunten met wegwater doen zich momenteel voor bij aanleg en reconstructie van nieuwe Rijkswegen. We moeten ons natuurlijk wel bewust zijn dat wegwater niet alleen van Rijkswegen afspoelt. Soortgelijke problemen spelen natuurlijk ook bij provinciale en gemeentelijke wegen. Alleen focussen op Rijkswegen lijkt me niet terecht.

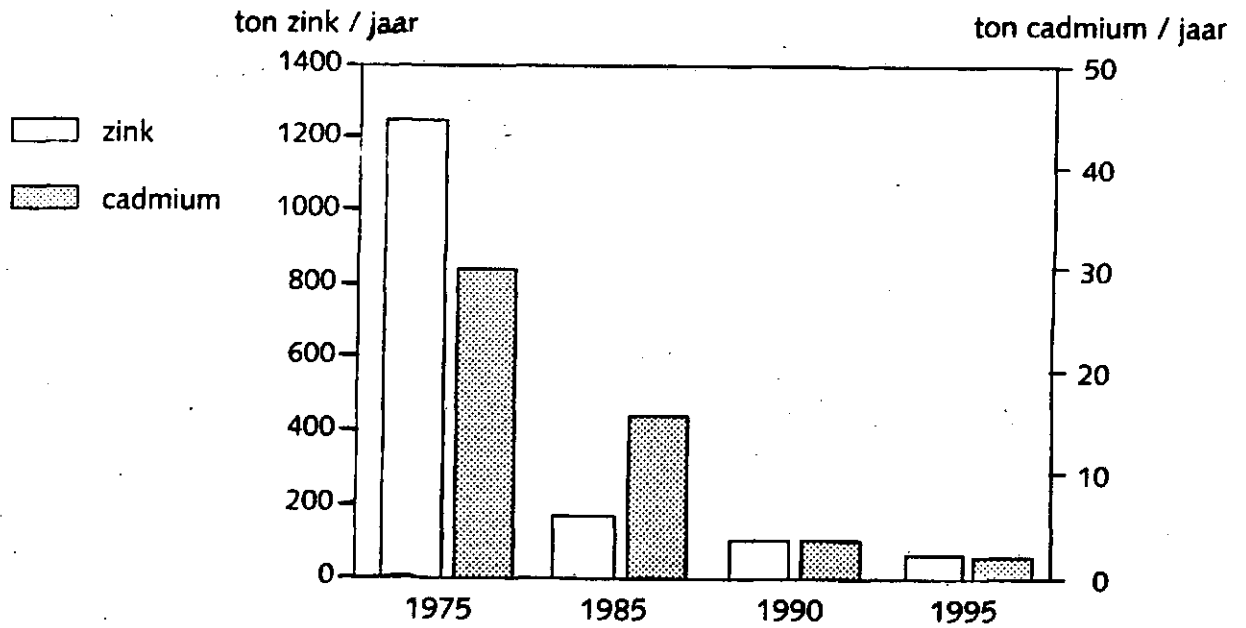
De laatste conclusie die ik wil trekken is eigenlijk dat ik het belangrijk vindt dat er een gemeenschappelijke gedragen aanpak ontstaat hoe in dit land om te gaan met wegwater. Een betrokkenheid van de wegbeheerders, waterschappen en provincies is daarbij essentieel. Op allerlei plaatsen spelen op dit moment soortgelijke problemen. Een gemeenschappelijke aanpak afspreken lijkt mij heel zinvol. Mogelijk is het CUWVO-kader hiervoor een goede plek.

Ik dank u voor uw aandacht.

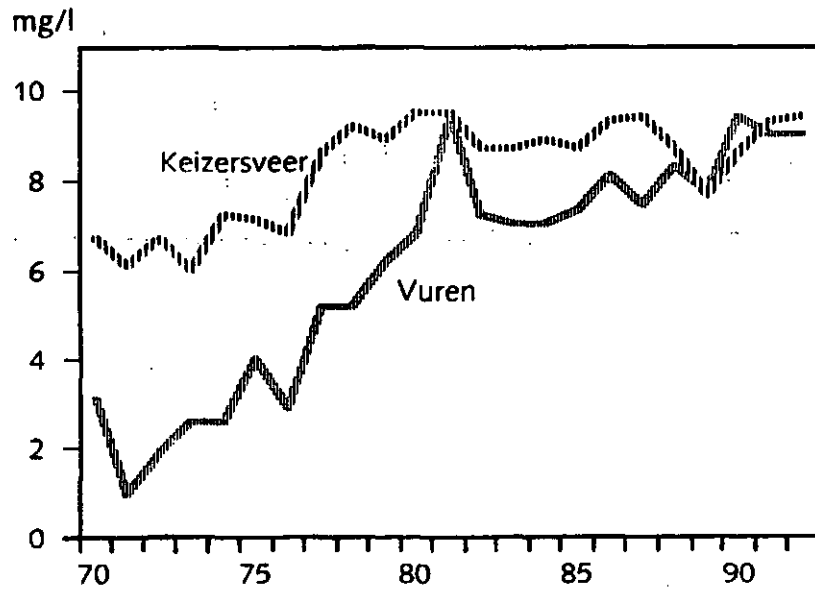
Figuur 1.
Productie van en belasting
oppervlaktewater met zuurstof-
bindende stoffen



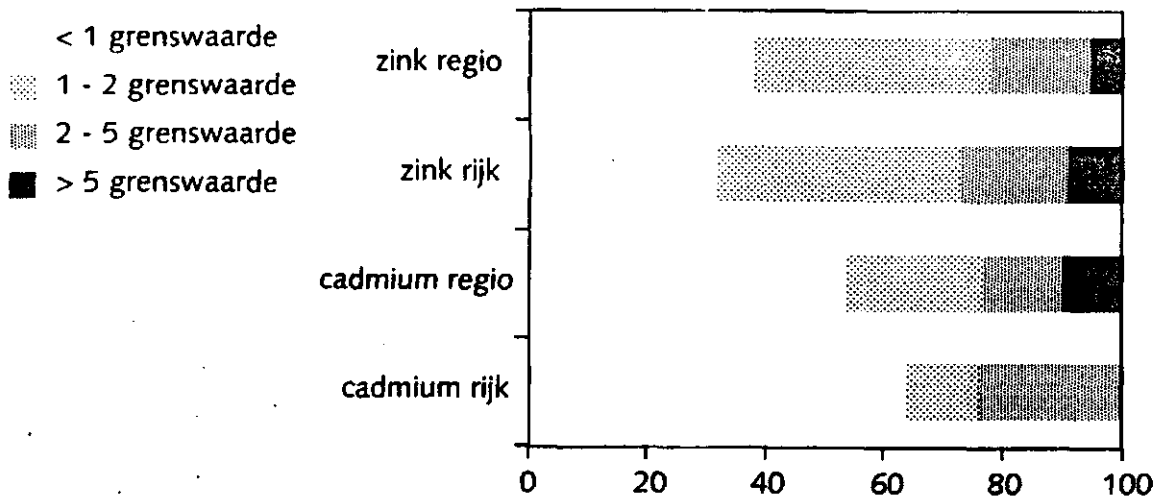
Figuur 2.
Saneringen- industriële emissies
van zink en cadmium



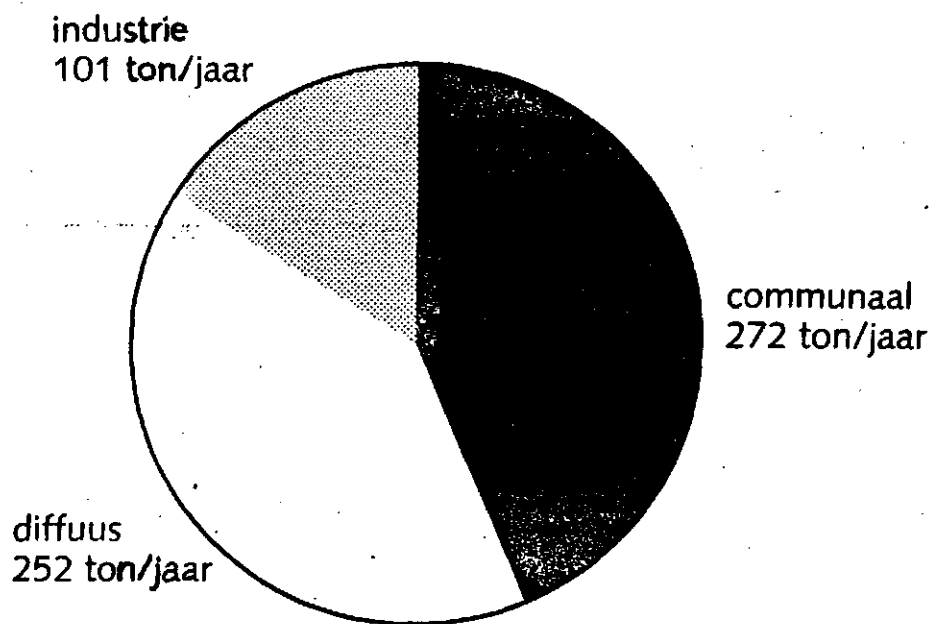
Figuur 3.
Vuren (Waal, Keizersveer (Maas))
Zuurstof, jaargemiddelden
1970 -1992



Figuur 4.
Cadmium en zink in het oppervlaktewater 1992.
(bron: landelijke watersysteem rapportage 1992)

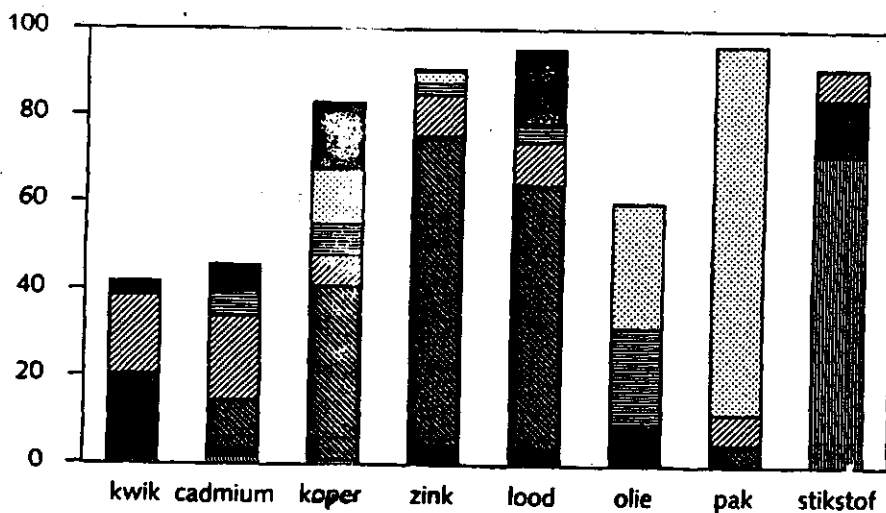


Figuur 5.
Omvang emissie Nederland voor
zink



Figuur 6.
Bronnen van diffuse emissies
(prognose 1995)

- onbekend
- ▨ scheepvaart
- ▩ verkeer
- ▧ depositie
- ▦ bouwmaterialen
- huishouders
- ▤ landbouw



Figuur 7.

Geëmitteerde stoffen en oorzaken
(onduidelijke bijdrage van: remmen, corrosie radiatoren, koelvloeistof)

stof	zout	wegdek	banden	lek verliezen	uitlaat gassen	straat meubilair
Zn			+++++	?	?	++
Pb			++	+	+++++	
Cu			+	?	?	
Ni		++	++	?	?	
Cr		++	++			
As	+					
Cd	+	+		?	?	
PAK olie		+	+	+	++	
				+++++		
CZV			+	++		
BZV				++		
NOx					++	
Cl	+++++					

Figuur 8. Problemen in de praktijk

RWS Dir:

Oost:

2 situaties

Flevoland:

2

N.Brabant:

2

Utrecht

1

N.Holland

2

Z.Holland

1

Limburg

2

Noord:

?

Zeeland:

?

Knelpunten: waterwingebieden, verdiepte liggingen, kunstwerken, overige lozingen

Figuur 9. Oplossingsrichtingen

- * aanpak bij de bron
- * wegdektype (DAB-ZOAB)
- * infiltratie wegwater
- * rioleren (behandelen) -> lozen buiten waterwingebied
- * rioleren aansluiten op RWZI

Lezing 2: Verspreiding van stoffen vanaf de weg naar de directe omgeving

ir. H. Ietswaart
Rijkswaterstaat/DWW
afdeling Infrastructuur Milieumaatregelen
Postbus 5044, 2600 GA Delft
tel. 015-699461

Inleiding

Rob Berbee heeft u verteld wat de betekenis is van het wegverkeer als diffuse bron.

In mijn verhaal zal ik ingaan op de verspreiding van stoffen in de directe omgeving van de weg.

Hierbij zal ik na een korte inleiding ingaan op de onderzoeken naar dit onderwerp die erbij de DWW zijn gedaan en de resultaten van deze onderzoeken bespreken.

Tot slot volgt een conclusie die naar ik hoop de discussie van vanmiddag zal bevorderen.

Het verkeer behoort, zoals eerder gezegd, tot de grotere bronnen voor wat betreft gassen zoals koolmonoxide en stikstofoxiden, maar ook microverontreinigingen zoals zware metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen, meestal afgekort tot PAK worden geëmitteerd. Deze dag laten we de gassen buiten beschouwing en richten we de aandacht op de microverontreinigingen.

Verontreiniging van weg naar omgeving

De niet gasvormige stoffen komen voor een deel op het wegdek terecht, en verwaaien voor een deel naar de wegberm en de verdere omgeving (figuur 1).

Door afspoeling met regenwater komt ook het op de weg gedeponeerde materiaal in de berm terecht.

De samenstelling van runoff of afspoelend wegwater bestaat uit de samenstelling van neerslag, gesuspendeerd materiaal en stoffen die opgelost zijn in het water.

De stoffen zijn sterker gebonden aan stofdeeltjes. Dit heeft grote invloed op hun verspreiding. Afhankelijk van de grootte van de deeltjes waaraan de stoffen gebonden zijn, zullen zij meer of minder ver van de weg terecht komen.

Daarnaast is het mogelijk dat stoffen gedurende langere tijd in de atmosfeer aanwezig blijven, en zich over grotere afstanden verplaatsen, dit is het deel dat bijdraagt aan de achtergrondconcentratie.

Deze achtergrondconcentratie kan gemeten worden, maar de herkomst van stoffen is niet meer te achterhalen.

Dit is wel het geval met het gedeelte van de emissie dat in de directe omgeving van de weg terecht komt. Hiervan is met redelijke zekerheid te zeggen dat de stoffen van het wegverkeer afkomstig zijn.



Invloedsfactoren op verspreiding

De verhouding tussen de verspreidingsmechanismen afspoeling en verwaaiing is afhankelijk van de verkeersintensiteit, verkeerssamenstelling, type wegdek, klimatologische aspecten zoals regenintensiteit, regenduur, windkracht en windrichting en de fysisch-chemische eigenschappen van de stoffen (figuur 2).

De manier van verspreiden via runoff of verwaaiing beïnvloedt de plaats waar de stoffen terecht komen en het is van invloed op de mogelijke preventieve maatregelen.

Afstromend wegwater infiltreert in de wegberm en blijft dicht bij de weg. Verwaaiing verspreidt de stoffen over een afstand van tientallen meters van de weg.

Opzet onderzoek

Onderzoeksvragen

Van 1989 tot 1994 heeft de DWW onderzoek laten doen in de directe omgeving van de weg en gekeken naar massastromen van stoffen, met name zware metalen en PAK.

De centrale vraag bij deze reeks onderzoeken was: of de vervuiling van de berm en directe omgeving van rijkswegen een probleem is.

Vervolg vragen waren het effect van de verkeersintensiteit en van een zoab deklaag op de vervuiling.

Locaties

Bij het hier besproken onderzoek zijn zoveel mogelijk van de eerder genoemde invloedsfactoren op de verspreiding constant gehouden en slechts enkelen gevarieerd om beter inzicht in te krijgen over de invloed van deze factoren op de verspreidingsmechanismen van verspreiding en de hoeveelheden van stoffen die verspreid worden.

Er is gekozen voor vijf lokaties (figuur 3) die vergelijkbaar zijn voor wat betreft wind factoren, en verschillend voor verkeersintensiteiten en deklaag.

Zoals op de dia is aangegeven zijn drie DAB locaties en twee ZOAB locaties bemonsterd.

De verschillen, ontstaan door locatieverschillen en jaarverschillen, ga ik niet bespreken.

Wel worden de verkeersintensiteit (hier aangegeven met vpe) en de deklaag of toplaag bekeken.

In het verdere verhaal worden de locaties aangeduid met DAB1 t/m 3 en ZOAB 1 en 2.

Runoff van 1 meter wegdek werd opgevangen en regelmatig (eens per 1 of twee weken) bemonsterd.

Loodrecht op de weg waren bakken met graszoden geplaatst op verschillende afstanden van de weg, om de door middel van verwaaiing verspreide stoffen te kunnen meten.

Resultaten

Bij de presentatie van resultaten heb ik een selectie gemaakt voor de verhouding tussen verwaaiing en runoff, de invloed van het wegdek, van de neerslag en van de verkeersintensiteit op de hoeveelheid stoffen en de verdeling over de verspreidingsmechanismen (figuur 4).

Verwaaiing

Hier (figuur 5) is als voorbeeld de verwaaiing van PAK in μg per m^2 weg per 2 weken weergegeven tegen een afstand tot de weg.

Duidelijk is te zien dat de depositie na 30 meter van af de weg nauwelijks hoger is dan de achtergronddepositie (het gehalte op 120 meter van de weg)

Verder is duidelijk te zien dat de verwaaiing op lokaties met ZOAB deklaag veel lager is dan op die met DAB deklaag. Zware metalen geven hetzelfde patroon te zien.

Verdeling runoff water en slib

Het van de weg afgespoelde water bevat een klein deel slib, ongeveer een honderdste gewichtsprocent. Toch bevat dit slib het overgrote deel van de verontreinigingen (figuur 6). Dit gaat van zink dat voor 40% aan slib zit tot lood dat voor 80% aan slib zit. Bijna al de PAK zitten aan het slib gebonden.

Dit is geen nieuwe vinding. De verdeling van stoffen tussen de waterfasen en het slib is een constante, dit bij gelijke pH en organische stofgehalten. Deze verdeling wordt aangegeven met de verdelingscoëfficiënt K_d . Voor de bemonsterde runoff lag deze waarde tussen die van zand en van waterbodems in.

Verhouding verwaaiing/runoff

De verdeling van stoffen over runoff en verwaaiing verschilt sterk per stof. Dit is duidelijk te zien op de dia (figuur 7) waar de verwaaiing gedeeld is door de runoff voor zware metalen en PAK voor zowel DAB als ZOAB locaties.

De schalen van zware metalen, en PAK verschillen sterk. Dit betekent dat PAK meer hecht aan kleine deeltjes die verwaaien. Hierdoor is ook de verwaaiing van PAK bij ZOAB relatief hoger dan de verwaaiing van zware metalen.

Voor zware metalen is het tegengestelde het geval: bij ZOAB wordt de verspreiding met runoff relatief belangrijker dan die met verwaaiing.

De invloed van de verkeersintensiteit op runoff en verwaaiing is niet aantoonbaar.

Dit komt overeen met andere studies die in het buitenland zijn gedaan. In deze studies werd boven een verkeersintensiteit van 300 vpe geen verband meer gevonden met de verspreiding van stoffen naar de directe omgeving van de weg. Dit wil dus niet zeggen dat er niet meer stoffen geëmitteerd zijn. Ze zijn alleen niet dicht bij de weg te vinden.

Verband neerslag runoff en verwaaiing

De twee volgende dia's (figuur 8) zijn de runoff en verwaaiing beide uitgezet tegen de neerslaghoeveelheid per week.

Er is te zien dat de neerslag wel een positief verband heeft met de

runoff, zowel voor zware metalen als voor PAK.
De lage gehalten voor ZOAB zijn hier zeer duidelijk te zien.
Voor de verwaaiing geldt dit verband echter niet.
Dit betekent dat de droge verwaaiing een belangrijk deel van de depositie via totale verwaaiing uitmaakt.
De lage gehalten voor ZOAB zijn hier weer duidelijk te zien.

DAB/ZOAB

Om nog eens duidelijk het verschil te illustreren tussen de massastromen van DAB en ZOAB is een ruwe rekensom gemaakt. Op basis van gemiddelde waarden van bemonsterde DAB en ZOAB locaties zijn de totale depositie langs rijkswegen berekend in tonnen per jaar. Dit is vergeleken met de depositie langs DAB en ZOAB wegen. De totale massastromen, dit is runoff en verwaaiing, naar de directe omgeving van de weg, is bij ZOAB veel lager dan bij DAB.
Bij gelijke verkeersintensiteit is de depositie bij ZOAB 2 tot 17 procent van die bij DAB, verschillend per soort metaal.
Duidelijk is dat ZOAB een zeer gunstig beeld biedt voor wat betreft de depositie in de directe omgeving van de weg.

