

De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland



IWACO

Auteurs

F.P.J. Lamé
G. Frapporti
H. Leenaers
H.M.C. Satijn



De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland

Datum
november 1996

Auteur(s)
F.P.J. Lamé
G. Frapporti
H. Leenaers
H.M.C. Satijn

Projectnummer
27234

Trefwoorden
- achtergrondconcentraties
- streefwaarden

Bestemd voor
Novem
Drs. R. Wismeijer
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

TNO rapport MEP-R 96/424
IWACO rapport 1060990

Samenvatting

Aanleiding

In dit onderzoek is, naar aanleiding van commentaar op de getalswaarden van de streefwaarden en de wijze van toetsing aan de streefwaarden, onderzoek gedaan naar de achtergrondconcentraties in de vaste bodem van Nederland. Inzicht in de verdeling van de achtergrondconcentraties is van belang, omdat (een deel van) de streefwaarden binnen de verdeling van de achtergrondconcentraties valt. Dit betekent dat er bij het toetsen aan de streefwaarde overschrijdingen kunnen optreden zonder dat er sprake is van, ten opzichte van de achtergrondconcentraties, verhoogde concentraties.

Opzet

Ten behoeve van het vaststellen van de achtergrondconcentraties zijn voor de *landbodem* de gegevens van de beschikbare landelijke en provinciale meetnetten bij elkaar gevoegd. Tengevolge van onderlinge verschillen tussen deze meetnetten bleek het echter niet mogelijk alle meetnetten binnen één gegevensbestand op te slaan. Anderzijds werd juist hierdoor de mogelijkheid geschapen om een aantal relevante toetsingsaspecten te bestuderen. Om in het 'basisbestand' te worden opgenomen diende de gegevens afkomstig te zijn van perceels- of bedrijfsschaal (10.000 tot 350.000 m²), op welk oppervlak 40 tot 320 grepen zijn genomen uit de laag van 0 - 10 cm.

Voor de *zoetwaterbodem* was een dergelijke wijze van aanpak niet mogelijk aangezien er in de zoetwaterbodem geen eenduidige meetnetopzet is gedefinieerd.

Voor de zoetwaterbodem is daarom op basis van een aantal relevant lijkende selectiecriteria een deeldoorsnede van het LAWABO-bestand verkregen.

Voor de *zoutwaterbodem* moest worden volstaan met een relatief beperkt aantal gegevens die eveneens niet voortkomen vanuit een op voorhand gedefinieerde meetnetopzet.

Weergave achtergrondconcentraties

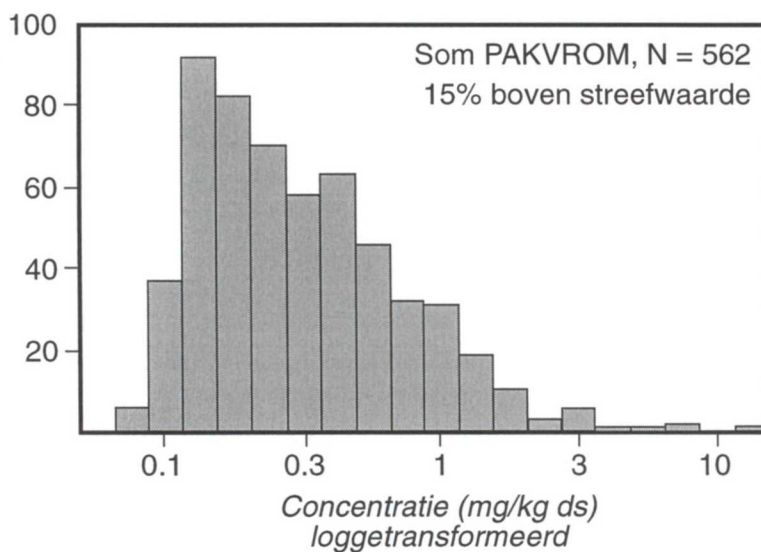
De verzamelde gegevens zijn in dit rapport weergegeven op basis van statistische kengetallen van de verdelingen. Voor die stoffen waarvoor voldoende gegevens boven de bepalingsondergrens zijn gemeten is het gemiddelde en de standaarddeviatie bepaald. Daarbij is als criterium gekozen dat ten hoogste 30% van de waarnemingen op of onder de bepalingsondergrens mag vallen. Om daarbij rekening te houden met de gemeten bepalingsondergrenzen, zijn deze concentraties vermenigvuldigd met een factor 0,7. Op deze wijze wordt enerzijds rekening gehouden met het feit dat de waargenomen verdelingen van de achtergrondconcentraties scheef-lognormaal - zijn verdeeld en wordt anderzijds recht gedaan aan het feit dat een deel van de gemeten bepalingsondergrenswaarden feitelijk nog lager zullen zijn geweest.

Voor die stoffen waarvoor meer dan 30% van de waarnemingen onder of op de bepalingsondergrens vallen zijn alleen percentielwaarden van de verdelingen gegeven.

Achtergrondconcentraties in de landbodem

Het blijkt dat op basis van de beschikbare gegevens voor de landbodem variabele overschrijdingspercentages van de streefwaarden worden gevonden. Voor de som van de 10 PAK's uit de toetsingstabel van de Leidraad bodembescherming (PAKVROM) wordt een overschrijdingspercentage van 15% gevonden. Voor de zware metalen, zowel als voor de som van de 6 indicator PCB's (PCB-totaal) wordt voor vrijwel alle stoffen in minder dan 5% van de gevallen een overschrijding van de streefwaarde waargenomen. Bij de bestrijdingsmiddelen liggen deze overschrijdingspercentages (aanzienlijk) hoger. Hierbij speelt echter in belangrijke mate mee dat een behoorlijk deel van de overschrijdingen wordt veroorzaakt door concentraties gelijk aan de bepalingsondergrens. Worden deze overschrijdingen buiten beschouwing gelaten dan ligt circa 10% van de werkelijk gemeten concentraties boven de streefwaarde.

Van belang voor deze overschrijdingspercentages is het feit dat de achtergrondconcentraties voor de landbodem zijn verzameld op een schaal van 10.000, 40.000 of 350.000 m², op welke oppervlakten respectievelijk 40, 160 en 320 steken zijn genomen. De achtergrondconcentraties zijn vastgesteld op basis van uit deze groepen verkregen mengmonsters.



Verdeling van de achtergrondconcentraties van PAKVROM in de landbodem na logaritmische transformatie.

Oorsprong waterbodemgegevens

Voor zowel de zoet- als zoutwaterbodem gegevens geldt dat deze resultaten niet zijn verkregen op basis van een op het vaststellen van de achtergrondconcentraties gericht meetnet. Dit komt enerzijds voort uit het ontbreken van een hierop gericht meetnet in de waterbodem en komt anderzijds voort uit de in het kader van dit onderzoek geformuleerde selectiecriteria voor het verkrijgen van de gegevens uit het LAWABO gegevensbestand. Voor de geselecteerde gegevens blijkt bovendien te gelden dat deze, in tegenstelling tot de landbodem, niet afkomstig zijn van mengmonsters over grote oppervlakten, maar gebaseerd zijn op individuele monsters van puntlocaties. De hogere percentages aan overschrijdingen van de streefwaarde zijn in overeenstemming met de verwachting dat een dergelijke wijze van meting (puntlocaties versus gebiedsgemiddelden) leidt tot een (sterke) verbreding van de verdeling van de gemeten concentraties. Het feit dat binnen de verzameling waarnemingen echter ook belaste monsters aanwezig zijn, leidt er toe dat voor de zoet- en zoutwaterbodem niet kan worden gesproken over *achtergrondconcentraties*.

Concentraties in de zoetwaterbodem

Tengevolge van de wijze waarop de gegevens van de zoetwaterbodem uit LAWABO zijn geselecteerd kunnen deze, in tegenstelling tot de gegevens van de landbodem, niet als achtergrondconcentraties worden aangemerkt. Een directe vergelijking van de gegevens van de drie verschillende compartimenten (landbodem, zoetwaterbodem, zoutwaterbodem) is dus niet mogelijk.

Op basis van de verzamelde gegevens wordt vastgesteld dat voor PAKVROM de streefwaarde in 70% van de metingen wordt overschreden, terwijl PCB-totaal in circa 80% van de waarnemingen de streefwaarde overschrijdt. Wel geldt voor deze laatste parameter dat een relatief groot deel van deze overschrijding kan worden toegeschreven aan overschrijdingen van de streefwaarden voor de individuele PCB's op basis van het meten van bepalingsondergrenzen. Voor de zware metalen is het beeld wat gunstiger, de overschrijdingspercentages zijn aanzienlijk lager dan voor PAKVROM en PCB-totaal. Alleen voor arseen en chroom ligt het overschrijdingspercentage onder de 10%. De overschrijdingspercentages voor kwik, koper, nikkel en lood liggen tussen de 20 en 35%, terwijl voor zink en cadmium de streefwaarde in circa 55% van de metingen wordt overschreden. Voor minerale olie wordt in meer dan circa 85% van de gevallen een concentratie boven de streefwaarde aangetroffen. Voor de bestrijdingsmiddelen liggen de overschrijdingspercentages tenslotte allen boven de circa 75%, waarbij ook in dit geval moet worden opgemerkt dat dit in belangrijke mate wordt veroorzaakt door het meten van concentraties onder of op het niveau van de bepalingsondergrens.

Concentraties in de zoutwaterbodem

Ook voor de gegevens van de zoutwaterbodem geldt dat deze, tengevolge van de aan de gegevensverzameling ten grondslag liggende wijze van selecteren, niet als achtergrondconcentraties kunnen worden beschouwd.

De concentraties in de zoutwaterbodem zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met de concentraties van de zoetwaterbodem. Evenals voor de zoetwaterbodem overschrijdt PAKVROM de streefwaarde in 70% van de waarnemingen. Voor de PCB's overschrijden 5 van de 7 indicator PCB's de streefwaarde in circa 40 tot 50% van de metingen, terwijl de andere twee de streefwaarde in circa 90% van de metingen overschrijden. Voor PCB-totaal resulteert dit in een overschrijdingspercentage van 70%. Een deel van de zware metalen levert ook hier een gunstiger beeld op. Arseen, chroom, lood en nikkel overschrijden de streefwaarde in ten hoogste 5% van de waarnemingen. Koper leidt tot een overschrijdingspercentage van 10%, terwijl de overige zware metalen rond de 40% liggen. Minerale olie geeft in meer dan 90% van de gevallen een overschrijding van de streefwaarde. Van de bestrijdingsmiddelen liggen de concentraties in tenminste 95% van de metingen onder de streefwaarde. Alleen HCB wijkt hier van af; voor die stof wordt in meer dan 50% van de metingen de streefwaarde overschreden.

Toetsingsaspecten

Om vast te kunnen stellen op welke wijze bij bodemonderzoek gemeten concentraties in het licht van de voorkomende achtergrondconcentraties moeten worden geïnterpreteerd, is het van belang om vast te stellen in welke mate de verdeling van de achtergrondconcentraties wordt beïnvloed door de wijze waarop de achtergrondconcentraties zijn verkregen. In dit onderzoek zijn de meest in het oog lopende factoren hiervan bestudeerd. Hierbij is onderzoek gedaan naar het effect van het wijzigen van de ruimtelijke schaal (het oppervlak) waarover een mengmonster wordt samengesteld, het effect van het aantal stoffen waarop wordt getoetst op de kans om een partij goed te keuren, de correlatie van de gegevens met het bodemtype, de vorm van landgebruik of de regionale ligging, het aantal steken dat wordt samengevoegd in een mengmonster en de diepte waarover het monster wordt verkregen. De invloed van deze factoren is vastgesteld op basis van een aantal gidsparameters.

Naast deze aspecten moet worden opgemerkt dat de op voorhand gemaakte driedeling in gegevens van de landbodem, de zoet- en de zoutwaterbodem potentieel op twee manieren kan worden beschouwd. Er zou kunnen worden onderzocht of er verschillen in de bodemkwaliteit bestaan tussen deze drie compartimenten. Gezien het feit dat er een essentieel verschil bestaat tussen het gegevensbestand van de landbodem enerzijds en het gegevensbestand van zoet- en zoutwaterbodem anderzijds, is een dergelijke vergelijking niet correct. Daarom moet (vooralsnog) worden volstaan met de tweede benadering waarbij wordt geconcludeerd dat er, alleen al op basis van het feit dat de gegevens op een andere wijze zijn geselecteerd, terecht onderscheid is gemaakt tussen de drie compartimenten.

Schaalgrootte

De invloed van de schaalgrootte is onderzocht op basis van de gegevens van de landbodem. De schaalgrootte blijkt, in overeenstemming met de verwachting, van invloed te zijn op de verdeling van de achtergrondconcentraties in de landbodem. Naarmate het oppervlak waarover de grepen worden verzameld toeneemt, neemt

de variabiliteit in de achtergrondconcentraties af. Alleen voor de bestrijdingsmiddelen is dit effect niet duidelijk waar te nemen.

Toetsing op meerdere stoffen

De toetsing op meerdere stoffen is onderzocht op basis van de gegevens van de landbodem. Tengevolge van het feit dat voor een groot aantal stoffen de percentages overschrijdingen voor individuele stoffen reeds hoog zijn, leidt een toetsing op meerdere stoffen snel tot een aanzienlijke overschrijdingskans. Dit betekent dat een partij grond die op meerdere stoffen moet worden getoetst, maar waarvan de concentraties volledig binnen de verdeling van achtergrondconcentraties vallen, een vrij grote kans heeft om op basis van het overschrijden van de streefwaarde voor één (of meerdere) stoffen te worden afgekeurd.

De onderlinge correlatie tussen de verschillende stoffen is daarbij van grote invloed op hoe deze gecombineerde overschrijdingskans zich ontwikkelt. Hiervoor is het niet alleen van belang welke stoffen in een partij moeten worden onderzocht, maar tevens hoe de correlatie tussen de stoffen in die partij is. In dit rapport zijn richtinggevend berekeningen gedaan op basis van de gegevens van de landbodem over heel Nederland. Voor een specifieke partij grond, afkomstig van een bepaalde plek in Nederland, kunnen de onderlinge correlaties echter sterk afwijken van hetgeen voor de verzameling gegevens voor heel Nederland is gevonden. De resultaten in dit rapport zijn derhalve niet meer dan indicatief voor de toetsing van een partij grond. De resultaten geven wel een beeld van wat er bij een toetsing van de landbodem van *geheel* Nederland zou gebeuren.

Gebiedskenmerken

Binnen het gegevensbestand van de landbodem zijn waarnemingen aanwezig die zijn verkregen vanuit verschillende provincies, die voortkomen uit bodems met verschillende vormen van bodemgebruik en waarvan het bodemtype verschilt. Deze drie eigenschappen zouden van invloed kunnen zijn op de verdeling van de achtergrondconcentraties in de landbodem.

De regionale ligging is bestudeerd door het vergelijken van de gegevens van de verschillende provinciale meetnetten. Het blijkt dat dit voor PAKVROM en voor de zware metalen koper, lood en zink een belangrijke invloedsfactor is. Met name voor de provincie Utrecht zijn de overschrijdingskansen voor deze stoffen hoger dan voor de andere provincies (Noord-Brabant, Friesland, Groningen).

Het bodemgebruik is voor PAKVROM, arseen, koper, lood en zink geen relevant gebiedskenmerk. Voor een aantal van de bestrijdingsmiddelen worden in natuurgebieden echter relatief hoge concentraties waargenomen, terwijl de concentraties in grasland relatief laag zijn.

Het bodemtype is niet direct relevant voor de verdeling van de achtergrondconcentraties in de landbodem voor PAKVROM en de meeste zware metalen. Dit is wel het geval voor arseen waarbij de concentratie toeneemt in de volgorde zand-, veen en kleigrond.

Voor de zoetwaterbodem is alleen gekeken naar een indeling op basis van rijks- en regionale wateren. Bij die grove wijze van indeling blijken er verschillen op te treden; de concentraties in de bodem van de rijkswateren blijken hoger te zijn dan de concentraties in de regionale wateren.

Voor de zoutwaterbodem was het alleen mogelijk om een geografische indeling te hanteren. Ook hierbij blijkt dat deze indeling voor het merendeel van de stoffen van invloed is op de verdeling van de gemeten concentraties.

Aantal grepen

De invloed van het aantal grepen is onderzocht op basis van de gegevens van de landbodem. Het aantal grepen dat wordt genomen voor het bepalen van een gebiedsgemiddelde concentratie is van invloed op de gevonden gebiedsgemiddelde concentratie. De verdeling van potentiële meetresultaten wordt namelijk smaller naarmate er uit het gebied meer grepen worden genomen die worden samengevoegd in een mengmonster. Dat betekent dat de betrouwbaarheid van een gevonden gebiedsgemiddelde concentratie toeneemt naarmate dit is gebaseerd op een groter aantal grepen.

Anderzijds betekent dit ook dat de verdeling van potentiële achtergrondconcentraties direct afhankelijk is van het aantal grepen waarop die concentraties worden bepaald. Een vergelijking van een uit een puntmeting afkomstige concentratie met 'de achtergrondconcentratie' is dan ook niet (goed) mogelijk zonder inzicht te hebben in de wijze waarop de breedte van de verdeling van de achtergrondconcentratie wordt beïnvloed door het aantal grepen.

Bemonsteringsdiepte

Voor de landbodem blijkt dat de bemonsteringsdiepte een relevante factor is voor de verdeling van de achtergrondconcentraties. Voor de toplaag (0 - 10 cm) geldt dat de concentraties van PCB-totaal, de zware metalen en een aantal bestrijdingsmiddelen hoger zijn dan in de laag onder de toplaag. Bovendien blijkt ook de variabiliteit in de toplaag voor deze stoffen groter te zijn.

Voor de zoetwaterbodem blijkt de bemonsteringsdiepte geen relevante factor. Dit valt deels te verklaren uit het feit dat, gegeven de beschikbare meetresultaten, slechts een grove opdeling in laagdiktes mogelijk was. Een andere belangrijke verklaring wordt echter gevormd door het feit dat de wijze van belasting afwijkt van die van de landbodem en dat tengevolge van sedimentatie en erosie en de vorming van nieuw sediment er lokale verschillen zullen optreden. Dergelijke effecten zijn niet uit het gegevensbestand af te leiden en zullen eventueel wel aanwezige effecten sterk verstoren.

Bouwland

Op verzoek van de begeleidingscommissie is nog specifiek gekeken naar de gegevens die van bouwland afkomstig zijn. Daarbij is alle beschikbare informatie samengevoegd. Dit betekent dat de hiervoor genoemde gebiedskenmerken niet als onderscheidende criteria zijn gehanteerd, evenmin als de aan het 'basisbestand' ten

grondslag liggende selectiecriteria. Een gevolg hiervan is dat de betrouwbaarheid waarmee uitspraken kunnen worden gedaan afneemt ten opzichte van de uitspraken die op basis van het basisbestand worden gedaan.

De gegevens van het bouwland zijn vergeleken met de gegevens van de andere landgebruiksvormen.

Voor de stoffen arseen, koper, lood en zink worden voor bouwland vergelijkbare concentraties aangetroffen als in de andere landgebruiksvormen; in minder dan 10% van de monsters wordt de streefwaarde overschreden. De concentraties PAKVROM zijn voor bouwland gelijk aan de concentraties in natuurgebieden, voor circa 25% van de waarnemingen wordt de streefwaarde overschreden. Voor PCB-totaal liggen de concentraties in het bouwland wat hoger dan voor de overige landgebruiksvormen, leidend tot een overschrijding van de streefwaarde in circa 10% van de monsters. Voor de bestrijdingsmiddelen is geen eenduidig beeld te geven. Afhankelijk van welk bestrijdingsmiddel wordt bekeken zijn de concentraties vergelijkbaar met de concentraties in grasland en natuurgebieden (met circa 50% overschrijdingen van de streefwaarde), of worden (vrijwel) geen overschrijdingen van de streefwaarde geconstateerd.

Bietengrond

Eveneens op verzoek van de begeleidingscommissie is specifiek gekeken naar de concentraties zoals die in de bietengrond worden aangetroffen. De verzamelde gegevens zijn op basis van een aantal aspecten slecht vergelijkbaar met de in het kader van dit onderzoek verzamelde gegevens van de landbodem. Dit betekent dat de interpretatie van de gegevens met enige voorzichtigheid dient plaats te vinden. Voor PAKVROM worden in de bietengrond concentraties gevonden die overeenstemmen met de verdeling van de achtergrondconcentraties in de landbodem. Voor PCB-totaal wordt de streefwaarde niet overschreden, individuele PCB's doen dit echter wel. De concentraties van de zware metalen lijken in merendeel in het hogere deel van de verdeling van de achtergrondconcentraties van de landbodem te vallen. Dit betekent dat het er op lijkt dat de concentraties van de zware metalen wat verhoogd zijn ten opzichte van de concentraties in het basisbestand. De kans op overschrijding van de streefwaarde ligt echter wel in dezelfde orde van grootte als die van het basisbestand. Van de bestrijdingsmiddelen overschrijdt met name dieldrin de streefwaarde frequent. Dit geldt eveneens voor andere stoffen waarvoor geen gegevens in het basisbestand aanwezig zijn.

Representativiteit

De representativiteit van de gegevens dient te worden beoordeeld op basis van een aantal verschillende factoren. Van belang zijn de mate waarin de gegevens Nederland in geografische zin afdekken, in hoeverre de verschillende vormen van bodemgebruik en de voorkomende bodemtypen in de gegevens zijn vertegenwoordigd, het aantal stoffen waarover gegevens beschikbaar zijn en de schaal waarop uitspraken kunnen worden gedaan. Daarnaast is het van belang om vast te stellen of de gegevens afkomstig zijn uit belaste of onbelaste gebieden.

De representativiteit van de verzamelde gegevens voor de *landbodem* blijkt redelijk tot goed te zijn indien de verschillende factoren gezamenlijk worden beoordeeld. Weliswaar is de geografische dekking beperkt, maar de dekking ten aanzien van het bodemgebruik, zowel als van de bodemtypen is redelijk tot goed. Het aantal stoffen waarover uitspraken kunnen worden gedaan is beperkt indien het wordt vergeleken met de lijst van stoffen waarvoor in MILBOWA streefwaarden zijn gedefinieerd. Ten opzichte van de gebruikelijke lijst van te onderzoeken stoffen in 'onverdachte situaties' blijkt echter een goede dekking aanwezig te zijn. Wel is de schaal waarop uitspraken kunnen worden gedaan beperkt; uitspraken zijn alleen mogelijk op de schaal van heel Nederland of op provinciale schaal. De gegevens zijn verkregen in relatief onbelaste gebieden in Nederland, hetgeen betekent dat de concentraties inderdaad kunnen worden beschouwd als *achtergrondconcentraties*. De betrouwbaarheid waarmee uitspraken over de achtergrondconcentraties in de landbodem kunnen worden gedaan blijkt goed te zijn; voor een hoge percentielwaarde van de verdeling van achtergrondconcentraties van de landbodem worden smalle 95% betrouwbaarheidsintervallen gevonden.

Voor de *zoetwaterbodem* is de geografische dekking goed maar zijn de gegevens niet alleen uit relatief onbelaste gebieden afkomstig. Dit betekent dat de gegevens weliswaar een goede afspiegeling lijken te geven van de concentraties die, met uitzondering van de sterk verontreinigde gebieden, in de zoetwaterbodem in Nederland kunnen worden aangetroffen, maar dat deze concentraties *niet* als *achtergrondconcentraties* kunnen worden beschouwd.

Ook voor de *zoutwaterbodem* geldt dat de gegevens *niet* als *achtergrondconcentraties* kunnen worden beschouwd. Daarbij is voor de zoutwaterbodem echter ook de geografische dekking beperkt zodat moet worden geconcludeerd dat die gegevens ook niet als maatgevend voor de zoutwaterbodem mogen worden beschouwd.

Belast/onbelast

Vanuit de meetnetopzet van de *landbodemgegevens* geldt dat de locaties die binnen het meetnet worden geselecteerd zijn geplaatst in relatief onbelaste gebieden. De achtergrondconcentraties in de landbodem, verkregen met behulp van de meetnetten, zijn derhalve representatief voor relatief onbelaste gebieden. De statistische verdeling van de met behulp van de meetnetten verzamelde achtergrondconcentraties in de landbodem geven geen aanleiding tot een nadere opsplitsing in relatief belaste en onbelaste gebieden. Op basis van de beschikbare gegevens zou een grens tussen belaste en onbelaste gebieden statistische gezien volledig arbitrair zijn.

Koppeling van de term 'achtergrondconcentratie' aan de term '(relatief) onbelast' ligt voor de hand aangezien een zekere mate van belasting leidt tot verhoging van de concentraties. Daarmee kunnen de op dat moment aanwezige concentraties niet langer als *achtergrondconcentraties* worden beschouwd. Een dergelijke eenduidige koppeling van beide termen lijkt van belang om begripsverwarring te voorkomen. Dit is met name belangrijk indien op kleinere schaal (gemeentelijk) achtergrond-

concentraties worden vastgesteld. Daarbij ontstaat immers een reële kans op het vaststellen van concentraties die niet meer afkomstig zijn uit relatief onbelaste gebieden. Het vaststellen van dergelijke *lokale concentratieniveaus* kan van groot belang zijn voor het uitvoeren van een lokaal bodembeleid, maar dienen te worden onderscheiden van achtergrondconcentraties die wel zijn gekoppeld aan (relatief) onbelaste gebieden. Gebeurt dit niet dan zullen de als achtergrondconcentraties te benoemen concentraties hoger zijn dan alleen op basis van grootschalige bodembelasting zou mogen worden verwacht.

Toetsen aan de streefwaarde

Bij het toetsen van een in een onderzoek van bodem of grond gemeten concentratie aan de streefwaarde zou rekening kunnen worden gehouden met het feit dat de streefwaarden deel uitmaken van de verdeling van achtergrondconcentraties. Hiervoor staan verschillende methoden open.

Indien de kans op het ‘afkeuren’ van een partij grond of een bodem niet mag toenemen naar mate er op meer stoffen moet worden getoetst, dient een correctie te worden ingebouwd voor het aantal stoffen dat de streefwaarde mag overschrijden. Hierbij kan eventueel ook rekening worden gehouden met de mate waarin een stof de streefwaarde overschrijdt. Een dergelijke wijze van toetsing is op dit moment reeds gebruikelijk bij de classificatie van waterbodems.

Een belangrijk ander aspect is de variatie in de verdeling van potentiële meetuitkomsten als functie van het aantal grepen dat is samengevoegd in een mengmonster. Dit speelt zowel voor de wijze waarop de achtergrondconcentraties zijn vastgesteld als voor de wijze waarop een partij of bodem wordt bemonsterd en beoordeeld. Bij een toetsing dient hiermee rekening te worden gehouden.

Verder ligt een meer lokale vergelijking tussen in een partij grond of de bodem aangetroffen concentraties en de achtergrondconcentraties voor de hand. De in dit onderzoek op provinciale en landelijke schaal verzamelde gegevens zijn hiervoor niet zonder meer geschikt.

Voor alle voorgaande punten geldt dat de nu beschikbare informatie onvoldoende is om concrete invulling te geven aan ‘correctiefactoren’ voor een toetsings- of beoordelingsmethodiek. Hiervoor is aanvullend onderzoek, zowel als het genereren van (beleidsmatig) draagvlak noodzakelijk.

