

32/uub (509) 2e ex

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

**Maatstaf voor de effectiviteit van saneringstechnieken voor
vervuilde locaties**

**J. Harmsen
M.F.P. Bierkens**

Rapport 509

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997



25 JUNI 1997

U9n935700x

REFERAAT

Harmsen, J. en M.F.P. Bierkens, 1997. *Maatstaf voor de effectiviteit van saneringstechnieken voor vervuilde locaties*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 509. 38 blz.; 5 fig.; 12 ref.; 1 aanh.

Er is een maatstaf ontwikkeld waarmee kan worden gemeten of een saneringstechniek de emissie van stoffen vermindert. De maatstaf is gedefinieerd als 'de vermindering van de landelijke emissievracht van stoffen wanneer de beschouwde saneringstechniek op alle bekende vervuilingssituaties waarop deze toepasbaar is, daadwerkelijk zou worden toegepast'. Een berekeningsprocedure is voorgesteld om de emissiereductie vanuit een vervuilde locatie te schatten bij toepassing van de saneringstechniek en deze vervolgens te vertalen naar een maximale emissiereductie op landelijke schaal.

Trefwoorden: bodemsanering, bodemvervuiling, milieubescherming

ISSN 0927-4499

©1997 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Project 7525

[Rap509.HM/02.1997]

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding en doelstelling	11
1.2 Opzet van het onderzoek	11
2 Nadere beschouwing bij de ontwikkeling van de maatstaf	13
2.1 Keuze van effecten	13
2.2 Definitie van emissie	13
2.3 Risico's	13
2.4 Ander gebruik van de bodem	14
2.5 Selectie van technieken	14
2.6 Veroudering van de verontreiniging	15
2.7 Nadere invulling van de doelstelling	15
2.8 Definitie van de maatstaf	16
3 Berekening van de maatstaf stap voor stap	19
3.1 Inleiding	19
3.2 Inventarisatie van stoffengroepen	19
3.3 Onderscheiden van vervuilingssituaties	21
3.4 Inventarisatie van combinaties van vervuilende stoffen en vervuilingssituaties	25
3.5 Inventarisatie van saneringstechnieken	25
3.6 Maken kruistabellen	26
3.7 Lokale validatiestudie	26
3.8 Landelijke emissiekartering	26
3.9 Schatting landelijke emissiereductie	27
3.10 Analyse van een nieuwe saneringstechniek	28
3.11 Sturing ontwikkeling saneringstechnieken	28
3.12 Risico's voor volksgezondheid en milieu	28
3.13 Benodigde informatie	28
4 Discussie en conclusies	31
Literatuur	33
Aanhangsel	
A Uitnodiging brainstormsessie	35

Woord vooraf

Het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven is uitgevoerd in opdracht van NOVEM, de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu (sector Milieu). Contactpersoon bij NOVEM was ir. S.S.J. Houtman. Tijdens de opzet van het onderzoek is overlegd met ir. C. Versluis van het RIVM. Hij en anderen van het RIVM hebben commentaar geleverd op het concepteindrapport. Wij danken NOVEM en RIVM voor hun inspanningen tijdens de uitvoering en rapportage van dit onderzoek.

Samenvatting

Bij verschillende beleidsinstanties bestaat de behoefte de Stimuleringsregeling Milieutechnologie te toetsen op haar doelstellingen. In dit rapport wordt een maatstaf geïntroduceerd om dit te doen voor het milieucompartiment bodem. De maatstaf heeft tot doel het effect te meten van het toepassen van een saneringstechniek op de reductie van de emissie van stoffen.

De maatstaf is gedefinieerd als:

De vermindering van de landelijke emissievracht van stoffen wanneer de beschouwde saneringstechniek op alle bekende vervuilingssituaties waarop deze toepasbaar is, daadwerkelijk zou worden toegepast.

Een berekeningsprocedure wordt voorgesteld om de emissiereductie vanuit een vervuilde locatie te schatten bij toepassing van de saneringstechniek en deze vervolgens te vertalen naar een maximale emissiereductie op landelijke schaal. Basis voor de vertaling naar de landelijke schaal zijn stoffeigenschappen, bodemeigenschappen, type van vervuilingssituaties en geohydrologische informatie.

Aan het einde van het onderzoek bleek dat het toepassingsgebied van de maatstaf groter is en dat hij ook gebruikt kan worden voor sturing van te ontwikkelen saneringstechnieken. De gewenste emissiereductie is dan sturend voor de te ontwikkelen technieken. Met de maatstaf kan vooraf worden uitgerekend of een bepaalde saneringswijze wel leidt tot een voldoende emissiereductie. Dit speelt vooral bij in-situ saneringen, waarbij een ontwikkelde techniek bepaalde fracties van de verontreiniging kan aanpakken en geen vat heeft op de rest van de verontreiniging.

Samenvattend kan de maatstaf worden gebruikt ter ondersteuning van het beleid, met name voor:

- Het bepalen van de concrete emissiereducties van ontwikkelde technieken op landelijke schaal.
- Het verkrijgen van meer inzicht in mogelijke (landelijke) emissiereducties van nieuw te ontwikkelen saneringstechnieken.

De maatstaf en de voorgestelde berekeningsmethode vormen nog een theoretisch concept en dienen in de vorm van workshops en een toepassing verder te worden uitgewerkt.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

In de Stimuleringsregeling Milieutechnologie worden praktische toepassingen van milieutechnologie gestimuleerd en nieuwe technieken ontwikkeld, die leiden tot schoner produceren en schonere producten. Er bestaat de behoefte de Stimuleringsregeling te toetsen op haar doelstellingen. Voor technieken die tot doel hebben de kwaliteit van lucht of water te verbeteren, is dit relatief eenvoudig. Men kan kijken naar de emissie naar de lucht of het water voor en na toepassing van de ontwikkelde techniek. Dit past bovendien goed binnen de in Den Haag en Brussel ontwikkelde beleidskaders die als doelstelling reductie van de emissie hebben.

Voor bodem is dit niet zo eenvoudig. De bodem is vervuild door gebruik van verkeerde (i.c. vervuilende) technologieën in het verleden. Technieken voor bodemreiniging en isolatie zijn niet direct te vertalen in emissiedoelstellingen. Toch is er behoefte de inspanningen verricht voor het milieucompartiment bodem te kunnen vergelijken met de inspanningen voor water en lucht. Dit kan alleen als voor bodem ook wordt uitgegaan van emissies. Doel van deze studie is daarom om een maatstaf te ontwikkelen waarbij de technieken kunnen worden beoordeeld op emissie naar de verschillende compartimenten. Onderscheid wordt gemaakt in:

- emissie vanuit de vervuilde locatie indien er niet wordt gesaneerd;
- emissie vanuit de vervuilde locatie na toepassing van de techniek;
- reductie van emissie bij toepassing van de techniek op andere locaties in Nederland.

In § 2.7 wordt deze doelstelling nader uitgewerkt.

Verder zal worden nagegaan welke gegevens hiervoor nodig zijn en hoe de emissiereductie via kaarten kan worden weergegeven. Het resultaat van deze studie is een voorstel tot een maatstaf waarmee inzicht kan worden verkregen in de effectiviteit en de landelijke toepasbaarheid van een ontwikkelde saneringstechniek. Deze maatstaf kan echter niet alleen dienen om reeds ontwikkelde saneringstechnieken te evalueren, maar ook om richting te geven aan nog te ontwikkelen saneringstechnieken. De maatstaf is daarom bruikbaar voor zowel beleidsinstanties als voor technologie-ontwikkelaars.

1.2 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek heeft een zekere aansluiting met activiteiten bij het RIVM. Derhalve is gesproken met ir. C Versluis van het RIVM i.v.m. uitwisseling van gegevens. Het RIVM houdt zich met name bezig met de urgentiesystematiek van bodemsanering en keuzes van toe te passen technieken (Leidraad bodembescherming, 1990). Het RIVM is gestart met een studie Risico Gestuurd Saneren. Geconcludeerd werd dat ons onderzoek raakt aan hetgeen bij het RIVM gebeurt, maar dat er geen

onacceptabele overlap plaatsvindt. De beide onderzoeken zijn in zekere zin complementair. Bij de urgentiesystematiek wordt gekeken naar de situatie vooraf aan het saneren. De maatstaf richt zich op de situatie na afloop van het saneren. Wanneer de vermindering van emissie vertaald kan worden in risicovermindering kan deze informatie gebruikt worden bij het risicogestuurd saneren. Verder kan deze risicovermindering eventueel ook worden gecombineerd met de door het RIVM ontwikkelde urgentiesystematiek. In deze fase was uitgebreider overleg niet nodig. In een volgende fase dient de samenwerking met het RIVM opnieuw te worden bekeken, bijvoorbeeld in de vorm van een gezamenlijke workshop.