Gehalten in bodem

Hoe verspreiden deze stoffen zich nu verder na de depositie?
Tijdens een symposium over bermbeheer, dat vorig jaar door de DWW werd georganiseerd, is al duidelijk gesteld dat het bermgras niet veel vervuiling opneemt.
Het gras kan zelfs in veel gevallen gebruikt worden als zeer schone compost.

Hier (figuur 9) zijn de gevonden gehalten van cadmium in de bodem gedeeld door de streefwaarde, waardoor de y-as aangeeft hoeveel maal de streefwaarde aanwezig is. De fracties van de streefwaarde zijn op 10 cm en 35 cm beneden maaiveld weergegeven tegen de afstand tot de weg

In de bodem lijkt het mee te vallen met de accumulatie van vervuilende stoffen. Slechts in enkele gevallen wordt de interventiewaarde overschreden. Dit geldt alleen voor zware metalen en vooral voor lood. Meestal liggen de gehalten iets boven de streefwaarde. Het overschrijden van de interventiewaarde gebeurt alleen in de eerste 10 centimeter van de bodem. Op 75 cm is op geen enkele locatie aanwijsbare invloed van de weg gevonden. Op deze dia is PAK weergegeven.
Er is een duidelijke gradiënt te zien vanaf de weg tot 120 meter. Hierbij worden de hogere gehalten dichtbij de weg gevonden.
De hogere waarden op 120 meter afstand vanaf de weg zijn niet door de weg gegenereerd, maar komen van andere bronnen.

Met berekeningen en een onderzoek van het RIVM is aangetoond dat het grondwater wel verhoogde gehalten heeft aan verschillende stoffen tengevolge van de weg.

Dit geldt vooral voor de metalen zink, cadmium, koper, en vooral op zandgronden met een lagere pH. Bekend is dat een lage Ph in de bodem uitspoeling van metalen uit organische- en kleiverbindingen

bevorderd.

Conclusies

De volgende conclusies kunnen getrokken worden

- Verwaaiing is een belangrijk verspreidingsmechanisme langs wegen met DAB wegdek. Langs wegen met ZOAB wegdek is verwaaiing minder sterk.
- Massastromen vanaf ZOAB wegdek zijn rond de 10 % van die vanaf DAB wegdek.
- Er is geen verband te vinden tussen massastromen en verkeersintensiteit
- Depositie als gevolg van runoff is positief gecorreleerd met de neerslag hoeveelheid
- Er zijn weinig overschrijdingen in de bodem van interventiewaarden. Als dit gebeurt dan alleen in de strooisellaag dichtbij de weg en in het grondwater

Generaliserend kan met de resultaten van deze onderzoeken gezegd worden dan met het aanbrengen van een ZOAB deklaag het probleem van de runoff en natte verwaaiing voor de directe omgeving van de weg voor de meeste gebieden wordt opgelost.

Mede veroorzaakt doordat het grootste deel van de emissies niet langs de weg terecht komt, maar opgaat in de achtergrondconcentratie.

Een volgende stap is deze conclusies vorm te geven in beleid waarmee wegontwerpers en beheerders uit de voeten kunnen, en provincies en waterkwaliteitsbeheerders mee kunnen werken.

Dit beleid zal dan ook naar mijn idee uiteindelijk gezamenlijk gemaakt en uitgedragen moeten worden.

Figuur 1. Verontreiniging van de weg naar de omgeving.

VERONTREINIGING VAN DE WEG NAAR DE OMGEVING VIA

- * afspoeling
- * droge verwaaiing
- * natte verwaaiing

SAMENSTELLING AFSPOELING

- * samenstelling van neerslag
- * oplossen van vaste deeltjes
- * vloeibare verontreiniging

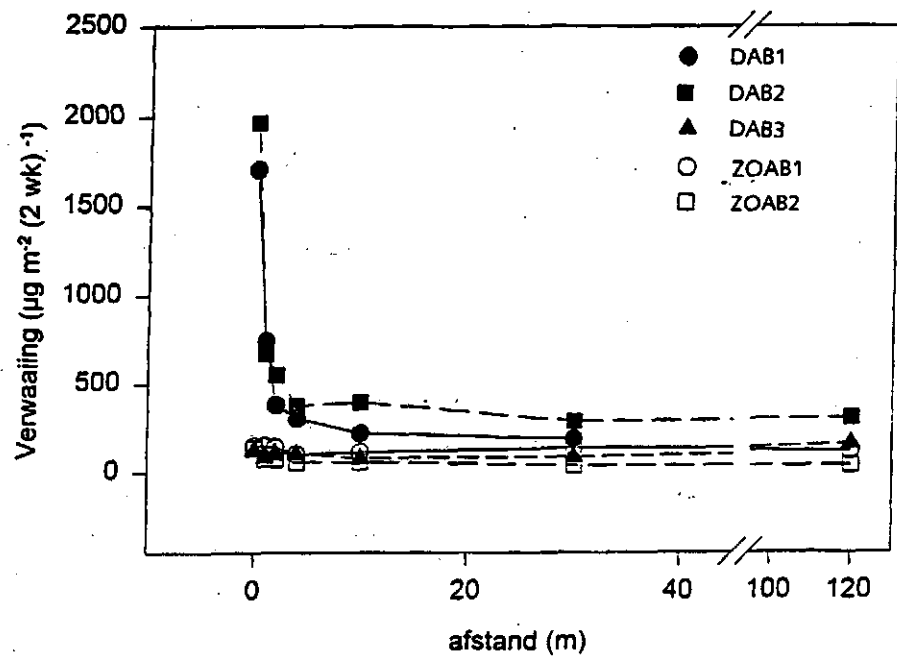
Figuur 2. Invloedsfactoren op verspreiding

- * verkeersintensiteit
- * verkeerssamenstelling
- * type wegdek
- * klimatologische aspecten
 - regenintensiteit
 - regenduur
 - windkracht
 - windrichting
- * fysisch-chemische eigenschappen van stoffen

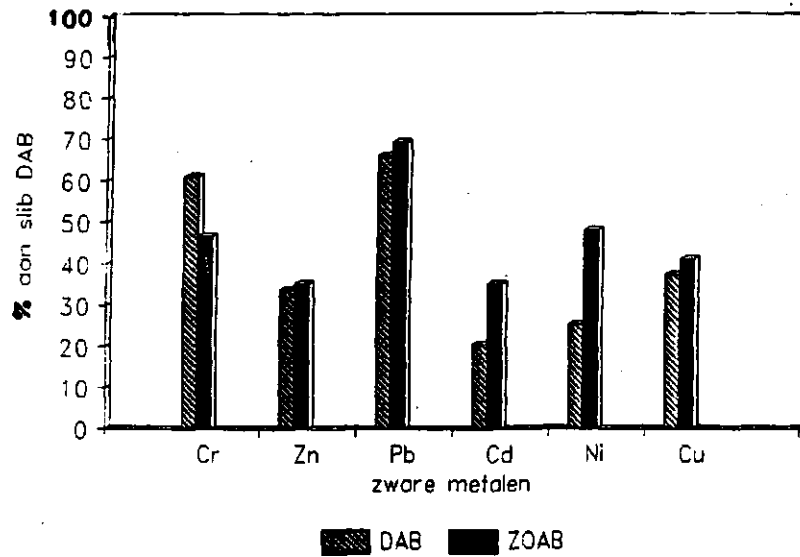
Figuur 4. Onderzoekslocaties.

jaar	locatie	vpe	toplaag
1990	Akersloot: A9 km 67,5	47.000	DAB1
1991	Badh. dorp: A9 km 38.6	74.000	DAB2
1992	Krab.dijke: A58 km 132.85	21.000	DAB3
1993	Nijkerk: A28 km 33.5	39.000	ZOAB1
1994	Spaarnwoude:A9 km 44.3	78.000	ZOAB2

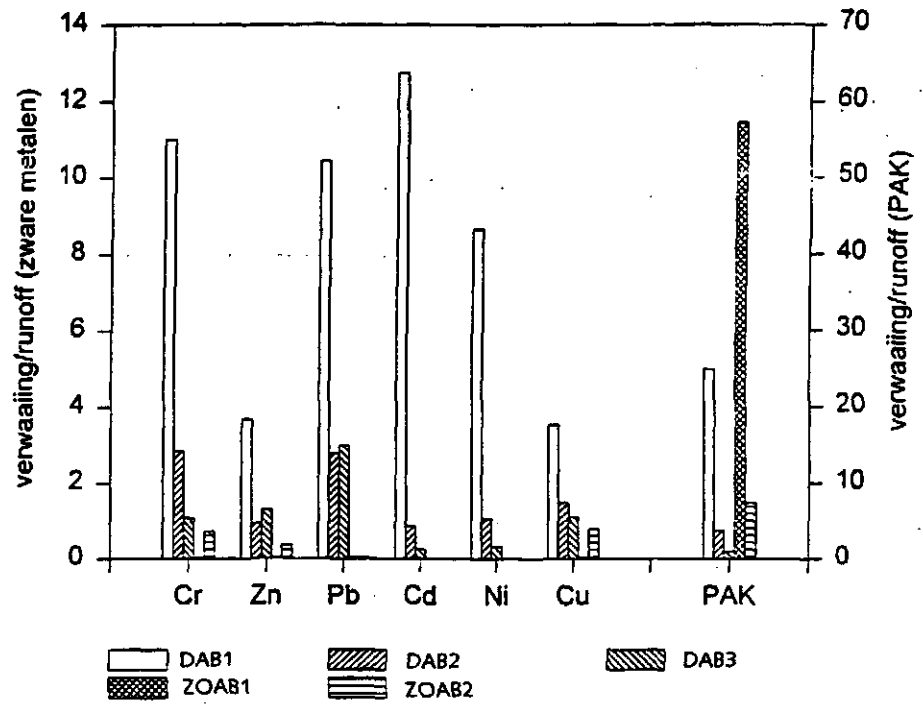
Figuur 5.
Verspreiding van PAK door verwaaiing



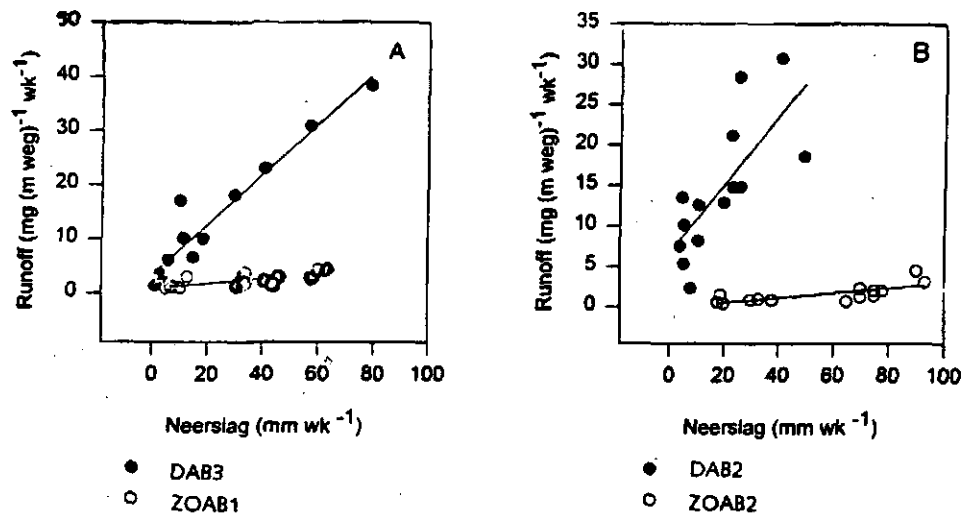
Figuur 6.
Percentage zware metalen aan slib in runoff



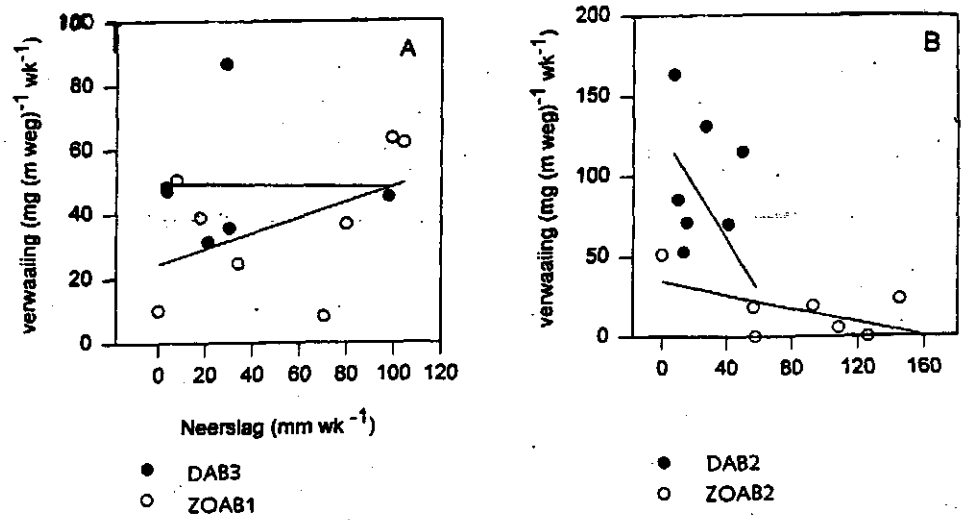
Figuur 7.
Verhouding verwaaiing en runoff voor zware metalen



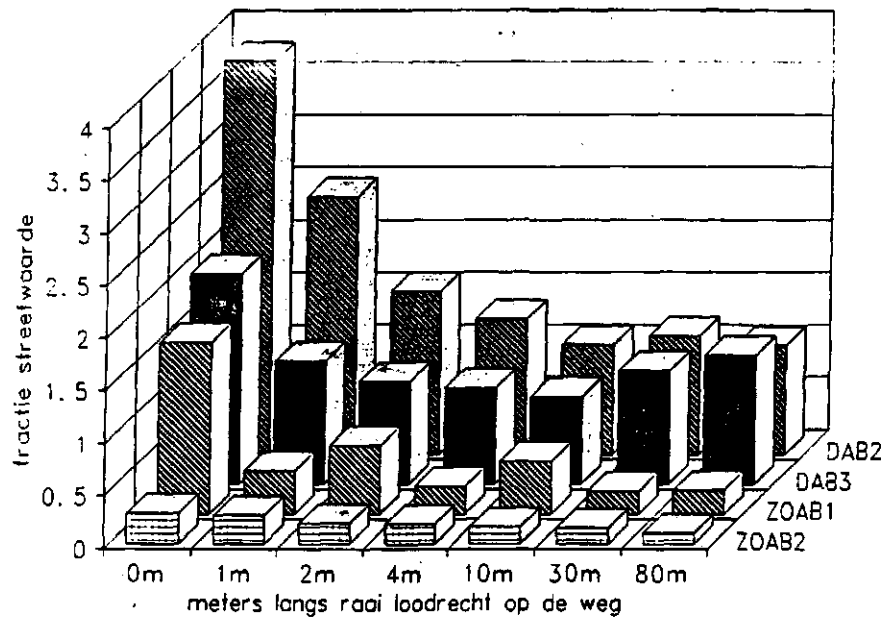
Figuur 8
Verband tussen hoeveelheid verwaaiing en neerslag en hoeveelheid runoff en neerslag



Vervolg figuur 8



Figuur 9. Gehalte cadmium in de bodem als fractie van de streefwaarde op 10 cm -mv



Lezing 3: Maatregelen

ir. W.H. Janssen v.d. Laak
rijkswaterstaat/DWW
Postbus 5044, 2600 GA Delft
tel. 015-699465

Inleiding



In mijn bijdrage van hedenochtend wil ik iets laten zien en horen over de maatregelen die genomen kunnen worden om verontreiniging door het wegverkeer te voorkomen, dan wel te beperken. De onderdelen van de bijdrage zijn:

- * kort iets over de historie en eerder onderzoek
- * wat basisgegevens over twee uitgevoerde case-studies
- * de maatregelen die in deze cases zijn ontwikkeld
- * het milieurendement van de maatregelen
- * de kosten van de maatregelen en
- * tenslotte een voorlopige gedragslijn.

Door Mevr. Ietswaart is in haar voordracht ingegaan op de microverontreinigingen van het wegverkeer welke tot gevolg hebben dat de wegbermen en het grond-en oppervlaktewater kunnen worden verontreinigd.

Verspreiding

Op de dia (figuur 1) ziet u hoe de verspreiding kan gebeuren. In het verleden zijn om deze redenen bij doorsnijding van rijkswegen door waterwingebieden reeds maatregelen uitgevoerd. Echter toen signalen van de waterkwaliteitsbeheerders kwamen met verzoeken om ook buiten deze bijzondere gebieden na te gaan of maatregelen konden en moesten worden getroffen, heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde het voortouw genomen voor het uitvoeren van een onderzoek of dit ook noodzakelijk zou zijn. Het belangrijkste doel van het onderzoek was na te gaan of in bepaalde situaties maatregelen nodig zijn om zo een inschatting te kunnen maken waar langs het hoofdwegennet maatregelen zouden moeten worden aangebracht. In eerste instantie bij de aanleg en reconstructie van wegen, wellicht ook in bestaande situaties.

Onderzoek

Uit deze studie kwam naar voren dat zoveel factoren een rol spelen, en binnen deze factoren ook nog spreiding en onzekerheden bestaan, dat het niet mogelijk was een duidelijk beeld te krijgen. Alleen al door met twee op zich simpele factoren te variëren, nl. de grondwaterstand en de afstand van een wegsloot tot de verharding was het mogelijk als uitkomst te krijgen dat het hele land van maatregelen moest worden voorzien, of wel dat maatregelen achterwege konden blijven. Wel is uit deze studie naar voren gekomen welke factoren van invloed zijn voor de bepaling van de mate van verontreiniging en de noodzaak van

eventuele maatregelen. Daarom is in een vervolgstudie voor twee concrete situaties nagegaan de noodzaak tot het nemen van maatregelen en zo ja dan welke.

Onderzoekslocaties

Het betreft de A28 tussen de aansluitingen Amersfoort-zuid en Soest, een bestaande weg in een ingraving in een zandgebied en de N11 tussen Leiden en Alphen aan de Rijn, een nog aan te leggen weg op maaiveld in een veengebied. U ziet, twee totaal verschillende situaties. Beide gebieden zijn op uitgangspunten geïnventariseerd die van belang zijn voor het bepalen in welke mate de bodem en het grond- en oppervlaktewater kunnen worden verontreinigd. Het handelt hierbij om civieltechnische gegevens en om bodemeigenschappen die direct of indirect noodzakelijk zijn voor de berekeningen in een voorspellingsmodel. Ik noem de volgende aspecten zonder daarbij er diep op in te gaan:

Civieltechnisch gaat het om :

- *de verticale en horizontale ligging van de weg, bv. weg op maaiveld zoals de N11 of in ingraving zoals de A28, in dakprofiel of naar één zijde afwaterend,
- *de verhardingssoort, de A28 een betonweg, waarop een epoxylaag i.v.m. de geluidshinder en de N11 met een zeer open asfaltbeton deklaag. Verder kennen we ook nog het dicht asfaltbeton,
- *de verhardingsbreedte, de A28 2 x 2 rijstroken met vluchtstrook en per rijbaan 11 m breed en de N11 2 x 1 rijstrook met een totale breedte van 7.40 meter,
- *de aanwezigheid van goten, bermsloten e.d. en de plaats daarvan in het dwarsprofiel, bij de A28 zijn de bermen 2.5 tot 8.5 m breed en is een droge greppel aanwezig. Bij de N11 een minimale bermbreedte van 5.5 meter en een bermsloot op 10 tot 25 meter afstand van de verharding en
- *de verkeersintensiteit, de A28 70.000 mvt/dag en de N11 geraamd op 21.000 mvt/dag.

Uitgangspunten voor de verspreidingsberekeningen

Qua bodemeigenschappen gaat het vooral om :

- * de bodemopbouw, wat voor grondsoorten zijn aanwezig. Bij de N11 ligt het weglichaam op 60 tot 80 cm uit klei, daaronder een variërende laag zandige klei met veenstukjes en daaronder de veenlaag. Bij de A28 is alles zand,
- * de geohydrologie, wat is de grondwaterstand, wat is de grondwater stromingsrichting. De onverzadigde zone is bij de A28 2.5 tot 31 m, afhankelijk van de ingraving, bij de N11 is deze 0.9 tot 4.4 m, afhankelijk van de polder,
- * het stofgedrag in grond en water, beïnvloedt door belangrijke chemische en biologische processen, te noemen zijn de adsorptie en desorptie, het oplossen en de vorming van neerslagen, complexvorming en biodegradatie, en
- * wat is het gehalte van de achtergrondverontreiniging van de bodem, het grond- en oppervlaktewater.