Ten behoeve van een voorlopige beleidsmatige oplossing voor het toetsingsprobleem wordt voorgesteld de toetsing aan de streefwaarde uit te voeren op basis van de gemiddelde concentratie voor een bodemvolume van 1000 tot 4000 m³. Daarbij kan desgewenst rekening worden gehouden met het aantal getoetste stoffen door regels op te stellen hoeveel stoffen de streefwaarde in welke mate mogen overschrijden indien een bepaald aantal stoffen wordt getoetst. Een dergelijke eis aan de wijze waarop aan de streefwaarde moet worden getoetst betekent wel dat onderzoeksnormen en protocollen op dit punt moeten worden aangepast.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	17
1.1 Probleemstelling en achtergrond	17
1.2 Doelstelling	18
1.3 Projectopbouw en leeswijzer	19
2. Gegevensverzameling en opbouw basisbestand	21
2.1 Algemeen	21
2.2 Landbodems	22
2.3 Zoetwaterbodems	23
2.4 Zoutwaterbodems	24
3. Bewerken van de gegevens	27
3.1 Gegevensopslag en gebruikte software	27
3.2 Structuur van gegevensbestand	27
3.3 Vergelijkbaarheid van deelbestanden of inconsistenties	28
3.3.1 Monsternemingsstrategie	29
3.3.2 Bepalingsondergrenzen en analysemethoden	30
3.3.3 Uitschieters	32
3.4 Opbouw van het basisbestand landbodem uit deelbestanden	32
3.5 Basisbestand zoet- en zoutwaterbodem	33
3.5.1 Zoetwaterbodem	33
3.5.2 Zoutwaterbodem	33
4. Statistische analyse van de achtergrondconcentraties in de landbodem	35
4.1 Polycyclisch Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)	35
4.2 Polychloorbifenylen (PCB's)	36
4.3 Zware metalen	38
4.4 Bestrijdingsmiddelen	39
4.5 Resumerend voor landbodem	41
4.6 Bodemtype correctie bij toetsing aan de streefwaarde	41
5. Statistische analyse van de voorkomende concentraties in de zoetwaterbodem	43
5.1 PAKVROM	43
5.2 PCB	44
5.3 Zware metalen	46
5.4 Bestrijdingsmiddelen	47
5.5 Minerale olie en EOX	49
5.6 Resumerend voor zoetwaterbodem	50

6.	Statistische analyse van de voorkomende concentraties in de zoutwaterbodem	53
6.1	PAK	53
6.2	PCB	53
6.3	Zware metalen	55
6.4	Minerale olie en bestrijdingsmiddelen	56
6.5	Resumerend voor zoutwaterbodem	57
7.	Toetsingsaspecten landbodem	59
7.1	Inleiding	59
7.2	De invloed van de ruimtelijke schaal	61
7.2.1	PAKVROM en PCB-totaal	62
7.2.2	Bestrijdingsmiddelen	62
7.2.3	Zware metalen	62
7.2.4	Conclusies met betrekking tot de invloed van de ruimtelijke schaal	63
7.3	De invloed van het aantal te toetsen stoffen	63
7.3.1	Experimentele opzet	63
7.3.2	Resultaten	64
7.3.3	Conclusies met betrekking tot de toetsing op meerdere stoffen	65
7.4	De invloed van gebiedskenmerken	66
7.4.1	PAKVROM	67
7.4.2	PCB-totaal	68
7.4.3	Bestrijdingsmiddelen	68
7.4.4	Zware metalen	69
7.4.5	Conclusies met betrekking tot de invloed van de gebiedskenmerken	69
7.5	De invloed van het aantal grepen	70
7.5.1	Conclusies met betrekking tot het effect van het aantal grepen	72
7.6	De invloed van de bemonsteringsdiepte	72
7.6.1	PCB-totaal en bestrijdingsmiddelen	73
7.6.2	Zware metalen	73
7.6.3	Conclusies ten aanzien van het effect van de bemonsteringsdiepte	74
7.7	Onderlinge belang van de verschillende toetsingsaspecten	74
8.	Toetsingsaspecten waterbodem	77
8.1	Inleiding	77
8.2	De invloed van het aantal te toetsen stoffen	77
8.2.1	Zoetwaterbodem	77
8.2.2	Zoutwaterbodem	78
8.2.3	Conclusies met betrekking tot de toetsing op meerdere stoffen	79

8.3	De invloed van de regionale ligging	79
8.3.1	Zoetwaterbodern	80
8.3.2	Zoutwaterbodern	81
8.4	De invloed van de bemonsteringsdiepte	83
8.4.1	PAKVROM, PCB-totaal en minerale olie	84
8.4.2	Bestrijdingsmiddelen	84
8.4.3	Zware metalen	84
8.4.4	Conclusies met betrekking tot de invloed van de bemonsteringsdiepte	84
8.5	Onderlinge belang van de verschillende toetsingsaspecten	85
9.	De kwaliteit van het Nederlandse bouwland	87
9.1	Inleiding	87
9.2	De kwaliteit van de bodern	87
9.2.1	PAKVROM en PCB-totaal	88
9.2.2	Bestrijdingsmiddelen	89
9.2.3	Zware metalen	89
9.2.4	Conclusies ten aanzien van de kwaliteit van bouwland	89
9.3	De kwaliteit van de bietengrond	90
9.3.1	Algemeen	90
9.3.2	Representativiteit	91
9.3.3	Stoffen uit het basisbestand	92
9.3.4	Stoffen die ontbreken in het basisbestand	94
9.3.5	Conclusies met betrekking tot de kwaliteit van de bietengrond	95
10.	Discussie	97
10.1	Inleiding	97
10.2	Representativiteit van de geïnventariserte gegevens	97
10.2.1	Geografische dekking	98
10.2.2	Dekking op basis van landgebruik/bodemtype	100
10.2.3	Dekking op basis van belast/onbelast	102
10.2.4	Dekking op basis van het aantal stoffen	106
10.2.5	Dekking van de schaal waarop uitspraken worden gedaan	107
10.2.6	Dekking van de bemonsteringsdiepte	108
10.2.7	Totale beoordeeling van de representativiteit	108
10.3	Betrouwbaarheid van de gegevens	110
10.3.1	Invloedsfactoren	110
10.3.2	Resulterende betrouwbaarheid	111
10.4	Toetsen aan de streefwaarde	112
10.4.1	Toetsing rekening houdend met het aantal overschrijdingen bij toetsing op meerdere stoffen	114
10.4.2	Toetsing rekening houdend met de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden	115

10.4.3	Toetsing rekening houdend met het verschil in ruimtelijke schaal en aantal grepen in een (meng)monster	116
10.4.4	Toetsing rekening houdend met de regio waarin de toetsing wordt uitgevoerd.....	117
11.	Conclusies	121
11.1	Conclusies met betrekking tot de kwaliteit van de in dit rapport geïnventariseerde gegevens.....	121
11.2	Conclusies met betrekking tot de getalswaarde van de achtergrondconcentraties	123
11.3	Conclusies met betrekking tot de wijze waarop bij toetsing aan de streefwaarde in de landbodem rekening kan worden gehouden met de achtergrondconcentratie	125
12.	Aanbevelingen	131
12.1	Aanbevelingen met betrekking tot de kwaliteit van de vastgestelde achtergrondconcentraties	131
12.2	Aanbevelingen met betrekking tot de getalswaarden van de achtergrondconcentraties	132
12.3	Aanbevelingen met betrekking tot de toetsing van metingen aan de streefwaarde in relatie tot de achtergrondconcentraties	133
13.	Literatuur	135
14.	Verantwoording	137

1. Inleiding

1.1 Probleemstelling en achtergrond

Vanuit een aantal bronnen is in de loop der tijd commentaar geleverd op de streefwaarden. Enerzijds betreft dit commentaar ten aanzien van de getalswaarden van de streefwaarden (te laag, te hoog), anderzijds betreft dit commentaar ten aanzien van de wijze waarop met de streefwaarde moet worden omgegaan (toetsingen).

Commentaar over de **getalswaarde** van de streefwaarden is recentelijk gekomen van de zijde van de suiker-, aardappelverwerkende- en aardappelzetmeelindustrie die, in relatie tot tarragrond van suikerbieten en aardappelen, afzet- en imago-problemen verwachten indien deze grond dient te voldoen aan de streefwaarde voor alle elementen en verbindingen. Gesteld wordt dat dit op basis van de huidige streefwaarden niet het geval is en dat de toepassingsrestricties voor categorie I grond in het kader van het Bouwstoffenbesluit leiden tot afzetproblemen. Dit commentaar staat echter niet op zich zelf, ook vanuit andere gremia is commentaar geleverd op de getalswaarden van de streefwaarden.

Commentaar met betrekking tot de **toetsing** aan de streefwaarden is eveneens geen nieuw probleem. Reeds bij de ontwikkeling van de protocollen voor oriënterend en nader onderzoek is er van de zijde van TNO, RIVM en de TCB op gewezen dat het noodzakelijk is de streefwaarde en de interventiewaarde in *statistische zin* te definiëren. Daarbij gaat het om twee aspecten, namelijk de statistische parameter die de streefwaarde voorstelt (gemiddelde, hoge percentielwaarde) en de schaalgrootte waarop een overschrijding van de streefwaarde relevant moet worden geacht. Voor de interventiewaarden is deze definitie er wel gekomen (een geval van bodemverontreiniging is een geval van *ernstige* bodemverontreiniging indien in een bodemvolume van ten minste 25 m³ de gemiddelde concentratie de interventiewaarde overschrijdt). Voor de streefwaarde ontbreekt een dergelijke definitie echter. Alleen over de schaalgrootte waarop een overschrijding van de streefwaarde relevant zou zijn, zijn in het verleden wel ideeën geopperd, orde grootte van 2000 m², maar nooit beleidsmatig vastgelegd.

Meer recent is er van de zijde van het bouwbedrijfsleven, ten aanzien van het toetsen van grond aan de streefwaarden ten behoeve van het vaststellen of een partij grond mag worden toegepast als schone grond, commentaar geleverd op de wijze waarop deze toetsing moet worden uitgevoerd. Aangevoerd is dat een toetsing op meerdere parameters leidt tot een onacceptabele afname van de goedkeurkans voor een partij niet-verontreinigde grond. Dit wordt gemotiveerd vanuit de (overigens correcte) stellingname dat, over het algemeen gesproken, de streefwaarden voor de zware metalen hoge, circa 90%-percentielwaarden van de achtergrondconcentraties in Nederland zijn [8]. Een toetsing op meerdere parameters leidt dan automatisch tot het afnemen van de goedkeurkans voor een partij grond waarvan de verdeling van de concentraties binnen de verdeling van de achtergrondconcentraties

valt, maar die bij toetsing voor ten minste één stof een concentratie boven de streefwaarde bevat. In TNO rapport MW R 95/026 [9] is nader op dit probleem ingegaan aan de hand van een deel van de gegevens die door Edelman zijn verzameld en die een belangrijke oorsprong vormen voor de huidige streefwaarden. Met name tengevolge van het feit dat de concentraties van de metalen ten dele afhankelijk van elkaar zijn, lijkt de in eerste instantie door het bouwbedrijfsleven voorgestelde goedkeurkans (43% bij een toetsing op acht metalen) een te sombere voorstelling van zaken te zijn. Op basis van een deel van de gegevens van Edelman wordt een goedkeurkans van 82% gevonden.

1.2 Doelstelling

Tengevolge van het van kracht worden van het Bouwstoffenbesluit en het daarmee gepaard gaande harde onderscheid tussen (licht) verontreinigde grond en schone grond is een nadere definitie van de streefwaarden noodzakelijk. Ten behoeve van deze definitie dient er inzicht te worden verkregen in de *achtergrondconcentraties* waar op dit moment in Nederland sprake van is. Dit is met name van toepassing op de organische stoffen zoals vermeld in MILBOWA, de toetsingstabel van de Leidraad bodembescherming en de toetsingstabel van het Bouwstoffenbesluit, alsmede voor de in deze tabellen opgenomen anorganische stoffen, met uitzondering van de (zware) metalen. Voor deze laatste groep is in principe voldoende over de achtergrondconcentraties in de landbodem bekend. Voor het geven van achtergrondinformatie bij de gegevens van andere stoffen is het echter wel relevant om bij de inventarisatie van gegevens ook informatie over de metalen mee te nemen. Dit is met name interessant omdat de streefwaarden van de zware metalen wel zijn gerelateerd aan de achtergrondconcentraties in potentieel onbelaste gebieden, maar deze relatie er niet is voor de overige stoffen.

Naast een inventarisatie van de achtergrondconcentraties moeten de huidige streefwaarden ook met deze achtergrondconcentraties worden vergeleken.

Op basis van de in het project verzamelde gegevens moeten voorstellen worden geformuleerd voor de wijze waarop moet worden getoetst aan de streefwaarden, rekening houdend met de verdeling van de achtergrondconcentraties. Om tot dergelijke voorstellen te kunnen komen dient eerst inzicht te worden verkregen in de achtergrondconcentraties.

Een aantal aspecten speelt hierbij een rol. Deze aspecten zijn:

- het onderscheid tussen belaste en onbelaste gebieden;
- de mogelijkheden voor een gebiedstype afhankelijke wijze van toetsing aan de streefwaarden, waarbij de gebiedstypen kunnen worden gedefinieerd op bijvoorbeeld bodemtype (bijvoorbeeld zand, klei, veen) en/of gebruiksfunctie (bijvoorbeeld land-, waterbodem, agrarisch, wonen, natuur);
- de definitie van een parameterpakket op basis van een specifiek gebiedstype;
- het onderscheid tussen landbodem en de waterbodem van zoet- en zout water;

- het toekennen van een afkeurfactor aan de streefwaarde om rekening te houden met de meetfout en/of de kans op het overschrijden van de streefwaarde bij het meten van meerdere stoffen.

Voorgaande lijst is evenwel niet uitputtend en in overleg met de begeleidingscommissie van het project dient een definitieve keuze te worden gemaakt van de aspecten die in relatie tot de toetsing aan de streefwaarden moeten worden onderzocht.

Een en ander zal moeten leiden tot een aantal scenario's voor het toetsen aan de streefwaarde die aan de werkgroep 'Toetsing streefwaarden' moeten worden voorgelegd.

Binnen het project worden géén voorstellen gedaan voor getalsmatige wijzigingen van de streefwaarden, maar wordt vastgesteld hoe de huidige streefwaarden zich verhouden ten opzichte van de achtergrondconcentraties en wat deze verhouding zou kunnen betekenen voor de wijze waarop aan de streefwaarden kan worden getoetst. Concrete voorstellen voor dergelijke wijzigingen worden niet haalbaar geacht in verband met de in andere kaders lopende beleidsmatige discussies over de streefwaarden, de beperkingen binnen dit project ten aanzien van het verkrijgen van een voldoende betrouwbaar beeld van de achtergrondconcentraties, onder meer in verband met de beperkte looptijd van het project en het niet in beschouwing nemen van de eco- en humaan toxicologische aspecten.

1.3 Projectopbouw en leeswijzer

Ten behoeve van het vaststellen van de relatie tussen de streefwaarden en de achtergrondconcentraties is het noodzakelijk deze achtergrondconcentraties te verzamelen. De wijze waarop dit is gedaan en de criteria die hiervoor zijn gehanteerd zijn weergegeven in hoofdstuk 2. De verzamelde gegevens kunnen in ruwe vorm echter niet worden bewerkt, de gegevens moeten worden opgeslagen in eenzelfde formaat en er dienen criteria te worden ontwikkeld op basis waarvan een consistent gegevensbestand uit het totaal aan gegevens kan worden ontleend. Hiervan wordt in hoofdstuk 3 verslag gedaan. Dit resulteert in basisbestanden voor de landbodem, de zoetwaterbodem en de zoutwaterbodem. De statistische kenmerken hiervan worden weergegeven in hoofdstuk 4 (landbodem), hoofdstuk 5 (zoetwaterbodem) en hoofdstuk 6 (zoutwaterbodem). Voor alle drie de gegevensbestanden geldt dat ze zijn samengesteld op basis van de voor het verkrijgen van een consistente gegevensverzameling gestelde criteria. Dit betekent dat slechts een deel van de totaal beschikbare gegevens in de basisbestanden is opgenomen. Voor met name de landbodem betekent dit dat er een aantal 'nevenbestanden' resterend zijn. Deze komen echter juist weer aan bod bij het vergelijken van de verschillende aspecten die bij een toetsing van invloed kunnen zijn. Deze toetsingsaspecten, en de hieruit voortkomende aanbevelingen met betrekking tot de wijze waarop met dergelijke effecten bij het toetsen van concentraties aan de

streefwaarden/achtergrondconcentraties, rekening kan worden gehouden worden behandeld in hoofdstuk 7 voor de landbodem en hoofdstuk 8 voor de waterbodem. Gezien het feit dat de discussie met betrekking tot de achtergrondconcentraties mede vanuit de zijde van de landbouw is gestart, wordt, rekening houdend met de aard van de gegevens die over bouwland beschikbaar is gekomen, hier in hoofdstuk 9 nog nader op ingegaan.

Het geheel aan verzamelde gegevens en de daarop uitgevoerde handelingen en vergelijkingen worden in hoofdstuk 10 bediscussieerd, waarna in hoofdstuk 11 de hoofdconclusies die uit het project kunnen worden getrokken volgen. Het rapport wordt afgesloten met hoofdstuk 12 waarin de aanbevelingen zijn opgenomen.

Gezien de aard van de vraagstelling en de aard van de beschikbare gegevens is het rapport met name gericht op de landbodem, overigens zonder daarbij de zoet- en zoutwaterbodem uit het oog te verliezen. Dit betekent dat veel algemene zaken bij de hoofdstukken of paragrafen met betrekking tot de landbodem zijn gerapporteerd, terwijl deze stukken, om dubblures in het rapport te voorkomen, voor de zoet- en zoutwaterbodem niet meer worden herhaald. Bij het lezen van de hoofdstukken en paragrafen over de waterbodem moet daarom zo nodig worden teruggekoppeld met de hoofdstukken over de landbodem. Daarbij moet worden opgemerkt dat veel van de voorbeelden zijn gerelateerd aan de landbodem en deze niet altijd één op één geldig zijn voor de waterbodem.

In het rapport is een groot aantal tabellen en figuren opgenomen. Aangezien het voor een goede beoordeling vaak nodig is een tabel en een figuur gelijktijdig te kunnen bekijken is er voor gekozen de tabellen in de hoofdtekst van het rapport op te nemen, maar alle figuren in een aparte bijlage weer te geven. In de tekst wordt verwezen naar de figuurnummers die in deze bijlage zijn opgenomen.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van Novem, onder Novem opdrachtnummer 367110/9601. De uitvoering van het project is begeleid door de Werkgroep Toetsing Streefwaarden waarin zitting werd genomen door:

Robberse (DGM), Denneman (DGM), Oltheten (NVTB), Beurmanjer (IPO), Veerkamp (BMRO), Willems (RIVM), Huinink (IKC landbouw), Wismeijer (Novem), Vlak (RIMH), Weggemans (RWS-HW), Van de Guchte (RIZA) en Roeloffzen (VNG).

De uitvoerders van dit onderzoek willen hun dankbaarheid uitspreken naar al de personen en instanties die, door middel van het beschikbaar stellen van hun (meetnet) gegevens, hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit onderzoek.

2. Gegevensverzameling en opbouw basisbestand

2.1 Algemeen

Voor het verkrijgen van een overzicht van de kwaliteit van relatief onbelaste bodems in Nederland is een gegevensbestand met achtergrondconcentraties opgezet. Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande bestanden. Het probleem dat optreedt indien verschillende bestanden bijeen worden gevoegd is dat er een inconsistenties kunnen optreden, of met andere woorden dat de verschillende deelbestanden niet zonder meer vergelijkbaar zijn. Toch dienen er zoveel mogelijk representatieve gegevens te worden verzameld om tot betrouwbare uitspraken te kunnen komen omtrent de achtergrondconcentraties in de Nederlandse bodem en hun relatie tot streefwaarden.

De begrippen representativiteit en inconsistentie worden nader uitgewerkt.

Vergelijkbaarheid of consistentie van de gegevens:

De verzamelde gegevens dienen een zekere mate van vergelijkbaarheid (consistentie) met elkaar te vertonen. Deze vergelijkbaarheid wordt bepaald door de gebruikte monsternemingsmethode (aantal steken, perceelsgrootte, dieptetraject, monsternemingsapparatuur), analysetechnieken (wijze van monstervoorbehandeling, parameterpakket, extractiemethoden, analysemethode) en de verontreinigingssituatie (sterk, licht of onbelast). De concrete uitwerking voor de in dit onderzoek gebruikte bestanden volgt in paragraaf 3.3.

Representativiteit of gebiedsdekkendheid voor Nederland:

De karakteristieken van de monsternemingslocaties dienen representatief te zijn voor de gehele Nederlandse situatie. Dit kan in de eerste plaats worden bereikt door voldoende monsternemingslocaties uit alle delen van het Nederlandse grondgebied te selecteren. Aanvullend kan onder gebiedsdekkendheid worden verstaan dat er een voldoende aantal gegevens voor de Nederlandse situatie relevante bodemsoorten en landgebruiksvormen wordt geselecteerd. Nederland kan men op de volgende wijze indelen in gebiedstypen: bodemtypen zoals zand, klei, veen en aanvullende gegevens betreffende de gebruiksfuncties, zoals land-, waterbodembodem, agrarisch, natuur. Op deze aspecten is nadruk gelegd in de gegevensverzameling; een geografisch landsdekkend beeld is als aanvullend criterium gebruikt. In paragraaf 3.4 wordt nader ingegaan op de gebiedsdekkendheid van het definitieve basisbestand voor de landbodembodem.

Aanvullende eisen die specifiek in het kader van dit onderzoek aan de gegevensverzameling zijn gesteld betreffen het op een korte termijn (binnen enkele weken na aanvang) en kosteloos beschikbaar stellen van gegevens, die afkomstig dienen te zijn uit land-, zoetwater- en zoutwaterbodems. Er is dus alleen gebruik gemaakt van bestaande gegevens.

In de navolgende paragrafen volgt een beschrijving van de gegevensverzameling voor land-, zoetwater- en zoutwaterbodems.

2.2 Landbodems

De gegevens voor de inventarisatie van de achtergrondconcentraties van de landbodem zijn afkomstig van de provinciale en landelijke meetnetten bodemkwaliteit. Door gebruik van meetnetgegevens wordt zo veel mogelijk voldaan aan zowel de hierboven gestelde representativiteits- en vergelijkbaarheidscriteria, alsmede de eis dat alleen landelijke, relatief onbelaste bodems worden beschouwd. De gegevens zijn door de verschillende meetnetbeheerders kosteloos en snel ter beschikking gesteld voor dit onderzoek. Omwille van privacy redenen van de eigenaren van de meetlocaties zijn de coördinaten op kilometerschaal verstrekt, zodat deze niet traceerbaar in het bestand aanwezig zijn. Niet iedere provincie heeft een meetnet. Bovendien geldt voor een aantal meetnetten dat deze recentelijk zijn opgezet, zodat gegevens nog niet beschikbaar zijn. Tabel 1 geeft een overzicht van bodemkwaliteitsmeetnetten in Nederland per provincie, met het aantal locaties en het analysepakket.

Tabel 1 Overzicht van landelijke en provinciale meetnetten.

gebiedsdeel	beheer	operatief	aantal locaties ¹⁾	diepte-interval	steken	monsteroppervlakte (m ²)	parameterpakket ²⁾
Landelijk Meetnet	RIVM	eenmalig 1988	40	0-10	40	400	PCB, BM, Z.M.
LEI-Landbouwgronden	RIVM	eenmalig 1992	13 ³⁾	0-5 en 0-25	3.200	1.600.000	PAK, PCB, BM, Z.M.
Landelijk Meetnet	RIVM	1993	35	0-10	320	350.000	PAK, BM, Z.M.
Groningen	provincie	1995	153	0-10	40	10.000	PAK, Z.M.
Friesland	provincie	1995/96	124	0-10	40	10.000	PAK, PCB, BM, Z.M.
Drenthe		niet					
Overijssel		niet					
Gelderland		niet					
Flevoland		niet					
Utrecht	provincie	1994	70	0-10	40	10.000	PAK, PCB, BM, Z.M.
Noord-Holland		niet					
Zuid-Holland	provincie	tot 1995	153	0- 5	40	100	PAK, PCB, BM, Z.M.
Zeeland	provincie	eenmalig 1993	40	0-20	40	100	PAK, PCB, BM, Z.M.
Noord-Brabant	provincie	1995	104	0-10	40	10.000	PAK, PCB, Z.M.
Limburg		niet					

1) Op veel locaties worden meerdere (meestal 4) percelen bemonsterd en apart geanalyseerd.

2) PAK = Polycyclisch aromatische koolwaterstoffen, PCB = polychloorbifenylen, BM = bestrijdingsmiddelen (veelal organochloorbestrijdingsmiddelen), Z.M. = zware metalen.

3) de locaties worden gevormd door de zgn. LEI gebieden volgens de indeling van het Landbouw Economisch instituut (LEI-DLO).

De meetlocaties van beide landelijke meetnetten zijn vooral gelegen in die provincies waar geen operatief meetnet aanwezig is (met name Drenthe, Overijssel,

Gelderland), hetgeen een verbeterde geografische dekking geeft. In figuur 1 is een overzicht gegeven van de monsternemingslocaties.

Een nadeel van het gebruik van bodemkwaliteitsmeetnetten is dat de meetnetten een beperkt aantal parameters van de MILBOWA lijst bevatten. Dit is een min of meer bewuste keuze geweest bij de opzet van meetnetten, daar de gemeten stoffen de meest persistente verbindingen van de MILBOWA lijst betreffen die middels diffuse verspreiding in landelijke gebieden terecht kunnen komen. Als mogelijke aanvulling van het aantal geanalyseerde organische stoffen is bij het Staringcentrum en LNV gericht gezocht naar andersoortige gegevensbestanden die de overige parameters zouden kunnen bevatten. Tevens zijn hierbij bestanden die zijn opgezet in het kader van grote infrastructurele werken (waaronder VINEX gebied Leidsche Rijn en Betuweroute) in beschouwing genomen. Er bleek dat er òf geen bestanden aanwezig zijn waarop op deze parameters wordt geanalyseerd òf deze bestanden nog niet kunnen worden vrijgegeven. De gegevens van de bietengrond omvatten wel bijna de complete MILBOWA lijst. Het betreft onder meer gegevens afkomstig van de bemonstering van zes depots verspreid over Nederland. In deze depots wordt alle aan de bieten ‘hangende’ bouwgrond uit een grote regio verzameld. In hoofdstuk 9 wordt nog op deze gegevens teruggekomen.

2.3 Zoetwaterbodems

De gegevens van zoetwaterbodems zijn verstrekt door Rijkswaterstaat en zijn afkomstig uit het LAWABO bestand. Dit bestand is een verzameling van gegevens van alle waterbodemkwaliteitsbeheerders van Nederland en fungeert als een centrale databank. Om een consistent basisbestand voor de bodemkwaliteit in zoetwater te verkrijgen zijn voor het samenstellen van het in onderhavig rapport gebruikte bestand de volgende selectiecriteria gehanteerd:

- concentraties zo veel als mogelijk beneden interventiewaarde, om lokale verontreinigingssituaties uit te sluiten;
- één monster per km². Indien meerdere monsters in een blok zijn genomen is aselect een monster geselecteerd;
- monsterneming heeft plaatsgevonden in de afgelopen 10 jaar;
- zo volledige mogelijk analysepakket, met organisch stof en lutum;
- ‘brakwaterbodems’ (gegevens uit de Waddenzee en estuaria) worden aan het zoutwaterbestand toegevoegd.