Na het eerste overleg met vertegenwoordigers van het RIVM is een brainstormsessie georganiseerd met verschillende deskundigen binnen SC-DLO. Kennis over stoffen, bodem, potentiële effecten en vertaling van gegevens naar landelijke beelden is in deze sessie bij elkaar gebracht. Het programma is weergegeven in Aanhangsel A. Deze sessie heeft geleid tot enkele bijstellingen en aanvullingen van het oorspronkelijke concept. De resultaten zijn in deze rapportage verwerkt.

De conceptraportage heeft via ir. C. Versluis gecirculeerd bij het RIVM. Het gedeelte van het ontvangen commentaar dat direct aansloot bij de inhoud van dit rapport is erin verwerkt. Door medewerkers van het RIVM zijn tevens kritische kanttekeningen geplaatst die van belang zijn voor een eventuele vervolgfase en daarbij zeker moeten worden meegenomen.

De rest van dit rapport is als volgt ingedeeld. In hoofdstuk 2 worden een aantal zaken die een rol spelen bij de ontwikkeling van de maatstaf nader beschouwd. In hoofdstuk 3 worden de berekeningsstappen beschreven die leiden tot de vaststelling van de maatstaf, alsmede de informatie die bij de berekening van de maatstaf nodig is. Tenslotte volgen in hoofdstuk 4 een discussie en de conclusies.

2 Nadere beschouwing bij de ontwikkeling van de maatstaf

2.1 Keuze van effecten

Bij toepassing van een saneringstechniek en analyse van de effectiviteit op een specifieke locatie moet rekening worden gehouden met:

- effecten op de lokale concentratie;
- effect op de emissies vanuit de locatie;
- effect op de volksgezondheid en ecotoxicologische effecten;
- neveneffecten op milieu (bijv. verdroging);
- bestuurlijke inpasbaarheid van de techniek;
- technische inpasbaarheid;
- kosten.

Dit lijkt enigszins op een Milieu-effectrapportage (MER) en levert voor de specifieke locatie alle voors en tegens op, zodat het mogelijk is het milieurendement van diverse opties tegen elkaar af te zetten. Het is vervolgens moeilijk dit naar een landelijk beeld te vertalen. Volledigheid wordt al snel te specifiek. Het is daarom van belang vereenvoudigingen door te voeren, waarbij de specifieke zaken van de technologie nog voldoende worden meegenomen en de gegevens nog zodanig globaal zijn, dat ze kunnen worden vertaald naar een landelijke situatie. Rekening houden met neveneffecten is alleen mogelijk als dit vertaald wordt in een technische specificatie. In dit onderzoek was het bijvoorbeeld niet mogelijk om emissie af te zetten tegen verdroging. Dit is alleen mogelijk als er maximum wordt gesteld aan het pompdebiet bij een locatie, waardoor er gebieden in Nederland kunnen afvallen voor toepassing van een bepaalde techniek.

2.2 Definitie van emissie

Emissie hoeft niet alleen plaats te vinden vanuit de verontreinigde locatie. Bij toepassing van saneringstechnieken waarbij de vervuilde grond wordt getransporteerd kan ook emissie optreden. Wanneer vervuilde grond in depot wordt geplaatst kan ook op deze nieuwe locatie emissie optreden. Bij het evalueren van de emissiereductie door toepassing van een saneringstechniek houdt de voorgestelde maatstaf echter alleen rekening met emissie vanuit de vervuilde locatie zelf.

2.3 Risico's

Saneringen worden momenteel beoordeeld op bereikte concentratieniveaus. Deze niveaus zijn gebaseerd op in toxicologisch onderzoek vastgestelde effecten, waarbij via een bepaalde systematiek streef- en interventiewaarden zijn vastgesteld. Meer en meer wordt gevraagd naar de werkelijke risico's bij een verontreinigde of gesaneerde locatie. Het begrip 'risico' is echter niet eenduidig. We kunnen spreken

over humane-, ecotoxicologische- of verspreidingsrisico's. Een belangrijk aspect bij elk van deze risico's is de beschikbaarheid voor een organisme of een transportmedium. In dit onderzoek wordt daarom uitgegaan van de beschikbaarheid. Dit laat zich het eenvoudigst vertalen naar verspreiding of emissie. Dit is een beperking waarvan men zich moet realiseren dat bij een discussie over emissies al snel weer koppeling zal worden gemaakt met allerlei (locatiespecifieke) risico's. In een drinkwaterwinningsgebied zal een kleine emissie naar het grondwater al snel als te veel risico worden gezien. Speelt drinkwater geen rol en wordt het grondwater uiteindelijk via de Rijn afgevoerd, dan zal een kleine emissie eerder worden geaccepteerd. Het blijft echter mogelijk de emissie in een later stadium te koppelen aan bepaalde risico's.

2.4 Ander gebruik van de bodem

Door gebruik van de bodem is er sprake van bepaalde milieuomstandigheden. Veranderend bodemgebruik kan van invloed zijn op de emissie van stoffen. Een bekend voorbeeld is de grotere mobiliteit van zware metalen als landbouwgrond wordt omgezet in bosgrond. Hierdoor vindt er verzuring plaats met de bijbehorende grotere mobiliteit. Vernatting kan zorgen voor anaërobe omstandigheden, waardoor bijvoorbeeld PAK en olie niet meer afbreekbaar zijn. Een veranderend klimaat kan van invloed zijn op de toepasbaarheid van technieken en het bodemgebruik. Alle factoren die te maken hebben met een ander mogelijk bodemgebruik en niet noodzakelijk zijn voor de saneringstechniek worden hier buiten beschouwing gelaten. Er wordt uitgegaan van het huidige gebruik en klimaat.

2.5 Selectie van technieken

De gedachtengang zoals gebruikt bij dit onderzoek zou de indruk kunnen wekken dat, voor een zeker saneringsproject, de maatstaf ook zou kunnen worden gebruikt bij de keuze van een saneringstechniek. Dit is echter geenszins het geval, omdat bij de keuze van een saneringstechniek lokale omstandigheden zoals kosten, acceptatiegraad en lokale infrastructuur een dominante rol spelen. De vraagstelling is daarbij ook anders: *Welke saneringstechniek of combinatie van technieken past het best bij de specifieke lokale vervuilingssituatie? De vraag die in dit onderzoek gesteld wordt is: *Wat is de verwachte landelijke emissiereductie bij toepassing van een saneringstechniek op alle vervuilde locaties waar deze techniek kan worden toegepast?** De hier voorgestelde maatstaf is dus opgezet om te kunnen komen tot beoordeling van de landelijke effecten van ontwikkelde technieken of te ontwikkelen technieken (sturing). De prestatiekenmerken van een techniek of de verwachte prestatiekenmerken van een te ontwikkelen techniek zullen worden gebruikt voor inschatting van de emissie.

2.6 Veroudering van de verontreiniging

Het gedrag van een verontreiniging die net in contact is gebracht met de bodem is te beschrijven m.b.v. chemische evenwichten. Naarmate de contacttijd groter is, wordt de binding met de bodem sterker en de mobiliteit kleiner. Een direct gevolg hiervan is het bestaan van een restconcentratie bij de biologische reiniging. Dit aspect is nader onderzocht in het NOVEM-project 'Extensieve Landfarming'. De veroudering kan wel in kwalitatieve termen worden beschreven, maar nog niet kwantitatief. Hier wordt momenteel in diverse onderzoeksinstellingen aan gewerkt. Het is te vroeg om er vanuit te gaan dat de resultaten van deze onderzoeken landelijk kunnen worden toegepast. In dit onderzoek zal worden uitgegaan van de 'chemisch-evenwichtbenadering'. Aangetoonde sterkere binding gedurende of na de sanering zal worden verdisconteerd in een bij de berekeningen toe te passen grotere verdelingscoëfficiënt (zie ook § 3.2).

2.7 Nadere invulling van de doelstelling

Bovenstaande nadere beschouwing van de maatstaf heeft geleid tot een nadere invulling van de doelstelling en enkele technische randvoorwaarden:

'Geef een maatstaf om het effect van een bestaande of te ontwikkelen saneringstechniek op de emissiereductie van bepaalde stoffen vanuit verontreinigingslocaties vast te stellen op landelijke schaal'.