Modelberekeningen

Voor beide lokaties is na invulling van de bovenstaande gegevens met een model (ECOSAT) een verspreidingsberekening uitgevoerd om na te gaan in welke mate er verontreiniging optreedt en wanneer. Daarbij bedient bedacht te worden dat deze berekeningen zijn uitgevoerd met een niet gevalideerd model, met uitgangspunten en invoergegevens die voor een deel gebaseerd zijn op aannames, waarvan de betrouwbaarheid nog onvoldoende is. De resultaten van de voorspellingsberekeningen waren dus zeker niet voor 100% betrouwbaar. Op dit punt over de verspreiding in de bodem zal nog het nodige onderzoek moeten worden uitgevoerd.

Resultaten

Op basis van de rekenresultaten van de beide cases is vooralsnog geen evidente noodzaak tot het treffen van maatregelen aan te tonen. Wel zijn er indicaties dat er voor enkele stoffen, zink bij aanwezigheid van een geleiderail en een individuele PAK, op termijn een zodanige milieubelasting ontstaat dat maatregelen zinvol kunnen zijn. Ik kom in het slot van mijn verhaal met een enkele opmerking nog op de noodzaak terug, maar wil mij nu richten op de maatregelen die zouden kunnen worden getroffen.

Ik beperk mij tot de maatregelen die bij de beide cases zijn uitgewerkt. Ongetwijfeld zullen nog andere maatregelen kunnen worden bedacht en zijn er met name voor de opvang en afvoer van de run-off verschillende constructies in de handel aanwezig. De maatregelen voor de N11 en de A28 zijn mede gebaseerd op de lokale situatie.

Principe typen maatregelen

De uitgangspunten voor het ontwerp van de maatregelen zijn gebaseerd op de immissiebeperking, waarbij in principe van drie pakketten maatregelen wordt uitgegaan nl.:

- * voor opvang, afvoer en zuivering van de run-off
 - * bekleding van de berm met adsorberende grond, die periodiek wordt vervangen en
 - * voor opvang van run-off, gevolgd door adsorptie in filtersystemen
- Ik kom daar in detail en per lokatie op terug.

De ontwerpen zijn verder vergeleken op kosten en op hun milieurendement. Ik zal echter eerst afzonderlijk ingaan op de gekozen varianten en nadien op de kosten en het milieurendement in een onderlinge vergelijking.

Variante 1 A28

Variante 1 (figuur 2) bij de A28 betreft de opvang en zuivering van de run-off. De run-off wordt opgevangen in een gotenstelsel van waaruit het water naar de zuiveringsinstallatie wordt afgevoerd. Er wordt uitgegaan van twee mogelijk oplossingen nl. :

- * opvang en afvoer via betongoten naar bufferbassins en

* opvang via goten en kolken en afvoer via een riolering naar bufferbassins

Bij de eerste oplossing wordt het water opgevangen in betonnen prefabgoten die naast de bestaande betonverharding moeten worden aangebracht. De goten zijn qua afmetingen geschikt om onder praktisch alle omstandigheden de totale afvoer van het wegwater te verzorgen. De run-off stroomt vervolgens in een viertal bufferbassins. Vanuit deze bufferbassins wordt het water door een beperkte zuiveringsinstallatie geleid, bestaande uit een bezinkvijver en een zandfilter. Het behandelde water wordt in een schoonwatervijver opgevangen en vervolgens via een persleiding naar het riool op 1 km afstand afgevoerd en vervolgens in een rioolwaterzuiveringsinstallatie nabehandeld.

Afvoer via een persleiding naar een riool op afstand is noodzakelijk omdat in de naaste omgeving van de lokatie eenvoudigweg geen oppervlaktewater voorhanden is.

Afgezien is van een zuivering op de lokatie en infiltratie in de bodem. Dit zou een uitgebreide zuivering omvatten door middel van een actiefkoolfilter voor de verwijdering van de organische verontreinigingen en een ionenwisselaar voor de verwijdering van de zware metalen. Met name de laatste is een complexe en gevoelige zuivering die veel onderhoud vergt en daarom op een lokatie langs de weg niet geschikt is.

Bij de tweede oplossing wordt het water opgevangen in betonnen molgoten die naast de bestaande verharding worden aangebracht. In deze molgoot worden kolken geplaatst, die worden aangesloten op een aan te leggen riolering. De riolering voert het water naar de al eerder genoemde bufferbassins en wordt op dezelfde wijze behandeld als voornoemd.

Variant 2 A28

De tweede variant (Figuur 3) is het toepassen van een humus- en lutumrijke grond in de toplaag van de bermen, zodat het doorspoelen van de verontreinigingen naar het grondwater kan worden voorkomen dan wel vertraagd. Opvangvoorzieningen zijn niet nodig, het wegwater met de verontreinigingen stroomt vrijelijk van de verharding in de wegberm. De verontreinigingen binden zich dan aan de humus en lutumrijke deeltjes en blijven zodoende in de toplaag geconcentreerd. Als de opnamecapaciteit van de aangebrachte laag is bereikt vindt doorslag naar diepere lagen plaats en moet de verontreinigde laag worden verwijderd.

De afdeklaag wordt over een breedte van 6 meter met een dikte van 1 meter aangebracht aan weerszijden van de weg. Een bijkomend voordeel van deze variant is dat ook een deel van de verontreiniging veroorzaakt door de droge en natte verwaaiing wordt meegenomen.

Het probleem is wat met de vrijkomende verontreinigde grond moet worden gedaan, afvoeren naar een stortplaats of laten reinigen en nadien weer op enigerlei wijze hergebruiken. Er zit in ieder geval een fikse kostenpost aan vast. Een ander bezwaar van deze oplossing is dat dus om de x-jaar, in onderhavig geval is aangenomen 15 jaar voor de eerste meter van de berm en 30 jaar voor de rest van de berm, de gehele bovenlaag inclusief de begroeiing wordt afgegraven. Ik kan mij

voorstellen dat de ecologen hier niet blij mee zullen zijn. Al wat met ecologisch bermbeheer is opgebouwd wordt in één klap verwijderd.

Variant 3 A28

De derde variant (figuur 4) is ontstaan uit de situatie zoals die momenteel langs een gedeelte van de weg ter plaatse aanwezig is. Daar stroomt de run-off in molgoten die om de ca. 45 meter een afvoer via zg. "spuwertjes", gootjes dwars op de verharding, hebben naar een greppel. Via deze greppel zakt nu het water in de bodem weg.

In deze variant wordt de run-off via goten opgevangen en afgevoerd naar een naast-de weg gelegen betonnen put die met compost, afkomstig van de verwerking van ingezameld GFT-afval, is gevuld. Bovenop de compost wordt een grindlaag aangebracht die als filterlaag werkt om dichtslibben van de compost tegen te gaan. Deze putten worden om de 100 m aangebracht en hebben een oppervlakte van 5 m².

De verwerking van de run-off vindt plaats in de betonnen put met compost. De compost moet de verontreinigingen uit het water absorberen, waarna de behandelde run-off in de bodem kan worden geïnfiltreerd of op een riool worden geloosd. Bij een dikte van de compostlaag van 2 m kan dan per put gemiddeld 3 m³ water worden behandeld. Bij deze dikte dienen de compostfilters in principe één maal per jaar te worden vervangen. Door de biologische afbraak in de putten zal de vervangingstijd mogelijk kunnen worden verlengd tot ca. 2 jaar.

Deze periodieke vervanging van het materiaal, dat moet worden afgevoerd naar een stortplaats, betekent dus een nadeel van de variant. Een ander probleem is dat de compost naar verwachting beperkt de zware metalen zal absorberen. Compost kan van nature wat zware metalen bevatten, waardoor het opnamevermogen kan worden beperkt. Om dit systeem ook voor zware metalen beter te laten functioneren zouden toeslagstoffen aan de compost moeten worden bijgevoegd. Dit maakt het proces nogal ingewikkeld en extra onderhoudsgevoelig, hetgeen niet wenselijk is.

Door het te verwachten metalen probleem is het effluent ook minder geschikt voor infiltratie in de bodem en is gekozen voor afvoer naar de riolering. Daarvoor is gelet op de lokale situatie een 1 km lange persleiding noodzakelijk.

Ik kom bij de varianten die bij de N11 zijn beschouwd. Bij de N11 zijn twee systemen uitgewerkt die in principe overeenstemmen met de twee eerste systemen die ik bij de A28 heb besproken. Er zijn evenwel enige verschillen door de lokale situatie aanwezig.

Voor de opvang en afvoer kan gebruik worden gemaakt van bermsloten en bufferbassins of de opvang via goten en kolken en afvoer via een riolering en bufferbassins.

Variant 1 N11

Het eerste systeem (Figuur 5) bestaat uit een met folie en afdekgrond beklede berm en bermsloot aan weerszijden van de weg, alsmede twee met folie en afdekgrond beklede bufferbassins. Het voordeel is dat wordt voorkomen dat het water in de berm kan doordringen naar het

grondwater en dat ook de verontreiniging veroorzaakt door verwaaiing wordt meegenomen. Het nadeel is dat het folie problemen kan opleveren als bij het onderhoud lekkages worden veroorzaakt.

Het in de bufferbassins opgevangen water wordt naar een zuiveringsinstallatie geleid. Omdat op de lokatie voldoende oppervlaktewater aanwezig is, is gekozen voor een zuiveringsinstallatie ter plaatse. Deze bestaat in de onderhavige situatie uit een bezinkbassin, waarin de verontreinigingen geabsorbeerd aan het slib en de oliedrijflagen zoveel mogelijk worden afgescheiden. Het effluent gaat door een zand-/antracietfilter om de restanten van het niet bezonken slib te verwijderen en tenslotte een actiefkoolfilter om de organische verontreinigingen te verwijderen. Het effluent van de zuivering kan zonder problemen worden geloosd op het oppervlaktewater.

Een tweede oplossing is de opvang via in het asfalt uitgevoerde molgoten, waarin kolken worden geplaatst die worden aangesloten op een riolering uitmondend in de al eerder genoemde bufferbassins. De verdere zuivering is als tevoren besproken.

De tweede variant (figuur 6), het aanbrengen van een humus en/of lutumrijke bermbekleding, is geheel identiek aan de voor de A28 besproken variant met dit verschil dat een dikte van 0.5 meter voldoende is. Ik ga daar ook niet nader op in.

Milieurendement

De ontwerpen zijn beoordeeld op hun milieurendement waarbij de volgende criteria zijn gebruikt :

- * het verwijderingsrendement per type verontreiniging betrokken op de run-off en
- * de hoeveelheid vast afval die wordt geproduceerd t.o.v. de hoeveelheid verontreiniging die wordt verwijderd uit de run-off.
- * De overall kosten van de variant

In de volgende dias (figuur 7 en 8) is een overzicht van de kosten en het milieurendement gegeven. De verwijderingsrendementen zijn gebaseerd op schattingen gebaseerd op grond van ervaringen met andere processen. Er is nog te weinig ervaring met de bestaande maatregelen opgedaan. Wat de werkelijke rendementen zullen zijn zal uit onderzoek moeten blijken. Eerder deze morgen heeft u al iets gehoord over het bij het RIZA lopende onderzoek van de reiniging in de bezinkbassins.

Verwijderingsrendementen

Voor de A28 vertonen de verwijderingsrendementen geen grote verschillen (figuur 7), afgezien van het verwachte lage rendement voor de zware metalen in de variant met de compostputten.

U ziet dat deze variant ook heel slecht scoort als het gaat om de verhouding tussen vaste afvalproductie en de verwijderde verontreiniging. Tweejaarlijks opschonen van de putten levert veel afval op. Voor variant 1 gaat het om de hoeveelheid vast afval uit de opgeloste en niet opgeloste verontreiniging af te zetten tegen de hoeveelheid slib die

achterblijft in de rioolwaterzuiveringsinstallatie. U ziet een redelijk gunstige waarde.

Bij variant 2 wordt er meer afval geproduceerd dan wordt verwijderd, dit komt vooral door de afvoer van de toplaag van de berm na 15 of 30 jaar, afhankelijk van het deel van de berm.

Qua kosten scoort de oplossing met de compostputten het best. Wat opvalt zijn de hoge kosten voor de variant 1A, dit wordt veroorzaakt door de prijs van de prefabgoten.

Voor de N11 ziet u dat er geen grote verschillen zijn in de verwijderingsrendementen en in de verhouding vaste afvalproductie en verwijderde verontreiniging in vergelijking met de varianten bij de A28.

Kosten

Ik wil nog ingaan op de kosten van de nu gepresenteerde oplossingen. U hebt de kosten op de dia's al gepresenteerd gezien.

Voor een goede onderlinge vergelijking van de investerings- en onderhoudskosten zijn de kosten gekapitaliseerd met een effectieve rente van 4.5% per jaar, met de voor de voorzieningen benodigde vervangingstijd en op prijspeil 1994. Bovendien is er vanuit gegaan dat vrijkomende grond wordt hergebruikt.

Voor de A28 ziet het totaal plaatje er als volgt uit voor 4.5 km asw :

Voor de opvang van de run-off met prefabgoten	F 12.7 miljoen
Voor de opvang van de run-off met molgoten	F 4.0 miljoen
De variant met de aangebrachte bermbekleding	F 8.5 miljoen
voor de variant met de compostfilterputten is het	F 2.6 miljoen

Voor de N11 ziet het plaatje er zo uit voor 5 km autoweg

Voor de opvang van de run-off met folies	F 2.1 miljoen
Voor de opvang met riolering	F 4.2 miljoen
voor de variant met de aangebrachte bermbekleding	F 5.2 miljoen

Noodzaak van maatregelen

Tot zover de maatregelen. Eerder heb ik al aangekondigd dat ik met een enkele opmerking nog terug zou komen op de noodzaak.

Hoe effectief is de opvang van de run-off voor het beperken van de verontreiniging ten opzichte van de overige wijzen van verspreiding. Duidelijk is dat een wegsloot wordt verontreinigd. Doch welk deel van de verontreiniging komt van de run-off en welk deel van de verwaaiing en de grootschalige depositie met regen rechtstreeks in het water. Die verontreiniging blijft doorgaan. Hoe groot dit deel is, is nog onduidelijk en vereist naar mijn mening nader onderzoek. Als zou blijken dat de laatste twee genoemde bronnen bepalend voor de wegsloot zijn, dan zou het effect van kostbare aangebrachte voorzieningen weinig effectief blijken te zijn.

Uit de case-studies is geen evidente noodzaak gebleken en daar is bij de verspreidingsberekeningen nog uitgegaan van een verontreiniging met de uitgangspunten voor het geval van dicht asfaltbeton. Uit de bijdrage van mevr. Ietswaart is al naar voren gekomen de voordelen die er zijn indien de weg wordt voorzien van een zeer open asfaltbeton-deklaag. De hoeveelheid run-off verminderd, maar veel belangrijker is dat de mate van verontreiniging een factor 4 à 5 is verminderd. Binnenkort zullen daarom de verspreidingsberekening nog eens worden uitgevoerd, maar dan met de nieuwste zeer open asfaltbeton gegevens.

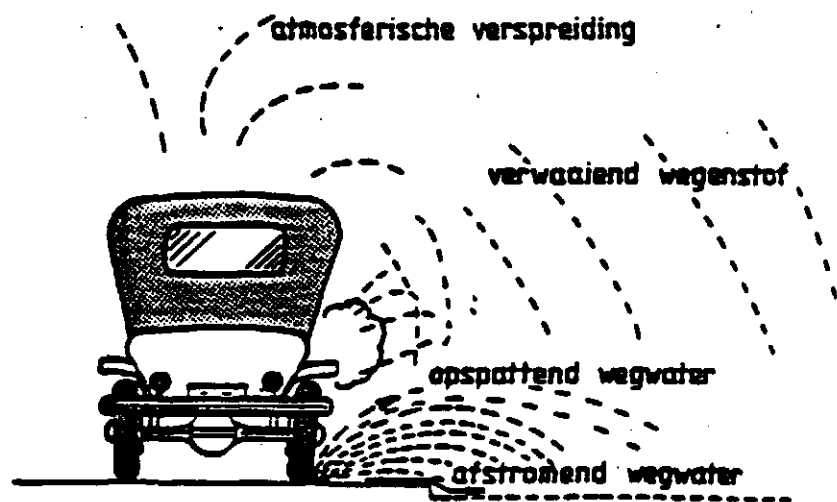
Conclusies

Op basis van bovenstaande wil ik daarom een voorlopige gedragslijn naar voren brengen. Gezien deze positieve effecten van het zeer open asfaltbeton durf ik op dit moment de verwachting uit te spreken dat in gevallen waar een zoab verharding is of wordt aangelegd geen extra maatregelen noodzakelijk zullen zijn. Veel wegen zijn al voorzien van zoab en in de komende jaren wordt in het kader van het onderhoud ook het bestaande hoofdwegennet van deze deklaag voorzien.

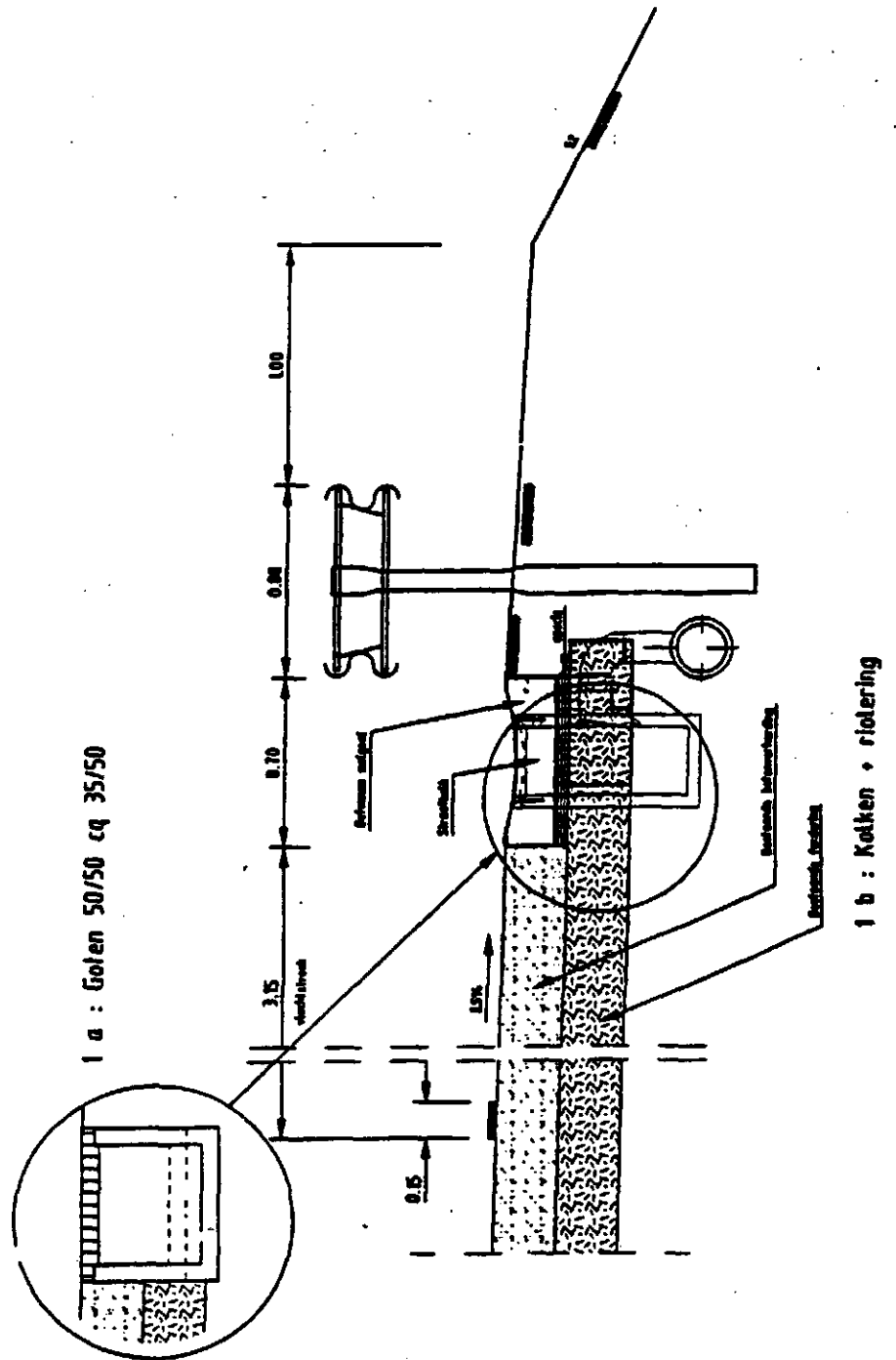
Wel blijft het naar mijn mening noodzakelijk in waterwin- en bodembeschermingsgebieden zodanige maatregelen te nemen dat een verontreiniging van het grondwater kan optreden. Voor bijzondere situaties afhankelijk van de lokale situatie en het wegontwerp zal het voor kunnen komen dat op enigerlei wijze voorzieningen moeten worden getroffen.