Het gegevensbestand dat volgens deze criteria is geselecteerd omvat 1478 monsters. Op basis van het criterium van de interventiewaarde overschrijding valt ruim 20% van de gegevens van het oorspronkelijke LAWABO bestand weg.

Ter ‘validatie’ van het selectiecriterium ‘concentraties kleiner dan interventiewaarde’ is tevens in het bestand van de zoutwaterbodem gekeken naar overschrijdingen van de interventiewaarde. Hieruit blijkt dat voor PAKVROM, arseen, chroom, lood en nikkel de interventiewaarde in minder dan 5% van de metingen

wordt overschreden. Olie en koper overschrijden de interventiewaarden in ongeveer 15% van de metingen, terwijl cadmium en kwik de interventiewaarde in meer dan 30% van de gevallen overschrijden.

Op basis van het percentage verwijderde gegevens, alsmede op basis van de interventiewaarde-overschrijdingen voor de zoutwaterbodem, kan worden geconcludeerd dat een strikte hantering van het criterium 'concentratie kleiner dan interventiewaarde' niet voor alle stoffen juist hoeft te zijn. Daar wordt echter wel bij opgemerkt dat dit afhankelijk is van de vraag of de concentraties in de waterbodem direct worden gekoppeld aan het begrip 'relatief onbelast', op welk aspect in hoofdstuk 10 nader wordt ingegaan.

Een andere wijze van selecteren van gegevens had plaats kunnen vinden door aspecten als historische informatie, lozingsgegevens, stromingsgebieden, herverontreiniging, en dergelijke te gebruiken als criteria. Vastgesteld moet worden dat de hoeveelheid hiermee samenhangend werk niet paste binnen de beperkte looptijd en middelen van dit project. Om die reden is voor voornoemde selectiecriteria gekozen, waarvan na afloop van de selectie en interpretatie van de gegevens helaas moet worden geconstateerd dat deze voor het vaststellen van *achtergrondconcentraties* zijn beperkingen kent.

De geanalyseerde parameters omvatten organisch stof, lutum (fractie $< 2 \mu\text{m}$), PAK's, PCB's, bestrijdingsmiddelen, zware metalen, minerale olie en EOX (extraheerbare organohalogenenverbindingen). Opgemerkt dient te worden dat zelden informatie beschikbaar is over de analysemethoden en het aantal steken van het (meng)monster. Verder is er een veelheid aan diepte-intervallen bemonsterd, variërend van 0 - 5 cm tot 0 - enkele meters.

Figuur 2 geeft een overzicht van de locatie van de meetpunten die het basisbestand voor de zoutwaterbodemkwaliteit vormen.

2.4 Zoutwaterbodems

De gegevens van zoutwaterbodems zijn afkomstig van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en het LAWABO bestand, beheerd door Rijkswaterstaat. De RIKZ gegevens omvatten in veel gevallen analyses van de $< 63 \mu\text{m}$ fractie van het sediment, hetgeen de vergelijkbaarheid met de andere bestanden niet mogelijk op eenvoudige wijze mogelijk maakt. Deze gegevens zijn daarom niet in het basisbestand van de zoutwaterbodem opgenomen. In het RIKZ bestand zijn echter ook 52 monsters aanwezig, met name afkomstig uit de Waddenzee, waarbij wel het totale monster is geanalyseerd. Uit het LAWABO bestand zijn daarnaast 110 monsters geselecteerd die gelegen zijn in de Waddenzee, de haven van IJmuiden, de Maaspoort en de Ooster- en Westerschelde. Deze zijn eveneens in het basisbestand opgenomen.

De diepe monsters van het RIKZ bestand zijn genomen met een boxcore-installatie, die een van lucht afgesloten monsterkern neemt. Voor wat betreft de monsters nabij de kust zijn steekbuizen (steekdiepte tot 10 cm) gebruikt. De monsterneming van monsters uit het LAWABO bestand zijn niet nauwkeurig omschreven en zal, gezien de wijze waarop het LAWABO bestand tot stand komt, variabel zijn. Voor een beperkt aantal monsters wordt in het LAWABO bestand het bemonsterde diepte-interval opgegeven. In de monsters zijn (over het algemeen) PAK's, PCB's, zware metalen, bestrijdingsmiddelen, minerale olie en EOX geanalyseerd.

Figuur 3 geeft een overzicht van de meetlocaties van het basisbestand voor de zoutwaterbodemkwaliteit voor de kust van Nederland.

3. Bewerken van de gegevens

3.1 Gegevensopslag en gebruikte software

De basisgegevens voor land-, zoetwater- en zoutwaterbodems zijn opgeslagen in een dBaseTM formaat, hetgeen een flexibel beheer van de gegevens op een PC mogelijk maakt. Statistische bewerking zijn uitgevoerd met SPSS® en Statistica, die beproefde en gevalideerde algoritmen voor statistische toetsing bevatten.

3.2 Structuur van gegevensbestand

De opzet van het gegevensbestand is een matrixstructuur van rijen en kolommen. Per rij worden de gegevens van één monster weergegeven. In de kolommen zijn vervolgens de bodemkwaliteitsgegevens en de overige voor deze studie relevante gegevens opgenomen (één eigenschap per kolom). Daarbij zijn de eerste kolommen gebruikt voor het benoemen van het monster op basis van onder meer de leverancier en de coördinaten van het monster. Bovendien is elk monster voorzien van een unieke code. In tabel 2 zijn de 'namen' en omschrijvingen van alle in het gegevensbestand opgenomen kolommen weergegeven.

Tabel 2 *Structuur van het gegevensbestand.*

Kolomnaam in dBase	Omschrijving/eenheid	Kolomnaam in dBase	Omschrijving/eenheid
DATABRON	leverancier	PCB28	µg/kg ds
SUBREGIO	nadere locatieaanduiding	PCB52	µg/kg ds
CODE	monstercode	PCB101	µg/kg ds
XCOORD	x coördinaat (m)	PCB118	µg/kg ds
YCOORD	y coördinaat (m)	PCB138	µg/kg ds
STEKEN	aantal steken	PCB153	µg/kg ds
MONSTOPP	oppervlaktegebied steken	PCB180	µg/kg ds
MENGWIJZE	mengmethode veld of lab	AS	Arseen (mg/kg ds)
MONSTTECHN	guts of edelman met diameter	HG	Kwik (mg/kg ds)
DIEPTE	dieptetraject van steken	CD	Cadmium (mg/kg ds)
BODEMBRON	bodemsoort volgens databron	CR	Chroom (mg/kg ds)
BODEM	bodemsoort in dit project	CU	Koper (mg/kg ds)
LANDGBRON	landgebruik volgens databron	NI	Nikkel (mg/kg ds)
LANDGEBRUI	landgebruik in dit project	PB	Lood (mg/kg ds)
PHKCL	pH met KCl oplossing	ZN	Zink (mg/kg ds)
LUTUM	fractie <2 µm	ALFAHCH	α-hexachloorhexaan (µg/kg ds)
ORGSTOF	percentage organische stof	BETAHCH	β-hexachloorhexaan (µg/kg ds)
NAF	naftaleen (mg/kg ds)	GAMMAHCH	γ-hexachloorhexaan (µg/kg ds)
ACY	acenaftyleen (mg/kg ds)	HCB	hexachloorbenzeen (µg/kg ds)
ACE	acenaften (mg/kg ds)	HEPTACHL	heptachloor (µg/kg ds)
FLU	fluoreen (mg/kg ds)	ALDRIN	µg/kg ds
FEN	fenantreen (mg/kg ds)	TELODRIN	µg/kg ds
ANT	antraceen (mg/kg ds)	ISODRIN	µg/kg ds
FLA	fluoranteen (mg/kg ds)	HEPTACLEX	heptachloorepoxide (µg/kg ds)
PYR	pyreen (mg/kg ds)	DDE	µg/kg ds
BAA	benzo(a)antraceen (mg/kg ds)	DIELDRIN	µg/kg ds
CHR	chryseen (mg/kg ds)	ENDRIN	µg/kg ds
BBF	benzo(b)fluoranteen (mg/kg ds)	DDD	µg/kg ds
BKF	benzo(k)fluoranteen (mg/kg ds)	DDT	µg/kg ds
BAP	benzo(a)pyreen (mg/kg ds)	ALFAENDOS	α-endosulfan (µg/kg ds)
DAA	dibenzo(a,h)antraceen (mg/kg ds)		
BGP	benzo(ghi)peryleen (mg/kg ds)		
IND	indeno(1,2,3-cd)pyreen (mg/kg ds)		
PAKVROM	10 PAK van VROM (mg/kg ds)		

3.3 **Vergelijkbaarheid van deelbestanden of inconsistenties**

Bij het samenvoegen van verschillende bestanden met als doel een groot bestand te genereren waaruit vervolgens weer algemeen geldende informatie (bijvoorbeeld statistische kengetallen) wordt afgeleid, is het van primair belang de interne consistentie van de gegevens te waarborgen. Zoals reeds in paragraaf 2.1 genoemd kunnen inconsistenties ontstaan door:

- verschillen in bepalingsondergrenzen (zowel anorganische als organische parameters);
- verschillen in monsterneming (diepte-interval, strooisellaag meenemen, aantal steken in mengmonsters, boortechniek);

- verschillen in analysemethode (extractietechnieken/detectiemethoden);
- het voorkomen van uitschieters (locaties die achteraf gezien niet voldoen aan de gestelde criteria).

3.3.1 Monsternemingsstrategie

De verschillende bodemkwaliteitsmeetnetten zijn volgens (licht) verschillende methodieken opgezet voor wat betreft diepte-interval en het wel of niet meenemen van de strooisellaag, het aantal steken, het oppervlak van de bemonsterde locatie en de boortechniek.

Diepte interval/strooisellaag verwijdering:

Verschillende diepte-intervallen (bijvoorbeeld 0 - 10 cm of 0 - 50 cm diepte) en verwijdering van de strooisellaag tijdens bemonstering kunnen invloed hebben op de bodemconcentratie, omdat mag worden verwacht dat diffuse belasting voor wat betreft de landbodem vooral in de bovenste centimeters van de bodem accumuleert. Het bemonsteren van een grotere diepte of het verwijderen van de strooisellaag zal een 'verdunnend' effect hebben, oftewel leiden tot lagere concentraties.

Boortechniek:

De greepgrootte is van belang voor de betrouwbaarheid van de schatting van het mengmonster-gemiddelde. Deze greepgrootte is afhankelijk van de korrelgrootte-verdeling van het bodemmateriaal. Geëvalueerd dient te worden of de greepgrootte voldoende groot is, of op zijn minst vergelijkbaar is met die in andere bestanden, om van een representatieve greepgrootte te kunnen spreken. De greepgrootte kan worden geschat door aan te geven of gebruik is gemaakt van een guts of boor met een bepaalde diameter.

Aantal steken en bemonsterd oppervlak:

Het aantal steken dat wordt samengevoegd is een belangrijke maat voor de betrouwbaarheid van de schatting van het mengmonster-gemiddelde. Hoe meer steken er worden genomen, hoe minder extreme waarden in individuele grepen invloed hebben op de gemiddelde concentraties en dus hoe betrouwbaarder de gemiddelde concentratie van het perceel/locatie is geschat. Verder is het van belang over welk oppervlak de steken zijn genomen, zodat de variabiliteit op een bepaalde schaalgrootte wordt beschouwd.

Menging steken voor mengmonster:

De mengwijze van de steekmonsters kan van invloed zijn op de representativiteit van bemonstering: mengen met speciaal ontwikkelde mengapparatuur (bijvoorbeeld cryogeen malen in het laboratorium) geeft een betere homogenisatie c.q. representativiteit van het analysemonsters dan menging in het veld (zie [8]).

Het bestand biedt nauwelijks mogelijkheden om systematische afwijkingen, veroorzaakt door bovengenoemde factoren, in de bodemconcentratie tussen de verschillende deelbestanden te toetsen. Dit wordt veroorzaakt doordat er bij het vergelijken van deelbestanden steeds sprake is van verschillende wijzigingen die gelijktijdig optreden. Zo kan bijvoorbeeld geen toetsing worden uitgevoerd op systematische afwijkingen tussen het diepte-interval 0 - 20 cm van Zeeland met het diepte-interval 0 - 10 cm van de andere meetnetten, omdat gelijktijdig eventuele regionale verschillen in de vergelijking worden meegenomen.

Alleen het effect van verandering van diepte-interval is toetsbaar omdat in het RIVM 1989 bestand op twee diepten op dezelfde locatie is bemonsterd.

3.3.2 Bepalingsondergrenzen en analysemethoden

Verschillen in gebruikte analysemethoden komen in eerste instantie tot uiting doordat in het gegevensbestand verschillende bepalingsondergrenzen worden gerapporteerd. Tevens speelt hierbij onduidelijkheid over wat als laagst meetbare concentratie is opgegeven, de bepalingsondergrens of de aantoonbaarheidsgrens.

De aantoonbaarheidsgrens is de laagst mogelijke concentratie die door de analysemethoden kan worden gemeten, zodat wordt aangetoond dat de stof aanwezig is. De bepalingsondergrens ligt hoger en kan worden gedefinieerd als de laagste concentratie waarboven het laboratorium met een bepaalde betrouwbaarheid (reproduceerbaarheid) de concentratie kan meten. De in rapportages vermelde waarden, meestal aangeduid als detectiegrens, komen overeen met de bepalingsondergrens.

De bepalingsondergrens is echter niet alleen afhankelijk van de gehanteerde analysemethode, maar wordt tevens beïnvloed door de matrix; bijvoorbeeld het bodemtype of de aanwezigheid van andere voor de bepaling storende stoffen. Dit betekent dat een verschil in bepalingsondergrens tussen twee metingen niet per definitie betekent dat voor beide metingen een verschillende analysemethode is gehanteerd.

Voor bijna iedere parameter geldt dat er verschillende bepalingsondergrenzen zijn gehanteerd. Per aangeleverd (meetnet)bestand is echter de bepalingsondergrens voor de iedere parameter gelijk. Uitzondering is naftaleen, dat zeer veel bepalingsondergrenswaarden kent. Analooq aan boven-genoemde factoren, die tot inconsistenties kunnen leiden, is het met het huidige bestand niet mogelijk de effecten van verschillende analysemethoden door middel van een directe vergelijking te toetsen. Wel kunnen indirect uitspraken worden gedaan over het effect van de variabiliteit in de analyse(resultaten).

Indien een groot deel van de waarnemingen beneden de bepalingsondergrens ligt, gaat informatie betreffende de variabiliteit verloren, omdat de bepalingsondergrenswaarde kan worden beschouwd als een afrondingswaarde naar boven toe van concentraties die beneden deze waarde liggen. In dit onderzoek is ervoor gekozen

om, indien een parameter in meer dan 30% van de gevallen een concentratie kleiner of gelijk aan de bepalingsondergrens heeft, de berekening van het gemiddelde en de variantie of standaarddeviatie niet uit te voeren. In dat geval wordt de verdeling van de parameter alleen met behulp van percentielen beschreven. Indien in minder dan 30% van de gevallen een concentratie onder of gelijk aan de bepalingsondergrenzen is gemeten, wordt bij de berekening van gemiddelde en standaarddeviatie en bepaalde statistische toetsingen de bepalingsondergrenswaarde gecorrigeerd, zodat de schattingen voor gemiddelde en standaarddeviatie correcter zullen zijn. De correctiefactor bedraagt 0,5 voor normaal verdeelde variabelen en 0,7 voor lognormaal verdeelde variabelen. Aangezien alle geïnventariseerde gegevens worden gekenmerkt door een positief scheve verdeling is, in alle gevallen waarvoor dit van toepassing is, de correctiefactor 0,7 toegepast. Een dergelijke wijze van corrigeren heeft effect op de verdeling van de achtergrondconcentraties en de hiermee uitgevoerde toetsingen en vergelijkingen. In het huidige milieubeleid is echter niet vastgelegd op welke wijze in dit soort gevallen met bepalingsondergrenswaarden moet worden omgegaan. De hier gepresenteerde en gebruikte wijze van correctie is eenvoudig en doet recht aan het voorkomen van lagere concentraties dan de bepalingsondergrens.

De correctie met een factor 0,7 heeft consequenties voor de toetsing aan streefwaarden. Er zijn drie gevallen te onderscheiden:

1. stoffen met een bepalingsondergrens die veel lager is dan de streefwaarde;
2. stoffen met een bepalingsondergrens die hoger of gelijk is aan de streefwaarde;
3. somparameters.

In het eerste geval treedt er door het toepassen van de correctiefactor geen probleem op, daar deze correctie nooit tot een ander toetsingsresultaat zal leiden. In het tweede geval heeft de correctie echter grote consequenties voor het toetsingsresultaat, met name in die gevallen waar de bepalingsondergrens om en nabij de streefwaarde ligt. In dit geval is het eigenlijk niet mogelijk de toetsing uit te voeren, omdat de exacte concentratie onbekend is. In de praktijk stelt men voor metingen met een concentratie gelijk aan de bepalingsondergrens de concentratie soms op nul zodat er geen overschrijding zal plaatsvinden, maar soms wordt ook de bepalingsondergrens zelf gebruikt, hetgeen tot een overschrijding leidt. Het effect van de correctiefactor 0,7 zal zich hier tussenin bevinden. Stoffen die in het basisbestand van de landbodem bepalingsondergrenswaarden om en nabij of zelfs boven de streefwaarde hebben zijn β -HCH, γ -HCH (lindaan), HCB (hexachloorbenzeen), heptachloor, dieldrin en de PCB congenen.

De derde situatie betreft overschrijdingen van somparameter concentraties. De somparameters betreffen de 10 PAK van VROM en PCB-totaal (som van 6 PCB congenen). De 10 PAK van VROM worden in de individuele gevallen vaak beneden de bepalingsondergrens gemeten (variërend van meer dan 90% voor nافتaleen tot 15% voor chryseen), maar de bepalingsondergrenswaarden zijn zodanig laag (meestal 0,01 mg/kg ds) dat dit niet tot problemen met de toetsing leidt. Daar-

entegen geldt voor PCB-totaal dat bijna iedere overschrijding wordt veroorzaakt door te hoge bepalingsondergrenswaarden voor de individuele PCB's.

3.3.3 Uitschieters

Het is mogelijk om met behulp van statistische toetsen uitschieters te definiëren en te verwijderen. In deze studie is echter alleen besloten tot verwijdering van 'uitschieters' uit het gegevensbestand indien hiertoe een gegronde aanleiding bestaat. Deze kan zijn: het feit dat zeer veel bodemkwaliteitsparameters een extreme concentratie in hetzelfde monster vertonen, of omdat in de omgevingskenmerken een duidelijk afwijking wordt geconstateerd (bijvoorbeeld nabijheid van industrie).

3.4 Opbouw van het basisbestand landbodem uit deelbestanden

Voor het definitieve basisbestand voor landbodemgegevens is een selectie gemaakt uit de verschillende meetnetten op basis van bemonsterd diepte-interval en oppervlak van de locatie. In overleg met de begeleidingscommissie is gekozen om bestanden te kiezen met een bemonsterd diepte-interval van 0 - 10 cm op perceels- of bedrijfsschaal, d.w.z. van 10.000 tot 350.000 m². Op basis van deze onderscheidende criteria maken de volgende bestanden onderdeel uit van het basisbestand:

- meetnet RIVM 1993
- meetnet Friesland
- meetnet Groningen
- meetnet Noord-Brabant
- meetnet Utrecht.

Figuur 4 geeft een overzicht van de meetlocaties van het basisbestand in Nederland. Hierbij wordt opgemerkt dat er per locatie meerdere percelen worden bemonsterd, zodat totaal veel meer monsters in het basisbestand aanwezig zijn dan figuur 4 lijkt te suggereren. Deze aantallen zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3 Aantal monsternemingslocaties per bodemtype en landgebruiksvorm in het basisbestand voor de landbodem.

bodemtype	boomgaard	grasland	bouwland	natuur	totaal
zand	2	138	38	55	233
klei	9	71	51	21	152
veen	0	48	0	23	71
totaal	11	267	89	99	456

De meetnetgegevens van Zeeland en Zuid-Holland, het landelijk meetnet uit 1989 en het RIVM-landbouwbestand, alsmede de gegevens van de bietengrond, worden gebruikt bij het bestuderen van de toetsingsaspecten in hoofdstuk 7 en 9.

3.5 Basisbestand zoet- en zoutwaterbodem

3.5.1 Zoetwaterbodem

In tegenstelling tot de wijze waarop de gegevens van de landbodem zijn verkregen, zijn de gegevens van de zoetwaterbodem niet vanuit een op voorhand gedefinieerde systematiek verzameld. Wel zijn selectiecriteria gesteld voor het verkrijgen van het gegevensbestand vanuit LAWABO, zie paragraaf 2.3. Dit betekent dat criteria zoals deze wel voor de landbodem kunnen worden gesteld voor de zoetwaterbodem niet bruikbaar zijn. Als gevolg hiervan wordt voor de zoetwaterbodem geen nadere selectie toegepast; het volledige bestand functioneert als basisbestand. Wel is gekeken of het opdelen van het bestand naar rijks- en regionale wateren tot verschillen in de verdeling van de gemeten concentraties leidt, zowel als is gekeken naar het opsplitsen op basis van de bemonsteringsdiepte (hoofdstuk 8).

3.5.2 Zoutwaterbodem

Ook voor de gegevens die zijn verzameld van de zoutwaterbodem geldt dat deze (grotendeels) niet vanuit een op voorhand ten behoeve van het bepalen van de achtergrondconcentratie gedefinieerde strategie voortkomen. Daarom is ook in het gegevensbestand van de zoutwaterbodem geen verdere opsplitsing aangebracht. Wel is voor deze gegevens onderzocht of het aanbrengen van een verdeling op basis van de regionale ligging tot verschillen in de verdeling van de gemeten concentraties leidt (hoofdstuk 8).

4. Statistische analyse van de achtergrondconcentraties in de landbodem

4.1 Polycyclisch Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)

Statistische kengetallen

In figuur 5 staan de histogrammen van de som van de 10 PAK's volgens de toetsingstabel van VROM (voortaan aangeduid als 10 PAK's van VROM of PAKVROM) en de individuele PAK's.

Duidelijk is te zien dat de verdelingen een sterke scheefheid vertonen, die na log-transformatie (grotendeels) verdwijnt. Dit is alleen geïllustreerd met de somparameter PAKVROM. De grootste bijdrage aan PAKVROM wordt geleverd door anthraceen en fluorantheen. De 10 PAK's van VROM zijn berekend door optelling van de individuele concentraties van de PAK's. Indien een concentratie onder de bepalingsondergrens ligt is deze vervangen door 0,7 maal de bepalingsondergrens (zie voor de correctie voor de bepalingsondergrens paragraaf 3.3).

PAKVROM heeft een gemiddelde concentratie van 0,57 mg/kg ds met een standaarddeviatie van 1,1 mg/kg ds op basis van 562 monsters. De statistische kengetallen voor PAKVROM staan vermeld in tabel 4.

In het landbodembestand komt het een aantal malen voor dat niet alle tien de PAK's zijn gemeten. Het betreft hier met name monsters afkomstig van het RIVM waarin geen naftaleen is gemeten. Van de 562 berekende PAKVROM somconcentraties is dit in 422 gevallen gebaseerd op alle tien de PAK's en dus is in 140 gevallen, of 25% van het totaal aantal metingen, PAKVROM berekend op negen PAK's. Als consequentie hiervan zou PAKVROM in deze gevallen relatief wat lagere concentraties vertonen en dus wat vaker onder de streefwaarde uitkomen. Het effect van het niet meenemen van naftaleen in de berekening is naar mag worden aangenomen echter beperkt. Niet alleen gaat het slechts om één van de tien PAK's, maar bovendien blijkt op basis van de andere metingen dat naftaleen, gemiddeld gesproken, niet de grootste bijdrage levert aan de totale som PAKVROM (zie figuur 5).

Tabel 4 Statistische kengetallen PAKVROM (mg/kg ds) en PAKVROM gedeeld door de streefwaarde (< 1 = onder de streefwaarde, > 1 = boven de streefwaarde) in de landbodem.

Kengetallen	Parameter	PAKVROM mg/kg ds)	PAKVROM/S (-)
Aantal		562	562
% >b.p.o.		n.v.t.	n.v.t.
Gemiddelde		0,57	0,72
Std. dev.		1,13	1,53
% > streefwaarde		n.v.t	15
Percentielen			
Minimum (0)		0,05	0,03
5		0,10	0,11
10		0,12	0,14
25		0,16	0,23
Mediaan (50)		0,27	0,36
75		0,53	0,68
90		1,06	1,40
95		1,81	2,17
Maximum (100)		13,46	23,61

b.p.o. bepalingsondergrens

n.v.t. niet van toepassing

Toetsing aan de streefwaarde

De streefwaarde voor PAKVROM wordt in 15% van de gevallen overschreden.

Extreme waarden

Extreme concentraties PAKVROM (boven 2 mg/kg ds) en hoge overschrijding van de streefwaarden komen, binnen de verzamelde gegevens, in beperkte mate en gebiedsgecorrleerd voor. De hoogste overschrijdingen zijn meer dan 20 maal de streefwaarde. Overschrijdingen van de streefwaarde beperken zich in het algemeen echter tot ten hoogste drie maal de streefwaarde.

4.2 Polychloorbifenylen (PCB's)

Statistische kengetallen

De individuele PCB's (de congenen 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180) zijn slechts in de bestanden van de provincie Noord-Brabant en Friesland gemeten. Ze hebben hoge percentages bepalings-ondergrenswaarden variërend van 95% tot meer dan 99%. Figuur 6 geeft de histogrammen van zowel de individuele als de som van de PCB's, waarbij duidelijk te zien is dat er sprake is van minstens twee bepalingsondergrenswaarden. Tabel 5 geeft de statistische kengetallen. De hoge percentages bepalingsondergrenzen beperken het gebruik van PCB's voor statisti-

sche toetsing. De somparameter van de 6 PCB's¹ (voortaan PCB-totaal genoemd) is berekend door de 6 individuele PCB's op te tellen; in geval van bepalingsondergrenswaarden is deze vervangen door 0,7 maal de bepalingsondergrens. De gemiddelde PCB-totaal concentratie bedraagt 7,5 µg/kg ds met een standaarddeviatie van 3,7 µg/kg ds op basis van 199 geanalyseerde monsters.

Toetsing aan streefwaarden

De streefwaarde van de individuele PCB's wordt veelvuldig overschreden, maar dit is in bijna ieder situatie te wijten aan hoge bepalingsondergrenswaarden; na correctie van de bepalingsondergrenswaarde met een factor 0,7 (zie paragraaf 3.3.2) komt deze boven de streefwaarde uit. PCB-totaal overschrijdt in 4% van de gevallen de streefwaarde, en deze overschrijdingen zijn voor een deel gebaseerd op meetwaarden boven de bepalingsondergrenswaarden van de individuele PCB's. In tabel 6 worden de statistische kengetallen van de PCB concentraties relatief ten opzichte van de streefwaarden weergegeven.

Extremen

Extreme concentraties van PCB-totaal liggen boven 12 µg/kg ds. De streefwaarde wordt nooit meer dan 4 maal overschreden.