Beperkingen hierbij zijn:

- In eerste instantie gaat het puur om de vermindering van de emissiehoeveelheid vanuit de locatie.
- Het gaat om de emissie vanuit de locatie wanneer een techniek niet wordt toegepast en na toepassing van de ontwikkelde techniek.
- Alleen technische randvoorwaarden spelen een rol bij het op andere plekken toepassen van een techniek (zoals fysisch/chemische aard van de vervuiling, benodigd pompdebiet of aërobie) en niet zaken als acceptatie.
- Er wordt alleen gekeken naar de emissie vanuit de locatie. Afbraak tijdens transport door bodem en grondwater wordt niet meegenomen.
- Bij de vertaling naar een landelijke emissiereductie gaat het om de *maximaal* haalbare landelijke emissiereductie bij toepassing van de beschouwde saneringstechniek op alle daarvoor geschikte locaties.

Dit alles sluit nog steeds aan bij het algemene doel beschreven in de projectomschrijving van 30 november 1995 (DLO-Staring Centrum, 1995). Dit doel luidde:

'Gegeven dat het effect (concentratievermindering) van een saneringstechniek bekend is, moet de vraag beantwoord worden in hoeverre deze saneringstechniek de risico's voor verspreiding vanuit de specifieke locatie heeft verminderd. Vervolgens moet worden aangegeven wat toepassing van dezelfde saneringstechniek voor gevolgen heeft op de verspreiding (risico's) op een groter aantal aan te wijzen locaties. Dit

moet leiden tot een maatstaf (i.c. meetmethode voor de effectiviteit van de saneringstechniek op landelijk niveau). Deze maatstaf moet zowel betrekking hebben op het effect van de saneringstechniek op het verspreidingsrisico van stoffen als op het effect op (de vermindering van) het gezondheidsrisico.'

Op deze wijze kan ook sturing gegeven worden aan nog te ontwikkelen saneringstechnieken, mits voor deze technieken van te voren een geïnformeerde schatting gemaakt kan worden van de concentratievermindering op een vervuilde locatie.

2.8 Definitie van de maatstaf

Naar aanleiding van de uitkomsten van de workshop (aanhangel A), het gesprek met ir. C. versluijs van het RIVM en bovenstaande nadere beschouwing van de maatstaf is het volgende besloten:

Als maatstaf voor het effect van het toepassen van een saneringstechniek op de reductie van de emissie van stoffen wordt genomen:

De vermindering van de landelijke emissievracht van stoffen wanneer de beschouwde saneringstechniek op alle bekende vervuilingssituaties waarop deze toepasbaar is daadwerkelijk zou worden toegepast.

Deze maatstaf wordt bepaald voor de emissievracht op korte termijn (5 jaar) en op lange termijn (30 jaar). De emissievracht wordt verder onderverdeeld naar emissie naar lucht, grondwater en oppervlaktewater. Nogmaals wordt gesteld dat alleen de emissie vanuit de vervuilde locatie wordt beschouwd.

Als basis voor het bepalen van de maatstaf wordt per beschouwde saneringstechniek een kruistabel opgesteld. In deze tabel staan voor elke combinatie van een stof of groep van stoffen en een vervuilingssituatie (i.e. de hoedanigheid van de vervuiling in combinatie met een bodemkundige en geohydrologische situatie) staafdiagrammen van de stoffenvracht die (1) resteert op de vervuilde locatie en (2) de vervuilde locatie verlaat via emissie. De categorie emissie wordt onderverdeeld naar emissie naar (a) lucht, (b) grondwater en (c) oppervlaktewater. Verder wordt aangegeven of emissie door menselijke activiteiten te verwachten is. De staafdiagrammen worden gemaakt voor de korte termijn (5 jaar) en de lange termijn (30 jaar) voor zowel de situatie met en zonder toepassing van de saneringstechniek. Figuur 1 geeft aan hoe een dergelijke kruistabel met staafdiagrammen er uit ziet.

Nadat een landelijk beeld is verkregen van geohydrologische en bodemkundige situaties kan de kruistabel van een saneringstechniek gebruikt worden om zogenaamde landelijke *emissiekaarten* te maken: landelijke beelden van het percentage te verwachten emissie van een bepaalde stof voor de korte en lange termijn wanneer de saneringstechniek wel of niet zou worden toegepast. Stel nu dat op grond van een landelijke inventarisatie, bijvoorbeeld uit inventarisaties van gemeenten en provincies, bekend is waar vroeger wasserijen gevestigd waren en hoe lang deze hebben gefunctioneerd. Hieruit kan een landelijk beeld worden gegeven van

vervuilingsvrachten van bij wasserijen behorende stoffengroepen. Door combinatie van dit landelijk beeld met de emissiekaarten kan vervolgens berekend worden wat de totale landelijke reductie in emissievracht is bij toepassing van de beschouwde saneringstechniek op al deze vervuilde locaties.

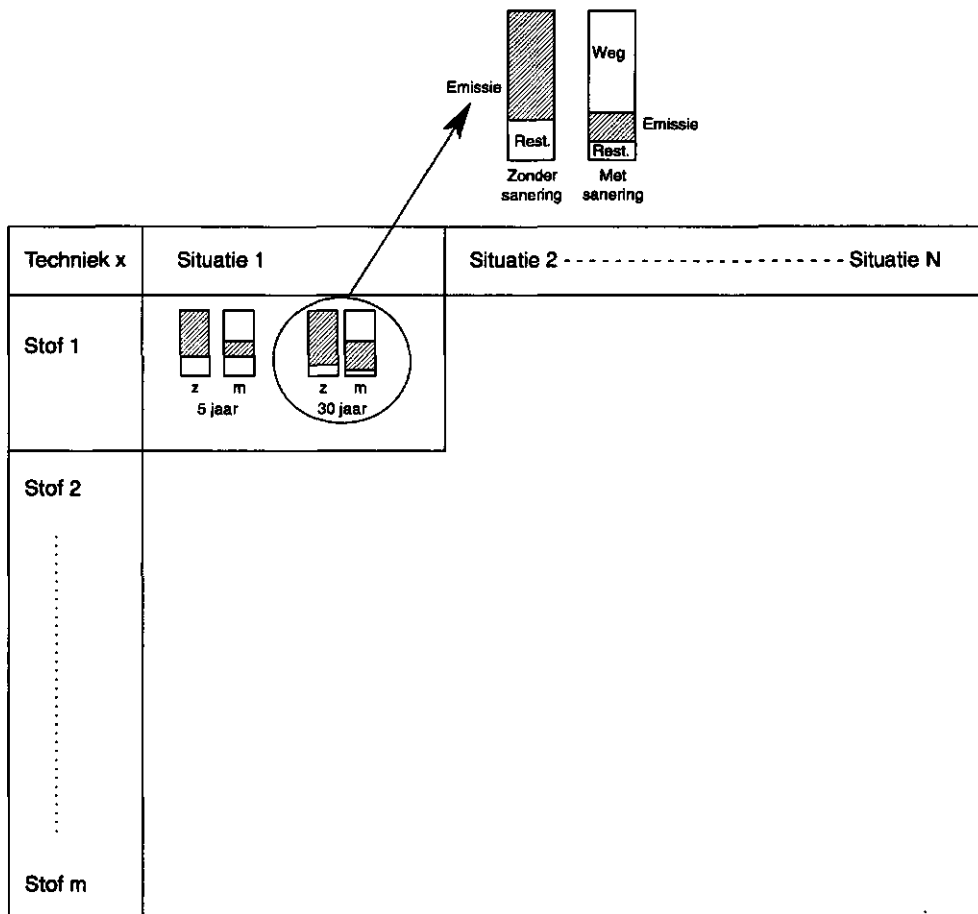


Fig. 1 Kruistabel: beoordeling prestaties ontwikkelde techniek bij diverse situaties

3 Berekening van de maatstaf stap voor stap

3.1 Inleiding

Om te komen tot de kruistabellen, emissiekaarten en de berekening van de reductie in emissievracht van een bepaalde stof bij toepassing van een bepaalde saneringstechniek dienen de volgende berekeningsstappen gemaakt te worden:

- 1 Inventarisatie van stoffengroepen
- 2 Onderscheiden van vervuilingssituaties
- 3 Inventarisatie van combinaties van vervuilende stoffen en vervuilingssituaties
- 4 Inventarisatie van saneringstechnieken
- 5 Maken kruistabellen
- 6 Lokale validatiestudie
- 7 Landelijke emissiekartering
- 8 Schatting landelijke emissiereductie

Deze stappen zullen in dit hoofdstuk achtereenvolgens worden besproken.

Naast een schatting van de (landelijke) emissiereductie worden in dit hoofdstuk ook voorstellen gedaan om a.h.v. de maatstaf nieuwe saneringstechnieken te analyseren, de ontwikkeling van saneringstechnieken te sturen en de emissiereductie te vertalen naar risico's voor volksgezondheid en milieu. Tenslotte volgt een opsomming van de gegevens die nodig zijn om de verschillende berekeningsstappen uit te voeren.