Ik hoop u hiermede enig inzicht in de maatregelen te hebben gegeven en ik dank u voor uw aandacht.

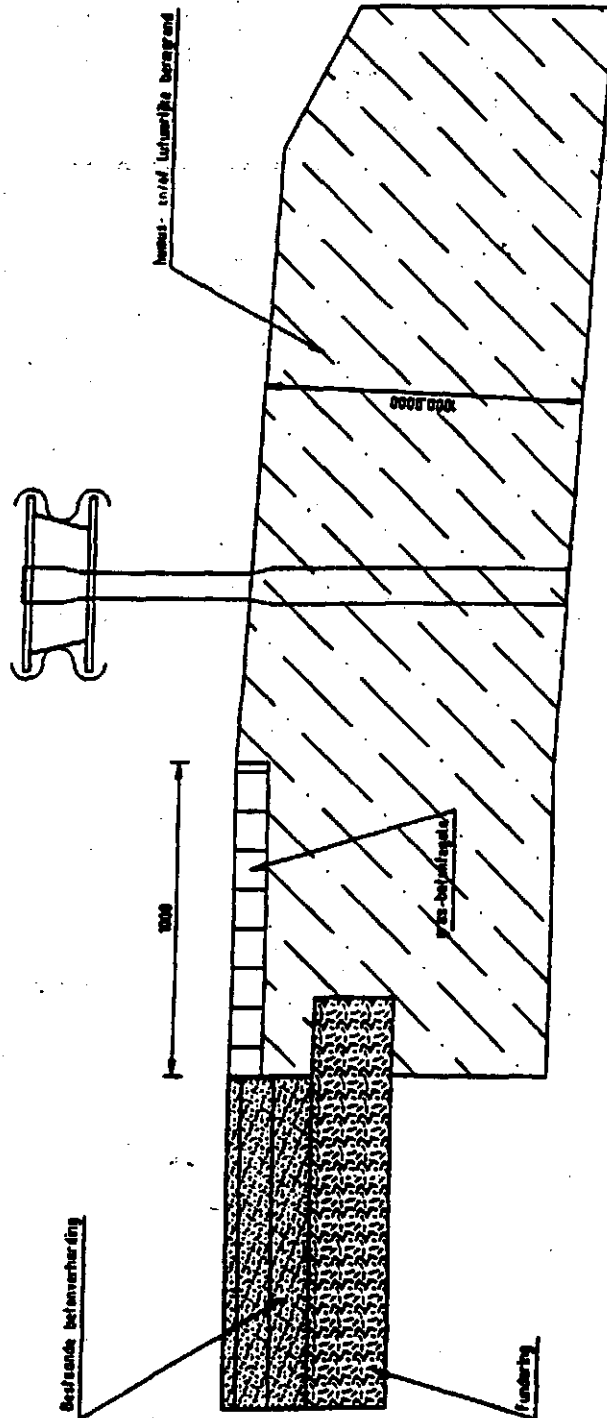
Figuur 1. Transportroutes van verontreiniging naar de omgeving van de weg



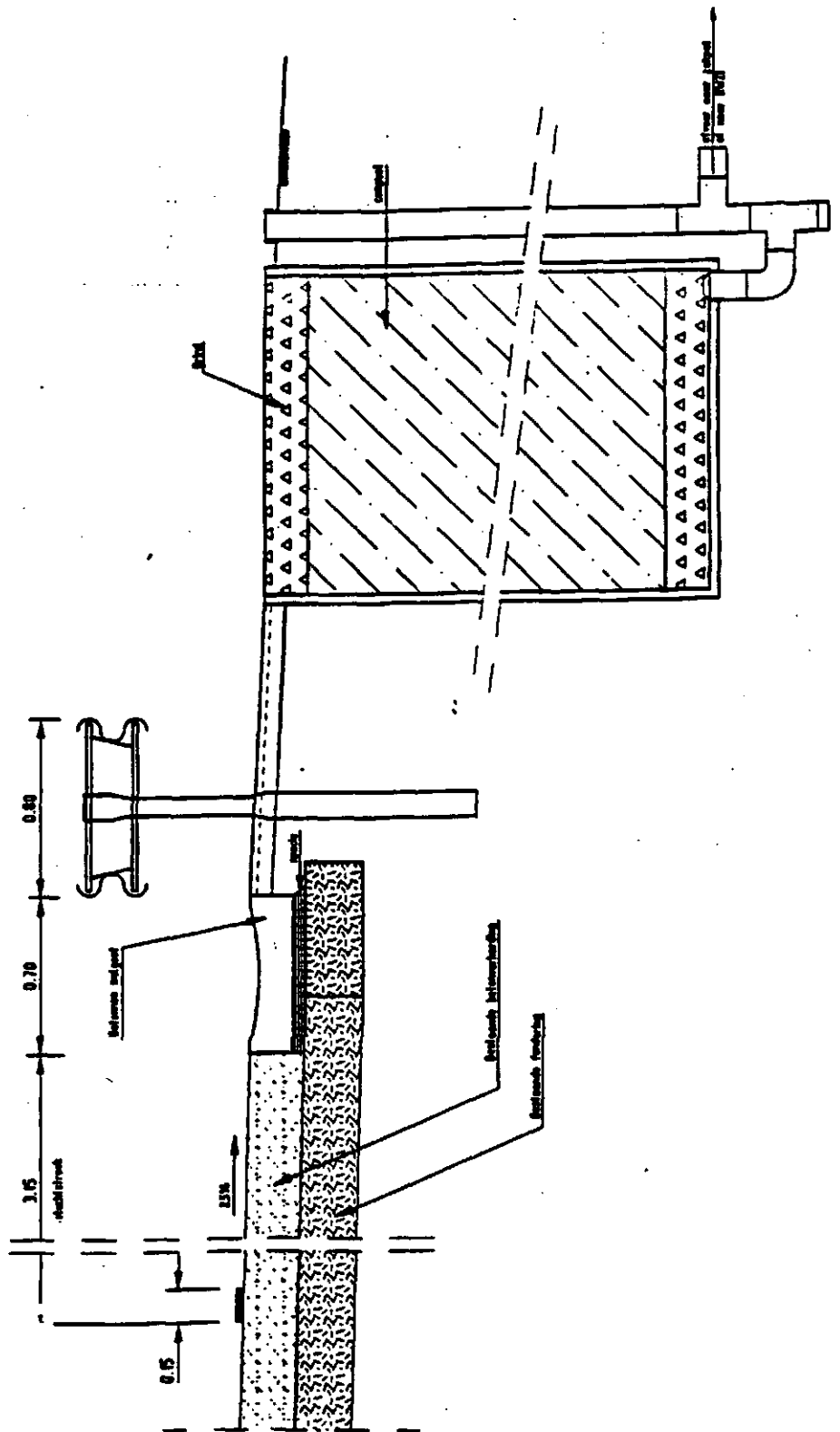
Figuur 2.
 Variant 1a en 1b van de casestudie A28



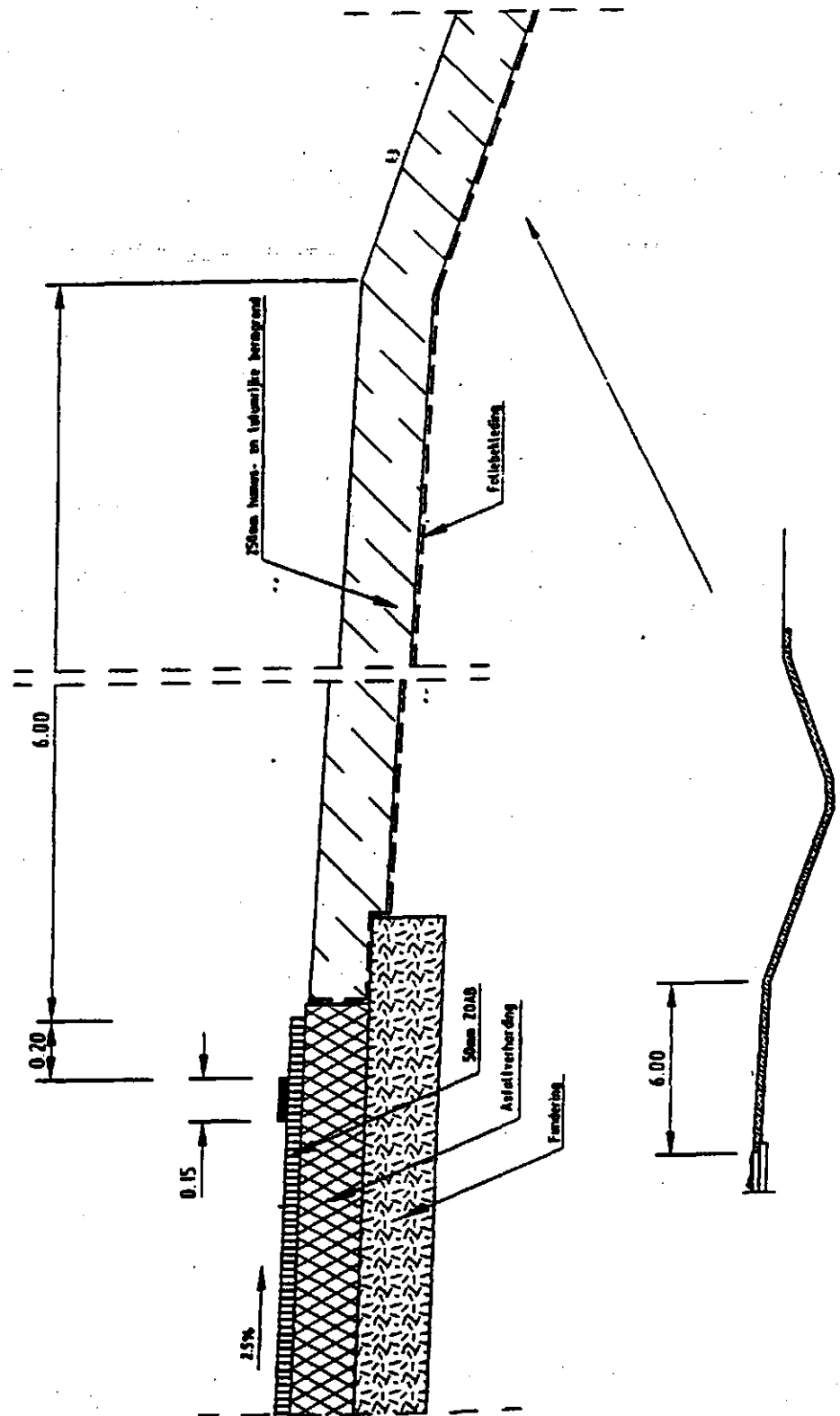
Figuur 3.
Variant 2 van de casestudie A28



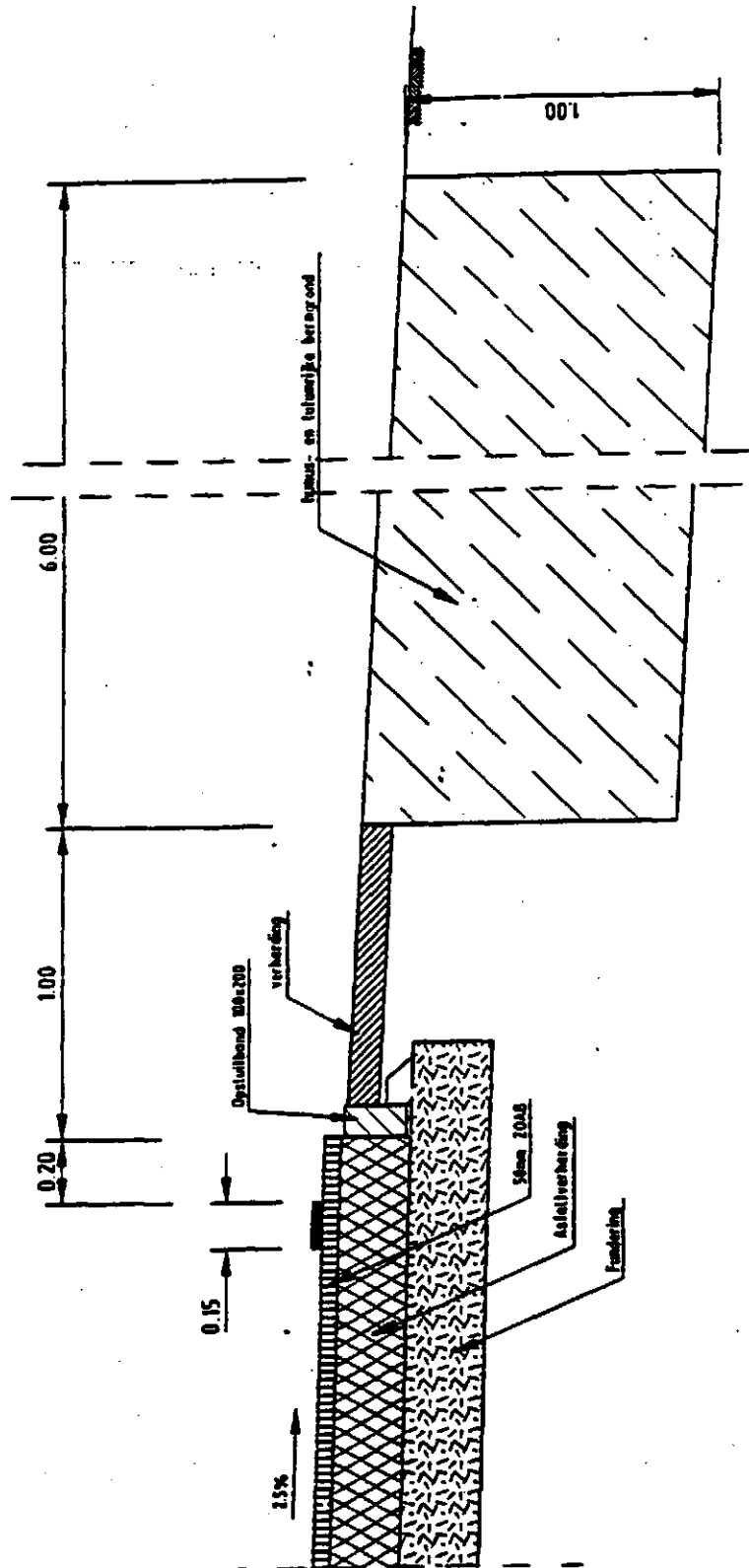
Figuur 4.
 Variant 3 van de casestudie A28



Figuur 5
 Variant 1a van de casestudie N11



Figuur 6
 Variant 2 van de casestudie N11



Figuur 7

Verwijderingsrendement van de case A28 per stof, quotiënt van de vaste afvalproductie en hoeveelheid verwijderde verontreiniging, kosten en quotiënt van kosten en afvalproductie per variant.

Aspect	variant 1 A28		variant 2 A28	variant 3 A28
	A	B		
verwijdering in %	50 ¹ 90 ²		80-90	30-40 ³ 80-90 ⁴
quotiënt vast afvalproductie en verwijderde verontreiniging	0.5		2.2	275
overall kosten in miljoen gulden	12.7	4.0	8.5	2.6

- 1 rendement van zuiveringsinstallatie op de locatie, voor metalen, olie en PAK ongeveer gelijk
- 2 rendement na passage van een rioolwaterzuiveringsinstallatie, voor metalen, olie en PAK ongeveer gelijk
- 3 rendement metalen
- 4 rendement olie en PAK

Figuur 8

Verwijderingsrendement van de case N11 per stof, quotiënt van vast afvalproductie en hoeveelheid verwijderde verontreiniging, kosten en quotiënt van kosten en afvalproduct per variant

Aspect	variant 1 N11		variant 2 N11
	A	B	
verwijdering in % *)	50 ¹ 90 ²		80-90
quotiënt vast afvalproductie en verwijderde verontreiniging	0.5		1.8
overall kosten in miljoen gulden	2.1	4.2	5.3

- *) Verwijderingsrendementen zijn ongeveer gelijk voor metalen, olie en PAK
- 1 rendement van zuiveringsinstallaties op de locatie
 - 2 rendement na passage van een rioolwaterzuiveringsinstallatie

Lezing 4: Effecten. De snelweg als systeem; zijn invloed op de omgeving in de ruimte en de tijd. Meer vragen dan conclusies

ir. I. Koch
Landinrichtingsdienst
afdeling Verkeerswegen
Postbus 9079, 6800 HA Utrecht
tel. 030-858514

Een snelweg zonder verkeer is als een rivierbedding zonder rivier. Het verkeer maakt de snelweg tot een dynamisch systeem dat krachtig, zoals een wilde rivier, de aard van zijn omgeving bepaalt. Waarom vergelijk ik de snelweg met een rivier?

Wel, deze vergelijking ligt voor de hand:

DYNAMIEK	RIVIERSYSTEEM	SNELWEGSYSTEEM
OORZAAK	RIVIER	VERKEER
KRACHT	STROOMSNELHEID m/s WATERMASSA m ³ /s	SNELHEID KM/U INTENSITEIT AU- TO'S /DAG
EFFECTEN	INUNDATIE EROSIE SEDIMENTATIE GELUID	EMISSIE CORROSIE DEPOSITIE GELUID

Beide systemen hebben een bron van dynamiek (rivier/verkeer). De grootte van het dynamiek-effect hangt af van de werkzame kracht, die gemeten in dyn (Grieks: dynamis) het product van massa x versnelling is.

Beide systemen beïnvloeden krachtig hun omgeving (inundatie/emissie). Er worden stoffen afgebroken (erosie/corrosie), getransporteerd en elders afgezet (sedimentatie/depositie). Deze acties gaan gepaard met een behoorlijke geluidsontwikkeling.

De duidelijkst herkenbare uitworpcomponent van de rivier is het vloedmerk, een gordelvormige afzetting van grof materiaal, die we in de vorm van zwerfvuil ook bij de snelweg tegenkomen.

Dit is niet alles, want evenals de rivier heeft ook de snelweg een overstromingsvlakte, die niet gering is.

Overstromingsvlakte van de snelweg

De snelweg beïnvloedt zijn omgeving niet alleen met stoffen, maar ook met energie (bijv. optische en akoestisch prikkels, extreme temperatuurschommelingen).

In de grafiek worden enkele gemeten parameters gepresenteerd. De lengte van de pijlen geeft het bereik aan waar gemiddeld de grootste hoeveelheid van stof of energie terecht komt. De pijlvorm geeft aan, dat de hoeveelheid afneemt met toenemende afstand van de weg. De

stippellijn laat aangetoonde maxima zien.

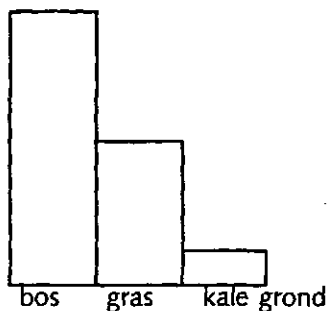
We zien, dat de hoeveelheid van de uitworp, dus ook de emissie-involed, het grootst is in de eerste 10 m langs de snelweg en dat die afneemt met toenemende afstand van de weg, waarbij effect tot op ca. 2 km afstand van de weg is aangetoond.

Evenals bij de rivier kan ook bij de snelweg de overstromingsvlakte ruimtelijk worden beperkt. We kennen reeds de toepassing van geluidsschermen langs de snelweg. Maar ook struweel en bos blijken de rol van bandijk te vervullen.

Opname van lood

Het loodgehalte van haagbeukbladeren langs een snelweg bij Siegburg (gearceerd: loodaandeel dat niet uitgespoeld wordt).

Men ziet hier, dat de hoofdwindrichting bij de verspreiding van emissie een rol speelt en dat de grootste hoeveelheid opgevangen wordt door de bomen die het dichtst bij de snelweg staan. Maar ook de bladeren van de bomen daarachter vertonen een hoger loodgehalte dan gewoon.



Geschat wordt, dat bos 2 maal zoveel lood opvangt als grasland en grasland 4x zoveel lood als kale grond.

(Zelfs een lage haagbeukenhaag zou al 1/3 van de totale looduitstoot opvangen.)

In hoever spelen wegprofielen een rol in verband met de reikwijdte van emissie? Het moet verschil uitmaken of een weg in een insnijding ligt of op een dijk.