Tabel 5 Statistische kengetallen voor de individuele 6 indicator PCB's en de som hiervan (PCB-totaal) in de landbodem in µg/kg ds.

Parameter Kengetallen	PCB totaal (µg/kg ds)	PCB28 (µg/kg ds)	PCB52 (µg/kg ds)	PCB101 (µg/kg ds)	PCB118 (µg/kg ds)	PCB138 (µg/kg ds)	PCB153 (µg/kg ds)	PCB180 (µg/kg ds)
Aantal	199	199	199	199	199	199	199	199
% >b.p.o.	n.v.t.	1	1	<1	2	5	2	<1
Gemiddelde	7,49	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Std. dev.	3,67	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Percentielen								
Minimum (0)	4,20	<	<	<	<	<	<	<
5	4,20	<	<	<	<	<	<	<
10	4,20	<	<	<	<	<	<	<
25	4,20	<	<	<	<	<	<	<
Mediaan (50)	4,60	<	<	<	<	<	<	<
75	10,50	<	<	<	<	<	<	<
90	10,50	<	<	<	<	<	<	<
95	12,25	<	<	<	<	1,18	<	<
Maximum (100)	25,20	3,0	3,00	3,50	4,50	5,0	14,0	3,70

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

¹ Bij de somparameter PCB-totaal wordt congener 118 niet meegerekend, de streefwaarde voor PCB-totaal is gebaseerd op de overige 6 PCB's.

Tabel 6 Statistische kengetallen voor de individuele PCB's en PCB-totaal in de landbodem relatief uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = kleiner dan de streefwaarde, > 1 = groter dan de streefwaarde).

Parameter	PCB totaal/S	PCB28/S	PCB52/S	PCB101/S	PCB118/S	PCB138/S	PCB153/S	PCB180/S
Kengetallen	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Aantal	199	199	199	199	199	199	199	199
Gemiddelde	0,51	1,70	1,65	0,42	0,42	0,44	0,44	0,41
Std. dev.	0,40	1,20	1,16	0,32	0,32	0,46	0,47	0,29
% > streefwaarde	4*	78 ¹⁾	75 ¹⁾	3*	3	3	3	2
Percentielen								
Minimum (0)	0,07	0,23	0,23	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
5	0,18	0,58	0,58	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
10	0,20	0,70	0,64	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
25	0,30	1,08	1,01	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Mediaan (50)	0,41	1,40	1,39	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
75	0,53	1,94	1,87	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
90	0,71	3,13	2,71	0,56	0,58	0,59	0,58	0,56
95	0,96	4,22	3,90	0,80	0,80	0,82	0,80	0,80
Maximum (100)	3,50	8,75	8,75	2,33	2,73	5,00	4,61	2,19

1) overschrijdingen vrijwel geheel door hoge b.p.o.-waarde veroorzaakt, slechts 1% reële overschrijdingen

* overschrijdingen van de streefwaarde geheel veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenswaarde

4.3 Zware metalen

Statistische kengetallen

De zware metalen arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel en zink zijn veel vaker geanalyseerd dan de organische verbindingen. Tabel 7 geeft de statistische kengetallen van de zware metalen in landbodems. Over het algemeen zijn meer dan 1000 analyseresultaten voor ieder metaal beschikbaar in het basisbestand. Arseen, kwik en nikkel zijn in meer dan 30% van de gevallen beneden de bepalingsondergrens gemeten en zijn beperkt geschikt voor statistische analyse. Cadmium en chroom zijn in 30% van de gevallen beneden de bepalingsondergrens gemeten, terwijl koper, lood en zink minder dan 10% bepalingsondergrens gevallen hebben. Figuur 7 laat zien dat de metalen een lognormale verdeling vertonen. De bepalingsondergrenzen zijn vervangen door 0,7 maal hun waarde in de statistische toetsingen, gemiddelde en standaarddeviatie berekening.

Toetsing aan streefwaarden

De zware metalen overschrijden de streefwaarde veelal in minder dan 5% van de gevallen (zie tabel 8). Koper vertoont in 6% van de gevallen een overschrijding.

Extremen

Extreme overschrijdingen van 3 tot 25 maal de streefwaarde, hetgeen ook hoge concentraties impliceert, worden aangetroffen. Deze overschrijdingen betreffen de streefwaarde voor meerdere metalen in hetzelfde monster.

Tabel 7 Statistische kengetallen voor de zware metalen in de landbodem in mg/kg ds.

Parameter Kengetallen	Arseen (mg/kg ds)	Kwik (mg/kg ds)	Cadmium (mg/kg ds)	Chroom (mg/kg ds)	Koper (mg/kg ds)	Nikkel (mg/kg ds)	Lood (mg/kg ds)	Zink (mg/kg ds)
Aantal	1032	1225	1174	1104	1174	964	1161	1171
% >b.p.o.	37	44	70	70	90	61	94	93
Gemiddelde	n.v.t.	n.v.t.	0,44	13,6	13,2	n.v.t.	27,2	46,5
Std. dev.	n.v.t.	n.v.t.	5,00	11,2	13,1	n.v.t.	38,4	108
Percentielen								
Minimum (0)	<	<	<	<	<	<	<	<
5	<	<	<	<	<	<	<	<
10	<	<	<	<	<	<	8,9	7,2
25	<	<	<	<	7,2	<	13,2	20,0
Mediaan (50)	<	<	0,20	9,0	11,0	2,0	20,0	32,9
75	10,0	0,10	0,30	21,0	15,5	12,0	31,0	55,0
90	14,0	0,20	0,50	29,3	22,0	18,0	46,0	81,8
95	16,0	0,30	0,73	34,0	28,0	21,0	60,0	100,0
Maximum (100)	410,0	21,0	170,0	120,0	165,0	70,0	560,0	3.400,0

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

Tabel 8 Statistische kengetallen voor de zware metalen in de landbodem relatief uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = kleiner dan de streefwaarde, > 1 = groter dan de streefwaarde).

Parameter Kengetallen	Arseen/S (-)	Kwik/S (-)	Cadmium/S (-)	Chroom/S (-)	Koper/S (-)	Nikkel/S (-)	Lood/S (-)	Zink/S (-)
Aantal	1026	1168	1168	1098	1168	958	1156	1165
Gemiddelde	0,29	0,50	0,53	0,18	0,48	0,28	0,36	0,46
Std. dev.	0,37	2,16	3,40	0,12	0,39	0,25	0,42	0,84
% >streefwaarde	<1	5	5	<1	6	<1	2	5
Percentielen								
Minimum (0)	0,02	0,05	0,04	0,03	0,05	0,03	0,00	0,04
5	0,13	0,17	0,10	0,06	0,13	0,09	0,06	0,10
10	0,16	0,18	0,13	0,06	0,17	0,12	0,15	0,12
25	0,18	0,19	0,20	0,07	0,26	0,14	0,22	0,27
Mediaan (50)	0,21	0,30	0,33	0,16	0,40	0,26	0,29	0,37
75	0,37	0,42	0,50	0,24	0,59	0,38	0,38	0,49
90	0,44	0,79	0,76	0,33	0,84	0,46	0,57	0,71
95	0,50	1,05	1,06	0,37	1,12	0,53	0,75	1,01
Maximum (100)	11,0	68,6	115	2,13	5,53	5,30	5,89	23,7

4.4 Bestrijdingsmiddelen

Statistische kengetallen

De bestrijdingsmiddelen zijn alleen het in landelijk meetnetbestand en Friesland gemeten. α -endosulfan, aldrin en endrin zijn totaal ongeveer 420 maal gemeten, DDE is 273 maal gemeten, terwijl heptachloorepoxide, isodrin en telodrin ongeveer 100 maal zijn gemeten. Voor al deze stoffen geldt dat er nooit of ten hoogste in 10% van de metingen concentraties boven de bepalingsondergrens worden gemeten. α -HCH, β -HCH en γ -HCH (lindaan), HCB (hexachloorbenzeen), dieldrin en heptachloor hebben een percentage bepalingsondergrenswaarden van meer dan 30%. Hierbij dient te worden opgemerkt dat bij α -HCH, β -HCH en heptachloor de

concentratie 0,25 µg/kg ds zeer vaak voorkomt, zonder dat deze in de aangeleverde bestanden als bepalingsondergrens was aangemerkt. Vermoedelijk betreft dit toch een bepalingsondergrens. De statistische kengetallen van bestrijdingsmiddelen waarvoor concentraties boven de bepalingsondergrens zijn gemeten staan vermeld in tabel 9.

Toetsing aan streefwaarden

Tabel 10 geeft de statistische kengetallen van deze stoffen ten opzichte van de streefwaarde. De overschrijdingen blijken voor de meeste bestrijdingsmiddelen laag te zijn (onder 5% van het totaal aantal geanalyseerde monsters). De hoge overschrijdingen voor β-HCH en dieldrin worden grotendeels veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenswaarden. HCB overschrijdt in 12% van de gevallen de streefwaarde. Voor γ-HCH of lindaan is de streefwaarde zodanig laag dat de laagste bepalingsondergrenswaarde reeds een overschrijding geeft. Concentraties boven de bepalingsondergrens geven overschrijdingen tot een factor 4000 boven de streefwaarde.

Extremen

Extreem hoge concentraties en hoge overschrijdingsfactoren van de streefwaarde (boven een factor 3) komen voor ieder bestrijdingsmiddel voor.

Tabel 9 Statistische kengetallen voor de bestrijdingsmiddelen in de landbodem in µg/kg.

Parameter Kengetallen	α-HCH (µg/kg ds)	β-HCH (µg/kg ds)	γ-HCH (µg/kg ds)	HCB (µg/kg ds)	heptachloor (µg/kg ds)	dieldrin (µg/kg ds)
Aantal	235	235	235	235	235	235
% >b.p.o.	61*	61*	52*	51*	60*	61
Gemiddelde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Std. dev.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Percentielen						
Minimum (0)	<	<	<	<	<	<
5	<	<	<	<	<	<
10	<	<	<	<	<	<
25	<	<	<	<	<	<
Mediaan (50)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
75	0,25	0,25	1,41	0,75	0,25	1,07
90	0,25	0,25	8,82	2,08	0,25	3,48
95	0,61	1,81	36,8	3,12	0,25	12,9
Maximum (100)	1,90	17,64	235	6	0,68	77,16

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

* vermoedelijk is de waarde 0,25 ook een b.p.o., gezien de hoge frequenties van voorkomen. Deze waarde is echter niet als zodanig aangegeven in het toegeleverde bestanden en niet in dit percentage opgenomen, zodat de werkelijke % > b.p.o. (vermoedelijk) hoger ligt

Tabel 10 Statistische kengetallen voor de bestrijdingsmiddelen in de landbodem relatief uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde).

Parameter Kengetallen	α -HCH/S (-)	β -HCH/S (-)	γ -HCH/S (-)	HCb/S (-)	heptachloor/S (-)	dieldrin/S (-)
Aantal	235	235	235	235	235	235
Gemiddelde	0,39	1,33	168	0,63	0,38	11,71
Std. dev.	0,44	2,69	483	0,61	0,42	43,1
% >streefwaarde	5*	35 ¹⁾	100 ²⁾	14 ³⁾	5*	77 ³⁾
Percentielen						
Minimum (0)	0,09	0,09	4,4	0,09	0,04	0,23
5	0,10	0,25	7,5	0,14	0,09	0,67
10	0,13	0,34	8,6	0,16	0,10	0,78
25	0,16	0,42	13,9	0,23	0,15	1,06
Mediaan (50)	0,23	0,60	28,6	0,44	0,23	2,45
75	0,49	1,52	52,7	0,78	0,49	4,54
90	0,86	2,49	195	1,50	0,86	12,7
95	1,05	5,39	1.317	2,00	1,05	35,4
Maximum (100)	3,50	22,2	3.563	3,64	3,11	380

* overschrijding geheel veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenzen

- 1) overschrijding deels veroorzaakt door hoge bepalingsondergrens. 6% van β -HCH overschrijding op basis van gemeten waarden
- 2) overschrijding deels veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenzen. 40% van γ -HCH overschrijding op basis van gemeten waarden
- 3) overschrijding deels veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenzen. 12% van HCB respectievelijk dieldrin overschrijding op basis van gemeten waarden

4.5 Resumerend voor landbodem

Het basisbestand met de achtergrondconcentraties voor landbodems geeft de volgende overschrijdingen van de streefwaarde:

- PAKVROM geeft een overschrijdingspercentage van 15%.
- PCB-totaal en de zware metalen geven in minder dan 10% en meestal minder dan 5%, van de gevallen een overschrijding van de streefwaarde.
- γ -HCH overschrijdt altijd de streefwaarde, hetgeen wordt veroorzaakt door de hoge bepalingsondergrens en een relatief lage streefwaarde. Voor de overige bestrijdingsmiddelen geldt eveneens dat een wezenlijk deel van de overschrijdingen van de streefwaarden wordt veroorzaakt door, ten opzichte van de streefwaarde, hoge bepalingsondergrenzen. Het totaal (werkelijke waarnemingen en bepalingsondergrenzen) percentage overschrijdingen varieert tussen de 5 en 80%.

4.6 Bodemtype correctie bij toetsing aan de streefwaarde

In figuur 8 is een positieve correlatie te zien tussen het organisch stof gehalte en PAKVROM. Hoewel statistisch significant (Spearman's correlatiecoëfficiënt met betrouwbaarheid van 95%) is duidelijk te zien dat de lineaire relatie zich manifesteert als een brede puntenwolk. In dezelfde figuur is ook de PAKVROM concen-

traties gedeeld door de streefwaarde aangegeven als functie van het organisch stof gehalte. De relatie wordt nu negatief, dat wil zeggen dat er hogere overschrijdingen van de streefwaarden zijn naarmate het organisch stof gehalte afneemt. Indien er van wordt uitgegaan dat de correctie voor het organisch stof gehalte bedoeld is om een bodemtype onafhankelijke toetsing mogelijk te maken, moet op basis van deze gegevens dus worden geconstateerd dat de hiervoor toegepaste correctie gemiddeld genomen niet over het gehele traject volledig juist is. De voor het organisch stof gehalte gecorrigeerde streefwaarde voor PAKVROM is voor de lagere organisch stof gehalten gemiddeld genomen relatief te laag. Deze relatie is niet eenduidig vast te stellen voor PCB totaal en de bestrijdingsmiddelen daar deze hoge bepalingsondergrenswaarde-percentages hebben. Voor de zware metalen is de negatieve correlatie tussen organisch stof en lutum met de streefwaarde overschrijding niet aangetroffen. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor de toetsing van de metalen aan de streefwaarden er geen onder- en bovengrens correcties voor organisch stof (respectievelijk 2 en 30%) zijn uitgevoerd. Dit houdt in dat de streefwaarde bij een organisch stofgehalte lager dan 2% feitelijk te laag is, hetgeen resulteert in relatief meer overschrijdingen. Bij een organisch stof gehalte boven 30% ontstaan hierdoor relatief te hoge streefwaarden en treden er dus minder overschrijdingen op. In de praktijk is dit probleem niet groot. Enerzijds is er slechts een beperkt aantal organisch stof gehalten buiten dit interval gemeten, terwijl anderzijds de afhankelijkheid van de streefwaarden voor de metalen aan het organisch stof gehalte laag of zelfs afwezig is.

5. Statistische analyse van de voorkomende concentraties in de zoetwaterbodem

5.1 PAKVROM

Statistische kengetallen

De statistische kengetallen van PAKVROM, die op analoge wijze als in het basisbestand landbodem zijn berekend, staan vermeld in tabel 11. Het geanalyseerde aantal monsters bedraagt 1478.

Toetsing aan streefwaarden

De streefwaarde van PAKVROM wordt in 70% van de monsters overschreden. Er is een significant verschil ($> 95\%$ betrouwbaarheid met Kolmogorov-Smirnov 2 sample toets) tussen rijks- en regionale waterbodems: de rijkswaterbodems overschrijden de streefwaarde gemiddeld met een factor 12 (mediaan = 3), terwijl de regionaal beheerde waterbodems gemiddeld 5 maal (mediaan = 1,6) de streefwaarde overschrijden. Aangetekend dient te worden dat 5 tot 10% van het bestand zeer hoge overschrijdingen met een factor 10 of meer van de streefwaarde bevat.

Extremen

Zoals hierboven reeds genoemd zijn er zeer hoge PAKVROM concentraties en bijbehorende overschrijdingen aanwezig. Echter, indien de gegevens logaritmisch worden getransformeerd, vertoont PAKVROM een normale verdeling en lijken de hoge waarden in de verdeling te passen (figuur 9). Er is daarom geen aanleiding extreme waarden te verwijderen, indien met loggetransformeerde gegevens wordt getoetst.

Tabel 11 Statistische kengetallen van PAKVROM in mg/kg ds en van PAKVROM/streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde) in de zoetwaterbodem.

Kengetallen	Parameter	PAKVROM (mg/kg ds)	PAKVROM/S (-)
Aantal		1.464	1.464
% >b.p.o.		n.v.t.	n.v.t.
Gemiddelde		5,1	7,22
Std. dev.		29,2	47,4
% > streefwaarde		n.v.t.	70
Percentielen			
Minimum (0)		0,03	0,04
5		0,12	0,25
10		0,20	0,42
25		0,46	0,82
Mediaan (50)		0,99	2,12
75		3,4	5,49
90		8,9	12,28
95		14,6	18,61
Maximum (100)		781,3	1.395

b.p.o. bepalingsondergrens

5.2 PCB

Statistische kengetallen

De individuele PCB concentraties zijn veelal beneden de bepalingsondergrens gemeten, zie ook tabel 12. Het percentage PCB (congeneren 28, 52, 101, 138, 153 en 180) dat boven de bepalingsondergrenswaarde ligt, bedraagt rond de 30% van het totaal. Het percentage monsters boven de bepalingsondergrens is niet hoog genoeg om statistische toetsingen mee uit te voeren. De percentielswaarden boven de mediaan liggen veel hoger dan in landbodems.

Toetsing aan streefwaarden

Uit tabel 13 blijkt dat hoge percentages overschrijdingen van de streefwaarde voor zowel de PCB-totaal als de individuele PCB's optreden. Het grootste deel van de overschrijding is te wijten aan hoge bepalingsondergrenzen. Ongeveer 10 tot 30% van de overschrijding is echter het gevolg van gemeten concentratiewaarden.

Extremen

De hoge PCB-totaal concentraties en overschrijdingsfactoren van de streefwaarde blijken niet een aparte groep te vormen. De histogrammen van beide parameters vertonen na logtransformatie geen bimodaliteit of tweetoppigheid, maar een normale verdeling (figuur 10). Er is geen reden aan te nemen dat er sprake is van uitschieters of extremen.

Tabel 12 Statistische kengetallen voor de individuele PCB's en som PCB in de zoetwaterbodem in µg/kg ds.

Parameter Kengetallen	PCB totaal ²⁾ (µg/kg ds)	PCB28 (µg/kg ds)	PCB52 (µg/kg ds)	PCB101 (µg/kg ds)	PCB118 (µg/kg ds)	PCB138 (µg/kg ds)	PCB153 (µg/kg ds)	PCB180 (µg/kg ds)
Aantal	1.142	1.133	1.122	1.142	1.126	1.141	1.141	1.141
% >b.p.o.	n.v.t.	23	23	29	23	34	33	26
Gemiddelde	60,9	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Std. dev.	132	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Percentielen								
Minimum (0)	0,00	<	<	<	<	<	<	<
5	4,20	<	<	<	<	<	<	<
10	4,20	<	<	<	<	<	<	<
25	13,9	<	<	<	<	<	<	<
Mediaan (50)	42,0	<	<	<	<	<	<	<
75	45,5	<	<	1,50	<	3,65	3,50	0,90
90	100	10,0	10,0	15,0	10,0	21,0	20,0	11,0
95	182	23,0	20,0	25,0	19,7	36,9	35,0	21,0
Maximum (100)	1.711	1.100	460	310	240	380	340	261

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

Tabel 13 Statistische kengetallen voor de individuele PCB's en som PCB in de zoetwaterbodem relatief uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde).

Parameter Kengetallen	PCB totaal/S (-)	PCB28/S (-)	PCB52/S (-)	PCB101/S (-)	PCB118/S (-)	PCB138/S (-)	PCB153/S (-)	PCB180/S (-)
Aantal	1.142	1.133	1.122	1.142	1.126	1.141	1.141	1.141
Gemiddelde	5,6	18,3	16,9	4,63	3,82	5,20	5,3	4,13
Std. dev.	12,2	53,0	32,2	11,63	8,30	15,8	15,1	9,35
% > streefwaarde	81	94 ¹⁾	93 ¹⁾	72 ¹⁾	67 ²⁾	74 ³⁾	75 ³⁾	72 ⁴⁾
Percentielen								
Minimum (0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,28	0,89	0,90	0,22	0,22	0,24	0,24	0,23
10	0,60	1,46	1,49	0,41	0,35	0,52	0,50	0,41
25	1,11	3,50	3,50	0,88	0,83	1,0	1,0	0,88
Mediaan (50)	3,0	8,24	8,33	2,19	2,0	2,6	2,6	2,19
75	7,3	20,6	21,2	5,5	4,75	6,5	6,25	5,15
90	10,5	35,0	35,0	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75
95	14,0	45,0	35,0	11,3	8,75	14,0	16,3	9,78
Maximum (100)	307	1.486	622	300	188	475	425	250

1) waarvan 69% door hoge b.p.o.

2) waarvan 46% door hoge b.p.o.

3) waarvan 43% door hoge b.p.o.

4) waarvan 47% door hoge b.p.o.

5.3 Zware metalen

Statistische kengetallen

Het basisbestand van zoetwaterbodems heeft voor geen van de zware metalen arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel en zink een hoog percentage bepalingsondergrenswaarden, zie ook tabel 14. Cadmium en kwik vertonen in ongeveer 65% van de gevallen concentraties hoger dan de bepalingsondergrens, terwijl de andere metalen percentages boven de 90% hebben. De zware metalen vertonen een lognormale verdeling.

Toetsing aan streefwaarden

De percentages overschrijdingen variëren van minder dan 10% voor arseen en chroom tot boven de 50% voor zink (zie tabel 15).

Extremen

Analoog aan PAKVROM en PCB-totaal hebben de zware metalen een normale verdeling na logtransformatie, waarbij zich geen aparte groep van hoge concentraties of overschrijdingsfactoren heeft gevormd (figuur 11). Er is derhalve geen aanleiding om hoge waarden als uitschieter of extreem te behandelen.

Tabel 14 Statistische kengetallen voor de zware metalen in de zoetwaterbodem in mg/kg ds.

Parameter Kengetallen	Arseen (mg/kg ds)	Kwik (mg/kg ds)	Cadmium (mg/kg ds)	Chroom (mg/kg ds)	Koper (mg/kg ds)	Nikkel (mg/kg ds)	Lood (mg/kg ds)	Zink (mg/kg ds)
Aantal	1.388	1.467	1.468	1.468	1.477	1.429	1.478	1.478
% >b.p.o.	94	67	64	98	97	94	87	>99
Gemiddelde	12,1	0,6	2,5	41,5	38,3	18,9	64,1	242
Std. dev.	14,0	3,0	8,5	98,0	152	16,0	177	347
Percentielen								
Minimum (0)	<	<	<	<	<	<	<	<
5	<	<	<	4,00	2,0	<	<	20,0
10	1,50	<	<	7,00	4,0	3,00	<	31,0
25	4,00	<	<	15,0	9,4	8,6	12,0	59,0
Mediaan (50)	9,0	0,11	0,30	28,0	18,5	15,0	28,4	115,0
75	15,0	0,40	1,4	44,0	37,5	25,0	61,0	260
90	24,0	1,2	5,0	71,2	81,2	38,0	150	631
95	32,0	1,3	10,0	109,1	120	45,0	240	920
Maximum (100)	270	80,1	170	3.208	5.400	204	5.846	3.600

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

Tabel 15 Statistische kengetallen voor de zware metalen in zoetwaterbodempati relatief uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde).

Parameter Kengetallen	Arseen/S (-)	Kwik/S (-)	Cadmium/S (-)	Chroom/S (-)	Koper/S (-)	Nikkel/S (-)	Lood/S (-)	Zink/S (-)
Aantal	1.367	1.434	1.435	1.435	1.444	1.396	1.445	1.445
Gemiddelde	0,49	2,2	3,77	0,52	1,21	0,78	0,84	2,28
Std. dev.	0,51	9,44	13,21	1,46	2,85	0,88	1,83	3,18
% > streefwaarde	8	35	55 ¹	7	31	21	22	54
Percentielen								
Minimum (0)	0,00	0,00	0,04	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
5	0,09	0,17	0,17	0,08	0,16	0,19	0,09	0,29
10	0,13	0,23	0,28	0,12	0,22	0,25	0,12	0,38
25	0,24	0,31	0,53	0,22	0,38	0,43	0,19	0,60
Mediaan (50)	0,38	0,59	1,17	0,34	0,65	0,64	0,39	1,05
75	0,55	1,73	2,26	0,49	1,29	0,93	0,88	2,52
90	0,89	4,20	7,60	0,83	2,78	1,32	1,96	6,01
95	1,26	7,11	14,0	1,25	3,81	1,59	3,06	8,2
Maximum (100)	8,28	308	256	48,9	88,2	17,4	52,8	31,8

1) waarvan 16% door hoge b.p.o.

5.4 Bestrijdingsmiddelen

Statistische kengetallen

De bestrijdingsmiddelen α -HCH, β -HCH en γ -HCH (lindaan), HCB, dieldrin en heptachloor, α -endosulfan, endrin, heptachloorepoxide, aldrin, isodrin en telodrin hebben veel bepalingsondergrenswaarden en worden in minder dan 5% van de gevallen boven de bepalingsondergrens gemeten, zie ook tabel 16. Deze bestrijdingsmiddelen komen derhalve dus nauwelijks in meetbare concentraties voor. De bestrijdingsmiddelen HCB en individuele componenten van DDD/DDE/DDT hebben ongeveer 20% detecteerbare waarnemingen.

Toetsing aan streefwaarden

De overschrijdingspercentages voor DDD/DDE/DDT worden voornamelijk bepaald door bepalingsondergrenswaarden. Indien een DDD, DDE of DDT component wordt gemeten leidt dit direct tot overschrijding van de streefwaarde met meer dan een factor 10, zie ook tabel 17.

Extremen

Gezien de hoge percentages bepalingsondergrenswaarden is het niet mogelijk uitgesproken te doen over de extreme concentraties en overschrijdingen van de streefwaarde.

Tabel 16 Statistische kengetallen van de bestrijdingsmiddelen in de zoetwaterbodem in $\mu\text{g/kg ds}$.

Parameter Kengetallen	α -HCH ($\mu\text{g/kg ds}$)	β -HCH ($\mu\text{g/kg ds}$)	γ -HCH ($\mu\text{g/kg ds}$)	HCB ($\mu\text{g/kg ds}$)	heptachloor ($\mu\text{g/kg ds}$)	dieldrin ($\mu\text{g/kg ds}$)	DDD/DDE/DDT ($\mu\text{g/kg ds}$)
Aantal	897	844	888	865	876	886	750
% >b.p.o.	4	5	7	20	1	6	n.v.t.
Gemiddelde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	22,8
Std. dev.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	53,8
Percentielen							
Minimum (0)	<	<	<	<	<	<	0,00
5	<	<	<	<	<	<	1,89
10	<	<	<	<	<	<	2,38
25	<	<	<	<	<	<	10,85
Mediaan (50)	<	<	<	<	<	<	14,00
75	<	<	<	<	<	<	23,50
90	<	<	<	4	<	<	38,88
95	<	0,50	1,00	10	<	1,00	54,90
Maximum (100)	150	140	62,0	530	34,0	25,0	1.286

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

Tabel 17 Statistische kengetallen van de bestrijdingsmiddelen in de zoetwaterbodem relatief uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde).