3.2 Inventarisatie van stoffengroepen

Er wordt bekeken welke stoffen of stoffengroepen relevant worden geacht. Voor elk van de stoffengroepen dient te worden bekeken hoe mobiel ze zijn in verschillende bodemsoorten. Het resultaat is een tabel met stoffen of stoffengroepen en per combinatie van stof(fengroep) en bodemtype een retardatiefactor. Belangrijke stofgroepen zijn de gechloreerde oplosmiddelen, verschillende minerale olieproducten als benzine en zwaardere olietypen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). Voor al deze stoffen is de verdelingscoëfficiënt tussen de koolstoffractie van de bodem en de waterfase K_{oc} te schatten uitgaande van basisgegevens als de oplosbaarheid S (in mol/l) of de verdelingscoëfficiënt tussen octanol en water, K_{ow} . De verdelingscoëfficiënt tussen de bodem en de waterfase K_d kan vervolgens worden gerelateerd aan de fractie organische koolstof van de bodem f_{oc} ($f_{oc} = 0,58 \times$ het organischestofgehalte van de bodem). De fractie organische koolstof is voor veel bodems bekend of kan worden geschat. Hieruit kan vervolgens de retardatiefactor R_d worden berekend. Een retardatiefactor is een maat voor de vertraging t.g.v. adsorptie aan de bodemmatrix. Een stof als benzeen wordt slechts weinig vertraagd en verspreid daardoor snel. Een zware PAK zal sterk aan de bodem gebonden zijn, wat kan resulteren in een vergroting van het vervuilde gebied van slechts enkele mm per jaar. Figuur 2, overgenomen uit NEN 5740, geeft aan hoe de relatieve transport-snelheid in water voor diverse stoffen in een bepaalde bodem is.

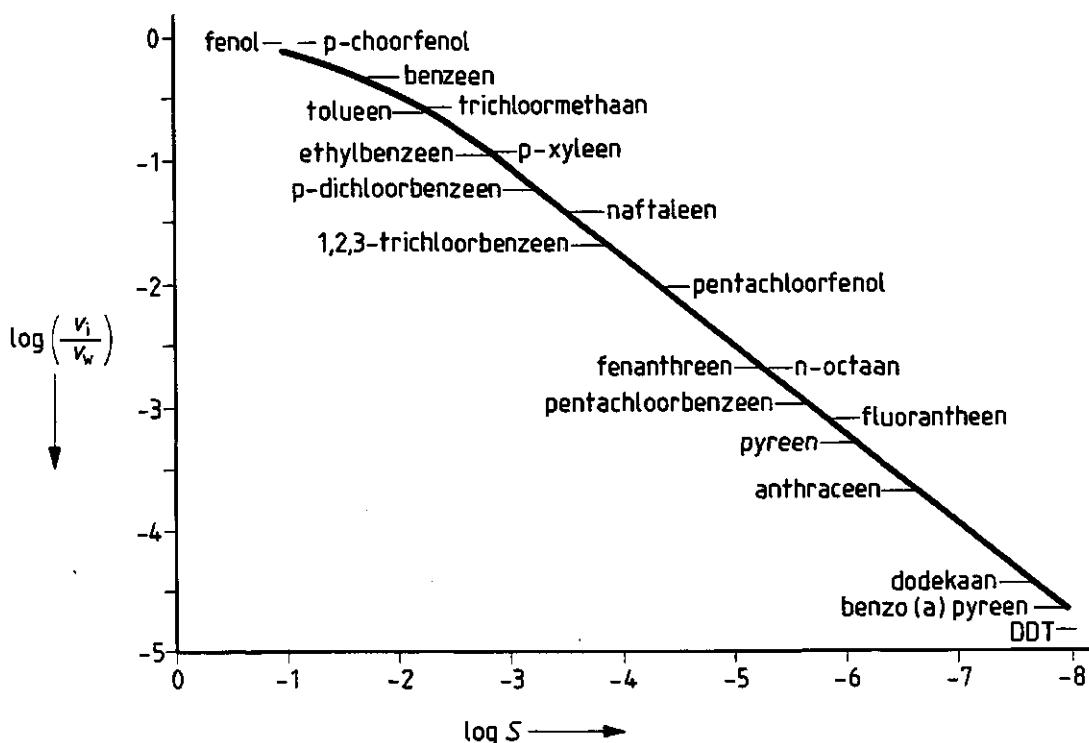


Fig. 2 De relatieve transportsnelheid v_i/v_w van organische verontreinigingen in een bodem met 1% organische koolstof en een fractie met water gevuld poriënvolume van 0,4 en een dichtheid van 1,6 kg/l (Uit: NEN 5740, 1991)

Voor zware metalen is de retardatiefactor en de daaruit volgende relatieve transportsnelheid minder eenvoudig af te leiden, omdat hierbij meer factoren van belang zijn. Hoeveel zich in de waterfase bevindt wordt niet alleen door het organischestofgehalte bepaald, maar ook door het percentage lutum, de pH van de bodem, aanwezigheid van anionen waarmee neerslagen kunnen worden gevormd, redoxpotentiaal en aanwezigheid van andere metaalverbindingen (met name ijzer- en mangaanverbindingen).

De volgende formules zijn van belang bij de vertraging van het transport in de bodem:

$$R_d = 1 + K_d \frac{P}{E_w}$$

P = dichtheid van stoofdrome grond in kg/l (1,4-1,6 kg/l)

E_w = fractie met water gevuld poriënvolume

De factor R_d is bepalend voor de mobiliteit v_i (m/jaar) van een stof in de bodem.

$$v_i = \frac{v_w}{R_d}$$

v_w = transportsnelheid van poriewater in m/jaar

Voor een organische verontreiniging geldt:

$$K_d = F_{oc} K_{oc}$$

Combinatie van de voorgaande formules levert de relatieve transportsnelheid van een stof in de bodem.

$$\frac{v_i}{v_w} = \frac{E_w}{E_w + f_{oc} K_{oc} P}$$

K_{oc} kan worden geschat met behulp van (Van der Meijden en Driessen, 1986):

$$\log K_{oc} = 0,989 \log K_{ow} - 0,346$$

of:

$$\log K_{oc} = -0,729 \log S + 0,231$$

3.3 Onderscheiden van vervuilingssituaties

Afhankelijk van het soort stof kan een vervuiling voorkomen als een speciaal geval van de volgende drie (A, B en C) basissituaties:

A Vervuiling van de bodem in de onverzadigde of gedeeltelijk verzadigde zone

Figuur 3 geeft een schematische weergave van deze situatie. Er worden drie emissief-luxen onderscheiden:

- 1 emissie naar de lucht;
- 2 emissie naar het (diepere) grondwater;
- 3 emissie naar het oppervlaktewater.

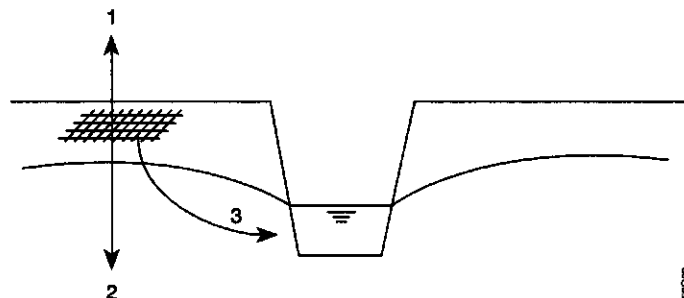


Fig. 3 Emissies bij vervuiling van de bodem in de onverzadigde zone. 1 = emissie naar de lucht; 2 = emissie naar het (diepere) grondwater; 3 = emissie naar het oppervlaktewater

Situatie A wordt onderverdeeld naar:

- infiltratiegebieden, verder uitgesplitst naar bodemtype en grondwateraanvulling;
- kwelgebieden, verder uitgesplitst naar bodemtype en slootdichtheid.

Er wordt aangenomen dat we in kwelgebieden alleen emissiefluxen 1) en 3) kunnen verwachten, terwijl in infiltratiegebieden alleen fluxen 1) en 2) te verwachten zijn (een eventuele verfijning naar 'intermediaire gebieden' is mogelijk). Kwel/infiltratiegebieden kunnen ruimtelijk worden onderscheiden op basis van de *landelijke hydrologische systeemanalyse*.

Flux 1. De emissie naar de lucht wordt voor elke stof bepaald met behulp van de *1 : 50 000 bodemkaart van Nederland, de grondwaterkaart van Nederland* (diepte grondwaterstand) en informatie uit *RIVM rapport 715810014* (RIVM, 1996).