Op de mogelijkheden van emissiebeperking kom ik aan het eind van mijn verhaal nog terug.

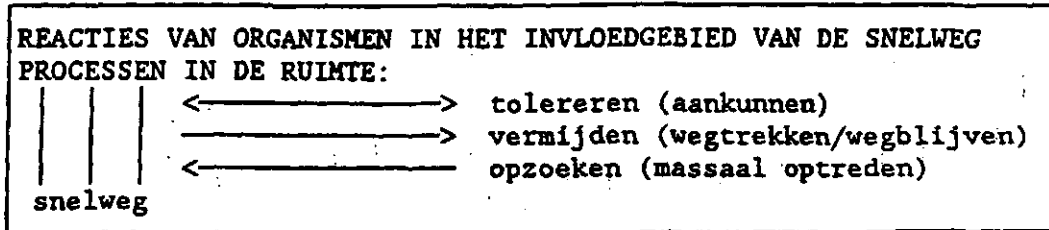
Effecten van de snelweg-uitworp in de ruimte

Nu komen we tot de effecten van de snelweg-uitworp, die we zowel in de ruimte alsook in de tijd willen bestuderen. Een goede ingang vormt hierbij de vraag:

Hoe reageren organismen op de snelweg?

Het antwoord, dat wij verkrijgen is: Evenals bij een natuurlijk systeem proberen ze zich naar beste vermogen aan te passen

Bekijkt men namelijk de ruimtelijke consequenties van dit verschijnsel, dan verkrijgt men het volgende beeld:



Ik zal aan de hand van enkele voorbeelden verduidelijken, hoe ik bij dit beeld kom.

Voorbeeld 1. Aantal loopkevers

afstand v/d weg	2m	30m
DRUKKE WEG >5000 voertuigen/dag	366	685 + rel. minder soorten
RUSTIGE WEG 200 voertuigen/dag	1.067	860 + rel. meer soorten

Er zijn geen aantalsveranderingen bij de kortschildkever

Loodgehalte (mg/kg droge stof) van bodemorganismen en bodem in relatie tot de snelweg

afstand v/d weg	2m	30m
LOOPKEVERS		
Carabus auratus	1,2-2,1	0,3
Pterostichus cupreus	5,8-6,7	0,8
KORTSCHILDKEVER		
Ocypus olens	1,1-1,4	1,1-1,4
BODEM		
oppervlak	50-52	8-11
-10 cm maaiveld	10-14	

Het voorbeeld betreft kevers, die niet kunnen vliegen en die zich overwegend voeden met kleinere bodemorganismen.

- We zien dat loopkevers de drukke weg vermijden, hetgeen hier in verband wordt gebracht met loodopname van de kevers zelf en loodge-

halte van de bodem. Het aantal kevers, zelfs keversoorten neemt toe met toenemende afstand van de weg.

- Kortschildkever gedraagt zich tolerant: geen verandering in aantal, maar ook geen verschil in loodopname.

Voorbeeld 2. Verandering van het aantal collembola en Acari (springstaarten en mijtsoorten), van het loodgehalte van de bodem en het stikstofgehalte van de vegetatie op een 5m breed transect naast een snelweg. Ook hier vermijdingsgedrag, hetgeen in verband wordt gebracht met loodgehalte van de bodem en stikstofgehalte van de vegetatie.

Voorbeeld 3. Graaactiviteit van regenwormen in ten dele met koper gemengde grond. In dit experiment zien we, dat regenwormen koper vermijden.

Voorbeeld 4. Nestdichtheid van Grutto, Kievit, Tureluur en Scholekster in relatie tot de afstand van de snelweg (eilandspoder)

Een voorbeeld van het gedrag van weidevogels, dat hier in verband wordt gebracht met geluidsintensiteit.

- Scholekster en in mindere mate ook Tureluur vertonen een tolerant gedrag, terwijl Kievit en Grutto duidelijk de snelweg vermijden. Een reden tot speculatie: Terwijl Kievit en Grutto oorspronkelijk in stille moeras- en veengebieden thuis waren, leefden Tureluuren Scholekster oorspronkelijk aan de kust. Kunnen zij beter tegen lawaai, omdat hun voorouders het geluid van de branding gewend waren?

Voorbeeld 5. Veldmuis, Bosmuis, en Bosspitsmuis

Veldmuis, een planteneter, bereikt op wegbermen een hogere populatiedichtheid dan in aangrenzende akkers of weilanden, terwijl Bosmuis (omnivoor) en Bosspitsmuis (vleeseter) eerder een tegenovergestelde reactie laten zien. Ook hier zit een verhaal aan vast zoals we straks zullen zien.

Voorbeeld 6. Bonte bermen

Waarom zijn onze bermen meestal niet bont, zoals Zonderwijk ze wilde hebben, maar wit geel of paars? De meeste plantengemeenschappen die wij op onze wegbermen aantreffen, zijn niet compleet ontwikkeld, hoewel we de bermen precies zoals natuureservaten beheren. Enkele plantensoorten vermijden kennelijk hardnekkig de snelweginvloed, terwijl andere massaal optreden en domineren. Dit patroon ontstaat typisch onder invloed van dynamiek. We kennen dit ook van natuurlijke dynamische systemen.

Voorbeeld 7. Zoute planten

- Een tiental zoutplanten, zoals engels gras, dringt vanuit de kuststrook via wegbermen tot in het binnenland voor, om pal langs de weg massaal tot ontwikkeling te komen. Deze zouttolerante planten kunnen zich hier natuurlijk breed maken, omdat de meeste van onze graslandplanten zout mijden.

Voorbeeld 8. Dichtheden bladluizen en vlinderrupsen

- Men heeft vastgesteld, dat bladluizen en vlinderrupsen, die wij als plaag beschouwen, in beplantingen pal langs de snelweg veel grotere dichtheden bereiken dan in beplantingen elders. Wel, iedereen kent de samenhang tussen verontreiniging en ongedierte. Dit zijn als het ware de kakkerlakken van de snelweg, die door emissiestoffen begunstigd worden.

We leren uit deze voorbeelden het volgende:

ruimtelijke aspecten:

- De meeste organismen reageren op emissiefactoren (zware metalen, zout, lawaai) negatief, enkele positief of onverschillig
- plagenontwikkeling wordt begunstigd
- Er ontstaat een ruimtelijk patroon dat er zonder snelweg niet zou zijn
- De snelweg ordent zijn omgeving zoals een rivier dit doet (zonatie)

Vraag: Wat betekent dit voor planten en dieren in kwestie?

Voor de oplossing van deze vraag moeten we naar de processen in de tijd kijken.

Effect van de snelweg-uitworp in de tijd

Eén ding weten we allemaal: de uitworp van de snelweg is, afgezien van calamiteiten, niet acuut dodelijk. Immers treffen we in zijn gehele invloedsbereik levende organismen aan. Maar we weten ook, dat emissie stoffen bevat, die om hun toxische werking bekend staan en die moeilijk of niet afbreekbaar zijn.

Vraag: Hoe reageren organismen op deze stoffen?

De reactie van organismen op toxische stoffen wordt pas in de loop de tijd duidelijk en er bestaan in principe maar twee mogelijkheden:

VERDRAGEN - STRESS - $\left[\begin{array}{l} \text{KWIJNEN} - \text{DOODGAAN} \\ \text{VERWEER} - \text{RESISTENTIE} \end{array} \right.$

Voorbeeld 9. Loodgehalte (mg/kg droge stof) van wervelloze organismen langs snelweg bij Catterick/Yorkshire

afstand v/d weg	3m	10m	20m	25m
loopkevers	11.5	11.0	7.75	4.7
duizendpoten	82	80	69	42
pissebedden	682	665	467	288

Normaal gesproken zouden deze hoeveelheden toxische stof voor deze kleine bodemorganismen dodelijk moeten zijn. Het kunnen verwerken of opslaan ervan wijst in de richting van resistentie. Inderdaad zijn er bijvoorbeeld al ca. 30 insectensoorten gevonden, die resistent zijn voor

zware metalen. Die, die geen resistentie voor toxische stoffen kunnen ontwikkelen, gaan vrij snel dood.

Voorbeeld 10. Loodgehalte in zoogdieren

- Kennelijk lokken insecten in geboomte en rond verlichting langs snelwegen zoogdieren aan, die op insecten jagen zoals vleermuizen. Het loodgehalte van de dieren laat het contact met de snelweg zien.

Loodgehalte (gemiddelde in mg/kg natte stof) van vleermuizen, (woel)muizen spitsmuizen

afstand tot de weg	Montpe- lier Barn 600m	Baltimore- Washington Parkway <18m
grote bruine vleermuis (m) (insecteneter)	46.55 (v) 31.97 (j) 16.97	
Kortstaart spitsmuis (insecteneter)	1.85	26.20
witvoetmuis (omnivoor)	1.16	4.91
grasplant-woelmuis (planteneter)	0.84	1.45

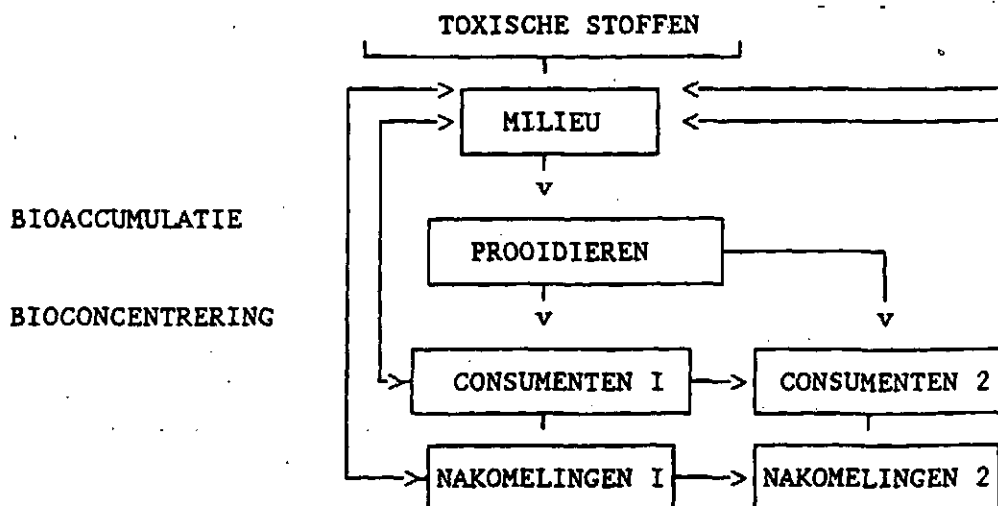
Stofopname: planteneter < alleseter < vleeseter

- Uit het verschil in loodopname bij de muizen en spitsmuizen blijkt, dat de vleeseters meer stoffen opslaan dan de planteneters.

De verklaring hiervoor is eenvoudig:

- Bij planten worden toxische stoffen vooral in de wortels aangetroffen
- Lagere dierlijke organismen accumuleren deze stoffen in hun lichaam tot concentraties hoger dan in de bodem

Op deze manier ontstaat er dan de volgende kringloop:

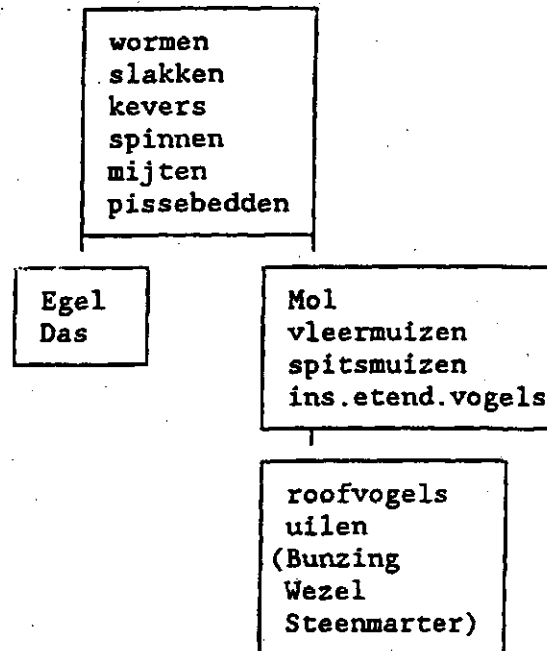


Directe overdracht op de nakomelingen is mogelijk: de stoffen worden ook in vogeleieren aangetroffen.

- Hoe specifiek de voedselkeuze én hoe éénzijdiger het jachtgebied, hoe groter de kans voor vleeseters, om via prooi toxische stoffen binnen te krijgen.

- En: hoe langer een soort leeft hoe meer kans die maakt op vergiftigingsverschijnselen

Laten we dit schema met enkele bermbewoners en -bezoekers invullen:
Voedselgebied snelwegberm:



Bij zoogdieren en vogels zijn geen resistentievervalselen bekend. Ze zullen dus vooral kwijnen en dit zijn dan enkele in verband met de opname van toxische stoffen beschreven kwijnverschijnselen:

- Aantasting van nier- en leverfuncties
- Aantasting van het zenuwstelsel (gedragstoornissen)
- Verminderde groei
- Verminderde vruchtbaarheid

Hoe groter echter het areaalgebruik van een diersoort, hoe moeilijker de snelweg als boosdoener kan worden aangewezen. Immers komen gifstoffen komen ook via andere systemen zoals bijv. landbouw en industrie in het milieu terecht.

Planten, in aanraking gebracht met toxische stoffen, gaan dood of verwerven resistentie zoals het zinkviooltje. Resistentie- verschijnselen zijn vooral bestudeerd in verband met de winning van zware metalen.

- Resistentie treedt op bij hoge concentraties van één metaal of van meerdere metalen, daarbij ook bij de combinatie van lood, cadmium en zink.
- Resistentie bij planten gaat zover, dat zij zonder de aanwezigheid van

hun gif gaan kwijnen.

- Er zijn al resistente planten langs snelwegen ontdekt.
- Emissie kan dus micro-evolutie teweeg brengen.

Maar het overgrote deel van onze hogere planten is niet bestand tegen werkelijk hoge concentraties van toxische stoffen en kan dus ook niet resistent worden.

Kwijnverschijnselen van planten die emissie worden toegeschreven zijn onder meer:

- voortijdige bladval, versneld verouderingsproces
- Vermindering van groei
- Afname van kiemingspercentage
- Bladbeschadiging
- Verstoring regelmechanisme waterhuishouding (huidmondjes), waterverlies en uitdrogingsgevaar
- Verminderde fotosynthese en ademhaling
- Verstoring van de mineralenbalans
- Aantasting dor insecten

Dit kwijnen is echter tot nu toe vooral beschreven voor aangeplante houtsoorten en cultuurgewassen en veel minder voor wild opgekomen planten.

Als verklaring hiervoor zijn een paar dingen mogelijk:

- ze kwijnen, omdat zij hun plek niet spontaan mogen kiezen.
- Het is natuurlijk ook mogelijk, dat het kwijnen van deze planten ons meer opvalt, omdat ze geld kosten of geld moeten opbrengen.
- De wilde planten, die langs onze snelwegen groeien kunnen tot nu toe de situatie aan, maar hoe lang?

Tijdsaspecten:

- Toxische stoffen hopen zich op in het milieu
- Lagere diersoorten accumuleren deze stoffen tot concentraties hoger dan in het milieu
- Regelmatig langs de snelweg fouragerende dieren, met name vleeseters lopen daardoor gevaar
- sommige organismen kwijnen en gaan dood (afname van soorten, vergelijking van populaties)
- Sommige organismen worden resistent

Kennen we nu de totale balans van de effecten, die emissie in ons land op planten en dieren heeft? Helaas niet. Veel aspecten zijn nog onvoldoende onderzocht. Wat is de huidige stand van zaken? Hoe maken het onze bembewoners?

Meer vragen dan conclusies

Vandaar, dat er behoefte is aan onderzoek en, zonder de resultaten af te willen wachten, aan preventieve maatregelen.

Vraag naar:

- ruimtelijke beperking van emissies
- emissieschermen

Onderzoek naar:

- De rol van wegprofielen
- toepassing van emissieschermen
- robuuste boom- en struiksoorten

Vraag naar:

- Aanvullende verontreinigingsparameters

Onderzoek naar:

- Stofopname/-opvang door bodem en struiken
- Bioaccumulatie door lagere diersoorten

Vraag naar:

- Ontwikkelingstendenzen van vegetatie en flora
- voor bermen geëigende doeltypen

onderzoek naar:

- Voorkomen, frequentie en patroonvorming in relatie tot verkeersdruk-
te en wegafstand
- resistentie-ontwikkeling
- progressie zoutplanten

Vraag naar:

- ontwikkelingstendensen van de fauna
- berminrichting voor welke soorten
- mitigatie en compensatie voor soorten met vermijdingsgedrag, emis-
siegevoelige soorten
- voorkoming van plagen

Onderzoek naar:

snelwegvermijders

- besmetting via predator-prooirelatie
- resistentie-ontwikkeling
- plagenontwikkeling

Tenslotte: Het lijkt er dus op, dat organismen niet alleen proberen, zich aan natuurlijke dynamische systemen aan te passen, maar ook aan kunstmatige systemen zoals de snelweg, met alle gevolgen vandien. *Immers, stelt u zich voor, dat een rivier altijd hoogwater had.- De vloed van de snelweg stroomt alsmaar door.*

Ik dank u voor uw aandacht.

Lezing 5: De situatie in het Verenigd Koninkrijk

prof. D.M. Revitt
Middlesex University
Centre for Urban Pollution Research
Bounds Green Road, London N11 2NQ
tel. 081-3625676

Inleiding



Ik zal een overzicht geven van de situatie in het Verenigd Koninkrijk met betrekking tot verontreiniging langs snelwegen. Ik zal het hebben over bronnen van verontreiniging, de beweging van de verontreiniging door het systeem, het effect op het milieu en de aspecten van maatregelen die gebruikt worden om de situatie in de hand te houden.

Mijn thuisbasis is Middlesex University vlak bij London. Een centrum van deze universiteit is het Urban Pollution Centre. Mijn collega's en ik zijn bezig met verschillende aspecten van vervuiling door snelwegen en zowel wateraspecten als luchtvervuiling. Ik zal tijdens de presentatie rapporten noemen van dit centrum.

Eerst enige achtergrondinformatie over de wegconstructies in het Verenigd Koninkrijk. Op deze sheet (figuur 1) ziet u de verschillende soorten wegen en hun lengte in de huidige situatie. De totale lengte van het wegennet in het Verenigd Koninkrijk is 316.000 km. De oppervlakte van dit net komt overeen met 2% van de totale oppervlakte land in het Verenigd Koninkrijk. Dit is dus een behoorlijk oppervlak waarop een groot scala aan verontreinigingen worden gedeponeerd. Een ander belangrijk aspect van het snelwegennet is dat de civiel ingenieurs als stelregel hebben dat het water zo snel mogelijk van de weg afgevoerd moet worden. Het drainagesysteem is dan ook zo, dat bij regenval de verontreinigingen die op het wegoppervlak verzameld zijn er zo snel mogelijk met het water vanaf worden gespoeld. In de meeste gevallen wordt dit water direct geloosd op het ontvangende water. Er heerst nu grote zorg over de effecten van deze verontreinigingen op het ontvangende water. Dit komt nu steeds duidelijker naar voren doordat andere bronnen van vervuiling van oppervlaktewater worden beheerst, en nu gaat de aandacht uit naar diffuse bronnen. De verontreinigingen waarin wij geïnteresseerd zijn, zijn hier weergegeven (figuur 2) en komen overeen met eerder vandaag genoemde verontreinigingen. De opgeloste deeltjes zelf kunnen verschillende groottes hebben. Waar we over het algemeen bezorgd over zijn, zijn de fijne deeltjes van kleiner dan 63 micrometer. Deze bevatten meestal het merendeel van de verontreinigingen geabsorbeerd aan het oppervlak. Koolwaterstoffen, PAK, en andere petroleumgerelateerde koolwaterstoffen, metalen, dezelfde range die eerder genoemd is, zouten en nutriënten; Bij zouten refereer ik speciaal naar wegzout wat in de winter gebruikt wordt bij gladheidsbestreiding.

Daarnaast spelen andere bronnen een rol zoals atmosferische emissie die van bronnen buiten de weg of van de weg zelf afkomstig kan zijn. De afgelopen jaren zijn we bezig geweest met uitlaatgassen en speciaal met lood. Dat is nu geen probleem meer. In het verenigd Koninkrijk is

ongeveer 52 procent van alle verkochte benzine loodvrij. Ik verwacht dat dit in Nederland zelfs hoger is. Dit zal voornamelijk het gevolg zijn van accijns heffingen. Lood is dus niet zozeer het probleem. Ik verwacht in de toekomst dat we meer gaan kijken naar platina en palladium, dat gebruikt wordt in katalysatoren, en dat vrijkomt als de katalysator ouder wordt. Het zal hierbij gaan om de hoeveelheid emissie van deze metalen en hun effect op de omgeving van de weg.