Parameter Kengetallen	α -HCH/S (-)	β -HCH/S (-)	γ -HCH/S (-)	HCB/S (-)	heptachloor/S (-)	dieldrin/S (-)	DDD/DDE/DDT/S (-)
Aantal	897	844	888	416	876	886	742
Gemiddelde	2,95	7,66	15,2	3,08	4,14	4,15	16,05
Std. dev.	7,89	21,51	25,7	4,30	4,29	4,32	21,48
% >streefwaarde	59 ¹⁾	83 ²⁾	95 ³⁾	74 ⁴⁾	73 ⁵⁾	72 ⁵⁾	95 ⁶⁾
Percentielen							
Minimum (0)	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,01
5	0,1	0,24	0,90	0,16	0,14	0,21	1,22
10	0,26	0,64	1,52	0,24	0,39	0,44	2,31
25	0,51	1,37	2,80	0,52	0,93	0,97	4,60
Mediaan (50)	1,40	3,5	9,6	1,65	2,55	2,58	9,61
75	3,31	9,7	19,9	4,89	5,93	5,83	21,58
90	7,0	20,0	39	7,00	13,3	12,0	38,28
95	14,00	35	70	9,41	14,0	14,0	43,82
Maximum (100)	214	209	496	48,3	21,0	38	321

1) waarvan 56% door hoge b.p.o.

2) waarvan 79% door hoge b.p.o.

3) waarvan 94% door hoge b.p.o.

4) waarvan 55% door hoge b.p.o.

5) waarvan 69% door hoge b.p.o.

6) geen b.p.o., betreft somparameter

5.5 Minerale olie en EOX

Statistische kengetallen

In het basisbestand van de zoetwaterbodem zijn olieconcentraties gemeten met infraroodspectrometrie (1126 waarnemingen) en met gaschromatografie (370 waarnemingen). De laatste analysemethode geeft gemiddeld lagere concentraties, zoals staat weergegeven in tabel 18, maar de mediaan van beide bepalingsmethoden is ongeveer gelijk. Het percentage onder de bepalingsondergrens is voor beide analysemethoden gelijk, nl. in 25% van de gevallen.

In het basisbestand zijn 1009 EOX concentraties gemeten, waarvan 23% beneden de bepalingsgrens. De verdeling vertoont na logtransformatie gelijkenis met de normale verdeling, maar lijkt aan de onderkant afgesneden door het voorkomen van bepalingsgrenswaarden.

Toetsing aan streefwaarden

Tabel 19 geeft aan dat meer dan 80% van de olieconcentraties boven de streefwaarde liggen, waarbij slechts 10% wordt veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenzen.

Tabel 19 geeft aan dat 77% van de EOX concentraties boven de streefwaarde liggen. Dit percentage komt overeen met de concentraties die boven de bepalingsondergrens zijn gemeten. Dit betekent dat de bepalingsondergrens voldoende laag is om geen overschrijding te geven, terwijl concentraties boven de bepalingsondergrens direct tot een overschrijding leiden, die vaak enige tientallen malen hoger zijn de streefwaarde.

Extremen

Analoog aan PAKVROM, PCB-totaal en de zware metalen is er na logtransformatie geen sprake van de vorming van een groep met hoge concentraties of overschrijdingen van de streefwaarde. Derhalve is er geen sprake van uitschieters (figuur 12).

Er is een extreme waarde aanwezig met 600 µg/kg ds. In dit monster zijn naast EOX, slechts de zware metalen gemeten, die ver onder de streefwaarde blijven. Het monster is daarom niet verwijderd, omdat deze geen invloed heeft op de achtergrondconcentratieverdeling van de zware metalen en andere de organische verontreinigingen.

Tabel 18 Statistische kengetallen voor minerale olie en EOX in de zoetwaterbodem in mg/kg ds, aangegeven per analysemethode.

Parameter Kengetallen	Olie-IR (mg/kg ds)	Olie-GC (mg/kg ds)	EOX (mg/kg ds)
Aantal	1.126	370	1.009
% > b.p.o.	76	76	77
Gemiddelde	434	307	1,81
Std. dev.	1.475	1.051	19,1
Percentielen			
Minimum (0)	<	<	<
5	<	<	<
10	<	<	<
25	13,0	8,8	0,10
Mediaan (50)	130	138	0,31
75	366	252	1,0
90	933	510	3,3
95	1.700	689	6,0
Maximum (100)	30.000	16.000	600

b.p.o. bepalingsondergrens

Tabel 19 Statistische kengetallen voor minerale olie en EOX zoetwaterbodem uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde) en aangegeven per analysemethode.

Parameter Kengetallen	Olie-IR/S (-)	Olie-GC/S (-)	EOX (-)
Aantal	1.126	371	1.009
Gemiddelde	12,68	9,53	40,9
Std. dev.	28,19	17,10	727
% > streefwaarde	87 ¹⁾	84 ²⁾	75 ³⁾
Percentielen			
Minimum (0)	0,00	0,03	0,06
5	0,50	0,37	< 0,20
10	0,73	0,59	< 0,35
25	2,00	2,00	1,2
Mediaan (50)	5,88	6,52	6,5
75	14,0	12,0	18,7
90	27,4	19,9	49,3
95	42,0	24,4	88,3
Maximum (100)	566	246	23.000

1) waarvan 16% door hoge b.p.o.

2) waarvan 13% door hoge b.p.o.

3) alle bepalingsondergrenzen < 5, indien EOX wordt gedetecteerd leidt dit tot overschrijding van de streefwaarde

5.6 Resumerend voor zoetwaterbodem

Voor de zoetwaterbodem worden in het gegevensbestand de volgende overschrijdingen van de streefwaarde aangetroffen:

- PAKVROM overschrijdt in 70% van de gevallen de streefwaarde, waarbij 5 tot 10% van de waarnemingen de streefwaarde met een factor 10 of meer overschrijden.

- PCB-totaal, zowel als de individuele PCB's, overschrijden de streefwaarde in meer dan 70% van de gevallen. Voor een deel wordt dit echter veroorzaakt door de hoge bepalingsondergrenzen. Van de reële metingen overschrijdt 10 tot 30% de streefwaarde.
- Het percentage overschrijdingen van de streefwaarde voor de zware metalen varieert sterk. Voor arseen en chroom ligt dit percentage onder de 10%, terwijl voor kwik, koper, nikkel en lood een overschrijdingspercentage van rond de 20 tot 30% wordt gevonden. Voor cadmium en zink ligt het overschrijdingspercentage rond de 55%.
- Van de bestrijdingsmiddelen liggen de percentages overschrijdingen hoog, variërend van circa 60 tot 95%. Evenals geldt voor de PCB's wordt een belangrijk deel van deze overschrijdingen echter veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenswaarden.
- Voor minerale olie wordt in meer dan 80% van de gevallen de streefwaarde overschreden. Slechts een gering deel van deze overschrijdingen kan worden toegeschreven aan de hoge bepalingsondergrens.
- Voor EOX wordt de streefwaarde in circa 75% van de gevallen overschreden.

6. Statistische analyse van de voorkomende concentraties in de zoutwaterbodem

6.1 PAK

Statistische kengetallen

De statistische kengetallen voor PAKVROM worden gegeven in tabel 20. Figuur 13 geeft het histogram van PAKVROM. Na logaritmische transformatie vertoont de verdeling een gelijkenis met de normale verdeling. De somconcentraties variëren tot boven 5 mg/kg ds met een gemiddelde van 0,9 mg/kg ds.

Toetsing aan de streefwaarde

De streefwaarde wordt relatief vaak overschreden, er in resulterend dat ook de mediaan boven de streefwaarde ligt.

Tabel 20 Statistische kengetallen voor PAKVROM in mg/kg ds en PAKVROM/streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde) voor de zoutwaterbodem.

Kengetallen	Parameter	PAKVROM (mg/kg ds)	PAKVROM/S (-)
Aantal		136	136
% >b.p.o.		n.v.t.	n.v.t.
Gemiddelde		2,20	5,05
Std. dev.		9,8	24,2
% > streefwaarde			70
Percentielen			
Minimum (0)		0,01	0,03
5		0,07	0,37
10		0,11	0,52
25		0,30	0,86
Mediaan (50)		0,68	1,60
75		1,30	2,55
90		2,08	4,72
95		3,55	5,82
Maximum (100)		103	210

6.2 PCB

Statistische kengetallen

De statistische kengetallen voor de individuele PCB's en PCB-totaal staan weer-gegeven in tabel 21. Figuur 14 geeft het histogram van PCB-totaal. Na logaritmi-sche transformatie vertoont de verdeling een gelijkenis met de normale verdeling. De somconcentraties variëren tot boven 100 µg/kg ds met een gemiddelde van 18 µg/kg ds.

Toetsing aan de streefwaarde

In tabel 22 zijn de concentraties van de individuele PCB's en PCB-totaal gedeeld door de, per analyseresultaat vastgestelde, streefwaarde. Duidelijk is te zien dat de streefwaarde zeer frequent wordt overschreden. Ook de mediaan ligt boven de streefwaarde.

Tabel 21 Statistische kengetallen voor de individuele PCB's en PCB-totaal voor de zoutwaterbodem in µg/kg ds.

Parameter	PCB totaal	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB138	PCB153	PCB180
Kengetallen	(µg/kg ds)	(µg/kg ds)	(µg/kg ds)	(µg/kg ds)	(µg/kg ds)	(µg/kg ds)	(µg/kg ds)	(µg/kg ds)
Aantal	137	136	125	135	141	136	136	67
% >b.p.o.	n.v.t.	49	24	60	55	65	62	100
Gemiddelde	17,6	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	4,01
Std. dev.	24,9	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	2,06
Percentielen								
Minimum (0)	0,00	<	<	<	<	<	<	0,60
5	1,78	<	<	<	<	<	<	1,02
10	4,2	<	<	<	<	<	<	1,38
25	4,2	<	<	<	<	<	<	2,70
Mediaan (50)	9,6	<	<	1,6	<	2,35	2,0	3,90
75	21,0	3,0	<	3,5	5,1	5,12	4,6	5,00
90	42,0	6,1	7,0	7,0	8,7	8,74	7,5	6,44
95	44,9	7,0	7,14	8,4	11,0	11,0	9,8	7,60
Maximum (100)	193	100	50	46,0	60,0	60,0	36,0	10,9

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

Tabel 22 Statistische kengetallen voor de individuele PCB's en PCB-totaal voor de zoutwaterbodem uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde).

Parameter	PCB totaal/S ²⁾	PCB28/S	PCB52/S	PCB101/S	PCB118/S	PCB138/S	PCB153/S	PCB180/S
Kengetallen	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Aantal	137	136	125	135	132	136	136	135
Gemiddelde	1,88	6,22	5,65	1,54	1,32	2,07	1,72	1,16
Std. dev.	2,64	19,02	11,87	2,34	1,51	3,13	2,05	1,37
% > streefwaarde	68	90	91	46	42	57	52	32
Percentielen								
Minimum (0)	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,28	0,5	0,88	0,24	0,18	0,25	0,25	0,13
10	0,40	0,94	1,10	0,32	0,25	0,38	0,29	0,22
25	0,78	1,50	2,00	0,61	0,52	0,82	0,78	0,38
Mediaan (50)	1,22	3,50	3,50	0,88	0,88	1,27	1,17	0,83
75	2,16	5,56	5,50	1,81	1,51	2,27	2,07	1,38
90	3,20	9,62	11,7	2,66	2,49	4,1	3,33	2,67
95	4,51	16,4	22,5	3,86	4,05	5,65	4,70	3,40
Maximum (100)	19,7	217,4	108,7	23,47	9,7	30,6	18,4	8,75

6.3 Zware metalen

Statistische kengetallen

De kengetallen van de zware metalen cadmium, chroom, koper, lood en zink staan gegeven in tabel 23. Figuur 15 geeft de verdelingen van de zware metalen in de zoutwaterbodem weer. Na logtransformatie vertonen de verdelingen een gelijkenis met de normale verdeling. Er zijn minder dan 10% bepalingsondergrens analyses per metaal in het bestand geconstateerd, behalve cadmium en kwik, die ongeveer 25% bepalingsondergrens-gevallen kennen.

Toetsing aan de streefwaarde

Tabel 24 geeft aan dat er twee groepen van zware metalen kunnen worden onderscheiden. Voor de elementen arseen, chroom, lood en nikkel ligt maximaal 5% van de waarnemingen boven de streefwaarde. Voor koper bedraagt dit percentage 10%. Voor de andere metalen worden echter aanzienlijke overschrijdingspercentages gevonden, voor cadmium 42%, voor kwik 36% en voor zink 40%.

Tabel 23 Statistische kengetallen voor de zware metalen in de zoutwaterbodem in mg/kg.

Parameter Kengetallen	Arseen (mg/kg ds)	Cadmium (mg/kg ds)	Chroom (mg/kg ds)	Koper (mg/kg ds)	Kwik (mg/kg ds)	Lood (mg/kg ds)	Nikkel (mg/kg ds)	Zink (mg/kg ds)
Aantal	160	162	162	162	145	162	160	162
% >b.p.o.	0	23	>99	92	74	95	93	100
Gemiddelde	13,0	0,88	44,24	22,45	0,31	40,2	14,9	125
Std. dev.	7,7	1,12	27,74	55,72	0,28	44,9	9,5	118
Percentielen								
Minimum (0)	0,3	<	0,7	<	<	<	<	13,0
5	3,0	<	8,1	<	<	<	<	21,0
10	4,0	<	10,0	3,5	<	7,0	3,5	31,5
25	7,8	0,30	20,0	6,8	<	17,0	7,0	61,0
Mediaan (50)	11,4	0,60	41,0	14,0	0,21	30,0	17,0	100
75	16,0	0,90	61,0	22,3	0,40	51,0	30,0	150
90	23,2	1,8	82,0	35,7	0,60	74,5	51,0	240
95	30,0	3,3	98,0	55,0	0,87	91,7	74,7	294
Maximum (100)	40,0	7,0	140,0	680	1,9	430	430	1.200

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

Tabel 24 Statistische kenmerken voor de zware metalen in de zoutwaterbodem uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde (< 1 = onder streefwaarde, > 1 = boven streefwaarde).

Parameter	Arseen/S	Cadmium/S	Chroom/S	Koper/S	Kwik/S	Lood/S	Nikkel/S	Zink/S
Kengetallen	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Aantal	160	162	162	162	145	162	160	162
Gemiddelde	0,49	1,25	0,48	0,67	1,05	0,50	0,49	1,00
Std. dev.	0,23	1,46	0,28	1,64	0,91	0,54	0,26	0,90
% > streefwaarde	3	42	2	10	36	5	2	40
Percentielen								
Minimum (0)	0,02	0,20	0,01	0,04	0,05	0,02	0,03	0,14
5	0,17	0,23	0,11	0,11	0,33	0,06	0,1	0,35
10	0,22	0,35	0,15	0,15	0,35	0,11	0,15	0,38
25	0,34	0,54	0,24	0,28	0,53	0,26	0,25	0,58
Mediaan (50)	0,47	0,85	0,44	0,43	0,78	0,38	0,51	0,86
75	0,58	1,29	0,71	0,67	1,25	0,63	0,71	1,15
90	0,79	2,44	0,86	1,01	1,84	0,86	0,82	1,55
95	0,90	4,37	0,91	1,40	2,95	1,06	0,91	1,74
Maximum (100)	1,58	11,5	1,9	20,27	6,78	5,65	1,13	10,2

6.4 Minerale olie en bestrijdingsmiddelen

Statistische kengetallen

Van de bestrijdingsmiddelen wordt alleen HCB in relatief veel monsters in concentraties boven de bepalingsondergrens gemeten. Voor de overige bestrijdingsmiddelen ligt ten minste 95% van de waarnemingen onder de bepalingsondergrens. De kengetallen van minerale olie en HCB staan weergegeven in tabel 25.

Figuur 16 geeft de verdelingen van minerale olie en HCB in de zoutwaterbodem weer. Voor meer dan 30% van de waarnemingen wordt een concentratie onder de bepalingsondergrens gemeten. Tengevolge van het voorkomen van verschillende bepalingsondergrenzen zijn de histogrammen van de logaritmisches getransformeerde waarnemingen afwijkend van vorm.

Toetsing aan de streefwaarde

Tabel 26 geeft aan dat voor minerale olie vrijwel alle waarnemingen (93%) boven de streefwaarde liggen. Ook voor HCB is het percentage overschrijdingen van de streefwaarde met 54% hoog. In het licht van het grote percentage overschrijdingen van de streefwaarde is het niet vreemd dat ook de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden voor de extremen van de verdeling groot is; voor HCB circa 11 maal en voor minerale olie bijna 70 maal.

Tabel 25 Statistische kenmerken van minerale olie (in mg/kg ds) en HCB (in µg/kg ds) in de zoutwaterbodem.

Kengetallen	Parameter	HCB (µg/kg ds)	minerale olie (mg/kg ds)
Aantal		126	158
% >b.p.o.		35	67
Gemiddelde		n.v.t.	n.v.t.
Std. dev.		n.v.t.	n.v.t.
Percentielen			
Minimum (0)		<	<
5		<	<
10		<	<
25		<	<
Mediaan (50)		<	40
75		3,50	170
90		3,50	357
95		5,1	600
Maximum (100)		14,0	1.300

b.p.o. bepalingsondergrens, aangegeven met <

n.v.t. niet van toepassing (indien aantal b.p.o. > 30%)

Tabel 26 Statistische kenmerken voor minerale olie en HCB in de zoutwaterbodem uitgedrukt ten opzichte van de streefwaarde.

Kengetallen	Parameter	HCB/S (-)	minerale olie/S (-)
Aantal		126	158
Gemiddelde		1,64	6,56
Std. dev.		1,74	8,60
% >streefwaarde		54	93
Percentielen			
Minimum (0)		0,0	0,16
5		0,21	0,89
10		0,33	1,06
25		0,53	2,5
Mediaan (50)		1,23	5,27
75		2,03	7,32
90		3,92	11,9
95		5,24	15,5
Maximum (100)		11,4	67,5

6.5 Resumerend voor zoutwaterbodem

De toetsing van concentraties aan organische componenten en zware metalen aan de streefwaarden geeft voor alle stoffen overschrijdingen. Voor PAKVROM en PCB-totaal wordt de streefwaarde overschreden in ongeveer 70% van de waarnemingen. Voor cadmium, kwik en zink wordt de streefwaarde in meer dan 30% van de monsters overschreden. De bestrijdingsmiddelen, behalve HCB, liggen allen in meer dan 95% van de gevallen beneden de bepalingsondergrens. Minerale olie heeft ongeveer 30% bepalingsondergrens-gevallen, en overschrijdt in meer dan 90% de streefwaarde, deels veroorzaakt door hoge bepalingsondergrenswaarden.

7. Toetsingsaspecten landbodem

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de rol van een aantal aspecten voor het opstellen van een toetsingsscenario. Onder een toetsingsscenario wordt een gedetailleerde kwantitatieve omschrijving van de wijze waarop een gemeten concentratie aan de streefwaarde kan worden getoetst verstaan. In deze omschrijving kunnen de in dit hoofdstuk te behandelen aspecten een rol spelen:

- de ruimtelijke schaal;
- de gebiedskenmerken (bodempopbouw, landgebruik, etc.);
- het aantal te toetsen stoffen;
- het aantal grepen in een mengmonster;
- de bemonsteringsdiepte.

De vraag of een of meer van deze aspecten een rol gaan spelen bij het opstellen van een toetsingsscenario is afhankelijk van de resultaten die in dit hoofdstuk worden gepresenteerd.

Het onderzoek naar de invloed van de genoemde aspecten is uitgevoerd aan de hand van een beperkt aantal gidsparameters. Voor de PAK's en PCB's zijn dit de somparameters PAKVROM en PCB-totaal. Voor de metalen en bestrijdingsmiddelen is bij de selectie van gidsparameters gebruik gemaakt van de correlatiematrixes in tabel 27 en 28. De weergegeven correlaties zijn gebaseerd op enkele honderden waarnemingen per stof.

Tabel 27 Correlatiematrix (Spearman's r) voor de onderlinge relaties tussen 8 zware metalen (vetgedrukte correlaties zijn significant bij $\alpha=0,01$)¹⁾.

	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
As								
Hg	0,42							
Cd	0,16	0,17						
Cr	0,78	0,37	0,25					
Cu	0,22	0,27	0,44	0,36				
Ni	0,81	0,44	0,18	0,90	0,27			
Pb	0,48	0,56	0,41	0,52	0,55	0,55		
Zn	0,56	0,38	0,45	0,65	0,70	0,64	0,64	

1) een correlatiecoëfficiënt van 0 betekent geen correlatie, bij een correlatiecoëfficiënt van 1 zijn de metalen volledig gecorreleerd.

Voor de zware metalen zijn als gidsparameter geselecteerd: arseen, koper, lood en zink. Uit de groep bestrijdingsmiddelen zijn als gidsparameter geselecteerd: α -HCH, HCB en dieldrin. Naast de hierboven gepresenteerde correlaties heeft bij de keuze ook de mate waarin er overschrijdingen van de streefwaarde optreden meegespeeld, zowel als het aantal beschikbare waarnemingen voor een stof.

Tabel 28 Correlatiematrix (Spearman's r) voor de onderlinge relaties tussen 6 bestrijdingsmiddelen (vetgedrukte correlaties zijn significant bij $\alpha=0,01$)¹⁾.

	α -HCH	β -HCH	γ -HCH	HCB	heptachloor	dieldrin
α -HCH						
β -HCH	0,89					
γ -HCH	0,36	0,44				
HCB	0,59	0,54	0,36			
heptachloor	0,94	0,81	0,27	0,58		
dieldrin	0,38	0,37	0,02	0,53	0,40	

1) een correlatiecoëfficiënt van 0 betekent geen correlatie, bij een correlatiecoëfficiënt van 1 zijn de metalen volledig gecorreleerd.

Na overleg met de begeleidingscommissie is besloten het onderzoek te richten op de vijf genoemde toetsingsaspecten. In tabel 29 is de samenhang tussen de toetsingsaspecten en -scenario's voor de landbodem schematisch weergegeven.

Tabel 29 Toetsingsaspecten en toetsingsscenario's voor de landbodem (in de gearceerde cellen is aangegeven hoe een toetsingsaspect varieert).

Aspecten	Scenario's					basisbestand
	1	2	3	4	5	
1 Ruimtelijke schaal	- veld - perceel - bedrijf	perceel & bedrijf	perceel	veld	veld	- perceel - bedrijf
2 Aantal stoffen	één	1 - 9	één	één	één	n.v.t.
3 Gebiedskenmerken	nee	nee	- bodemtype - bodemgebruik - regionale ligging	nee	- bouwland - grasland	1)
4 Aantal grepen	≥ 40	≥ 40	≥ 40	- 1 - 5 - 10 - 20	40	40, 160 en 320
5 Bemonsteringsdiepte	0 - 10 cm	0 - 10 cm	0 - 10 cm	0 - 10 cm	- 0 - 10 cm - 10 - 30 cm - 30 - 50 cm	0 - 10 cm

- 1) bodemtype = zand, klei, veen
 landgebruik = bouwland, grasland, natuur en boomgaard
 regionale ligging = Utrecht, Noord-Brabant, Friesland, Groningen en RIVM('93)

Bij het onderzoek van de aspecten ruimtelijke schaal, het aantal grepen en de bemonsteringsdiepte is gebruik gemaakt van de zogenaamde nevenbestanden. Deze bestanden zijn niet opgenomen in het basisbestand omdat ze op een of meer eigenschappen afwijken van de eigenschappen die bij het samenstellen van een consistent basisbestand als onderscheidende criteria zijn gehanteerd, zie ook hoofdstuk 3. De nevenbestanden bevatten echter wel relevante informatie voor het onderzoek naar de toetsingsaspecten.

Zo is de schaal 'veld' niet vertegenwoordigd in het basisbestand en daarom is voor het toetsingsaspect ruimtelijke schaal (paragraaf 7.2) gebruik gemaakt van het gegevensbestand van het RIVM (1988), waarin die gegevens wel aanwezig zijn. Ditzelfde bestand is ook gebruikt bij het onderzoek naar de invloed van bemonste-

ringsdiepte (paragraaf 7.6) omdat het analysegegevens bevat voor meerdere bemonsteringsdiepten.

Om vergelijkbare redenen is tijdens het onderzoek naar de invloed van het aantal grepen (paragraaf 7.5) gebruik gemaakt van de gegevens die door Edelman in 1983 op basis van individuele grepen zijn verzameld op de schaal van een proefveld. Bij het interpreteren van de invloed van de regionale ligging op de concentraties lood en PAK in de bodem van de Provincie Utrecht (paragraaf 7.4), is gebruik gemaakt van een bestand afkomstig uit de Gemeente Zeist.

De reproduceerbaarheid van de ten behoeve van het beoordelen van een bodem of partij grond noodzakelijke handelingen (monsterneming, monstervoorbehandeling, opwerking en analyse) is tevens van belang bij het opstellen van een toetsingsmethodiek. Zo dienen de verschillende spreidingsbronnen met elkaar in evenwicht te zijn om tot een zinvol toetsingsprotocol te kunnen komen. Een dergelijke afstemming heeft bijvoorbeeld plaats gevonden bij het opstellen van het toetsingsprotocol voor schone grond in het kader van het Bouwstoffenbesluit [10]. Hoewel dus relevant is dit aspect in dit rapport echter vrijwel volledig buiten beschouwing gelaten omdat informatie over de verschillende spreidingsbronnen waarvan binnen de gegevensbestanden sprake is ontbreekt.

7.2 De invloed van de ruimtelijke schaal

Bij het onderzoek naar de invloed van de ruimtelijke schaal is onderscheid gemaakt tussen een drietal in het bestand beschikbare categorieën: een proefveld, een perceel en een bedrijf. In tabel 30 is per categorie aangegeven welke bemonsterde oppervlakken in het landbodembestand aanwezig zijn en van welke gegevensbronnen gebruik is gemaakt.

Tabel 30 De drie onderscheiden ruimtelijke schalen.

schaal	bemonsterd oppervlak (m ²)	gegevensbronnen	aantal grepen
veld	100, 400	RIVM (1988)	40
perceel	10.000, 40.000	Utrecht, Noord-Brabant, Friesland, Groningen	40 of 160
bedrijf	350.000	RIVM (1993)	320

Alle gebruikte gegevens hebben betrekking op de bovenste 10 cm van de bodem en zijn gebaseerd op mengmonsters bestaande uit minimaal 40 grepen. Omdat niet alleen het bemonsterd oppervlak toeneemt in de reeks veld - perceel - bedrijf, maar ook het aantal grepen in een mengmonster, is het niet mogelijk om de invloed van de ruimtelijke schaal volledig afzonderlijk te beschouwen.

De resultaten van de vergelijking tussen de onderscheiden schalen zijn per gidsparemeter met box-and-whisker plots weergegeven in figuur 17.