Flux 2. Met behulp van een *grondwateraanvullingskaart* (Duivenbooden et al., 1987; Van Drecht, 1993; Meinardi, 1994; Querner et al., 1994) kan de Darcyflux naar het diepere grondwater worden berekend. Uit de *1 : 50 000 bodemkaart van Nederland* volgt het bodemtype en uit het bodemtype de porositeit en de retardatiefactor van elke stof. Combinatie van deze informatie levert voor elke stof de massaflux naar het (diepere) grondwater op.

Flux 3. Met behulp van een *slootdichthedenkaart, drainageformules* en de *1 : 50 000 bodemkaart van Nederland* kan de Darcyflux naar het oppervlaktewater worden berekend. Uit de *1 : 50 000 bodemkaart van Nederland* volgt het bodemtype en uit het bodemtype de porositeit en de retardatiefactor van elke stof. Combinatie van deze informatie levert voor elke stof de massaflux naar het oppervlaktewater op.

In de vervuilingssituatie zoals hier beschreven bestaat er ook een gerede kans op emissie (i.c. verspreiding) door menselijke activiteiten. De grootte van deze flux is echter moeilijk in te schatten.

B Vervuiling van de bodem in de permanent verzadigde zone van een deklaag

Figuur 4 geeft een schematische weergave van deze situatie. De volgende drie emissiefluxen worden onderscheiden:

- 1 emissie naar de lucht (bijvoorbeeld stoffen die een drijflaag vormen);
- 2 emissie naar het (diepere) grondwater;
- 3 emissie naar het oppervlaktewater.

Een vervuiling in een deklaag wordt tot situatie B gerekend als deze onder de onderzijde van de sloten ligt (in gebieden met sloten, vnl. kwelgebieden) of als deze in de permanent gereduceerde zone ligt (in gebieden zonder sloten).

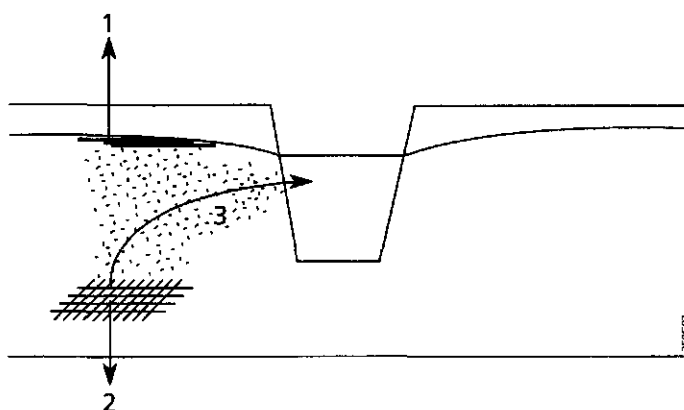


Fig. 4 Emissies bij vervuiling in de verzadigde zone. 1 = emissie naar de lucht; 2 = emissie naar het (diepere) grondwater); 3 = emissie naar het oppervlaktewater

Situatie B wordt onderverdeeld naar:

- infiltratiegebieden, verder uitgesplitst naar bodemtype en grondwateraanvulling;
- kwelgebieden, verder uitgesplitst naar bodemtype en slootdichtheid.

Er wordt aangenomen dat we in kwelgebieden alleen emissiefluxen 1) en 3) kunnen verwachten, terwijl in infiltratiegebieden alleen fluxen 1) en 2) te verwachten zijn. Kwel/infiltratiegebieden kunnen ruimtelijk worden onderscheiden op basis van de *landelijke hydrologische systeemanalyse*.

Flux 1. Met behulp van de *1 : 50 000 bodemkaart van Nederland, de grondwaterkaart van Nederland* en informatie uit *RIVM rapport 715810014 (1996)* volgt voor elke stof de emissie naar de lucht.

Flux 2. Met behulp van een *grondwateraanvullingskaart* (Duijvenbooden et al., 1987; Van Drecht, 1993; Meinardi, 1994; Querner et al., 1994) kan de Darcyflux naar het diepere grondwater worden berekend. Uit de *1 : 50 000 bodemkaart van Nederland* volgt het bodemtype en uit het bodemtype de porositeit en de retardatiefactor van elke stof. Combinatie van deze informatie levert voor elke stof de massaflux naar het diepere grondwater op. Door deze aanpak wordt niet alleen gekeken naar de vergroting van het areaal, maar ook naar uitspoeling naar diepere lagen.

Flux 3. Met behulp van een *slootdichthedenkaart* kan de Darcyflux naar het oppervlaktewater worden berekend. Bij het ontbreken van een drijflaag moet hier de grondwateraanvulling van worden afgetrokken. Uit de *1 : 50 000 bodemkaart van Nederland* volgt het bodemtype en uit het bodemtype de porositeit en de retardatiefactor van elke stof. Combinatie van deze informatie levert voor elke stof de massaflux naar het oppervlaktewater op.

C Grondwatervervuiling in aquifers

Figuren 5A t/m 5C geven voorbeelden van aquifervervuiling. Figuur 5A toont een freatische aquifer met een drijflaag waaruit een vervuiling spluim komt, in figuur 5B is de vervuiling spluim het gevolg van een bovenliggende vervuiling en in figuur 5C hebben we te maken met een vloeibare stof met een groter soortelijk gewicht dan water. In deze situaties vindt verdere emissie alleen plaats via horizontale grondwaterstroming. Een verdere onderverdeling van situatie C vindt dan ook plaats naar stijghoogtegradiënt (*grondwaterkaart van Nederland*), *kD*-waarde (*grondwaterkaart van Nederland*, *geologische kaart van Nederland*), retardatiefactor en porositeit (*geologische kaart van Nederland*).

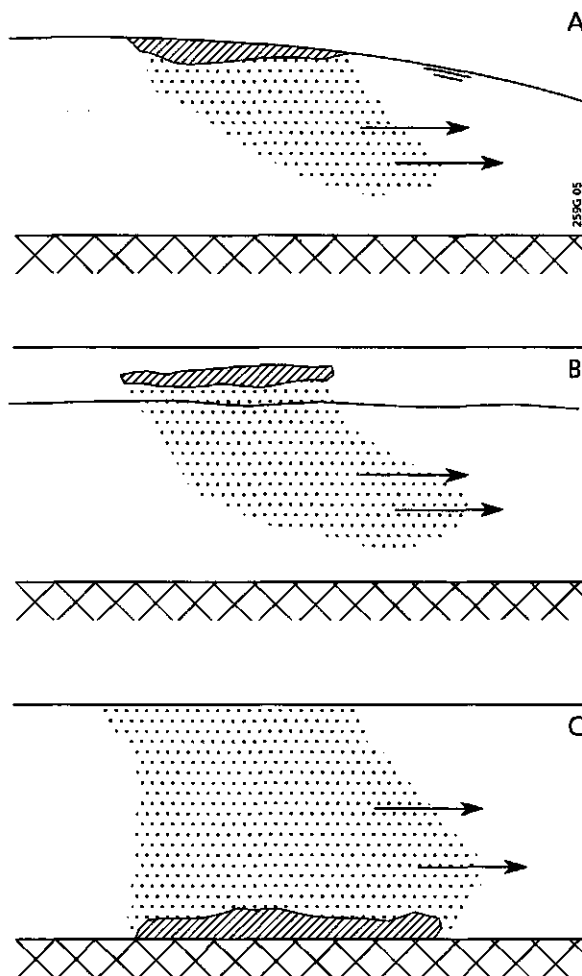


Fig. 5 Emissie t.g.v vervuiling in de aquifer; A drijflaag; B bovenliggend vervuiling; C vloeistof met grote dichtheid

Een nog moeilijk in te vullen aspect is de beïnvloedingssfeer van een verontreiniging. Als voorbeeld kan hiervoor een vervuiling dienen in een aquifer vanaf de Veluwe en afwaterend op de Rijn. Midden op de Veluwe zal de snelheid van de emissie worden bepaald door het neerslagoverschot. De emissie zal hierdoor klein zijn. Het te beïnvloeden gebied loopt echter tot de Rijn. Vlakbij de Rijn is de stroomsnelheid in de aquifer groot en hiermee ook de emissie. Het beïnvloedde gebied is echter zeer klein.

ad A en B Stedelijk gebied en industrieterreinen

Voor de vervuilingssituaties zoals beschreven onder A en B treden complicaties op wanneer het stedelijk gebied of industrieterreinen betreft. In deze gevallen is er veelal sprake van opgebracht zand, een aangepast afwateringsstelsel dat vanwege het vele verharde oppervlak meer geënt is op het afvoeren van oppervlakkig afstromend water bij neerslagpieken dan voor de ontwatering. In deze gevallen kan men kiezen uit twee opties:

- 1 Een benaderende optie waarbij de fluxen worden berekend alsof het landelijk gebied betreft waarbij daarna gecorrigeerd wordt voor het percentage verhard oppervlak (uit de *landgebruiksk kaart*). Hierbij wordt verondersteld dat de lokale geohydrologische situatie niet wezenlijk afwijkt van die van het omliggende landelijke gebied. De benaderende optie zal beter werken bij situatie B waar de vervuiling dieper in het grondwater aanwezig is.
- 2 Een gebiedspecifieke optie, waarbij de lokale geohydrologische situatie verder moet worden uitgewerkt om de grootte van de fluxen te bepalen. In dat geval dient, naast de onder situatie A en B genoemde informatie, de volgende aanvullende lokale informatie verzameld te worden:
 - stijghoogte-informatie op verschillende diepten en op verschillende afstanden van de waterpartijen en ontwateringsmiddelen;
 - informatie over de hoeveelheid opgebracht zand;
 - het percentage verhard oppervlak.