Waar waren we 10 jaar geleden?

In 1983 is er een mondiale commissie voor de milieuvervuiling in het Verenigd Koninkrijk opgericht. Zij keken naar scenario's en opties om de emissie van het wegverkeer te verminderen. Twee zaken zal ik hier aangeven:

Een van de voorstellen was om vanaf 1986 het loodgehalte in benzine te verlagen tot 0.15 g/l, met de mogelijkheid in 1990 loodvrije benzine te introduceren. Natuurlijk was dit het gevolg van de boodschap van de auto-industrie, die de regering vertelde dat zij de meeste auto's op loodvrije benzine konden laten rijden. In 1986 kwam ongelode benzine op de markt en het gebruik groeit sindsdien in populariteit.

Een ander voorstel laat zien dat pas tien jaar geleden, deze mondiale commissie voorstelt een filter op de uitlaat te monteren dat de lood uit de uitlaatgassen haalt. Dit lood zou op de afvalberg terecht komen en van daaruit weer in het milieu. Dit laat zien hoe snel zaken veranderen in een relatief korte periode.

Verspreidingsprocessen

Dit is een aanzienlijk complex diagram (figuur 3). Het laat alle processen zien waarmee vervuiling zich kan verspreiden als het vanaf de snelweg in het milieu terecht komt. In het Verenigd Koninkrijk houden wij ons met drie of eigenlijk vier stappen bezig: atmosferische depositie op het wegdek, de processen die op het wegdek plaatsvinden, en de stromingsprocessen in de riolering waarmee de vervuiling verplaatst wordt naar het oppervlaktewater. De verspreiding naar het grondwater wordt in de UK niet als een probleem gezien. Dit idee is gebaseerd op onderzoek naar chloride gehalten in grondwater in de omgeving van snelwegen, waar infiltratie in het grondwater mogelijk was. Chloride is hier gebruikt als tracer. De toename van concentraties was niet groot, waaruit men concludeerde dat het geen probleem is.

Er zijn dus veel processen die samen hangen. Enkele onderzoeken waar ik mee te maken heb gehad, keken naar het transport van stoffen in verschillende delen van het systeem. Een eerste probleem is hoe accumulatie op het wegdek plaatsvindt. In een Amerikaans onderzoek naar "dust and dirt" (stof en vuil) blijkt dat er vier manieren zijn waarop er accumulatie van stoffen kan optreden over een periode. De algemene mening is nu dat er een beperkend niveau is en dat er dus een exponentiële of carolus Menton vergelijking gelden. Deze worden dan ook in voorspellingsmodellen van accumulatie van verontreinigingen op het oppervlak gebruikt.

Wij zijn natuurlijk ook geïnteresseerd in hoe de verschillende stoffen

hiermee verband houden. En of het mogelijk is de potency-factor te berekenen die de relatie aangeeft tussen de verontreiniging en de concentratie van stof dat accumuleert op het wegooppervlak.

Een ander proces waarin we geïnteresseerd zijn is, hoe de stoffen door regenval worden verspreid vanaf de weg. Traditioneel wordt ervan uitgegaan dat er een exponentiële hoeveelheid water afstroomt, waarbij de snelheid van afstromen gerelateerd is aan de hoeveelheid materiaal dat achterblijft. Deze relatie wordt algemeen gebruikt in modellen die deze processen beschrijven.

Twee andere benaderingen komen de laatste tijd naar voren. Dat is de probabilistische benadering gebaseerd op grote databestanden die in de Verenigde Staten verzameld zijn, en die het mogelijk maken op basis van een lognormale verdeling de concentratie te berekenen en de uitkomsten te relateren aan een doel.

Een andere benadering die sinds kort gebruikt wordt in het Verenigd Koninkrijk, is een meer complexe, die om de verwijdering vanaf het wegooppervlak van verontreinigingen modelleert, en de interactie met de regenval en hoe een stof door de regenval in beweging komt. Het model Mosquito ontwikkeld door het Hydraulic Research Centre in de UK beschrijft deze processen.

Beweging van stoffen door regenwatersysteem

Ik heb werk genoemd waar ik bij betrokken was dat keek naar de beweging van stoffen door het regenwatersysteem. In de UK wordt het water zo snel mogelijk van de weg getransporteerd. Dus het water gaat van het wegdek naar een gullypot of opvangbak, en dan in het rioolsysteem dat uitmondt op het oppervlaktewater. Door te kijken naar de verspreiding van stoffen in deze verschillende systemen, kunnen we nu begrijpen dat een opvangbak, naast het verwijderen van deeltjes, ook het niveau van schadelijke stoffen verhoogt. Een voorbeeld is ammonia: omdat de condities in de bak anaëroob zijn, wordt ammonia gevormd wat tot een vergroting van de biologisch beschikbare vorm van andere verontreinigingen leidt.

In deze figuur is een massabalans weergegeven van een bepaalde verontreiniging door het gehele systeem van af de weg door het rioolsysteem. Het water uit de bezinkbasin komt naar het rioolsysteem. Hiermee wordt bekend hoe de verontreinigingen veranderen vanaf depositie op het wegooppervlak naar het oppervlakte water waar de voornaamste effecten plaatsvinden.

Dit is weer een ingewikkeld diagram dat de verandering van metalen door het systeem aangeeft. Het laat zien dat zink voornamelijk in opgeloste vorm aanwezig is door het hele systeem heen, en lood voornamelijk in onopgeloste vorm, geassocieerd aan deeltjes. De associatie is zo dat lood makkelijk vrijkomt bij verandering van omgevingscondities.

Wanneer gekeken wordt naar de contributie van de vier metalen aan het water dat in het oppervlaktewater terecht komt, is dit een indicatie voor wat de invloed van de metalen zal zijn op organismen die in het water aanwezig zijn. Lood is maar voor 5% in een opneembare vorm

aanwezig, cadmium voor 59%, zink voor 53% en koper zit hier tussenin.

De invloed op het ontvangend water

Ik ga door met de biologisch aspecten die eerder vandaag zijn genoemd. Hier zijn twee organismen weergegeven die wij gebruikt hebben bij onderzoek naar de invloed van runoff op het ontvangend water. Zij komen algemeen voor in ontvangend water, de eerste is de zoetwatergarnaal, en de andere de waterluis. Door hun gedrag te bestuderen, met name de reactie op hoge concentraties van metalen, kan er informatie verkregen worden over de invloed van zware metalen die in het oppervlakte water voorkomen. Waar de zoetwatergarnaal direct aan weg-runoff werd blootgesteld, steeg de concentratie in de garnaal sterk over een periode van 7 weken. Hierna werd een evenwicht bereikt. Vergelijkbare studie naar PAK in de waterluis gaf eenzelfde beeld. In één geval was de opname laag, doordat er een opvangbassin boven lag waar veel deeltjes bezonken. Dit toont aan dat een bezinkbassin een goede methode is om de invloed op het milieu van vervuild slib te verminderen.

Een ander effect dat verontreinigingen hebben, is op de vegetatie. Dit diagram (figuur 4) laat de invloed op de vegetatie zien in een watersysteem in een vijver. Er is gekeken naar rietsoorten. Deze nemen veel metalen op in de wortels. Hier kom ik later op terug. De concentraties zijn niet zo hoog als in het sediment, maar toch worden behoorlijke hoeveelheden opgenomen.

Maatregelen

De volgende systemen worden gebruikt of gaan gebruikt worden. Opvangbassins worden voornamelijk gebruikt om de stroomsnelheid te verminderen, maar blijken ook de verontreiniging te verminderen, vooral verontreinigingen die aan sediment of opgeloste deeltjes vastzitten. Een andere oplossing is het bouwen van sedimentatietanks, van beton, deze worden niet veel gebruikt in de UK, wel in Duitsland. Filtersystemen die ik propageer, zijn natuurlijke bassins (figuur 5) met een vertakt filter op de bodem of kleinere systemen in de vorm van franse drains dicht bij de snelweg (figuur 6). Het probleem hierbij is dat we bezorgd zijn over infiltratie naar het grondwater van verontreinigingen, en dat vastlopen van de filtersystemen snel zal plaatsvinden. Er wordt nu meer gedacht aan vegetatiesystemen. Natuurlijk voorkomende vegetatie of geconstrueerde systemen met verschillende soorten vegetatie kunnen worden gebruikt. Een voorbeeld is grasgreppels, die veel in de Verenigde Staten gebruikt worden. Eenvoudige graskanalen die runoff van het wegdek afvoeren naar een ander behandlingsproces naar het oppervlaktewater. Dit gras neemt een gedeelte van de verontreinigingen op door de groei van het gras in de kanalen. Een ander systeem is dat van wetland- bassins of vegetatiebehandelingssystemen, die dicht bij de snelweg worden aangelegd. Ik laat hier (figuur 7) een systeem zien dat goed gebruikt kan worden. Een van de grote proble-

men is dat het systeem de opgeloste verontreiniging niet wegneemt. Er zal sedimentatie optreden maar ook biofiltratie, door het uitgebreide wortelstelsel in de vijver. Er kan adsorptie en biologische opname plaatsvinden, zoals ik eerder heb genoemd in de wortelzone en in de bladeren.

Een ander aspect is dat er fysische en chemische veranderingen kunnen optreden zoals verandering in pH en redoxpotentiaal, die kunnen helpen bij de afscheiding van bepaalde verontreinigingen. Deze systemen kunnen werken met een oppervlakte- en onderstroming waarmee de fysisch-chemische interactie gereguleerd kan worden.

Een mogelijk systeem is: een inlaatstructuur met een olieafvang, waarna een sedimentatie filter om de grovere materialen op te vangen. De overspill van de sedimentatiebak gaat direct naar de grasfilterstrip die net zo werkt als het gras in de rioleringsgoten van de weg naar het bassin. Dit wordt gevolgd door een uitgebreid rietveldsysteem. We gebruiken riet omdat het goed metalen kan opnemen, en omdat het wortelsysteem een goede plaats is voor bacteriën die toxische organische verbindingen afbreken. In deze ideale versie is er ook een diepere poel, dat twee doelen heeft: één is verdere sedimentatie na doorstroming door het rietveldsysteem, en een andere is een goed ecologisch ontwerp. Dit systeem is naast functioneel ook ecologisch vriendelijk, en scoort goed voor wat betreft duurzaamheid.

Dit soort systeem wordt veel gebruikt in de UK voor afvalwaterzuivering en in Duitsland ook voor zure mijn drainage. Nu begint men te kijken of het bruikbaar is voor runoff van wegen. In mijn eigen groep is met bezig met een experiment dat een vergelijkbaar systeem gebruikt voor runoff van vliegveld Heathrow, vooral voor verwijderen van ontijssings vloeistoffen, glycols. Het lijkt erop dat het systeem hier goed voor werkt.

Hiermee heb ik geprobeerd een beeld te geven van de belangrijkste aspecten waar wij in het Verenigd Koninkrijk mee bezig zijn.

Figuur 1:
Oppervlakte van snelwegen in
het Verenigd Koninkrijk

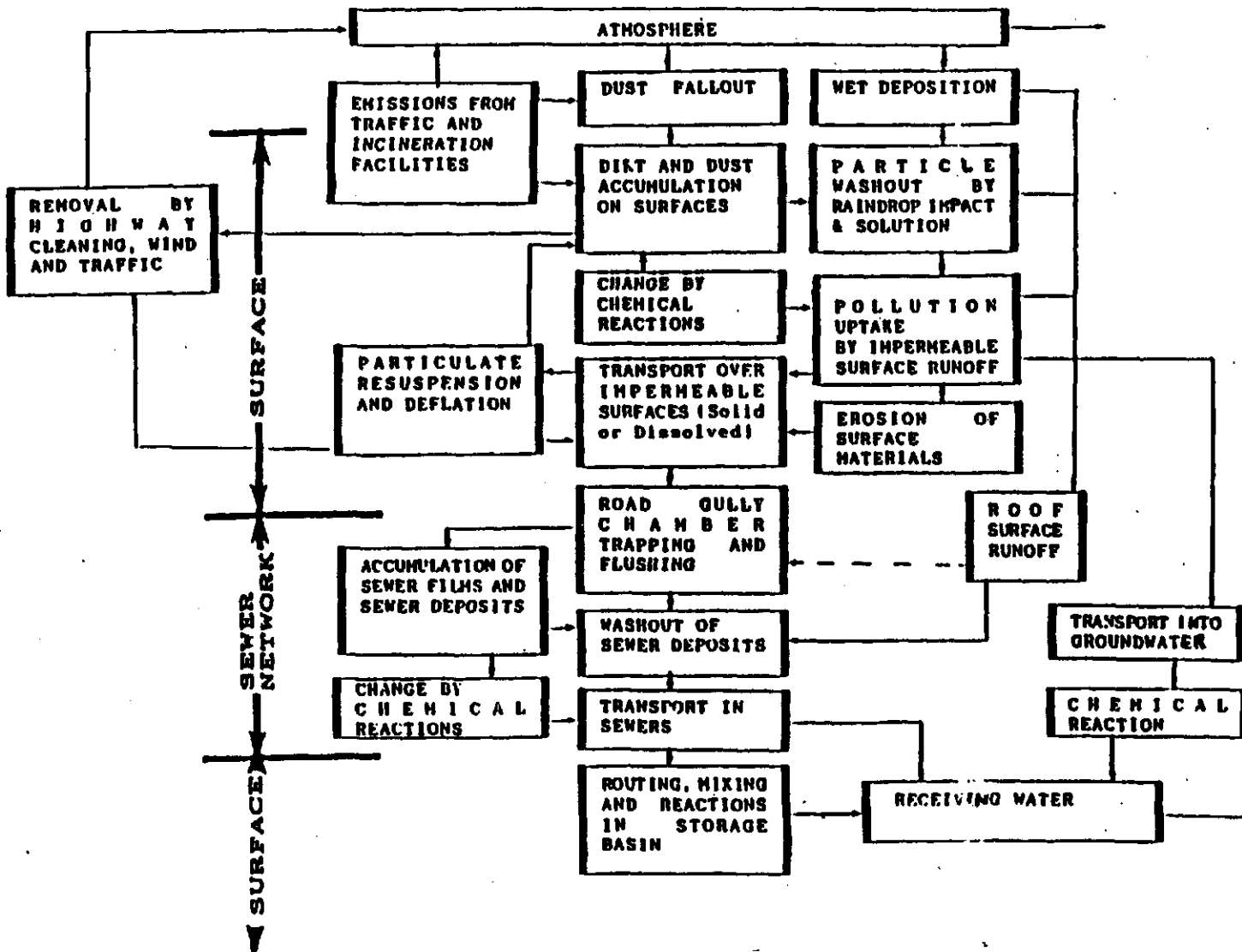
Highway Classification	Length of Road (km)	Calculated Surface area (km ²)
Motorway	2.995	85.06
Trunk Road	15.344	227.09
Classified Principal Roads e.g. urban clearways etc.	35.034	518.50
Classified Non-Principal Roads e.g. "B" roads	110.230	815.70
Unclassified Urban e.g. residential	195.544	
<u>London Regions</u>		
Greater London Area		2180.72
City of London		303.50

Figuur 2.
Verontreinigingen gerelateerd aan verkeer

Vehicles/Day (ADT)	kg/kerb.km.day		g/kerb.km.day					Oil
	Total solids	COD	NO ₃	Pb	Zn	Cu	Cd	
< 500	79	120	660	96	20	7.0	0.22	
500-5000	39	32	16	41	16	4.2	0.11	
5000-15000	41 (479)	67 (207)	34	82 (0.36)	15 (0.7)	4.4 (0.13)	0.16 (0.0-07)	(4.9)
> 15000	23 (848-873)	6.2 (557-672)	12	51 (1.2-1.3)	8.9 (0.5-0.6)	2.3 (0.5-0.6)	0.70 (0.03)	(27-43)

Figures in brackets refer to UK/European studies (kg/ha/yr)

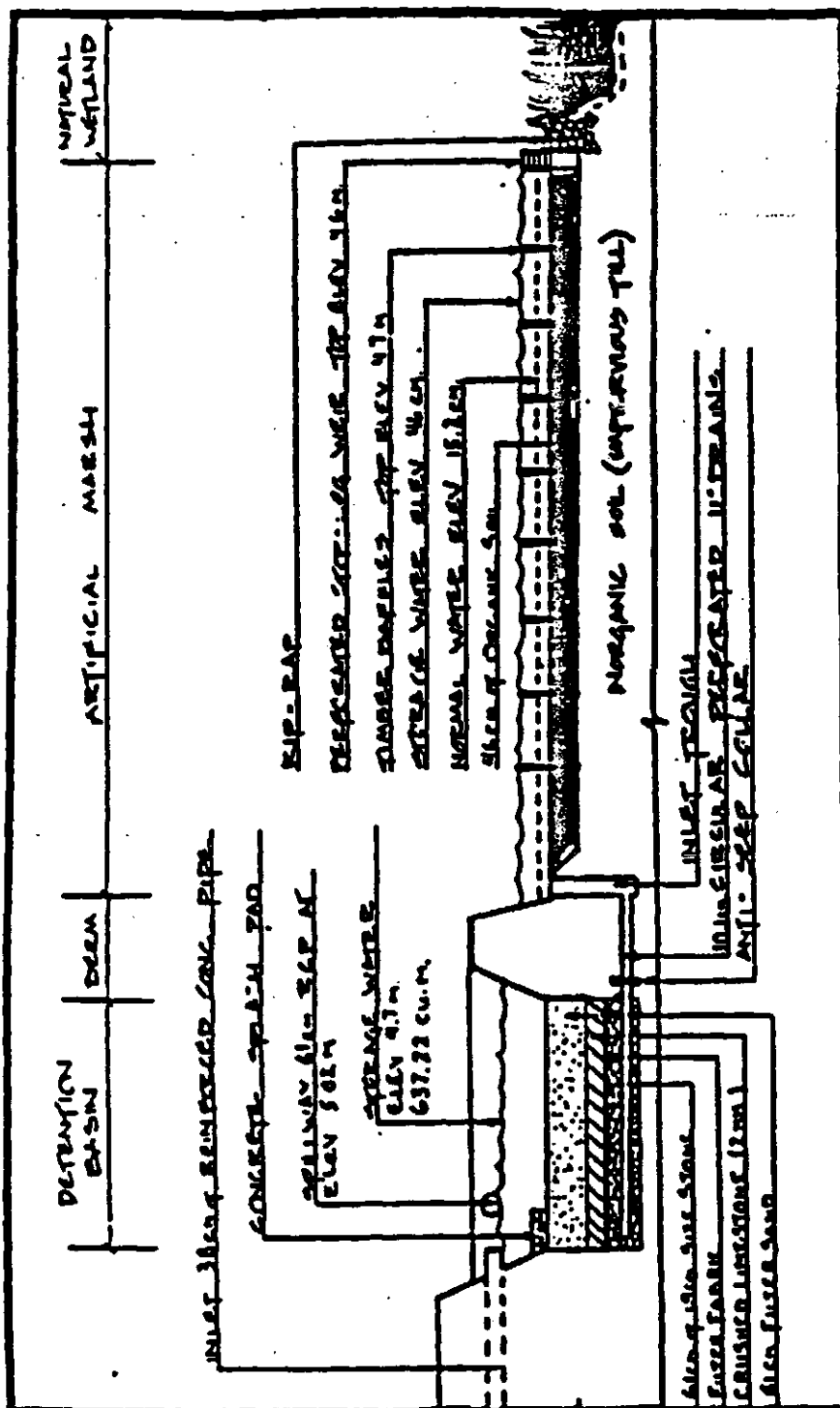
Figuur 3.
Bronnen van vervuiling en de
verspreiding van runoff



Figuur 4.
 Metaalopname in sediment en
 planten in een siervijver waarin
 runoff van een snelweg stroomt