Bij de interpretatie van de resultaten van de vergelijking zoals weergegeven in figuur 17 wordt vooral aandacht besteed aan de aangetroffen variabiliteit op iedere

schaal. De verwachting is dat de variabiliteit zal afnemen naarmate de schaal waarop uitspraken worden gedaan toeneemt doordat steeds meer van de korte-afstand-variabiliteit wordt uitgemiddeld. Het vergelijken van de absolute concentraties tussen de onderscheiden schalen wordt niet zinvol geacht, omdat naast de schaal ook de herkomst van de monsters verschilt.

7.2.1 PAKVROM en PCB-totaal

Voor PAKVROM zijn alleen gegevens beschikbaar op de schaal van een bedrijf en een perceel. Uit figuur 17 kan worden afgelezen dat de variabiliteit op de schaal van een perceel aanmerkelijk groter is dan die op de schaal van een bedrijf. Overschrijdingen van de streefwaarde vinden alleen plaats op de schaal van een perceel. Voor PCB-totaal zijn alleen gegevens beschikbaar voor de schaal van een perceel en een veld. Gezien het hoge percentage bepalingsondergrenzen is het niet mogelijk om zinvolle uitspraken te doen over de variabiliteit van PCB-totaal op verschillende schaalgroottes.

7.2.2 Bestrijdingsmiddelen

Het beeld voor de bestrijdingsmiddelen is verre van eenduidig. De variabiliteit is voor α -HCH het grootst op de schaal van een perceel, terwijl voor HCB de variabiliteit het grootst is op de veldschaal. Voor dieldrin is de variabiliteit op de schaal van een bedrijf gelijk aan de variabiliteit op de schaal van een veld.

De variabiliteit van dieldrin en HCB is groot: het 90-percentiel van de gemeten concentraties op veldschaal loopt op tot een niveau van 5 tot 6 maal de streefwaarde. Overschrijding van de streefwaarde vindt voor α -HCH alleen plaats op de schaal van een perceel; voor beide andere bestrijdingsmiddelen vindt op alle schalen veelvuldig overschrijding van de streefwaarde plaats.

7.2.3 Zware metalen

Het beeld voor de zware metalen sluit het best aan bij de verwachting: een toename van de variabiliteit met het kleiner worden van de schaal. Met name voor koper is dit patroon goed herkenbaar. Op de schaal van een bedrijf is de variabiliteit die op veld- en perceelschaal optreedt weggemiddeld en is het bereik aan waarnemingen heel smal. Een tussenpositie wordt ingenomen door de variabiliteit op perceelschaal; op de schaal van een veld is de variabiliteit zover toegenomen dat de overschrijding van de streefwaarde in de orde van 10 - 25% ligt.

7.2.4 Conclusies met betrekking tot de invloed van de ruimtelijke schaal

- De variabiliteit van de getoetste waarnemingen neemt toe in de reeks bedrijf-perceel-veld; deze toename is het duidelijkst voor de zware metalen en PAK en minder duidelijk voor de bestrijdingsmiddelen.
- Op de schaal van een perceel wordt de streefwaarde van PCB-totaal en de zware metalen niet overschreden.
- Op de schaal van een perceel wordt de streefwaarde van PAKVROM en bestrijdingsmiddelen in 10 - 25% van de monsters overschreden.

Toelichting

De variabiliteit op de schaal van een bedrijf is waarschijnlijk kleiner dan die op een perceel omdat de mengmonsters op bedrijfsschaal afkomstig zijn van meerdere percelen en de daardoor de variabiliteit op perceelschaal wordt weggemiddeld. Dezelfde redenatie verklaart waarschijnlijk het verschil in variabiliteit tussen perceelschaal en veldschaal.

7.3 De invloed van het aantal te toetsen stoffen

In deze paragraaf wordt ingegaan op het effect dat kan optreden indien niet één, maar meerdere stoffen worden getoetst aan de streefwaarde. Normaal gesproken neemt daardoor de kans op overschrijding van de streefwaarde toe. Indien de streefwaarde bijvoorbeeld gelijk is aan het 90-percentiel van de verdeling van achtergrondconcentraties, bestaat er immers voor iedere stof een kans op overschrijding van de streefwaarde van circa 10%. Worden meerdere stoffen getoetst dan zal de kans op overschrijding van de streefwaarde toenemen. De mate waarin die kans toeneemt is afhankelijk van de onderlinge relatie tussen de stoffen. In het geval dat er een sterke afhankelijkheid tussen twee stoffen bestaat, hetgeen betekent dat een hoge waarde van de ene stof automatisch leidt tot een hoge waarde van de andere stof, zal de kans op overschrijding van de streefwaarde slechts in geringe mate toenemen. Zijn twee stoffen volledig onafhankelijk van elkaar, dan zal de kans op overschrijding van de streefwaarde bij gecombineerde toetsing in veel sterkere mate toenemen.

7.3.1 Experimentele opzet

Om de invloed van een gecombineerde toetsing op de kans op overschrijding van de streefwaarde te kunnen beoordelen, zijn een aantal experimenten uitgevoerd. De experimenten bestaan uit het nabootsen van een groot aantal toetsingen van concentraties die afkomstig zijn uit een bekend veronderstelde verdeling van achtergrondconcentraties. Daarbij is gebruik gemaakt van de zogenaamde Monte Carlo simulatie methode.

Tijdens het eerste experiment, dat betrekking heeft op een individuele toetsing van stoffen, zijn per stof uit de verdeling van achtergrondconcentraties aselect 100 concentraties getrokken en getoetst aan de streefwaarde. Door het aantal overschrijdingen van de streefwaarde te tellen wordt inzicht verkregen in de procentuele overschrijdingskans.

Het tweede experiment bestond uit het uitvoeren van een gecombineerde toetsing. Nu zijn voor combinaties van stoffen 100 maal concentraties getrokken uit de betreffende verdelingen. Bekeken is steeds of één of meer concentraties de bijbehorende streefwaarde overschrijdt. Tijdens het eerste en tweede experiment is bovendien rekening gehouden met de afhankelijkheidsrelaties tussen de stoffen zoals die in het basisbestand aanwezig zijn. De afhankelijkheid is bij de berekeningen uitgedrukt als correlatiecoëfficiënt.

Opgemerkt wordt dat 100 trekkingen in principe onvoldoende is om een nauwkeurige schatting van de overschrijdingskans te kunnen doen tengevolge van het feit dat de staart van de verdelingen, daar waar de overschrijdingen optreden, bij een dergelijk aantal trekkingen nog onvoldoende is vastgelegd voor een nauwkeurige schatting. Dit aantal trekkingen is echter wel meer dan voldoende om een goede schatting van de orde van grootte van de overschrijdingskans te geven. Om die reden zijn de overschrijdingskansen afgerond op vijftallen. De resultaten worden hieronder besproken en in tabelvorm gepresenteerd.

7.3.2 Resultaten

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de verdelingen die in hoofdstuk 4 in tabelvorm zijn gepresenteerd. Deze verdelingen hebben betrekking op de schaal van een perceel of bedrijf en de bovenste 10 cm van de bodem. De resultaten voor de landbodem worden in tabel 31 gepresenteerd. Ook voor de gecombineerde toetsing zijn de overschrijdingspercentages in verband met de betrouwbaarheid afgerond op 5%. De volgorde van de stoffen in tabel 31 is zodanig gekozen dat het effect van gecombineerde toetsing het duidelijkst wordt geïllustreerd. Dit betekent dat de stof met de grootste individuele overschrijdingskans onderin de tabel is geplaatst en dus als laatste bij de toetsing wordt meegenomen. Dit is van belang omdat bij de omgekeerde volgorde bij de eerste toetsing de kans op het overschrijden van de streefwaarde reeds zo groot is, dat de navolgende toetsing op andere stoffen niet of nauwelijks meer bijdraagt aan de afkeurkans.

Tabel 31 Overschrijding van de streefwaarde bij individuele en gecombineerde toetsing van stoffen in de landbodem.

stof	Individuele toetsing kans (%) op overschrijding van de streefwaarde	aantal stoffen	gecombineerde toetsing kans (%) op overschrijding van de streefwaarde voor:		
			één stof	twee stoffen	drie stoffen
As	10	n=1	10	-	-
α -HCH	5	n=2	10	-	-
Pb	5	n=3	20	-	-
PAK	20	n=4	30	-	-
Zn	15	n=5	45	5	-
Cu	5	n=6	45	5	-
PCB	25	n=7	65	15	-
HCB	30	n=8	70	30	5
dieldrin	80	n=9	90	60	25

Uit tabel 31 blijkt dat bij individuele toetsing van de 9 beschouwde stoffen sprake is van sterk wisselende overschrijdingspercentages: van 0 - 10% voor As, Pb, Cu en α -HCH, 10 - 30% voor Zn, PAK, PCB en HCB en circa 80% voor dieldrin. Worden meerdere stoffen gecombineerd getoetst dan neemt de kans op overschrijding van de streefwaarde voor één stof snel toe, van circa 30% bij toetsing van 4 stoffen tot 90% bij toetsing van 9 stoffen. Bij gecombineerde toetsing van 5 stoffen bestaat er een kans van circa 5% op overschrijding van de streefwaarde voor twee stoffen; deze kans neemt toe tot circa 60% bij gecombineerde toetsing van 9 stoffen. Worden er 8 of meer stoffen gecombineerd getoetst, dan is er een kans van 5 - 25% dat voor drie of meer stoffen de streefwaarde wordt overschreden.

7.3.3 Conclusies met betrekking tot de toetsing op meerdere stoffen

- Gecombineerde toetsing van stoffen leidt tot een grotere kans op overschrijding van de streefwaarde: bij toetsing van de 9 gidsparameters is er een kans van minimaal 90% dat voor één stof de streefwaarde wordt overschreden.
- De mate waarin de kans op overschrijding van de streefwaarde toeneemt bij gecombineerde toetsing wordt beïnvloed door de correlaties tussen de stoffen.
- De mate waarin de kans op overschrijding van de streefwaarde toeneemt bij gecombineerde toetsing is afhankelijk van de absolute achtergrondconcentraties van een stof. Liggen de achtergrondconcentraties al voor een groot deel boven de streefwaarde dan is het effect van gecombineerde toetsing gering.

Toelichting

In het TNO rapport 'Toetsen van natuurgronden' [9] is op basis van de door Edelman verzamelde gegevens [5] geconstateerd dat er globaal sprake is van een overschrijdingskans van circa 18% bij de toetsing van een partij grond op 8 metalen. Dit is vastgesteld door de gemiddelde concentraties voor de 8 zware metalen van elk van de 40 door Edelman onderzochte natuurgebieden te toetsen aan de voor elk van die terreinen berekende streefwaarden. Hierbij wordt voor 7 van de 40 terreinen voor 1 tot 3 stoffen de streefwaarde overschreden.

De uitkomsten van dat (beperkte) onderzoek lijken in eerste instantie niet in overeenstemming te zijn met de hier gepresenteerde resultaten. Toch sluiten de resultaten wel op elkaar aan. Het beeld in het genoemde TNO rapport is aanzienlijk gunstiger (kleinere kans op overschrijding van de streefwaarde) tengevolge van het feit dat de onderzochte stoffen veel hogere percentielwaarden van de achtergrondconcentraties (van Edelman) vertegenwoordigden dan de hier gepresenteerde stoffen. Gemiddeld komen de streefwaarden (voor de standaard bodem) voor de 8 in dat onderzoek bekeken zware metalen namelijk overeen met de 90-percentielwaarden van de verdeling van de door Edelman bepaalde achtergrondconcentraties [8]. In dit onderzoek zijn echter ook andere stoffen meegenomen die aanzienlijk lagere percentielwaarden van de verdeling van achtergrondconcentraties vertegenwoordigen, c.q. een (veel) groter deel van de achtergrondconcentraties overschrijdt de streefwaarde. Dit heeft een sterk negatief effect op de goedkeurkans bij zowel individuele als gecombineerde toetsingen.

7.4 De invloed van gebiedskenmerken

In deze paragraaf wordt de invloed die gebiedskenmerken kunnen hebben op de resultaten van een toetsing aan de streefwaarde nader onderzocht. De reden voor deze aanpak is dat er een aantal kenmerken zijn die mogelijk van invloed zijn op de immissie van stoffen in de bodem en/of de wijze waarop stoffen aan bodemdeeltjes worden gebonden. Te denken valt bijvoorbeeld aan de gebiedskenmerken bodemopbouw, landgebruik en regionale ligging. Voor bouwland wordt in hoofdstuk 9 nog specifiek ingegaan op de kwaliteit van de landbodem.

Bij het onderzoek naar de invloed van gebiedskenmerken is gebruik gemaakt van een drietal in het bestand beschikbare indelingen: bodemopbouw, landgebruik en regionale ligging. In tabel 32 is per indeling aangegeven welke categorieën in het bestand aanwezig zijn.

Tabel 32 De drie gebruikte gebiedsindelingen.

Gebiedsindeling	Categorieën
landgebruik	bouwland, grasland, natuur, boomgaard
bodemopbouw	klei, veen, zand
regionale ligging	Utrecht, Noord-Brabant, Friesland, Groningen

Alle gebruikte gegevens hebben betrekking op de bovenste 10 cm van de bodem en de schaal van een perceel en zijn gebaseerd op mengmonsters bestaande uit minimaal 40 grepen. Bij het bespreken van de resultaten van regionale indeling wordt ook gebruik gemaakt van de gegevens afkomstig uit het onderzoek van het RIVM uit 1993. Deze gegevens hebben betrekking op een bemonsteringsdiepte van 0 - 10 cm en de ruimtelijke schaal van een bedrijf.

Bij het interpreteren van de indeling op basis van bodemopbouw, moet ten minste voor PAKVROM rekening worden gehouden met het effect dat optreedt door het

gebruik van de bodemtypecorrectie-formule (zie paragraaf 4.6). Verschillen tussen gebieden met een verschillende bodemopbouw kunnen namelijk deels worden verklaard uit het gebruik van deze formule.

De resultaten van de vergelijking tussen de onderscheiden gebieden zijn per gids-parameter met box-and-whisker plots weergegeven in figuur 18 (landgebruik), figuur 19 (bodemopbouw) en figuur 20 (regionale ligging). Hierna volgt een beknopte beschrijving van de resultaten.

7.4.1 PAKVROM

Redelijk grote verschillen treden op voor PAKVROM als gebruik wordt gemaakt van de indeling op basis van landgebruik. In boomgaarden, waarvoor slechts 11 gegevens beschikbaar zijn, zijn de concentraties het hoogst en is de variabiliteit het grootst. In natuurgebieden en op bouwland zijn de PAKVROM-concentraties vrijwel gelijk. De laagste concentraties worden hierbij aangetroffen op grasland. Het 90-percentiel van de PAKVROM-concentraties op grasland ligt dichtbij de streefwaarde. Voor bouwland en natuur is het 75-percentiel van de PAKVROM-concentratie gelijk aan de streefwaarde en voor boomgaard is dat het 25-percentiel.

De indeling op basis van de bodemopbouw laat veel minder verschillen zien voor PAKVROM. De mediane concentraties in klei-, veen- en zandgronden liggen dicht bij elkaar en dit geldt ook voor de 90-percentielen. Opvallend is wel dat voor alle bodemtypen sprake is van overschrijdingen van de streefwaarde die kunnen oplopen tot circa 20%.

De regionale ligging is van grote invloed op de PAKVROM-concentraties in de bovengrond. De PAKVROM-concentraties in Noord-Brabant, Friesland en Groningen vertonen een sterke onderlinge overeenkomst en lijken allen op het landelijke beeld uit het RIVM onderzoek uit 1993. Het 90-percentiel van deze verdelingen ligt onder of, in Noord-Brabant, net iets boven de streefwaarde. De PAKVROM-concentraties die zijn gemeten in het bodemkwaliteitsmeetnet van Utrecht wijken sterk af van dit beeld. De variabiliteit is groter en de concentraties liggen op een hoger niveau: 75% van de waarnemingen overschrijdt de streefwaarde en het 90-percentiel ligt op het niveau van circa 5 maal de streefwaarde. Om te controleren of het afwijkende beeld voor de provincie Utrecht wordt bevestigd door andere gegevensbestanden, is gebruik gemaakt van de PAKVROM-concentraties zoals die op onverdachte locaties in het landelijk gebied van de Gemeente Zeist zijn gemeten. De gemiddelde PAKVROM-concentratie op die locaties bedraagt 2,7 mg/kg ds (n=15); de gemiddelde PAKVROM-concentratie in Utrecht bedraagt 2,0 mg/kg ds. Het vergelijken van deze twee getallen leidt tot niet meer dan een indicatie van overeenkomst, omdat de in Zeist gemeten concentraties betrekking hebben op een onbekende ruimtelijke schaal en een andere bemonsteringsdiepte, namelijk 0-50 cm.

7.4.2 PCB-totaal

PCB-concentraties zijn alleen beschikbaar voor natuurgebieden en graslanden. Voor de graslanden liggen de concentraties ruim beneden de streefwaarde. Voor de natuurgebieden daarentegen, lopen de concentraties hoog op en geldt dat het 90-percentiel van de PCB-concentraties gelijk is aan 1,6 maal de streefwaarde. De mediane PCB-concentraties voor beide landgebruiksvormen wijken niet veel van elkaar af en worden bepaald door de bepalingsondergrenswaarden.

Bij het hanteren van bodemopbouw als gebiedsindeling blijkt dat geen van de PCB-concentraties de streefwaarde overschrijdt. Wel is er sprake van verschillen tussen de bodemtypen: de PCB-concentraties zijn het hoogst in kleigronden en het laagst in veengronden.

De invloed van de regionale ligging op de concentraties PCB-totaal kan niet in detail worden onderzocht vanwege een gebrek aan gegevens. De concentraties uit Noord-Brabant zijn lager en minder variabel dan die uit Friesland. In geen van de monsters uit beide bestanden wordt de streefwaarde overschreden.

7.4.3 Bestrijdingsmiddelen

Het beeld voor de bestrijdingsmiddelen is bijzonder uniform. Voor alle stoffen geldt dat de variabiliteit op graslanden zeer gering is en dat voor deze vorm van landgebruik de streefwaarde niet wordt overschreden. Voor natuurgebieden liggen de mediane concentraties van de drie beschouwde stoffen dicht bij de streefwaarde en worden de streefwaarden dus veelvuldig overschreden.

Wordt de indeling op grond van bodemopbouw gebruikt, dan worden de hoogste concentraties aangetroffen in zandgronden: voor alle drie de bestrijdingsmiddelen overschrijdt meer dan 25% van de waarnemingen de streefwaarde. In kleigronden zijn de overschrijdingspercentages lager, maar liggen de hoogste concentraties ruim boven de streefwaarde. In geen van de veenmonsters wordt een concentratie gemeten die boven de streefwaarde ligt. De variabiliteit van de concentraties in veengronden is uitermate gering.

Er zijn te weinig gegevens beschikbaar om de invloed van de regionale ligging te onderzoeken. Op basis van de gegevens uit Friesland kan wel worden geconcludeerd dat voor zowel α -HCH, dieldrin als HCB de streefwaarde in 10 - 25% van de monsters wordt overschreden. Voor HCB en dieldrin komt dit min of meer overeen met het beeld uit het landelijk onderzoek van het RIVM (1993). Voor α -HCH zijn zowel de concentraties als de variabiliteit in Friesland aanmerkelijk hoger dan in het landelijk onderzoek.

7.4.4 Zware metalen

Ook voor de zware metalen geldt dat de hoogste concentraties worden gemeten in boomgaarden. Overschrijdingen van de streefwaarde treden op voor koper, lood en zink en hebben allemaal betrekking op boomgaarden. Het overschrijdingspercentage is voor koper het hoogst: 75% van de monsters genomen in boomgaarden overschrijdt de streefwaarde. Daarbij moet overigens de kanttekening worden geplaatst dat er in totaal slechts 11 monsters voor boomgaarden beschikbaar zijn. De concentraties koper en zink in natuurgebieden zijn lager dan die in bouw- en grasland.

Wordt de indeling op basis van bodemopbouw gebruikt, dan spelen boomgaarden getalsmatig een ondergeschikte rol. In geen van de onderscheiden bodemtypen en voor geen van de vier beschouwde metalen wordt dan ook de streefwaarde overschreden. De kwaliteitsverschillen tussen de bodemtypen zijn gering. Voor arseen is het opvallend dat in de kleigronden, en niet zoals verwacht in de veengronden, de hoogste concentraties worden aangetroffen.

Net zoals voor PAKVROM is ook voor de zware metalen de invloed van de regionale ligging groot: de concentraties arseen, koper, lood en zink zijn in Noord-Brabant, Friesland en Groningen ongeveer gelijk en veel lager dan in Utrecht. In de eerste drie provincies ligt het 90-percentiel van de vier metalen beneden de streefwaarde; in Utrecht wordt de streefwaarde voor arseen niet overschreden, maar is dit wel het geval voor koper, lood en zink. Met name voor koper is het overschrijdingspercentage hoog: circa 50%. Het landelijk beeld zoals dat naar voren komt uit het RIVM-onderzoek vertoont een sterke overeenkomst met het beeld in Noord-Brabant, Friesland en Groningen.

Het afwijkende beeld voor de provincie Utrecht is ook hier vergeleken met de gegevens over onverdachte locaties in het landelijk gebied van gemeente Zeist. Op basis van 16 waarnemingen, afkomstig van de bovenste halve meter van locaties met onbekende omvang, bedraagt het gemiddelde loodconcentratie in Zeist 38 mg/kg ds. Volgens het provinciale meetnet Utrecht ligt de gemiddelde loodconcentratie circa 2 maal zo hoog, namelijk op 89 mg/kg ds.

7.4.5 Conclusies met betrekking tot de invloed van de gebiedskenmerken

Met betrekking tot de invloed van de gebiedskenmerken op de toetsing aan de streefwaarde kunnen voor de landbodem de volgende conclusies worden getrokken:

- Voor PAKVROM, arseen, koper, lood en zink is landgebruik geen belangrijke verklarende factor voor de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden.
- Voor α -HCH, dieldrin en HCB blijkt dat in natuurgebieden de streefwaarde in circa 50% van de monsters wordt overschreden; voor PCB-totaal ligt dit percentage op circa 20% (voornamelijk door hoge bepalingsondergrenswaarden).

- Voor grasland ligt meer dan 90% van de waarnemingen voor α -HCH, dieldrin, HCB en PCB onder de streefwaarde;
- De concentraties aan PAKVROM variëren weinig met de bodemopbouw en overschrijden in zowel klei-, veen- als zandbodems in 10 - 25% van de monsters de streefwaarde.
- De concentraties aan bestrijdingsmiddelen variëren sterk met de bodemopbouw en nemen toe in de reeks veen-, klei- en zandgrond.
- Voor zowel veen-, klei- als zandgrond wordt de streefwaarde voor PCB-totaal in meer dan 90% van de monsters niet overschreden.
- In veengrond wordt de streefwaarde voor α -HCH, dieldrin en HCB niet overschreden; in klei- en zandgrond vindt overschrijding van de streefwaarde plaats in 25 - 50% van de monsters.
- De concentraties aan arseen variëren sterk met de bodemopbouw en nemen toe in de reeks zand-, veen- en kleigrond. De streefwaarde wordt echter in geen van deze bodemtypen overschreden.
- De concentraties aan koper, lood en zink variëren weinig met de bodemopbouw en liggen in meer dan 90% van de monsters onder de streefwaarde.
- De regionale ligging is een belangrijke verklarende factor voor de mate waarin de streefwaarde van PAKVROM, koper, lood en zink wordt overschreden: de overschrijdingen vinden binnen de beschikbare gegevens vrijwel uitsluitend in de provincie Utrecht plaats en betreffen respectievelijk circa 75%, circa 50%, circa 25% en circa 30% van de monsters.

7.5 De invloed van het aantal grepen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de invloed van het aantal grepen in een mengmonster op de toetsing aan de streefwaarde. Door meerdere grepen te mengen voordat een chemische analyse wordt uitgevoerd, wordt feitelijk een rekenkundig gemiddelde bepaald van de concentraties in de individuele grepen. Hoe meer grepen, hoe beter het gemiddelde kan worden bepaald en hoe geringer de verschillen zullen zijn bij herhaalde metingen. De nadruk is in deze paragraaf gelegd op kleine aantallen grepen in een mengmonster, omdat dat voor de huidige toetsingspraktijk het meest relevant wordt geacht.

Om de invloed van het effect van mengen te kunnen beoordelen zijn een aantal experimenten uitgevoerd met de gegevens afkomstig van het Edelman-onderzoek [5]. In deze studie zijn per natuurgebied drie mengmonsters genomen en geanalyseerd op een groot aantal stoffen. De mengmonsters zijn afkomstig uit vakken van 10 bij 12 meter waarin 42 grepen van de bovengrond zijn genomen. In vier van de onderzochte natuurgebieden zijn ook de individuele grepen geanalyseerd. Voor één van die vier gebieden, de locatie Savelsbos, is de verdeling van de gemeten zinkconcentraties in de individuele grepen vastgesteld. Het gemiddelde van deze verdeling bedraagt 90,2 mg/kg; de standaarddeviatie is gelijk aan 26,2 mg/kg. Tijdens het eerste experiment zijn uit deze verdeling aselekt 5 grepen getrokken en is

de gemiddelde zinkconcentratie berekend. Door dit 100 keer te herhalen ontstaat inzicht in de verdeling van de gemiddelde zinkconcentratie dat is gebaseerd op een mengmonster van 5 grepen (zie figuur 21). Tijdens de daaropvolgende experimenten is deze procedure herhaald voor mengmonsters bestaande uit 10 en 20 grepen. De resultaten hiervan zijn eveneens weergegeven in figuur 21. In deze figuur is op de X-as het quotiënt van de zinkconcentratie en de streefwaarde (Zn/S) aangegeven. Overschrijding van de streefwaarde treedt op bij waarden groter dan 1.

Uit figuur 21 blijkt dat de spreiding van de gemiddelde zinkconcentratie afneemt naarmate het aantal grepen in het mengmonster toeneemt. De spreiding in de zinkconcentraties gebaseerd op individuele monsters is het grootst. De kans op overschrijding van de streefwaarde is in dit geval 72,8%. Door het afnemen van de spreiding bij een toenemend aantal grepen wordt de verdeling steeds 'smaller'. Dat heeft in deze situatie het effect dat de kans op overschrijding van de streefwaarde toeneemt: van 83,8% bij $n = 5$ tot 99,5% bij $n = 20$. Hierbij is het wel van belang om op te merken dat dit wordt veroorzaakt doordat de gemiddelde concentratie boven de streefwaarde ligt. Had de gemiddelde zinkconcentratie namelijk onder de streefwaarde gelegen, dan zou de kans op overschrijding van de streefwaarde zijn afgenomen met het toenemen van het aantal grepen.

In beide gevallen is het zo dat een betere schatting van het werkelijke gemiddelde wordt verkregen naarmate het aantal grepen in een mengmonster toeneemt. Uit de experimenten blijkt bovendien dat het aantal grepen, in samenhang met de relatie tussen de werkelijke gemiddelde concentratie en de streefwaarde, een grote invloed heeft op de kans op overschrijding van de streefwaarde.

Dit experiment verschaft een eerste inzicht in de invloed van het aantal grepen in een mengmonster op het resultaat van de toetsing aan de streefwaarde. Deze invloed is ook analytisch en in meer detail bestudeerd. De vraag die we ons hebben gesteld luidt: 'hoeveel grepen zijn er nodig in een mengmonster om een gemiddelde te verkrijgen met een fout van $x\%$?'. De factoren die van invloed zijn op het antwoord op deze vraag zijn de waargenomen variatiecoëfficiënt en het gewenste significantieniveau. Door een significantieniveau α van 5% te kiezen kan het aantal grepen zoals weergegeven in tabel 33 worden berekend.