3.4 Inventarisatie van combinaties van vervuilende stoffen en vervuilingssituaties

Voor elk van de stoffen die bij stap 1 (§ 3.2) zijn geïnventariseerd wordt vastgesteld in welke hoedanigheid deze kunnen voorkomen, i.c. in welke vervuilingssituaties zoals hierboven beschreven deze stoffen kunnen verkeren. Informatie hierover kan in eerste instantie worden gehaald uit de *Leidraad Bodembescherming* (1990).

3.5 Inventarisatie van saneringstechnieken

Bepaald wordt welke saneringstechnieken in eerste instantie worden beschouwd. Voor elke saneringstechniek wordt bepaald op welke stoffen deze van toepassing is, op welke wijze de sanering plaatsvindt (bijv. afgraving, geohydrologische isolatie, in-situ sanering), voor welke van de vervuilingssituaties deze kan worden gebruikt en welke randvoorwaarden voor deze techniek gelden (bodemtype, geohydrologische situatie, vereist pompdebiet).

3.6 Maken kruistabellen

Met de classificatie in vervuilingssituaties van stap 2 (§ 3.3) en de inventarisaties in stappen 1, 3 en 4 (resp. § 3.2, 3.4 en 3.5) kan per saneringstechniek een kruistabel worden gemaakt zoals het voorbeeld van figuur 1. Per stof en per situatie wordt in de vorm van staafdiagrammen aangegeven welk gedeelte van de totale vervuiling via emissie naar de lucht, grond- en oppervlaktewater is verdwenen na 5 en 30 jaar met en zonder toepassing van de saneringstechniek. Ook zal in deze kruistabellen af te lezen zijn voor welke combinatie van stof en vervuilingssituatie deze techniek niet toepasbaar is. Voor elke saneringstechniek (dus voor elke kruistabel) wordt verder aangegeven welke aanvullende technische randvoorwaarden gelden die niet worden afgedekt door de vervuilingssituaties (bijvoorbeeld vereist pompdebiet).

3.7 Lokale validatiestudie

Op een actuele vervuilinglocatie, waar een sanering heeft plaatsgevonden en de concentraties van stoffen in bodem, grondwater en oppervlaktewater voor en na sanering goed zijn gemeten, wordt de vervuilingssituatie gedetailleerd in beeld gebracht. Op basis van de kruistabel die hoort bij de techniek wordt voor de betreffende stoffen geschat wat de emissie naar de lucht en het grond- en oppervlaktewater was op het tijdstip waarop de concentratiemetingen voor de sanering zijn genomen en op het tijdstip waarop de metingen na de sanering zijn gedaan. Door de voorspelde emissievrachten om te rekenen naar concentraties en deze te vergelijken met de concentratiemetingen kunnen de voorgestelde methoden van emissieschatting worden gevalideerd. Hierna kunnen deze methoden zonodig bijgesteld worden.

3.8 Landelijke emissiekartering

Voor een grid van voldoende resolutie worden voor heel Nederland drie fysiografische kaarten gemaakt: voor situatie A, B en C. Niet elke situatie zal overal in Nederland voorkomen. Zo is situatie B in Kwartair Nederland niet te verwachten, terwijl situatie A in de veenweidegebieden niet aannemelijk is. Voor elk van de situaties valt een pixel in één van de fysiografische eenheden gebaseerd op verschillen in bodem, geologie en geohydrologie, zoals beschreven in stap 2 (§ 3.3). Voor stedelijk gebied of industriegebied zullen voor de kaarten voor situaties A en B verdere factoren, zoals het percentage verhard gebied, moeten worden meegenomen. Combinatie van de fysiografische kaarten met de kruistabellen leidt voor een bepaalde stof of groep van stoffen, en een bepaalde saneringstechniek tot een landelijke kaart van emissiepercentages naar lucht, grond- en oppervlaktewater na 5 of 30 jaar bij wel of niet toepassing van de saneringstechniek. Voor elke combinatie van een stof en een saneringstechniek kan dit maximaal leiden tot 36 kaarten:

- percentage emissie na 5 jaar naar lucht, grondwater en oppervlaktewater voor vervuilingssituatie A (3 kaarten), vervuilingssituatie B (3 kaarten) en vervuilingssituatie C (3 kaarten) zonder saneren;

- percentage emissie na 30 jaar naar lucht, grondwater en oppervlaktewater voor vervuilingssituatie A (3 kaarten), vervuilingssituatie B (3 kaarten) en vervuilingssituatie C (3 kaarten) zonder saneren;
- percentage emissie na 5 jaar naar lucht, grondwater en oppervlaktewater voor vervuilingssituatie A (3 kaarten), vervuilingssituatie B (3 kaarten) en vervuilingssituatie C (3 kaarten) met saneren;
- percentage emissie na 30 jaar naar lucht, grondwater en oppervlaktewater voor vervuilingssituatie A (3 kaarten), vervuilingssituatie B (3 kaarten) en vervuilingssituatie C (3 kaarten) met saneren.

Natuurlijk heeft een saneringstechniek veelal betrekking op slechts één type vervuilingssituatie. Hierdoor is het aantal kaarten in de praktijk veel geringer.

Naast emissiepercentages komen op deze kaarten ook nog de volgende klassen voor:

- a 'niet van toepassing', als de beschouwde stof nooit in de betreffende vervuilingssituatie kan voorkomen;
- b 'niet toepasbaar' als de beschouwde saneringstechniek voor de betreffende vervuilingssituatie niet toepasbaar is;
- c 'niet mogelijk' omdat de beschouwde saneringstechniek technische randvoorwaarden stelt die op de betreffende locatie niet kunnen worden gerealiseerd. Hierbij denken we in eerste instantie aan saneringstechnieken waarbij hoeveelheden water moet worden onttrokken die groter zijn dan volgens de provinciale regelgeving mogelijk zijn. Hiervoor moet een *kaart van maximaal mogelijke onttrekkingen* worden gemaakt.

Voor de klassen b en c geldt dat de emissies met en zonder toepassing van de beschouwde saneringstechniek gelijk zijn.

3.9 Schatting landelijke emissiereductie

De laatste stap bestaat uit het schatten van de landelijke reductie van emissies naar lucht, grondwater en oppervlaktewater wanneer een beschouwde saneringstechniek op alle locaties waarop deze toepasbaar is ook daadwerkelijk zou worden toegepast. Hiervoor moet een kaart worden gemaakt van alle vervuilde locaties waar de beschouwde stoffen of stoffengroepen voorkomen. Als bron hiervoor kunnen inventarisaties van provincies en gemeenten worden gebruikt, eventueel aangevuld met de RIVM rapporten *Milieubalans* (RIVM, 1995) en *Milieuverkenningen* (RIVM, 1988, 1991, 1993). Door combinatie van deze kaart met de landelijke emissiekaarten (stap 7, § 3.8) kan de vermindering van de landelijke emissievracht, onderverdeeld naar lucht, grondwater en oppervlaktewater, na 5 en 30 jaar worden berekend wanneer de beschouwde saneringstechniek op alle daarvoor geschikte vervuilde locaties zou worden toegepast.

3.10 Analyse van een nieuwe saneringstechniek

Wanneer de berekeningsstappen die hiervoor zijn beschreven eenmaal zijn uitgevoerd hoeft men bij de analyse van een nieuwe saneringstechniek niet al deze stappen te herhalen. Voor de nieuwe saneringstechniek hoeft alleen een nieuwe kruistabel worden aangemaakt (stap 5, § 3.6) en uit stappen 7 en 8 (§ 3.8, 3.9) volgt dan direct de maatstaf voor landelijke emissiereductie.