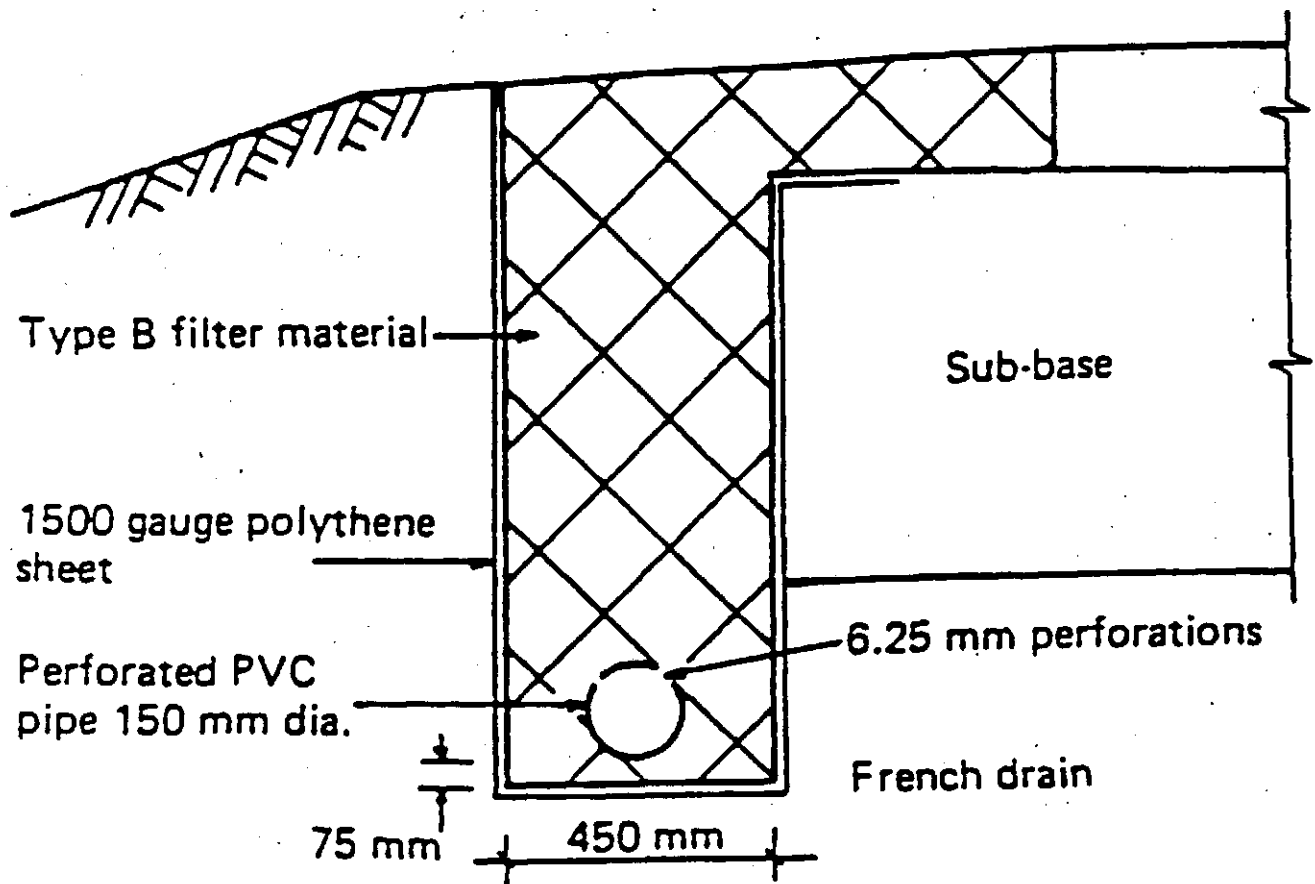


Figuur 5.
 Dwarsdoorsnede van een behan-
 delingsysteem met bezinkbas-
 sin/kunstmatig wetland

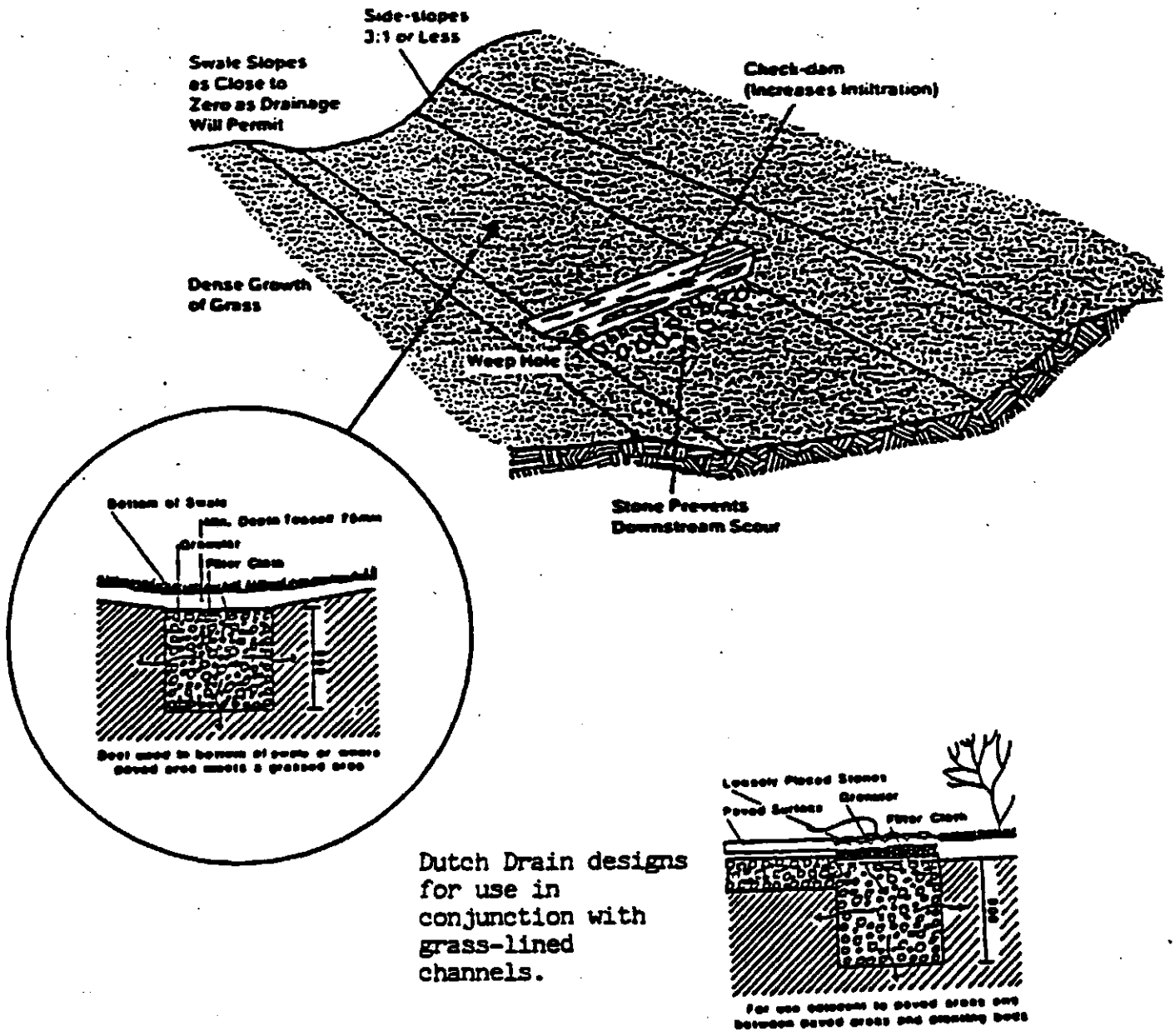


Scale: Horizontal: 1 cm = 6.1 m. Vertical: .25 cm = 26.3 m.

Figuur 6.
Schematisch diagram van een
franse drain, M1 Luton, Verenigd
Koninkrijk



Figuur 7.
 Schema van een greppel be-
 groeid met gras



De situatie in Duitsland

Dr-ing. G. Stoz
Universität von Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau,
Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Abteilung Abwassertechnik
Bandtäle 2
D-70569 Stuttgart (Büsnau)

Introductie

In Duitsland werd al in de jaren '70 onderzoek gedaan naar vervuiling door snelwegen. Het onderzoek concentreerde zich op droge verwaaiing en runoff. De resultaten zijn gebruikt in administratieve regels van de Bondslanden en in richtlijnen voor de Forschungsgesellschaft für das Strassen- und Verkehrswesen FGSV in Keulen. Speciale aandacht ging uit naar de vervuilingsgraad van runoff, om te zien of dit zou leiden tot ten bate van drainage van de weg. Sindsdien zijn er verschillende metingen uitgevoerd om te zien hoe verontreinigd de directe omgeving van de weg is, en of het zin heeft sedimentatiebassins aan te leggen voorafgaand aan infiltratiebassins. Daarnaast bleef er veel aandacht voor geluid- en runoffreductie. De huidige situatie wordt beheerst door de vraag of het mogelijk is om runoff te laten infiltreren zonder het grondwater te verontreinigen.

Kwaliteit van afspoelend regenwater van snelwegen

De hoeveelheid maatregelen die nodig zijn voordat afspoelend wegwater in het oppervlaktewater kan worden geloosd, hangt voornamelijk af van de eigenschappen van het afspoelend water zelf. Het is bekend dat de eigenschappen van afstromend water met de hoeveelheden verontreinigingen beïnvloed worden door veel factoren.

Wegverkeer wordt beschouwd als een belangrijke bron van vervuiling op het wegdek. Afhankelijk van de verkeersintensiteit, rijgedrag en onderhoud van auto's en wegen, worden de volgende stoffen geëmitteerd in minder grote of grotere hoeveelheden: bandenslijpsel, uitlaatgassen, lekkage van olie, brandstof en andere vloeistoffen, slijtage stof van remmen en roestdeeltjes (fig 1.). De belangrijkste stoffen die door het wegverkeer worden geëmitteerd zijn cadmium, chroom, nikkel, lood en koper, evenals fenolen en PAK, welke gevaarlijk zijn door hun mogelijke toxiciteit, persistentie en potentiële accumulatie of op carcinogene of mutagene effecten.

Verkeersintensiteit is een factor die de vervuiling van het afstromend wegwater beïnvloed. In figuur 2 zijn de verontreinigingen in kg/ha afgesloten gebied gegeven voor opgeloste deeltjes, chemisch zuurstofgebruik (COD), lood en brandstof. Deze beschrijven een lineaire functie met de verkeersintensiteit. In alle gevallen nam de vuillast toe met de verkeersintensiteit.

De hoeveelheid vervuiling, die van het wegoppervlak afspoelt, hangt veel meer af van het soort gebied, de wind en het drainage systeem.

Vooral de invloed van het drainagesysteem blijkt uit de volgende resultaten: het grootste deel van de verontreinigingen van de drie snelwegsecties die zijn onderzocht, waren maar half zo groot of zelfs kleiner bij het A8/B10 meetpunt dan bij de A6 of A81 snelwegsecties. De verschillen komen voornamelijk voort uit de verschillen in runoff ratio's. 52% van het gedraineerde gebied bij het A8/B10 meetpunt gebeurde via onverharde greppels in de berm van de weg, waardoor de runoff/neerslag gemiddeld maar 35% was ten opzichte van waarden van 72% en 92% voor de A6 en A81 secties. De verontreiniging van de runoff kwam in de grond door infiltrerend water of bleef tijdelijk of permanent in de greppel naast de berm van de weg. Figuur 3 laat zien dat met toenemende runoff/neerslag verhouding de specifieke jaarlijkse vervuilinglast toenam. Dit betekent dat de directe opvang van runoff leidt tot relatief hoge vervuilinglast met microverontreinigingen wat de behandeling van runoff nodig maakt voor lozing op het oppervlaktewater in grondwaterbeschermingsgebieden of ecologisch gevoelige gebieden. Aan de andere kant is de afvoer over grote gebieden met vegetatie belangrijk, omdat in deze gevallen de runoff/neerslag verhouding evenals de verontreiniging van de runoff verminderd is. De lozing van onbehandeld afstromend wegwater is alleen mogelijk als er geen wettelijke beperkingen zijn.

Maatregelen voor reductie microverontreiniging

Vanouds zijn de eerste opvangbassins bedoeld om de potentiële watervervuiling tegen te gaan door incidentele lozing van chemicaliën, minerale olie en olieproducten op te vangen. De reden was dat deze stoffen zelfs in lage concentraties, het water onaangenaam maken door hun intense geur en smaak.

De verwijderingsrendementen van drie opvangbassins, verschillend van ontwerp en functie, werden geanalyseerd van 1978 tot 1981. Het doel van de onderzoeken was vooral het bestuderen van de verwijdering van zware metalen en organische verbindingen uit de runoff. Hiermee konden de criteria voor de dimensionering van behandeling constructies bepaald worden.

Omdat de drie onderzochte wegvakken door waterbeschermingsgebieden lopen, moesten de bassins ook vloeistoffen kunnen opvangen met lage dichtheden zoals brandstoffen die bij calamiteiten vrijkomen (fig. 4).

Het eerste bassin is een rechthoekig regenwateropvangbassin van beton (fig 4a). De wanden van het bassin hebben een helling van 1:2. De capaciteit van het bassin loopt tot 1090 m³. Het opgevangen regenwater wordt door een regelbare buisleiding geleid in een on-line staande brandstof-afscheider. Het filter is ontworpen voor een belasting van 9m/u. In dit bassin is de uitstroming gecontroleerd door een uitstroombegelaar. Met dit type van uitlaat wordt de afvoer van het bassin tegelijkertijd geknepen, en wordt eventuele aanwezige schuimlaag van bijvoorbeeld olie geleid naar het brandstof-afscheider. Wanneer de invoersnelheid groter werd dan 65l/s, vulde het bassin zich en de uitvoerbegelaar steeg met het waterniveau in het bassin (fase 1). In fase 2 van de onderzoeken trad de begelaar buiten werking als de stand

0.50 m hoger was dan in fase 1. Het bassin was daarbij altijd gevuld, zelfs bij droog weer.

Het tweede bassin is een combinatie van een brandstof- en olie-afscheider. Om de dimensies van de brandstof- en olieafscheider zo klein mogelijk te houden, werd deze voorafgegaan door een opvangbassin met een capaciteit van 500 m³ (fig 4b). De invoer naar de afscheider wordt verkleind door een regelbare buisleiding tot een debiet van 18m³/u in de afscheider. De olieopvangcapaciteit was 30 m³. Deze hoeveelheid lijkt nodig te zijn bij een tankauto ongeval.

Het derde bassin (fig 4c) is geslotenbrandsafafscheider met een grote capaciteit zonder een regenwateropvangbassin. De afscheider bestaat uit een rechthoekig bassin met verticale wanden, die constant gevuld is met 194 m³ water. Schuimplaten zijn geplaatst bij de in- en uitlaat om olie en brandstof tegen te houden. De afscheider heeft een oppervlakte van 107 m² en is gemaakt voor een oppervlaktebelasting van 9 m³/h. Bij een tankwagenongeval kan de afscheider tot 30m³ afscheidbare vloeistof opvangen.

Het verwijderingsrendement op basis van percentages van de verschillende bassins is gegeven in fig. 5a. Vergelijking van de verwijderingspercentages laat zien dat nr.3 efficiënter is, en meer dan 50% bereikte voor verwijdering van alle vervuiling door verkeer (met uitzondering van PAK en fenol). 85% van de opgeloste stoffen, 63% van de COD-stoffen en 80% van de brandstof en minerale olie hoeveelheden werden verwijderd. In dit bassin, gebruikt met de waterlaag die permanent groter is dan 1.79 meter, werden 74% van het ijzer, 50% van het zink, 79% van het lood en resp 73%, 66% en van koper, chroom en cadmium opgevangen.

De andere twee bassins zijn vergelijkbare systemen. In beide gevallen is het opvangbassin continu verbonden met een brandstof en olie afscheider. Aangezien de oppervlaktebelasting (waarde voor 95%) van het tweede bassin twee keer zo hoog was als voor het derde, mocht verwacht worden dat het verwijderingsrendement veel lager is voor dit bassin, maar dit is evenwel niet het geval. Het verschil in het verwijderingsrendement voor zware metalen kan het gevolg zijn van de variëteit van chemische, fysisch-chemische en bio-chemische mechanismen waaraan zware metalen blootstaan in de verschillende bassins en van de pH-afhankelijke oplossingen.

Aangezien zware metalen en PAK vooral worden geabsorbeerd aan vaste deeltjes, en de sorptiecapaciteit een functie is van de deeltjesgrootte, kan een effectieve verwijdering van zware metalen in afstromend wegwater alleen worden bereikt, wanneer de verwijdering van de deeltjes ook effectief is. Constant gevulde bassins zijn effectiever in het verwijderen van vaste deeltjes dan bassins die droog gehouden worden.

Voor de verwijdering van vaste deeltjes is het belangrijk om te weten hoe groot de fractie van organisch materiaal is en wat hiervan de sedimentatie eigenschappen zijn. De minerale fractie van de vaste

deeltjes in bassin nr. 1 liep op tot 88%, in bassins nr 2 en 3 waren de waarden resp. 80% en 79% .

De gemiddelde deeltjesgrootte d_{50} was bepaald op $30 \mu\text{m}$ (bassin nr 2 en nr 3) en $17 \mu\text{m}$ (bassin nr 1). De runoff van afwateringsreservoir nr1 bevat een hoger gehalte aan fijne deeltjes doordat de runoff werd gedraineerd over bermen, hellingen en greppels bedekt met gras. Deze deeltjes sedimenteren moeilijker ($v_s=0.8 \text{ m/h}$) dan de deeltjes in runoff van sectie nr 2 en 3 ($v_s = 2.4 \text{ m/h}$) (fig.6).

Onder de gegeven operationele omstandigheden, zoals de oppervlaktebelasting q_A en de waterdiepte, zullen de parameters van het effluent zeker voldoen aan de kwaliteitseisen voor afvoer in ontvangend oppervlaktewater. Na behandeling van de runoff via sedimentatie/afscheiding zullen de gehalten van toxische microverontreinigingen zoals zware metalen in concentraties aanwezig zijn, die de grenswaarden voor de kwaliteit van oppervlakte water dat als drinkwaterbron fungeert, niet overschrijden.

Deze resultaten leiden in Duitsland tot het ontwikkelen van drainage richtlijnen van de bondslanden zelf (VwV-strassenoberflächenwasser in Baden-Württemberg, richtlijnen voor de bescherming van de Bodensee en door het Duitse wegen verkeersonderzoek verband (FGSV, Keulen). Terwijl in het verleden runoff-systemen werden geselecteerd op basis van functionele en economische gronden, heeft de introductie van RAS-Ew in 1987 bij het Duitse verkeersministerie ervoor gezorgd dat deze systemen nu grotendeels worden gekozen vanuit hun effect op de waterstromen, het grondwater en het milieu. Sinds 1982, is de zogenoemde RiStWag in gebruik, die principes van planning en ontwerp en speciale drainage oplossingen voor wegen en snelwegen in waterwingebieden bevat, terwijl de RAS-Ew meer algemene adviezen geeft over het ontwerp van drainagesystemen.

Drainageprocedures voor afstromend wegwater van snelwegen.

De FGSV bereidde de RAS-Ew en de RiStWag voor, en gaven met de richtlijnen richting aan de constructie en dimensionering van runoff behandelingsinstallaties. Deze richtlijnen schrijven maatregelen tot drainage van wegen voor, rekening houdend met de belangrijkheid van de beschermde waterbronnen. We zullen nu de richtlijnen beter bekijken.

In Duitsland wordt afstromend wegwater van buitenstedelijke wegen niet opgevangen maar stroomt naar beide zijden van de weg (standaard scenario). In speciale gevallen, zoals milieugevoelige gebieden, wordt de runoff opgevangen in een rioleringsstelsel dat het water loost op oppervlaktewater of grondwater.

Standaard Scenario (normale eisen en voorschriften)

Zoals altijd is de meest effectieve manier van drainage van wegen de diffuse verspreiding over een groot oppervlak van de berm, omdat deze het milieu het minst belast. In deze methode worden de microverontrei-

nigingen opgevangen in de toplaag van de bodem, omdat de meeste microverontreinigingen aan deeltjes zijn gebonden, en deze uit het water worden gefilterd door de bodem als het water infiltreert. Men denkt dat er aerobische afbraak van deze verontreinigingen plaatsvindt in de toplaag van de bodem. Bij metingen is gebleken dat er accumulatie van microverontreinigingen plaatsvindt in de berm op een diepte van 50 tot 100 cm-mv.

De oplosbaarheid in water van verontreinigingen is belangrijk omdat dat deze bepaald hoe snel de infiltratie in het grondwater plaatsvindt. Een goed voorbeeld hiervan is PAK waarvan Fluorantheen de minst oplosbare is. De afstand tot het grondwater moet dus zo groot zijn dat er zelfreiniging optreedt van het percolerend water. Verdunde, reduceerbare substanties kunnen dan met grote zekerheid door biologische en chemische afbraak onschadelijk gemaakt worden alvorens het water het grondwaterpeil bereikt. Chlorides worden niet afgebroken en worden maar voor een beperkte tijd opgeslagen in de bodem.

Verder is de pH van belang. Zoals bekend, leidt zure regen tot mobilisatie van zware metalen. Contact met het wegooppervlak en de bodem werkt bufferend, zodat het gevaar van oplossen zeer klein wordt. De bodem speelt dus een belangrijke rol bij de diffuse verspreiding van runoff.