Tabel 33 *De relatie tussen de fout in het gemiddelde en het aantal grepen in een mengmonster, uitgewerkt voor verschillende waarden van de variatiecoëfficiënt (significatieniveau $\alpha = 0,05$).*

Fout in het gemiddelde (%)	benodigd aantal grepen in een mengmonster bij een waargenomen variatiecoëfficiënt van:			
	0,10	0,50	1,00	1,50
10	4	97	385	1.537
25	-	16	139	246
50	-	4	35	62
100	-	-	9	16
200	-	-	3	4

Opgemerkt wordt dat een aanzienlijk uitgebreidere studie naar het effect van het nemen van meerdere grepen voor het bepalen van de gemiddelde concentratie is uitgevoerd in het kader van het toetsingsprotocol schone grond voor het Bouwstoffenbesluit [10]. In die studie is ondermeer gekeken naar de betrouwbaarheid waarmee het gemiddelde van een partij kan worden vastgesteld op basis van aselechte monsterneming met 10, 30, 50, 80, 100 en 200 grepen uit de partij.

7.5.1 Conclusies met betrekking tot het effect van het aantal grepen

- Een betere schatting van het werkelijke gemiddelde wordt verkregen naarmate het aantal grepen in een mengmonster toeneemt.
- De wijze waarop de kans op overschrijding van de streefwaarde varieert met het aantal grepen is afhankelijk van de ligging van het werkelijke gemiddelde ten opzichte van de streefwaarde. Ligt het gemiddelde beneden de streefwaarde, dan neemt de kans op overschrijding af met toenemend aantal grepen. Het omgekeerde is het geval als het werkelijke gemiddelde boven de streefwaarde ligt.
- Het benodigd aantal grepen in een mengmonster bij een vooraf gespecificeerde fout in het gemiddelde kan worden afgeleid uit de variatiecoëfficiënt.

7.6 De invloed van de bemonsteringsdiepte

Bij het onderzoek naar de invloed van de bemonsteringsdiepte is voor de landbouw gebruik gemaakt van het gegevensbestand van het RIVM uit 1988, waarin analysegegevens beschikbaar zijn voor meerdere diepten en meerdere vormen van landgebruik. Deze gegevens hebben betrekking op veldjes van 400 m² (schaal = 'veld') en zijn gebaseerd op mengmonsters bestaande uit 40 grepen. Er is voor verschillende stoffen steeds onderscheid gemaakt tussen twee vormen van landgebruik: bouwland en grasland. Voor bouwland zijn analysegegevens beschikbaar uit de lagen 0 - 10 cm en 30 - 50 cm; voor grasland zijn gegevens beschikbaar uit de lagen 0 - 10 cm en 10 - 30 cm. De verwachting is dat op bouwland menging heeft plaatsgevonden in een bouwvoor van circa 20 cm dik. Er wordt vanuit gegaan dat

de laag 30 - 50 cm onder de bouwvoor ligt en dat deze laag deel uitmaakt van het ongestoorde bodemprofiel.

De invloed van de aanwezigheid van een strooisellaag in bosgebieden kan met de beschikbare gegevens niet worden onderzocht, omdat in het bestand geen gegevens beschikbaar zijn over twee vergelijkbare situaties die alleen met betrekking tot dit punt verschillen.

De resultaten van de vergelijking tussen de bemonsteringsdiepten zijn per gidsparemeter met box-and-whisker plots weergegeven in figuur 22. In navolgende paragrafen volgt een beknopte beschrijving van de resultaten.

7.6.1 PCB-totaal en bestrijdingsmiddelen

Het beeld voor PCB-totaal en de bestrijdingsmiddelen voldoet aan de verwachtingen: de variabiliteit van de concentraties is in de bovengrond het grootst (hierbij dient te worden opgemerkt dat de percentages bepalingsondergrenzen zeer hoog zijn en in de getallen voornamelijk de variabiliteit van het organisch stof gehalte tot uiting komt). Met uitzondering van HCB geldt dit voor zowel bouw- als grasland. Voor dieldrin, HCB en PCB-totaal geldt bovendien dat de concentraties in de bovengrond vrijwel altijd hoger zijn dan die in de ondergrond. Voor α -HCH is het omgekeerde het geval: in de ondergrond zijn de concentraties enigszins hoger dan in de bovengrond.

Voor dieldrin en HCB wordt voor bouwland veelvuldig (enkele tientallen procenten) de streefwaarde overschreden; veel vaker dan voor grasland. Voor PCB-totaal en α -HCH vinden geen overschrijdingen van de streefwaarde plaats voor bouw- en grasland.

7.6.2 Zware metalen

In vrijwel alle gevallen kan worden geconstateerd dat zowel de variabiliteit als de kans op overschrijding van de streefwaarde in de bovengrond groter is dan in de ondergrond. Met name onder bouwland zijn deze verschillen groot voor koper, lood en zink. Voor koper wordt in de bovengrond van bouwland in meer dan 10% van de monsters de streefwaarde overschreden.

Met betrekking tot grasland zijn de verschillen tussen boven- en ondergrond minder groot; het belangrijkste verschil voor arseen, koper en lood is het verschil in spreiding. Voor zink geldt bovendien dat ook het quotiënt van concentratie en streefwaarde in de bovengrond groter is dan in de ondergrond. Overschrijding van de streefwaarde vindt voor grasland alleen plaats voor koper in de bovengrond: in ruim 10% van de monsters wordt de streefwaarde overschreden.

7.6.3 Conclusies ten aanzien van het effect van de bemonsteringsdiepte

- In landbodems speelt bemonsteringsdiepte een rol bij het verklaren van de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden voor PCB-totaal en bestrijdingsmiddelen: voor dieldrin, HCB en PCB-totaal zijn de concentraties en de variabiliteit in de bovengrond vrijwel altijd hoger zijn dan in de ondergrond. Voor α -HCH is het omgekeerde het geval.
- Overschrijdingen van de streefwaarde vinden plaats voor dieldrin en HCB in de bovengrond onder bouwland: in respectievelijk circa 50 en circa 75% van de beschikbare gegevens. Onder grasland overschrijdt ruim 25% van de monsters de streefwaarde van HCB.
- In landbodems speelt de bemonsteringsdiepte een rol bij het verklaren van de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden voor zware metalen: de concentraties en de variabiliteit zijn in de bovengrond hoger dan in de ondergrond.
- Overschrijding van de streefwaarde vindt alleen plaats voor koper: in 10 - 25% van de bovengrondmonsters onder zowel bouw- als grasland.

7.7 Onderlinge belang van de verschillende toetsingsaspecten

In de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk zijn een aantal belangrijke toetsingsaspecten onderzocht en is vastgesteld in hoeverre deze toetsingsaspecten een rol spelen bij de toetsing van meetwaarden aan de streefwaarde. In deze paragraaf wordt door middel van een tabel aangegeven hoe deze toetsingsaspecten zich onderling tot elkaar verhouden.

Tabel 34 *Het belang van een aantal toetsingsaspecten voor de gidsparameters in de landbodem.*

	PAKVROM	Bestrijdingsmiddelen	Zware metalen	As
Ruimtelijke schaal	+	+	+	+
Gebiedskenmerken:				
- bodemopbouw	—	+	—	+
- landgebruik	—	?	—	—
- regionale ligging	+	?	+	—
Bemonsteringsdiepte	?	+	+	—

+ = groot

— = klein

? = minder dan 30 waarnemingen in een of meer van de onderscheiden klassen

Uit tabel 34 blijkt dat alleen de ruimtelijke schaal voor alle in de tabel opgenomen 4 gidsparameters van invloed is op de relatie tussen streefwaarde en de achtergrondconcentraties. Voor de andere aspecten varieert de invloed, afhankelijk van de stof (gidsparameter) waarnaar wordt gekeken.

Aanvullend op de tabel kan worden opgemerkt dat ook het effect van de toetsing op meerdere stoffen is onderzocht. Voor deze toetsing is het van belang welke

stoffen gezamenlijk worden getoetst. Een stofspecifieke beoordeling is derhalve niet mogelijk. Om die reden is deze toetsing uit de voorgaande tabel weggelaten.

8. Toetsingsaspecten waterbodem

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de rol van een aantal aspecten voor het opstellen van een toetsingsscenario. Het aantal aspecten waar naar in dit hoofdstuk is gekeken is geringer dan voor de landbodem (hoofdstuk 7) aangezien de gegevensbestanden voor de zoet- en zoutwaterbodem slechts op een geringer aantal aspecten kunnen worden onderzocht.

Voor de waterbodem is naar drie toetsingsaspecten gekeken, namelijk:

- de invloed van het aantal te toetsen stoffen;
- de invloed van de regionale ligging:
 - voor de zoetwaterbodem op basis van het onderscheid van gegevens uit de regionale en rijkswateren;
 - voor de zoutwaterbodem op basis van de geografische ligging.

Daarnaast is voor de zoetwaterbodem nog gekeken naar:

- de invloed van de bemonsteringsdiepte.

Het onderzoek naar de invloed van de genoemde aspecten is uitgevoerd aan de hand van een beperkt aantal gidsparameters. Voor de PAK's en PCB's zijn dit de somparameters PAKVROM en PCB-totaal.

Voor de zware metalen zijn als gidsparameter geselecteerd: arseen, koper, lood en zink. Uit de groep bestrijdingsmiddelen zijn als gidsparameter geselecteerd: α -HCH, HCB en dieldrin. Daarmee zijn voor de waterbodem dezelfde gidsparameters gebruikt als voor de landbodem. In aanvulling hierop is voor de waterbodem echter ook minerale olie meegenomen als gidsparameter.

8.2 De invloed van het aantal te toetsen stoffen

In deze paragraaf wordt ingegaan op het effect dat kan optreden indien niet één, maar meerdere stoffen worden getoetst aan de streefwaarde. Voor de onderliggende motivatie voor het onderzoeken van deze toetsingsvariant, zowel als voor de wijze waarop de invloed van het aantal te toetsen stoffen is onderzocht wordt verwezen naar paragraaf 7.3.

8.2.1 Zoetwaterbodem

Voor de zoetwaterbodem is gebruik gemaakt van de verdelingen van concentraties die betrekking hebben op de bovenste 10 cm van de waterbodem. Voor HCB zijn te weinig gegevens beschikbaar om de beschreven experimenten te kunnen uitvoeren. De resultaten voor de andere gidsparameters worden in tabel 35 gepresenteerd.

Tabel 35 *Overschrijding van de streefwaarde bij individuele en gecombineerde toetsing van stoffen in de zoetwaterbodem.*

stof	individuele toetsing kans (%) op overschrijding van de streefwaarde	aantal stoffen	gecombineerde toetsing kans (%) op overschrijding van de streefwaarde voor:		
			één stof	twee stoffen	drie stoffen
As	15	n=1	10	-	-
Pb	10	n=2	20	-	-
Cu	20	n=3	30	5	-
Zn	40	n=4	55	15	-
PAK	70	n=5	80	45	15
PCB	75	n=6	95	65	40
α -HCH	65	n=7	95	85	60
dieldrin	70	n=8	95	85	80
olie	85	n=9	100	90	80

Voor alle stoffen is de kans op overschrijding van de streefwaarde groter dan 10%; voor de organische verbindingen ligt deze kans in het bereik van circa 65 - 85%. Bij gecombineerde toetsing van meerdere stoffen neemt de kans op overschrijding van de streefwaarde toe. Bij gecombineerde toetsing van 5 stoffen is de kans op minimaal één overschrijding van de streefwaarde al 80%. Bij 6 stoffen is de kans opgelopen tot 95% en bij gecombineerde toetsing van 9 stoffen wordt altijd voor minimaal één stof de streefwaarde overschreden.

Bij gecombineerde toetsing van 3 stoffen is er al een kans van 5% dat voor twee stoffen de streefwaarde wordt overschreden. Bij gecombineerde toetsing van 5 stoffen is er een kans van 45% dat twee stoffen de streefwaarde overschrijden, terwijl er een kans van 15% aanwezig is dat voor drie stoffen de streefwaarde wordt overschreden. Deze kansen lopen op tot respectievelijk 90 en 80% bij gecombineerde toetsing van 9 stoffen.

8.2.2 Zoutwaterbodem

Voor de zoutwaterbodem is gebruik gemaakt van de verdelingen van concentraties die betrekking hebben op alle beschikbare gegevens. Een selectie op basis van bemonsteringsdiepte werd niet zinvol geacht omdat voor het overgrote deel van het bestand de bemonsteringsdiepte niet bekend is. Als de bemonsteringsdiepte wel bekend is, is dit vrijwel altijd 0 - 20 cm. De resultaten worden in tabel 36 gepresenteerd.

In grote lijnen komt het beeld voor de zoutwaterbodem overeen met dat voor de zoetwaterbodem: ook hier geldt dat voor minerale olie de kans op overschrijding van de streefwaarde het grootst is (circa 95%) en voor de metalen het kleinst. De volgorde van de tussenliggende stoffen in de tabel verschilt overigens wel.

Tabel 36 *Overschrijding van de streefwaarde bij individuele en gecombineerde toetsing van stoffen in de zoutwaterbodem.*

stof	individuele toetsing kans (%) op overschrijding van de streefwaarde	aantal stoffen	gecombineerde toetsing kans (%) op overschrijding van de streefwaarde voor:		
			één stof	twee stoffen	drie stoffen
Pb	5	n=1	5	-	-
Cu	5	n=2	10	-	-
As	15	n=3	25	-	-
α -HCH	50	n=4	55	15	-
Zn	50	n=5	60	40	15
dieldrin	50	n=6	80	50	30
PCB	60	n=7	90	70	40
HCB	60	n=8	90	75	55
PAK	80	n=9	95	85	70
olie	95	n=10	100	95	85

Het verloop van de kans op overschrijding van de streefwaarde voor één stof vertoont ook sterke overeenkomsten met dat voor de zoetwaterbodem: bij gecombineerde toetsing van 4 stoffen is deze kans ook gelijk aan 55% en loopt deze eveneens op tot 100% bij gecombineerde toetsing van 9 stoffen. Ook de kansen op overschrijding van de streefwaarde voor 2 of 3 stoffen vertonen een sterke gelijkheid met het voor de zoetwaterbodem geconstateerde beeld.

8.2.3 Conclusies met betrekking tot de toetsing op meerdere stoffen

- Gecombineerde toetsing van stoffen leidt tot een grotere kans op overschrijding van de streefwaarde: bij toetsing van de 9 gidsparameters is er een kans van minimaal 95% dat voor één stof de streefwaarde wordt overschreden.
- De mate waarin de kans op overschrijding van de streefwaarde toeneemt bij gecombineerde toetsing wordt beïnvloed door de correlaties tussen de stoffen.
- De mate waarin de kans op overschrijding van de streefwaarde toeneemt bij gecombineerde toetsing is afhankelijk van de absolute achtergrondconcentraties van een stof. Liggen de achtergrondconcentraties al voor een groot deel boven de streefwaarde dan is het effect van gecombineerde toetsing gering.

8.3 De invloed van de regionale ligging

In deze paragraaf wordt de invloed die de regionale ligging kan hebben op de resultaten van een toetsing aan de streefwaarde nader onderzocht. Voor de zoetwaterbodem is de invloed van de regionale ligging onderzocht door een opdeling in het bestand te maken tussen de regionale wateren en de rijkswateren. Voor de zoutwaterbodem is alleen de geografische ligging als onderscheidend criterium gebruikt. Overigens geldt voor dit aspect dat een (aanzienlijk) verdergaande analyse van de LAWABO gegevens (en eventuele gegevens uit andere waterbodempkwaliteitsbestanden) de mogelijkheid zou bieden om op basis van andere gebiedskenmerken tot een opdeling in het gegevensbestand te komen.

8.3.1 Zoetwaterbodem

Het gegevensbestand van de zoetwaterbodem biedt alleen de mogelijkheid om onderscheid te maken tussen rijkswateren en regionale wateren. De resultaten van de vergelijking tussen deze twee groepen van gegevens zijn per gidsparameter met box-and-whisker plots weergegeven in figuur 23. Daarbij zijn alle gegevens over de zoetwaterbodem gebruikt; er is geen onderscheid gemaakt naar bemonsteringsdiepte omdat de invloed van dit toetsingsaspect voor de zoetwaterbodem zeer gering is (zie voor toelichting paragraaf 8.4).

8.3.1.1 PAKVROM, PCB-totaal en minerale olie

Bij bestudering van de resultaten valt direct op dat, ongeacht de regionale ligging, in meer dan 75% van de monsters de streefwaarde voor alle drie de stoffen wordt overschreden. Voor minerale olie in rijkswateren wordt zelfs in meer dan 90% van de monsters de streefwaarde overschreden.

Het beeld voor deze drie stoffen is vrijwel identiek: in de rijkswateren is de spreiding aanmerkelijk groter en ligt de mediaan van de getoetste concentraties hoger dan in de regionale wateren. De overschrijding van de streefwaarde kan in de rijkswateren hoog oplopen: een factor 12 voor PCB-totaal, een factor 15 voor PAKVROM en zelfs een factor 32 voor minerale olie.

8.3.1.2 Bestrijdingsmiddelen

Ook voor de drie beschouwde bestrijdingsmiddelen geldt dat de streefwaarde in zowel de rijkswateren als de regionale wateren regelmatig wordt overschreden. Het overschrijdingspercentage is het grootst voor dieldrin, namelijk circa 75%. Voor α -HCH blijkt dat in de regionale wateren de streefwaarde vaker wordt overschreden dan in de rijkswateren en is de spreiding van de getoetste waarden groter dan in de rijkswateren. Voor de rijkswateren geldt dat de mediaan van de getoetste waarden ongeveer gelijk is aan de streefwaarde, hetgeen betekent dat in circa 50% van de monsters de streefwaarde wordt overschreden. Het 90-percentiel van de getoetste waarden bedraagt voor beide groepen gegevens circa een factor 7 maal de streefwaarde.

Voor dieldrin en HCB blijkt de mediaan van de getoetste waarde in de rijkswateren iets hoger te liggen dan in de regionale wateren. De spreiding in de waarnemingen is in de rijkswateren ook groter.

8.3.1.3 Zware metalen

Voor een aantal zware metalen blijkt dat overschrijding van de streefwaarde minder frequent optreedt dan voor de overige stoffen. Zowel in de rijkswateren als in

de regionale wateren liggen vrijwel alle concentraties van arseen onder de streefwaarde. In het bestand van de rijkswateren wordt de streefwaarde voor arseen in circa 10% van de monsters overschreden. De mediaan van de getoetste waarde ligt in beide gegevensbestanden op hetzelfde niveau.

Voor koper en lood wordt de streefwaarde vaker overschreden. In de rijkswateren gebeurt dat in meer dan 25% van de monsters. In de regionale wateren gebeurt dat in 25% van de monsters voor koper en in 10 - 25% van de monster voor lood. Voor beide stoffen geldt dat de spreiding in de rijkswateren groter is, maar dat de mediaan van de getoetste waarden op vrijwel hetzelfde niveau ligt.

Voor zink geldt eveneens dat de spreiding in de rijkswateren groter is dan in de regionale wateren. In de regionale wateren wordt in circa 50% van de monsters de streefwaarde overschreden; in de rijkswateren ligt dat percentage tussen 50 en 75%.

8.3.1.4 Conclusies met betrekking tot de invloed van de regionale ligging

Met betrekking tot de invloed van de regionale ligging op de toetsing aan de streefwaarde kunnen voor de zoetwaterbodem de volgende conclusies worden getrokken:

- De indeling in regionale en rijkswateren speelt een rol bij het verklaren van de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden. De aan de streefwaarde getoetste concentraties van de gidsparameters zijn in de rijkswateren allemaal hoger dan in de regionale wateren. Eén uitzondering hierop wordt gevormd door α -HCH.
- De variabiliteit van de getoetste concentraties van de gidsparameters is in de rijkswateren hoger dan in de regionale wateren.

8.3.2 Zoutwaterbodem

Het gegevensbestand van de zoutwaterbodem biedt de mogelijkheid om onderscheid te maken tussen de volgende gebieden: Westerschelde, Oosterschelde, Waddenzee, Zuid-Holland, Noord-Holland en Zeeland. Vanwege de beperkte hoeveelheid gegevens in de laatste drie groepen zijn deze samengenomen tot de één groep: 'Noordzee'. Alle voor de vergelijkingen gebruikte gegevens hebben betrekking op monsters die niet vooraf zijn gezeefd over 63 μm . De resultaten van de vergelijking worden per gidsparameter met box-and-whisker plots weergegeven in figuur 24.

8.3.2.1 PAKVROM, PCB-totaal en minerale olie

De minerale olie concentraties overschrijden de streefwaarde in alle vier de gebieden in het grootste deel van de monsters. De spreiding is het grootst in de Westerschelde en het kleinst in de Waddenzee.

Ook voor PAKVROM en PCB-totaal wordt de streefwaarde frequent overschreden. In de Waddenzee liggen de overschrijdingspercentages het laagst: circa 50%. Voor PAKVROM wordt in de Oosterschelde, Westerschelde en Noordzee in 75 - 90% van de monsters de streefwaarde overschreden. Voor PCB-totaal variëren deze percentages meer: circa 70% in de Westerschelde, circa 50% in de Oosterschelde en circa 90% in de Noordzee.

8.3.2.2 Bestrijdingsmiddelen

Met betrekking tot deze stoffen neemt de Noordzee een aparte positie in. Voor de bestrijdingsmiddelen wordt in de Noordzee de streefwaarde veel vaker overschreden dan in de andere drie gebieden en ook de spreiding in de waarnemingen is hier aanmerkelijk groter. De streefwaarde voor dieldrin wordt in de Noordzee in meer dan 90% van de monsters overschreden; voor HCB ligt dit percentage op ruim 75% en voor α -HCH op circa 50%.

In de Westerschelde, Oosterschelde en de Waddenzee wordt in circa 50% van de monsters de streefwaarde voor dieldrin overschreden. De spreiding voor deze stof is in deze drie gebieden gering.

De overschrijding van de streefwaarde voor HCB varieert meer: circa 50% in de Westerschelde, circa 75% in de Oosterschelde en 25 - 50% in de Waddenzee. Voor α -HCH tenslotte, is het beeld in de Westerschelde en Oosterschelde min of meer gelijk: 25 - 50% overschrijding van de streefwaarde. In de Waddenzee zijn voor deze stof slechts drie waarnemingen beschikbaar en die liggen alle drie onder de streefwaarde.

8.3.2.3 Zware metalen

Voor deze groep van stoffen liggen de concentraties in de zoutwaterbodem veel lager dan de streefwaarde. Voor arseen wordt alleen in de Noordzee in meer dan 10% van de monsters de streefwaarde overschreden. Koper overschrijdt de streefwaarde in de Ooster- en Westerschelde in 10 - 25% van de monsters en de streefwaarde van lood wordt alleen in de Westerschelde overschreden.

Structurele overschrijdingen van de streefwaarde worden alleen geconstateerd voor zink: ruim 25% in de Wester- en Oosterschelde, circa 50% in de Noordzee en iets minder dan 50% in de Waddenzee.

Het algemene beeld dat uit figuur 22 naar voren komt is dat de mediane waarde van de getoetste waarden steeds het hoogst is in de Noordzee en dat de spreiding van de getoetste waarden het grootst is in de Westerschelde.

8.3.2.4 Conclusies met betrekking tot de invloed van de regionale ligging

Met betrekking tot de invloed van de regionale ligging op de toetsing aan de streefwaarde kan voor de zoutwaterbodem het volgende worden geconcludeerd:

- De regionale ligging speelt een rol bij het verklaren van de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden in de zoutwaterbodem.
- De concentraties aan minerale olie, PAKVROM en PCB-totaal overschrijden de streefwaarde in de Westerschelde vaker (75 - 90%) dan in de Oosterschelde, Noordzee en Waddenzee.
- De concentraties aan dieldrin, HCB en α -HCH overschrijden de streefwaarde in de Noordzee vaker (50 - 90%) dan in de Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee.
- De concentraties aan zware metalen liggen in de vier onderscheiden regio's voor de zoutwaterbodem op min of meer hetzelfde niveau. Een uitzondering hierop wordt gevormd door zink in de Noordzee, dat in circa 50% van de monsters de streefwaarde overschrijdt.

8.4 De invloed van de bemonsteringsdiepte

Het onderzoek naar de invloed van de bemonsteringsdiepte is voor de zoetwaterbodem uitgevoerd met de gegevens uit LAWABO. Op basis van dit bestand zijn de volgende dieptecategorieën onderscheiden: een aantal categorieën vanaf maaiveld¹⁾ (0 - 10, 0 - 20, 0 - 30 en 0 - 40 cm), de categorie 0 - 100 cm, die alle bemonsteringsdiepten omvat die beginnen bij maaiveld (0 cm) en oplopen vanaf 50 cm - maaiveld tot grotere diepten, en de categorie > 30 - ? die alle bemonsteringsdiepten omvat die niet bij maaiveld beginnen. Overigens wordt opgemerkt dat in het LAWABO-bestand circa 50% van de monsters niet is voorzien van een bemonsteringsdiepte. Voor HCB zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om een zinvolle vergelijking tussen bemonsteringsdiepten uit te kunnen voeren.

De resultaten van de vergelijking tussen de bemonsteringsdiepten zijn per gidsparemeter met box-and-whisker plots weergegeven in figuur 25. In de navolgende paragrafen volgt een beknopte beschrijving van de resultaten.

¹ In terminologie en in maatvoering is hier aangesloten bij de landbodem, bedoeld wordt de diepte onder het wateroppervlak waar de waterbodem begint.

8.4.1 PAKVROM, PCB-totaal en minerale olie

Voor deze drie stoffen vertoont het patroon dat uit de figuren naar voren komt grote overeenkomsten. Er is weinig verschil te constateren tussen de onderscheiden bemonsteringsdiepten.

Voor minerale olie geldt dat over de gehele linie in circa 90% van de monsters de streefwaarde wordt overschreden. Verschillen tussen de bemonsteringsdiepten zijn klein en hebben vooral betrekking op de spreiding van de waarnemingen. Opvallend is dat de spreiding in de bovenste 10 cm het kleinst is.

Voor PAKVROM zijn de percentages overschrijding van de streefwaarde iets kleiner: tussen de 50 en 75% voor alle bemonsteringsdiepten. Ook voor deze stof geldt dat de spreiding het kleinst is in het traject 0 - 10 cm -maaiveld.

Door de hoge percentages bepalingsondergenen is het niet mogelijk om zinvolle uitspraken te doen over de variabiliteit van PCB-totaal.

8.4.2 Bestrijdingsmiddelen

De figuren voor α -HCH en dieldrin zijn vrijwel identiek. Ook voor deze twee stoffen kan worden geconstateerd dat in een groot deel van de monsters concentraties boven de streefwaarde worden gemeten en dat dit geldt voor alle bemonsteringsdiepten. Het percentage overschrijdingen in het traject 0 - 40 cm is relatief laag. De spreiding in de waarnemingen is het kleinst in de trajecten 0 - 10 cm en 0 - 40 cm -maaiveld.