3.11 Sturing ontwikkeling saneringstechnieken

Alhoewel de maatstaf is ontwikkeld voor evaluatie van nieuwe saneringstechnieken is de bruikbaarheid groter. Het is mogelijk een gewenst resultaat in te voeren of zelfs een aantal varianten. Doorrekenen van de maatstaf leidt dan tot (min of meer) verschillende emissiereducties. Hieruit kan vervolgens worden afgeleid welke maatregel leidt tot de meest gewenste reductie. Door hierbij ook een kostenafweging te maken of de maatstaf onderdeel te laten zijn van een milieurendement benadering is het mogelijk om vast te stellen wat de meest gewenste eigenschappen van een saneringstechniek zijn. Hiermee kan rekening worden gehouden bij verdere stimulering van de te ontwikkelen saneringstechnieken of concepten.

3.12 Risico's voor volksgezondheid en milieu

Het zou kunnen dat men in een volgende fase van het onderzoek wil weten wat het effect is van de toepassing van een saneringstechniek op de vermindering van milieu- en volksgezondheidsrisico's. Om dit te bepalen zijn de stappen 1 t/m 7 (§ 3.2 t/m 3.8) hetzelfde als die voor de bepaling van de emissiereductie. Vervolgens dient men op elke vervuilde locatie waar de beschouwde stof of groep van stoffen voorkomt lokaal te bekijken wat de voorspelde emissievrachten voor gevolgen hebben op de concentraties in lucht, grond- en oppervlaktewater op en rond de vervuilde locatie, met en zonder toepassing van de saneringstechniek. Aan de vermindering van deze concentraties ten gevolge van de saneringstechniek kan dan de vermindering van de lokale risico's voor milieu en volksgezondheid worden gekoppeld. Uit de vermindering van de lokale risico's kan vervolgens een landelijke maat voor risicovermindering worden afgeleid.

3.13 Benodigde informatie

Uit de procedure voor de berekening van de maatstaf kunnen we afleiden welke informatie hiervoor nodig is. Eerst volgt een lijst van benodigde informatie waarvan bekend is dat deze beschikbaar is. Voor elk gegevensbestand of rapport wordt aangegeven wie de bronhouders of auteurs zijn. Vervolgens volgt de benodigde

informatie waarvan niet zeker is of deze landelijk beschikbaar is. Mogelijke bronnen worden aangegeven waaruit deze informatie landelijk zou kunnen worden aangemaakt.

Beschikbare informatie

- 1 : 50 000 bodemkaart van Nederland (SC-DLO)
- Geologische kaarten (RGD)
- Landelijke hydrologische systeemkartering (GG-TNO)
- Grondwaterkaart van Nederland (GG-TNO)
- Landgebruikskaart (menselijke activiteiten) bijv. BARS-bestand (Rijkswaterstaat), Corine-bestand (EU, SC-DLO) en LGN-bestand (SC-DLO)
- Leidraad bodembescherming (1990)
- Rapport 'Groundwater recharge and travel times in the sandy regions of the Netherlands' (Meinardi, 1994)
- Rapport 'Scenariostudie naar de verandering van grondwateraanvulling en grondwaterstanden tussen de jaren vijftig en tachtig' (Querner et al., 1994)
- Rapport 'Risk assessment based on CSOIL, for soils contaminated with volatile compounds; VOLASOIL model description (Waitz et al., 1996)
- Rapport 'Kwetsbaarheid van het grondwater : Kartering van kenmerken van de Nederlandse bodem in relatie tot de kwetsbaarheid van het grondwater voor verontreiniging' (Duijvenbooden et al., 1987)
- Rapport 'Berekening van de nitraatbelasting van het grondwater, achtergronddocument bij de Nationale Milieuverkenningen 2' (Van Drecht, 1993)
- Milieuverkenningen (RIVM, 1988, 1991, 1993)
- Milieubalans (RIVM, 1995)
- Gegevens proefsaneringen (NOVEM)
- Gegevens over de mogelijkheden van de in beschouwing te nemen saneringstechnieken (NOVEM)

Nog te inventariseren informatie

- Vermoedelijke locaties van vervuilingen met dezelfde stof(fen) in Nederland. Deze informatie dient verkregen te worden door het combineren van informatie van gemeenten en provincies met bijv. Milieuverkenningen (RIVM, 1988, 1991, 1993) en Milieubalans (RIVM, 1995) en gegevens van provincies en gemeenten.
- Gegevens over vergunningverlening voor grondwateronttrekking. Door combinatie met de fysiografische kaarten (stap 7, § 3.8) met gegevens van provincies moet een landelijk beeld ontstaan voor de maximale hoeveelheid grondwater die per tijdseenheid kan worden onttrokken. Bij het RIVM bestaat hiervan een globaal beeld.
- Gegevens over slootdichtheden. Deze gegevens kunnen waarschijnlijk verkregen worden uit het recent verschenen DIGTOP-bestand van de topografische dienst waar SC-DLO over kan beschikken. Aanvullende gegevens kunnen gevonden worden in de leggers van de waterschappen.

4 Discussie en conclusies

Saneren van verontreinigde bodems is een activiteit die een positief effect op het milieu moet hebben. Na een periode waarin alleen saneringstechnieken werden gebruikt en ontwikkeld die grond terugsaneerden tot multifunctionaliteit, wat meestal neerkwam op verwijderen, worden nu ook technieken ontwikkeld voor moeilijker situaties waarin een 100%-verwijdering niet meer mogelijk is. De in deze studie ontwikkelde maatstaf geeft de mogelijkheid om voor saneringstechnieken de landelijke reducties m.b.t emissie vast te stellen. Er is onderzocht welke gegevens hiervoor nodig zijn en op welke wijze verwerking kan plaatsvinden.

De maatstaf is alleen nog maar ontwikkeld en nog niet toegepast. Voor toepassing lijkt het echter wenselijk om dit onderzoek kort te sluiten met ontwikkelingen die lopen in het kader van de urgentiesystematiek. Aan het begin van deze studie is vastgesteld dat er geen onacceptabele overlap was, maar in een veld dat in ontwikkeling is lijkt het zinvol om na te gaan of de verschillende onderzoeklijnen elkaar kunnen versterken. Het is aan te bevelen om via een workshop te komen tot een afstemming binnen de lopende onderzoeklijnen. Dit kan een gezamenlijk activiteit zijn van Novem, RIVM en SC-DLO. Belangrijk bij de workshop zal de bespreking van dit rapport zijn. Verdere deelnemers kunnen afkomstig zijn van VROM, Provincie, BSB en de wetenschap. Na de workshop kan worden gewerkt aan de basisinformatie die nodig is voor toepassing van de maatstaf en kan de maatstaf concreet worden ingevuld voor een aantal situaties.

Aan het einde van het onderzoek bleek dat het toepassingsgebied van de maatstaf groter is en dat hij ook gebruikt kan worden voor sturing van te ontwikkelen saneringstechnieken. De gewenste emissiereductie is dan sturend voor de te ontwikkelen technieken. Met de maatstaf kan vooraf worden uitgerekend of een bepaalde saneringswijze wel leidt tot een voldoende emissiereductie. Dit speelt vooral bij in-situ saneringen, waarbij een ontwikkelde techniek bepaalde fracties van de verontreiniging kan aanpakken en geen vat heeft op de rest van de verontreiniging.

Samenvattend kan de maatstaf worden gebruikt ter ondersteuning van het beleid, met name voor:

- Het bepalen van de concrete emissiereducties van ontwikkelde technieken op landelijke schaal.
 - Het verkrijgen van meer inzicht in mogelijke (landelijke) emissiereducties van nieuw te ontwikkelen saneringstechnieken.
 - De ontwikkeling van kennis over wat eenvoudig kan worden gerealiseerd en wat niet, en op welke verontreinigingssituaties we onvoldoende grip hebben.
- Dit alles kan leiden tot het beter vaststellen van de beleidsspeerpunten voor bodemsanering.

Uiteindelijk dient de maatstaf in een breder kader te worden geplaatst en zal bij de concrete invulling rekening moeten worden gehouden met de volgende aspecten:

- het in beeld brengen van verontreinigingsknelpunten met bijbehorende risico's,

- beschikbare mogelijke saneringstechnieken,
- toepasbaarheid van technieken,
- potentiële emissie- en risicoreductie,
- restemissie en restrisico als gevolg van het niet-beschikbaar zijn van een techniek of een te beperkt bereik,
- aandachtsvelden voor techniekontwikkeling,
- combinatie van deeloplossingen,
- mogelijkheid om te optimaliseren bij de techniekontwikkeling m.b.t. milieurendement (emissiereductie versus inspanning (geld, energie)).

Literatuur

Drecht, G. van, 1993. *Berekening van de nitraatbelasting van het grondwater, achtergronddocument bij de Nationale Milieuverkenningen 2*. RIVM, rapport 840382001, Bilthoven.