Accumulatie van microverontreinigingen in de bermbodem, is recent uitgebreid onderzocht in Baden-Württemberg (Unger u. Prinz, 1992). De voornaamste resultaten waren:

- * De onderzochte stoffen, koolwaterstoffen, PAK, zware metalen, en furan, zijn waargenomen in de "Schwemmgut" van wegen en in de bodem en planten van de berm. De hoeveelheid hing sterk af van de verkeersintensiteit.
- * Koolwaterstoffen en zware metalen zijn gevonden in de bermbodem op grotere diepte. Belangrijke invloedsfactoren zijn wegligging windrichting, ouderdom van de weg en grondsoort in de berm.
- * Met uitgebreide statistische analyse van de resultaten is aangetoond dat lood een goede indicator is voor de aanwezigheid van dazen en furan in de bodem.

Ecologische gevoelige gebieden (uitgebreidere eisen)

Omdat ecologisch gevoelige gebieden hogere eisen stellen aan bescherming voor verontreiniging, zullen er maatregelen genomen moeten worden bij de planning en constructie van wegen en snelwegen door deze gebieden. Grondwaterwingebieden en afwateringsreservoir van zeeën en rivieren die voor drinkwater worden gebruikt, moeten speciale aandacht krijgen. In deze gebieden wordt directe diffuse infiltratie afgeraden, en volgens de recentelijk geldende RiStWag is infiltratie verboden in zone II in de waterwingebieden. Hier moet het water verzameld en weggevoerd worden van het gevoelige gebied. Zoals eerder gezegd, leidt dit verzamelen tot een toename van de concentraties van microverontreinigingen in afstromend wegwater.

De opties voor verdere verwerking van afstromend wegwater worden hevig bediscussieerd. Afhankelijk van de locatiespecifieke eisen, kan het afstromend wegwater geloosd worden in oppervlaktewater of geïnfiltreerd naar grondwater. LAWA geeft aanbevelingen om plannen hiervoor te maken volgens figuur 6. Hierbij wordt voorrang gegeven aan infiltratie boven lozing op oppervlaktewater. Volgens RiStWag is het een algemeen belang de rivieren en meren te beschermen tegen schadelijke invloeden. Men ziet daarbij microverontreinigingen van wegverkeer als een grote bedreiging voor het grondwater.

Infiltratie van drainagewater in het grondwater heeft ongekende effecten, waarvan de oorzaken en gevolgen niet, of niet snel genoeg, ongedaan kunnen worden gemaakt. Dit zal tevens gepaard gaan met hoge kosten.

Lozing op oppervlaktewater (rivieren) daarentegen heeft minder blijvend nadelige effecten, en de bron van verontreiniging is makkelijk te achterhalen.

Wanneer drainagewater wordt geloosd in oppervlaktewater moet altijd gekeken worden of er geen zuiveringsmaatregelen nodig zijn. In Baden-Württemberg zijn er administratieve regels die stellen dat afstromend wegwater behandeld moet worden in opvangbassins, met afscheiders of bezinkbassins indien er sprake is van:

- * Het ontvangend water is gelegen binnen een beschermingszone van een waterwingebied
- * De gemiddelde waterafvoer na het lozingspunt bereikt een waterwingebied binnen twee uren
- * Het lozingspunt komt direct of indirect uit op de Bodensee
- * Het lozingspunt mondt uit op water met speciale bescherming (zoals meren, rivieren en grondwater)
- * Het afstromend wegwater komt van zwaar vervuilde wegdekken (door vrachtwagens frequent gebruikte parkeerplaatsen)

In Duitsland wordt nu veel gepraat over infiltratie van regenwater. Het toenemend aantal overstromingen toont het probleem aan bij het afsluiten van de grondoppervlakten door bijvoorbeeld wegen. Bij nieuwbouw wordt een regenwaterbelasting ingevoerd bij een te groot oppervlak van ondoorlatende opritten en parkeerplaatsen. Ook zullen bestaande oppervlakten meer doorlatend worden gemaakt. Met deze maatregelen wordt snel een einde gemaakt aan grote hoeveelheden afstromendwater.

Dit doel wordt ook nagestreefd bij afstromend wegwater. Er is steeds meer vraag naar centrale infiltratie bekkens ter vervanging van lozing op oppervlaktewater.

De duidelijke voordelen van infiltratie zijn dat het grondwater wordt aangevuld en dat oppervlakte water niet wordt belast met verontreinigingen en afvoerpieken. Infiltratie van runoff, wat soms de enige goede oplossing is, kan in alle gevallen overwogen worden indien een aantal stappen zijn genomen. Wij hebben een stappenplan voorgesteld als onderdeel van een rapport voor de Federale minister van verkeer. Afstromend wegwater zou bijvoorbeeld onvoorwaardelijk behandeld moeten worden voor infiltratie, om de kans op verontreinigingen in het

grondwater tot een minimum te beperken en om de infiltratiecapaciteit te behouden. Uitgaande van ervaringen met infiltratie in Zweden, zou de planning van infiltratie van runoff volgens het diagram van figuur 7 moeten verlopen. Infiltratie in centrale infiltratiebekkens is gewenst, maar niet tot elke prijs, want de toename van grondwatervervuiling moet serieus genomen worden: "Grondwater is nu in gevaar" (Niemczynowicz, 1988).

Infiltratie in kolommen en doorstromen van runoff is niet gewenst omdat zij een directe toevoer naar het grondwater bewerkstelligen, en geen mogelijkheid geven voor een eerste afbraak.

Kosten van behandelingsprocessen

De reductie van microverontreinigingen in runoff kan op verschillende manieren: grondconstructies, betonconstructies, open of overdekte bassins, bassins in combinatie met andere maatregelen.

De kosten van deze constructies zijn sterk verschillend. Voor natuurlijke bassins of eenvoudige constructies zoals kleiafdichting zijn de kosten ongeveer DM 200,- per vierkante meter. Wanneer compacte betonnen constructies nodig zijn doordat de ruimte beperkt is, kunnen de kosten oplopen tot DM 2.000,- tot 3.000,- per vierkante meter.

Er zijn geen operationele kosten behalve het af en toe schoonmaken van de bassins.

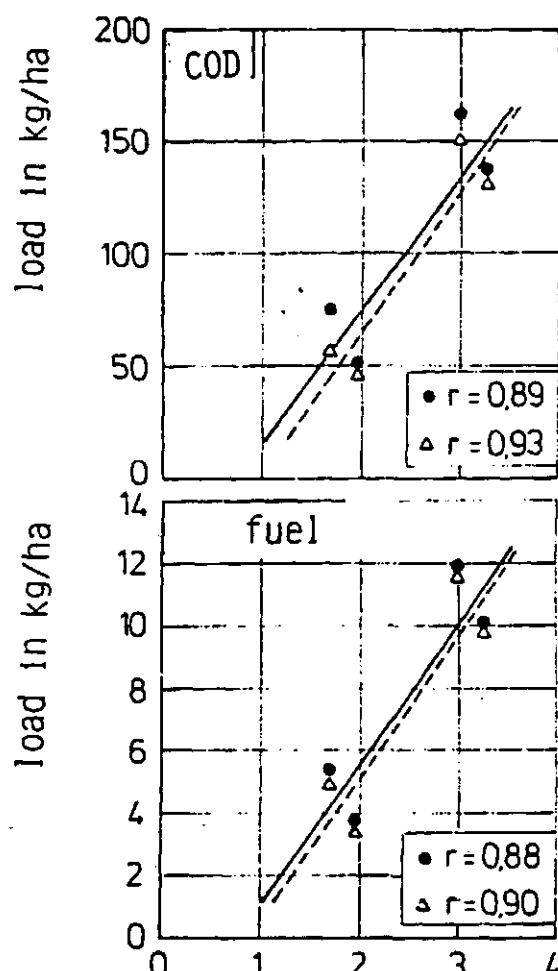
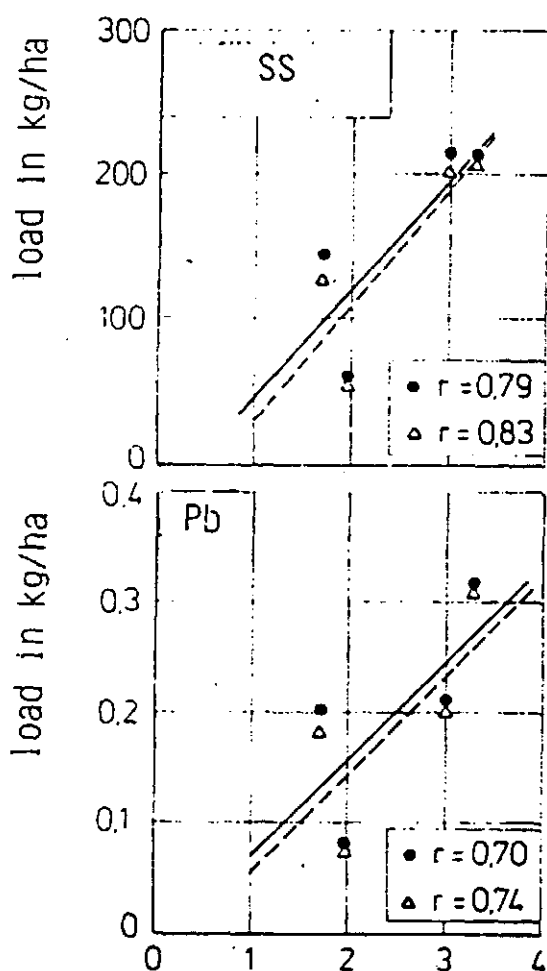
Vervolg stappen

Het gebruik van ZOAB in Duitsland is technisch interessant, hoewel minder voor het minimaliseren van microverontreinigingen in runoff als wel voor het minimaliseren van aquaplaning en de adsorptie van runoff. Onderzoeken aan drie wegvakken met ZOAB laten zien dat de open poriënstructuur van ZOAB microverontreinigingen vasthoudt, de runoff hoeveelheid minimaliseert en de concentraties van verontreiniging van runoff sterk verlaagt. Ondanks dat ZOAB dichtslaat, wat met hogedruk reiniging verholpen kan worden, wordt ZOAB aanbevolen in speciale gevallen.

Figuur 1.
Herkomst van de verontreinigingen van runoff

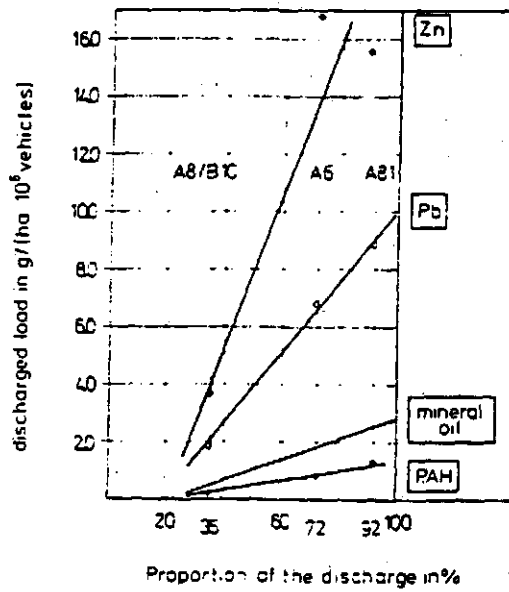
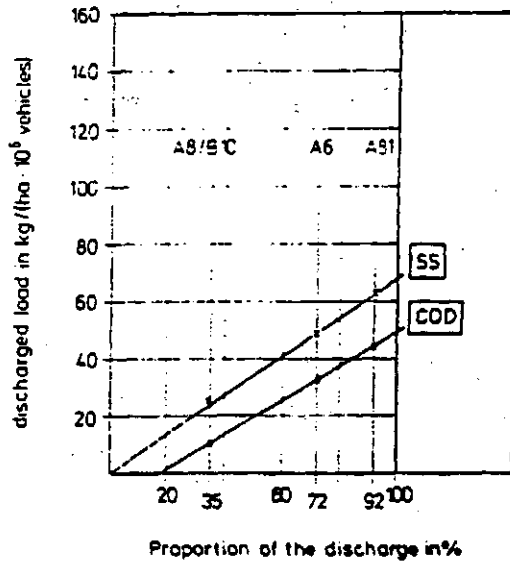
source	Pollutants
Exhaustgases	Pb, Ni, CO, CO ₂ , No, NO ₂ , SO ₂ , Soot particle matter, colative org. comp.: Hydro Carbons, PAH, Phenol
Breaks	Cr, Cu, Ni, dust
Corrosion, abrasion	Al, Cu, Fe, Co, Mn
Tyres (abrasion)	Cd, Zn, S, org. matter, rubber, soot
Lubricants, fuels	Pb, Ni, Zn, Hydro carbons, PAH, oils, Phenols
Street (abrasion)	particular matter, Si, Ca, Mg, organic compounds
Winter maintenance	sand, Na, Cl ⁻ , SO ₄ ⁻² , Mg

Figuur 2.
Specifieke vuillast (kg/ha) in relatie tot verkeersintensiteit

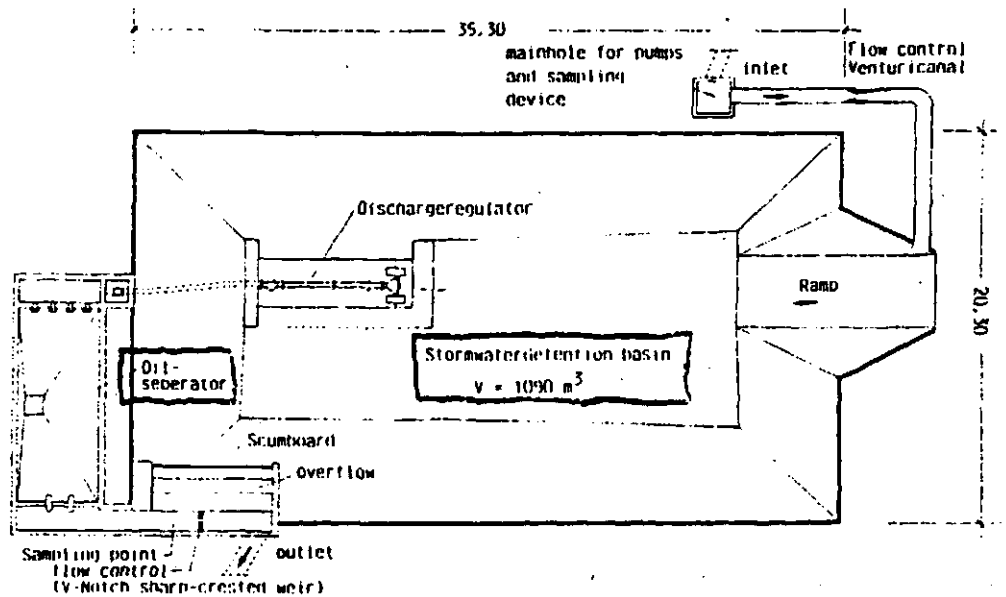
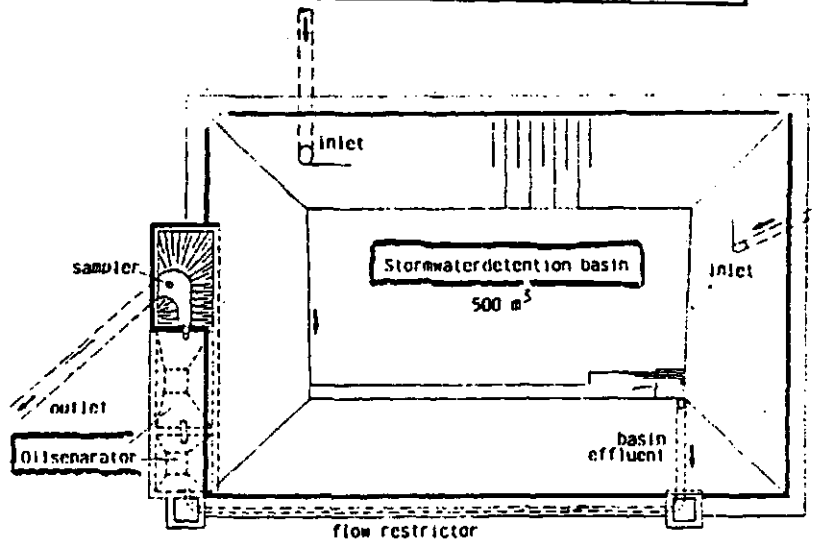
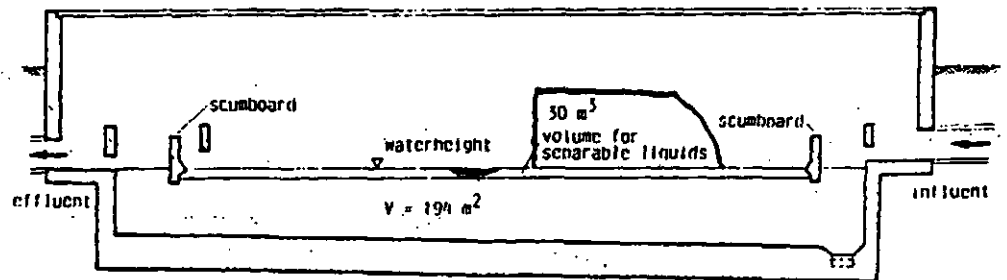


traffic volume in 10⁶ veh.

Figuur 3.
 Specifieke jaargemiddelden van
 vuillast per gemiddelde ratio
 runoff/ neerslag.
 (boven: filtreerbaar slib (SS), en
 COD; beneden: Zn, Pb, minerale
 olie en PAH)



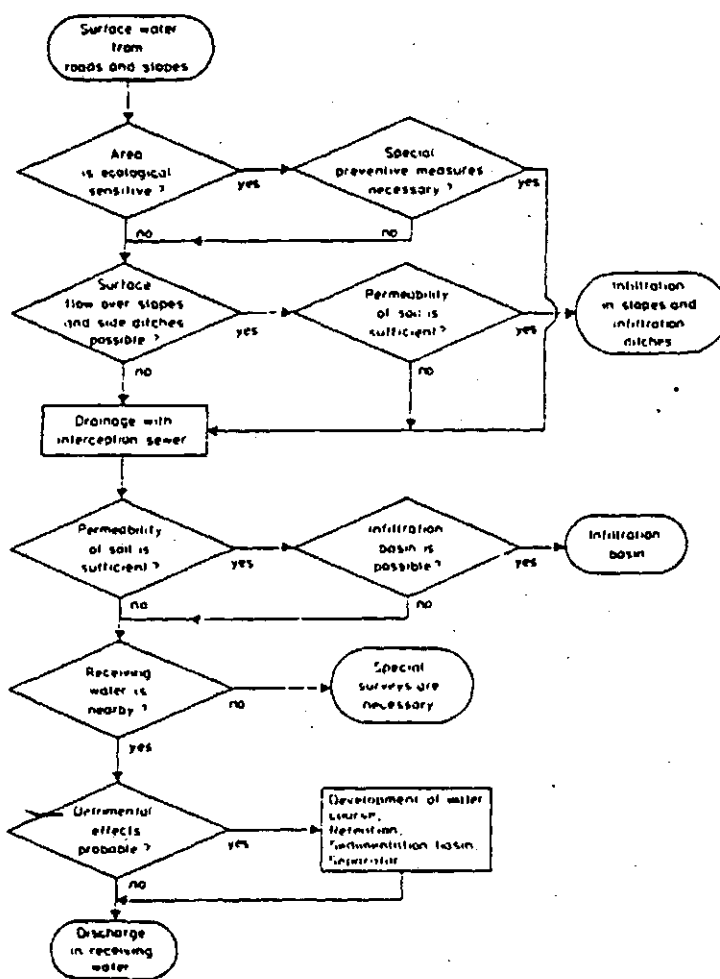
Figuur 4.
 Overzicht van de opvangbassin
 voor behandeling van runoff
 4a: bassin bij Pleidelsheim
 4b: bassin bij Obereisesheim
 4c: Bassin bij Ulm/West



Figuur 5.
Verwijderingsrendement van de
onderzochte opvangbassins (%)

	Ulm-West		Pleidelsheim	Overeises- heim
	I	II		
oplosbare deeltjes	45	54	85	50
COD	18	39	63	26
nitraat	10	-72	36	16
fosfortotaal	3	12	32	9
cadmium	14	60	63	28
chromium	-60	7	66	33
koper	-13	17	73	26
lood	33	52	79	39
zink	24	29	50	37
ijzer	24	38	74	45
motorolie	16	33	80	29
minerale olie	17	33	80	29

Figuur 6.
LAWA-aanbeveling voor
beslislijn bij planning van
maatregelen voor runoff



Figuur 7.
gemodificeerde gedrags-
lijn bij planning van maat-
regelen voor opvang run-
off