Duijvenbouden, W. van, A. Breeuwsma en L. Boumans, 1987. *Kwetsbaarheid van het grondwater: kartering van kenmerken van de Nederlandse bodem in relatie tot de kwetsbaarheid van het grondwater voor verontreiniging*. RIVM, rapport 840387003, Bilthoven.

Leidraad bodembescherming, 1990. *Deel 2: Sanering*. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

Meinardi, C.R., 1994. *Groundwater recharge and travel times in the sandy regions of the Netherlands*. RIVM, rapport 715501004, Bilthoven.

Meijden, A.M. van der en A.P.T. Driessen, 1986. *Betekenis van het sorptie-evenwicht voor de verdeling van organische(micro)-verontreinigingen in de bodem*. Reeks bodembescherming 54, SDU, 's-Gravenhage.

NEN 5740, 1991. *Bodem. Onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek*. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft.

Querner, E.P., W.H.B. Aarnink en C.C.P. van Mourik, 1994. *Scenariostudie naar de verandering van grondwateraanvulling en grondwaterstanden tussen de jaren vijftig en tachtig*. Staring Centrum, rapport 308, Wageningen.

RIVM, 1988. *Zorgen voor morgen: nationale milieuverkenning, 1985-2010*. RIVM, Bilthoven. Samson-Tjeenk-Willink, Alphen a/d Rijn.

RIVM, 1991. *Nationale milieuverkenning 2, 1990-2010*. RIVM, Bilthoven. Samson-Tjeenk-Willink, Alphen a/d Rijn.

RIVM, 1993. *Nationale milieuverkenning 3, 1993-2015*. RIVM, Bilthoven. Samson-Tjeenk-Willink, Alphen a/d Rijn.

RIVM, 1995. *Milieubalans 1995: het Nederlandse milieu verklaard*. RIVM, Bilthoven.

Waitz, W.F.W., J.I. Freijer, P. Kreule en F.A. Swartjes, 1996. *The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds*. RIVM, rapport 715810014, Bilthoven.

Niet-gepubliceerde bronnen

DLO-Staring Centrum, 1995. *Maatstaf voor de effectiviteit van saneringstechnieken*. Wageningen. Projectbeschrijving.

Aanhangsel A Uitnodiging brainstormsessie

Brainstormsessie: Maatstaf voor de effectiviteit van saneringstechnieken voor het verminderen van het verspreidingsrisico van bodemverontreinigingen.

Aan: Harry Dijkstra, Roel During, Frank Veeneklaas, Jan Hoeks, Rolf Kemmers, Arnold Bregt, Theo Brock, Dethmer Boels, Piet Groenendijk, Simone Houtman

Van: Joop Harmsen en Marc Bierkens

In dit schrijven vindt u alvast wat voorinformatie voor de brainstormsessie die zal worden gehouden op woensdag 21 februari om 9.00 uur in zaal 226.

Tijdens de brainstormsessie dienen de volgende vragen beantwoord te worden:

- 1) Wat is een geschikte maatstaf om het effect van saneringstechnieken op het (landelijke) verspreidingsrisico van vervuilende stoffen te kwantificeren?
- 2) Welke berekeningsstappen zijn nodig om deze maatstaf voor een bepaalde stof en een bepaalde saneringstechniek vast te stellen?
- 3) Welke informatie is hierbij nodig, welke informatie is hiervoor beschikbaar en is het mogelijk om deze informatie op een juiste wijze te combineren?

Het programma voor de sessie ziet er als volgt uit:

- 9.00- 9.15 uur: Introductie en probleemschets (Joop Harmsen)
- 9.15- 9.45 uur: Voorstel maatstaf en berekeningsstappen (Marc Bierkens)
- 9.45- 10.00 uur: Rondje voorstellen deelnemers
- 10.00- 10.30 uur: Discussieronde over de maatstaf
- 10.30- 11.00 uur: Discussieronde over de berekeningswijze als geheel
- 11.00- 11.45 uur: Discussieronde over de individuele berekeningsstappen en de benodigde informatie
- 11.45-12.00 uur: Formulering belangrijkste conclusies en afsluiting

Joop Harmsen zal fungeren als discussieleider.

Beoogde maatstaf

Als voorstel voor een maatstaf wordt per stof genomen de cumulatieve frequentieverdeling van de oppervlakte grond met concentraties boven bepaalde waarden. Deze cumulatieve frequentieverdelingen worden bepaald voor een richtjaar (bijv. 2010) zonder en met toepassing van de saneringstechniek. Zo kan voor elke concentratiedrempel het oppervlaktepercentage vervuilde grond voor het richtjaar worden bepaald voor de situatie met en zonder toepassing van de saneringstechniek. Het verschil tussen beiden geeft het effect van de saneringstechniek op het terugdringen van het verspreidingsrisico. De aldus gebruikte maatstaf is normvrij: de resultaten kunnen bij elke normwaarde van de concentratie worden toegepast. Een belangrijke vraag die bij deze sessie beantwoord moet worden is of een dergelijke

maatstaf geschikt is om er later ecologische en toxicologische effecten aan op te hangen.

Beoogd stappenplan berekeningen

- 1) vaststelling mobiliteit van stofgroepen voor verschillende bodemtypen;
informatie: handboek saneringen, kennis bij SC-DLO;
- 2) vaststelling verspreidingssnelheid stofgroepen als functie van bodemtype, hydrologische situatie (infiltratiegebied, kwelgebied, stroomsnelheid grondwater, oppervlaktewaterstelsel) en menselijke activiteiten.
informatie: handboek saneringen, kennis bij SC-DLO;
- 3) inventarisatie van (combinaties van) beschikbare saneringstechnieken, het toepassingsgebied ervan m.b.t. te saneren stoffen en randvoorwaarden voor de toepassing; eisen aan locatie m.b.t. bodemtype, geohydrologische situatie, etc;
informatie: handboek saneringen, NOVEM;

lokale studie:

- 4) selectie proeflocatie, beschrijving bodemkundige en geohydrologische situatie, menselijke activiteiten, relevante stoffengroepen en toegepaste saneringstechniek;
informatie: bodemkaart van Nederland (SC-DLO), grondwaterkaart van Nederland en hydrologische systeembeschrijving (GG-TNO), NOVEM;
- 5) aan de hand van de ouderdom van de verontreinigingen op de locatie voorspellen van de huidige concentratieverdeling op de locatie en nagaan of dit in overeenstemming is met de aangetroffen situatie (validatie);
informatie: resultaten van stap 2) en concentratiemetingen op locatie;
- 6) maken van kaarten met voorspelde concentratieverdelingen voor de locatie op lange en korte termijn bij verschillende saneringsvarianten; evalueren van de maatstaf;
informatie: handboek saneringen, resultaten stap 2), NOVEM.

landelijke toepassing:

- 7) maken van een landelijke verspreidingsrisico- (verspreidingssnelheids-)kaart voor verschillende stoffengroepen;
informatie: bodemkaart van Nederland (SC-DLO), grondwaterkaart van Nederland en landelijke hydrologische systeembeschrijving (GG-TNO), landgebruikskaart (SC-DLO);
- 8) voor een aantal stoffengroepen landelijk inventariseren van gelijksoortige vervuilingen als op proeflocatie;
informatie: milieuverkenningen en milieubalans (RIVM), NOVEM, provincies en gemeenten;
- 9) nagaan wat de effecten op landelijke schaal zijn in termen van de voorgestelde maatstaf, voor zowel op de korte als op de lange termijn, als gelijksoortige verontreinigingen zouden worden gesaneerd. Hierbij moet rekening gehouden worden met de randvoorwaarden voor de saneringstechnieken. Niet elke

techniek kan overal worden toegepast;

informatie: landelijke verspreidingsrisicokaart (stap 7), voorwaarden vergunningverleningen onttrekkingen van provincies, grondwaterkaart van Nederland en hydrologische systeembeschrijving (GG-TNO);

- 10) rapportage, beschrijving van de methode, de resultaten van de lokale validatie en de landelijke toepassing.

Raakvlakken met onderzoek bij het RIVM

Bij het RIVM vindt onder andere het volgende aansluitende onderzoek plaats:

- onderzoek naar het directe lokale effect van saneringstechnieken (dus niet op toekomstige verspreiding maar op concentratieverdeling direct na of gedurende de saneringsoperatie);
- ontwikkeling risicogestuurd saneren (koppeling keuze saneringstechniek aan gevolgen volksgezondheidsrisico's) wordt momenteel opgestart;
- ontwikkeling systematiek urgentiebepaling (gebaseerd op huidige concentratieverdelingen op vervuilde locaties en de gevolgen ervan voor volksgezondheidsrisico's).