8.4.3 Zware metalen

Het door de andere gidsparameters gevestigde beeld met betrekking tot de spreiding van concentraties als functie van de bemonsteringsdiepte wordt voor de zware metalen bevestigd: de spreiding is het kleinst in de bovenlaag van de zoetwaterbodem. Voor arseen en lood ligt circa 90% van de concentraties in deze toplaag beneden de streefwaarde. Voor koper en zink is het percentage waarnemingen onder de streefwaarde kleiner: respectievelijk circa 80% en circa 50%.

8.4.4 Conclusies met betrekking tot de invloed van de bemonsteringsdiepte

Met betrekking tot de invloed van de bemonsteringsdiepte op de toetsing aan de streefwaarde kan voor de zoetwaterbodem worden geconcludeerd:

- De streefwaarde van een groot aantal gidsparameters wordt in de zoetwaterbodem op alle diepten veelvuldig overschreden.

- De verschillen tussen de onderscheiden bemonsteringsdiepten in de zoetwaterbodem zijn voor alle gidsparameters zeer beperkt.
- De spreiding in de gemeten concentraties in de zoetwaterbodem is het kleinst in de toplaag.

Toelichting

Anders dan bij de landbodem bestaat er voor de waterbodem over het algemeen geen eenduidige relatie tussen ouderdom van het bodemmateriaal en de diepte in het bodemprofiel. Een continu proces van erosie, sedimentatie en transport leidt tot menging van bodemmateriaal van verschillende ouderdom en verschillende kwaliteit. Tevens geldt daarbij dat dit proces sterk locatie gebonden optreedt, zodat er grote verschillen zullen optreden tussen verschillende waterbodems. Mogelijk verklaart dit fenomeen het ontbreken van kwaliteitsverschillen tussen de onderscheiden bemonsteringsdiepten. Op basis van een verdergaande analyse van de LAWABO gegevens, waarbij rekening moet worden gehouden met gebiedsinformatie met betrekking tot sedimentatie, erosie en de vorming van nieuw sediment, zou het potentieel mogelijk moeten zijn om een meer genuanceerd beeld van de invloed van de bemonsteringsdiepte op de milieuhygiënische kwaliteit van de waterbodem te krijgen.

8.5 Onderlinge belang van de verschillende toetsingsaspecten

In de voorgaande paragrafen van dit hoofdstuk zijn een aantal belangrijke toetsingsaspecten onderzocht en is vastgesteld in hoeverre deze toetsingsaspecten een rol spelen bij de toetsing van meetwaarden aan de streefwaarde. In deze paragraaf wordt door middel van twee tabellen voor respectievelijk de zoet- en zoutwaterbodem aangegeven hoe deze toetsingsaspecten zich onderling tot elkaar verhouden. De tabellen zijn beperkt tot de onderzochte toetsingsaspecten.

Tabel 37 *Het belang van een aantal toetsingsaspecten voor de gidsparameters in de zoetwaterbodem.*

	minerale olie	PAKVROM	Bestrijdingsmiddelen	Zware metalen	As
Gebiedskenmerken:					
- regionale ligging	+	+	+	+	+
Bemonsteringsdiepte	—	—	—	—	—

+ = groot

— = klein

Tabel 38 *Het belang van een aantal toetsingsaspecten voor de gidsparameters in de zoutwaterbodem.*

	minerale olie	PAKVROM	Bestrijdingsmiddelen	Zware metalen	As
Gebiedskenmerken:					
- regionale ligging	+	+	+	+	+

+ = groot

Van de onderzochte toetsingsaspecten voor de zoetwaterbodem is de regionale ligging van invloed op de relatie tussen streefwaarde en de gemeten concentraties. De bemonsteringsdiepte heeft hier echter geen invloed op. Dit laatste is reeds verklaard in paragraaf 8.4.4 en, zoals daar ook is aangegeven, lijkt het waarschijnlijk dat een diepgaande analyse van de LAWABO gegevens tot een meer gedifferentieerd beeld zal leiden. Nadere aandacht ten aanzien van de regionale ligging in de waterbodem lijkt echter wel gewenst aangezien de gehanteerde splitsing tussen regionale en rijkswateren grof is. Bij een mogelijke wijze van opsplitsing kan worden gedacht aan het onderscheiden van rivier(tak), watersysteem, gebruiksfunctie, etc.

Evenals voor de zoetwaterbodem is de regionale ligging ook voor de zoutwaterbodem van invloed op de relatie tussen streefwaarde en gemeten concentraties.

Aanvullend op de tabellen kan worden opgemerkt dat ook het effect van de toetsing op meerdere stoffen is onderzocht. Voor deze toetsing is het van belang welke stoffen gezamenlijk worden getoetst. Een stofspecifieke beoordeling is derhalve niet mogelijk. Om die reden is deze toetsing uit de voorgaande tabellen weggelaten.

9. De kwaliteit van het Nederlandse bouwland

9.1 Inleiding

Bij de begeleidingscommissie bestaat behoefte aan een beschrijving van de kwaliteit van het bouwland in Nederland op basis van de verzamelde gegevens. In hoofdstuk 7 is in beperkte mate reeds aandacht besteed aan de kwaliteit van het bouwland. Het accent in dat hoofdstuk lag echter steeds op het evalueren van een van de aspecten die relevant zijn voor het opstellen van een toetsingsscenario en niet expliciet op het beschrijven van de bodemkwaliteit. Er is om die reden steeds gewerkt met deelselecties uit het basisbestand en er zijn vergelijkingen gemaakt met een of meer nevenbestanden.

In dit hoofdstuk staat de kwaliteit van het bouwland centraal en wordt getracht om op basis van *alle* beschikbare gegevens de bodemkwaliteit van het bouwland zo goed mogelijk te beschrijven. Bij de beschrijving wordt onderscheid gemaakt tussen de bodem en de bietengrond.

9.2 De kwaliteit van de bodem

Voor het beschrijven van de kwaliteit van de bodem is gebruik gemaakt van zowel het basisbestand als de verschillende nevenbestanden die zijn opgebouwd ten behoeve van het uitwerken van de toetsingsaspecten. Dit leverde een bestand op waarin voor de organische gidsparameters (PAKVROM, PCB-totaal, α -HCH, dieldrin en HCB) 120 - 150 analyses beschikbaar zijn en voor de zware metalen (arseen, koper, lood en zink) circa 350.

Bij het beschrijven van de bodemkwaliteit is er voor gekozen om geen deelselecties uit dit bestand te maken op basis van toetsingsaspecten zoals bodemopbouw, bemonsteringsdiepte of ruimtelijke schaal. Daardoor zou het bestand moeten worden opgesplitst en zou het aantal monsters per deelbestand erg klein worden. Om toch een indruk te krijgen van de verdeling van de monsters van bouwland over de onderscheiden klassen met betrekking tot bodemopbouw, bemonsteringsdiepte, ruimtelijke schaal en de regionale ligging zijn een viertal histogrammen vervaardigd, deze zijn weergegeven in figuur 26. Uit deze histogrammen kan worden afgelezen dat de monsters een breed scala aan bodemtypes en regio's representeren en dat ze betrekking hebben op meerdere bemonsteringsdiepten en ruimtelijke schalen. In tabel 39 zijn de statistische kengetallen weergegeven voor de onderzochte stoffen.

Bij de interpretatie van deze tabel moet er rekening mee worden gehouden dat - vanwege de invloed van de in hoofdstuk 7 behandelde toetsingsaspecten - het samenvoegen van monsters afkomstig uit verschillende regio's, bodemtypen, landge-

bruiksvormen en ruimtelijke schalen leidt tot een sterke toename van de spreiding van de gegevens. Om die reden dienen de in de tabel gepresenteerde getallen als indicatief te worden beschouwd.

Tabel 39 Statistische kengetallen voor de gidsparameters in bouwland.

Parameter Kengetallen	PAKVROM (mg/kg ds)	PCB totaal (µg/kg ds)	Koper (mg/kg ds)	Lood (mg/kg ds)	Zink (mg/kg ds)	Arseen (mg/kg ds)	α-HCH (µg/kg ds)	HCB (µg/kg ds)	dieldrin (µg/kg ds)
Aantal	139	145	347	347	343	347	131	121	131
% > b.p.o.	n.v.t.	n.v.t.	> 99	> 99	100	> 93	91	39	59
Gemiddelde	0,42	4,85	13,31	19,70	39,48	8,58	0,13	3,60	3,25
Std. Dev.	0,53	6,65	8,40	13,08	20,53	5,93	1,35	5,64	9,44
Percentielen									
Minimum(0)	0,07	1,1	1,0	0,7	2,5	0,55	<	0,35	0,35
5	0,10	1,2	3,5	6,0	14	0,95	<	0,35	0,35
10	0,10	2,1	5,5	9,5	17	1,2	<	0,35	0,35
25	0,15	2,1	8,0	13	23	2,9	0,35	0,70	0,35
Mediaan (50)	0,27	3,6	11	17	36	9,0	0,35	1,2	0,70
75	0,46	4,2	16	22	50	14	0,35	4,8	3,0
90	0,88	7,6	24	33	70	16	0,70	11	7,0
95	1,3	10	28	41	84	18	1,8	12	7,0
Maximum(100)	5,0	42	80	120	105	27	1,8	45	100

n.v.t. niet van toepassing

Bij het beschrijven van de bodemkwaliteit is, overeenkomstig de uitwerking van de toetsingsaspecten, gekozen voor een grafische presentatie van getoetste concentraties aan gidsparameters met behulp van box-and-whisker plots (zie figuur 27). Met deze plots is het mogelijk om in één oogopslag te zien of en in welke mate de streefwaarde wordt overschreden. In deze plots wordt ook de bodemkwaliteit van ander vormen van landgebruik gepresenteerd, zodat het mogelijk is de bodemkwaliteit van bouwland te vergelijken met die van grasland, natuurgebieden, boomgaarden en bollenvelden. In de navolgende paragrafen volgt een toelichting op de resultaten.

9.2.1 PAKVROM en PCB-totaal

De getoetste concentraties PAKVROM in bouwland liggen op hetzelfde niveau als in natuurgebieden. In iets minder dan 25% van de monsters wordt de streefwaarde overschreden. Het 90-percentiel van de getoetste concentraties bedraagt ca. 1,5 maal de streefwaarde.

De getoetste concentraties PCB-totaal in bouwland zijn enigszins verhoogd ten opzichte van alle andere onderscheiden landgebruiksvormen. In 10% van de monsters afkomstig van bouwland wordt de streefwaarde overschreden.

9.2.2 Bestrijdingsmiddelen

De getoetste concentraties α -HCH in bouwland liggen op hetzelfde niveau als in natuurgebieden. Het 90-percentiel van beide verdelingen ligt beneden de streefwaarde. Er treden overschrijdingen van de streefwaarde op doordat de gehanteerde bepalingsondergrens zelf al boven de streefwaarde ligt. De getoetste concentraties in grasland en boomgaard liggen lager dan in bouwland en natuurgebied.

De mediaan van de getoetste concentraties dieldrin ligt in bouwland, grasland en natuurgebied min of meer op hetzelfde niveau. Doordat in bouwland de spreiding in de waarnemingen groter is, is ook het percentage overschrijdingen van de streefwaarde groter, namelijk circa 50%. Ook in boomgaarden bedraagt het percentage overschrijdingen van de streefwaarde circa 50%, maar ligt het 90-percentiel veel hoger dan voor bouwland: de streefwaarde wordt hier met een factor 30 overschreden.

De grootste afwijking ten opzichte van andere vormen van landgebruik wordt geconstateerd voor HCB: in meer dan 50% van de monsters afkomstig van bouwland wordt de streefwaarde overschreden.

9.2.3 Zware metalen

Met betrekking tot de vier onderzochte zware metalen neemt bouwland ten opzichte van andere vormen van bodemgebruik geen bijzondere positie in. De koper-, lood- en zinkconcentratie bevindt zich in meer dan 90% van de monsters beneden de streefwaarde. De getoetste koper-, lood- en zinkconcentraties zijn vergelijkbaar met die voor grasland. De getoetste arseenconcentratie vertoont voor bouwland een groter bereik dan voor grasland en natuurgebieden en vertoont een sterke overeenkomst met monsters afkomstig van boomgaarden.

De hoogste koper-, lood- en zinkconcentraties worden gemeten in monsters afkomstig van boomgaarden. Voor koper wordt in ruim 25% van deze monsters de streefwaarde overschreden; voor zink ligt dat percentage op 10.

9.2.4 Conclusies ten aanzien van de kwaliteit van bouwland

- De mate waarin de concentraties PAKVROM in monsters afkomstig van bouwland de streefwaarde overschrijden wijkt niet sterk af van monsters afkomstig van natuurgebieden. De streefwaarde wordt in circa 25% van de monsters van bouwland overschreden.
- De mate waarin de concentraties PCB-totaal in monsters afkomstig van bouwland de streefwaarde overschrijden is iets verhoogd ten opzichte van monsters afkomstig van andere vormen van landgebruik. De streefwaarde wordt in circa 10% van de monsters van bouwland overschreden.

- De mate waarin de concentraties α -HCH in monsters afkomstig van bouwland de streefwaarde overschrijden wijkt niet sterk af van monsters afkomstig van natuurgebieden. De streefwaarde wordt in geen van de monsters van bouwland overschreden.
- De mate waarin de concentraties dieldrin en HCB in monsters afkomstig van bouwland de streefwaarde overschrijden is iets verhoogd ten opzichte van monsters afkomstig van grasland en natuurgebieden. De streefwaarde wordt in circa 50% van de bouwlandmonsters overschreden.
- De mate waarin de concentraties arseen, koper, lood en zink in monsters afkomstig van bouwland de streefwaarde overschrijden wijkt niet af van monsters afkomstig van andere vormen van landgebruik. De streefwaarde wordt in minder dan 10% van de bouwlandmonsters overschreden.

9.3 De kwaliteit van de bietengrond

9.3.1 Algemeen

Drie van de gegevensbestanden die in het kader van dit onderzoek zijn verkregen hebben betrekking op bietengrond. Het in eerste instantie beschikbaar gestelde bestand omvat 49 analyses die zijn uitgevoerd op basis van monsters die in 1993 zijn verkregen uit bouwlandpercelen. De percelen zijn onderverdeeld in zand-, klei- en dalgrondbodems. Het aantal steken, de monsternemingslocaties en de perceelgrootte zijn niet bij de gegevens geleverd.

Een tweede gegevensbestand bevat de gegevens van zes partijen grond afkomstig van suikerbieten. De van deze partijen afkomstige monsters zijn door één laboratorium geanalyseerd, waarbij één partij in duplo is bemonsterd. Voor de analyse zijn 50 steken per partij grond genomen. De partijen zijn afkomstig uit depots in Groningen, Hoogkerk, Roosendaal, Breda, Puttershoek en Dinteloord. Deze depots slaan alle grond uit de regio op als één grote (samengestelde) partij. Dit betekent dat de partijen zouden kunnen worden gezien als een grootschalige steekproef uit het bouwland. Door IRS wordt aangegeven dat dit het geval is aangezien meer dan 80% van de Nederlandse akkerbouwers suikerbieten teelt en dat het suikerbieten areaal jaarlijks meer dan 115.000 ha bedraagt [13].

Het derde gegevensbestand omvat de analyse van een monster van een partij bietengrond door drie verschillende laboratoria.

In het navolgende wordt met name op dit tweede gegevensbestand ingegaan, maar bij de bespreking van de resultaten worden tevens de resultaten van het eerste gegevensbestand meegenomen.

9.3.2 Representativiteit

Een waardevol aspect aan de gegevens van de bietengrond is dat analyses zijn uitgevoerd op vrijwel alle stoffen uit de MILBOWA lijst. Om echter conclusies te kunnen trekken is het van belang dat de representativiteit van de gegevens is gewaarborgd. In relatie tot het tweede gegevensbestand van de bietengrond spelen hierbij een aantal verschillende aspecten:

- Aantal metingen
Totaal zijn zes onafhankelijke meetresultaten per stof beschikbaar. Hoewel deze gegevens afkomstig zijn uit partijen die als een grootschalige steekproef van het bouwland kunnen worden beschouwd, is het aantal van zes meetresultaten per stof te beperkt om betrouwbare uitspraken te doen met betrekking tot de verdeling waaruit deze waarnemingen afkomstig zijn. Dit betekent dus ook dat er geen betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan met betrekking tot de relatie tussen deze verdeling en de streefwaarde.
- Oorsprong van de resultaten
Er bestaat vooralsnog onvoldoende inzicht in de wijze waarop de resultaten aan het bouwland kunnen worden gekoppeld. Door IRS wordt aangegeven dat er per hectare bouwland circa 6 ton grond met de bieten wordt meegenomen [13]. Deze grond is afkomstig uit de bouwvoor (0 - 30 cm - mv). Onduidelijk is echter in hoeverre het proces waarin de grond van de bieten wordt verwijderd van invloed is op de kwaliteit van de grond, alsmede welke invloed de suikerbiet op de gehalten heeft gehad (specifieke opname, verhoging organisch stof gehalte). Verder speelt hierbij ook mee dat de wijze van monsterneming, gezien de grootte van de depots, mogelijk onvoldoende garanties biedt voor representativiteit van het resulterende mengmonster (niet probabilistische monsterneming).
- Wijze van verkrijgen mengmonsters, deelmonsters en analysemonsters
De wijze waarop de analysemonsters zijn verkregen is niet bekend. Voor het derde gegevensbestand, de analyse door drie verschillende laboratoria, geldt dat er per partij is er een mengmonster samengesteld van circa 75 kg. Dit mengmonster is voor bemonstering gemengd in een betonmolen. Hieruit zijn 30 glazen literpotten gevuld door eerst alle potten voor circa een kwart te vullen, vervolgens tot circa de helft, daarna tot driekwart en in een laatste stap alle potten volledig te vullen.
De wijze waarop met een betonmolen is getracht een homogeen mengmonster te maken van veldvochtige grond is niet tot nauwelijks efficiënt [6]. Derhalve kunnen vraagtekens worden geplaatst bij de representativiteit van de uit het mengmonster verkregen monsters. Voor de derde gegevensset, waarbij het onderzoek was gericht op het vaststellen van de reproduceerbaarheid, is dit met name van belang omdat verschillen tussen de deelmonsters direct tot uiting komen in de verschillen tussen de laboratoria.

Experimenten, gedaan in het kader van het opstellen van het interim-protocol grond voor het Bouwstoffenbesluit [8], tonen aan dat de wijze van monsterneming van potentieel sterk heterogene partijen (waar ook hier sprake van lijkt te zijn), tot sterk variabele resultaten kan leiden indien geen uiterste zorg aan de wijze van monstervoorbehandeling wordt besteed.

Hoewel de analyses zijn uitgevoerd volgens het accreditatieprogramma grond (AP04), biedt dit geen garanties op reproduceerbare resultaten, met name omdat de wijze van monsterneming en monstervoorbehandeling in AP04 niet of nauwelijks zijn omschreven. De soms grote variatie in het door drie laboratoria geanalyseerde monster kan daarom (voor een deel) worden verklaard op basis van de gehanteerde methoden om te komen tot de gewenste analysemonsters. Voorgaande sluit overigens niet uit dat er ook een wezenlijke fout uit de analysemethoden afkomstig zou kunnen zijn.

Op basis van de voorgaande argumenten vindt de evaluatie van het tweede gegevensbestand van de bietengrond op twee manieren plaats:

- Voor die stoffen waarvoor ook metingen in het basisbestand aanwezig zijn worden de gegevens van de bietengrond vergeleken met de gegevens van het basisbestand zowel als met de streefwaarden.
- Voor die stoffen waarvoor geen metingen in het basisbestand aanwezig zijn worden slechts globale uitspraken gedaan in relatie tot de voor die stoffen geldende streefwaarden.

In verband met de variabiliteit in de analyseresultaten van de partij waarvan de monsters door drie laboratoria zijn onderzocht wordt deze partij in de vergelijking buiten beschouwing gelaten.

Het eerste gegevensbestand omvat slechts stoffen die ook in het basisbestand voorkomen, deze resultaten worden echter alleen vergeleken met de streefwaarden.

9.3.3 Stoffen uit het basisbestand

In het basisbestand van de landbodem zijn de volgende stoffen aanwezig:

PAKVROM

individuele PCB's en PCB-totaal

arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel en zink

α -HCH, β -HCH, γ -HCH, HCB, heptachloor, dieldrin

De verdelingen van deze stoffen en somparameters zijn weergegeven in hoofdstuk 4.

9.3.3.1 PAKVROM

De waarnemingen in het tweede gegevensbestand vallen allen tussen de 5- en 95-percentiel van de verdeling van PAKVROM in het basisbestand. De hoogste waarneming is echter afkomstig van de in duplo bemonsterde partij. Zou deze

hoogste waarneming van de duplometing 'even' worden weggelaten dan vallen alle waarnemingen zelfs tussen de 5- en 75-percentiel van de verdeling van PAKVROM.

Ten opzichte van de streefwaarden zoals die voor de verschillende partijen kunnen worden berekend overschrijdt één monster, afkomstig van de in duplo geanalyseerde partij, de streefwaarde met een factor 1,5. De andere 6 monsters liggen ruim onder de streefwaarde.

In het eerste gegevensbestand wordt door 6% van de metingen de streefwaarde overschreden.

9.3.3.2 PCB-totaal

Voor de individuele PCB's in het basisbestand geldt dat, op een enkele uitzondering na, alleen maar bepalingsondergrenzen zijn gerapporteerd. Dit geldt in grote lijnen ook voor de gegevens van de bietengrond in het tweede gegevensbestand, met uitzondering van PCB 138 en 180. Ook in het basisbestand komt PCB 138 relatief het meest in concentraties boven de bepalingsondergrens voor. Het aantal waarnemingen boven de bepalingsondergrens in het basisbestand is echter ook voor PCB 138 zo gering (5 van 199 waarnemingen) dat een vergelijking van de gegevens niet mogelijk is.

De waarnemingen voor PCB-totaal vallen net binnen de verdeling van PCB-totaal in het basisbestand. Daarbij dient echter wel te worden opgemerkt dat de verdeling van PCB-totaal in het basisbestand vrijwel volledig wordt bepaald door de som van de bepalingsondergrenzen van de individuele PCB's. Tengevolge van een andere bepalingsondergrens ligt de laagste waarneming uit de bietengrond net buiten de verdeling (0,004 mg/kg versus een laagste waarde in het basisbestand van 0,0042 mg/kg). De hoogste waarde van de bietengrond ligt boven de 95-percentiel van het basisbestand, maar onder het maximum van het basisbestand.

Ten opzichte van de streefwaarde treden voor PCB 138 relatief veel overschrijdingen op (5 van de 7 monsters). De overschrijdingen zijn minder dan een factor 1,5 * streefwaarde. PCB-totaal geeft echter geen overschrijdingen.

9.3.3.3 Zware metalen

Voor arseen en kwik en in iets mindere mate voor cadmium geldt dat op vrijwel alle waarnemingen in het tweede gegevensbestand onder de bepalingsondergrens liggen. Tengevolge van het feit dat ook in het basisbestand een groot aantal waarnemingen onder de bepalingsondergrens ligt is het niet mogelijk om voor de resterende waarnemingen een goede vergelijking te maken met het basisbestand. Wel is het grote aantal waarnemingen onder de bepalingsondergrens in overeenstemming met het feit dat dit voor het basisbestand ook veelvuldig gebeurt.

Voor de overige metalen die voorkomen in het basisbestand (chromium, koper, nikkel, lood en zink) geldt dat de gegevens van de bietengrond in het tweede gege-

vensbestand binnen het hogere deel van de verdelingen van deze stoffen in het basisbestand vallen. De laagste waarde ligt op of net iets boven de mediaan van het basisbestand, terwijl de hoogste waarde boven de 95-percentiel van het basisbestand valt.

Voor alle metalen geldt dat minder dan 5% boven de streefwaarde ligt en de overschrijding is veel minder dan een factor 2 * streefwaarde. De overschrijdingen zitten allen in één monster.

9.3.3.4 Bestrijdingsmiddelen

Voor α -HCH, γ -HCH en heptachloor worden in het tweede gegevensbestand (vrijwel) uitsluitend bepalingsondergrenzen gemeten in de biete grond. Dit geldt niet voor de som van β -HCH en HCB, maar aangezien deze gezamenlijk zijn gekwantificeerd kan hiervoor geen vergelijking met het basisbestand worden gemaakt.

De concentraties van dieldrin liggen allemaal boven de 90-percentiel van het basisbestand.

Het bestrijdingsmiddel dieldrin geeft een ruime overschrijding van de streefwaarde in alle monsters met ongeveer een factor 10.

In het eerste gegevensbestand worden voor HCB 88% overschrijdingen van de streefwaarde geconstateerd, waarbij echter wel moet worden opgemerkt dat de bepalingsondergrens boven de streefwaarde ligt. Dit laatste geldt eveneens voor lindaan waarbij 29% overschrijdingen worden geconstateerd. β -HCH geeft in 4% van de monsters een overschrijding van de streefwaarde en dieldrin in 29% van de monsters. α -HCH wordt altijd onder de bepalingsondergrens gemeten.

9.3.4 Stoffen die ontbreken in het basisbestand

Chloorfenolen: De chloorfenolen geven geen overschrijdingen van de streefwaarde en liggen altijd beneden de bepalingsondergrens.

Aromaten: Benzeen en toluen worden in bijna alle monsters boven de streefwaarde aangetroffen.

Vluchtige chloorkoolwaterstoffen: De vluchtige chloorkoolwaterstoffen overschrijden de streefwaarde regelmatig, met name dichloormethaan, trichloormethaan, trichloorethanen en tetrachloorethaan.

Chloorbenzenen: Van de chloorbenzenen wordt alleen voor de trichloorbenzenen in één meting een concentratie boven de bepalingsondergrens gemeten. Die meting overschrijdt daarmee wel de streefwaarde met een factor 7. Opgemerkt kan worden dat de streefwaarde gelijk is aan de bepalingsondergrens en dat de aantoonbaarheidsgrens van AP04 voor deze stoffen niet wordt gehaald.

Chlorinesterase remming: Alle monsters overschrijden de streefwaarde.

Fenolen: Voor de fenolen wordt in ongeveer 10% van de metingen de streefwaarde overschreden. Opgemerkt moet worden dat de streefwaarde voor de fenolen gelijk is aan de bepalingsondergrens.

9.3.5 Conclusies met betrekking tot de kwaliteit van de bietengrond

- Conclusies met betrekking tot de samenstelling van de bietengrond kunnen alleen in zeer globale zin worden getrokken in verband met de beperkte representativiteit die de gegevens (mogelijk) hebben.
- Voor PAKVROM worden concentraties gevonden die binnen het gehele bereik (hoog en laag) van het basisbestand vallen. Dit betekent dat een beperkt percentage van de waarnemingen de streefwaarde kan overschrijden.
- Voor PCB's worden alleen voor PCB 138 en 180 concentraties boven de bepalingsondergrens gemeten, waarbij de concentraties van PCB 138 de streefwaarde overschrijden. Voor PCB-totaal wordt de streefwaarde echter niet overschreden.
- Voor de zware metalen geldt veralgemeniserend dat de waarnemingen vallen binnen het hogere deel van verdelingen uit het basisbestand. In minder dan 5% van de gevallen wordt echter de streefwaarde overschreden. Deze (geringe) overschrijdingen vallen bovendien binnen hetzelfde monster.
- Er worden relatief hoge concentraties aan dieldrin aangetroffen die zorgdragen voor een ruime overschrijding van de streefwaarde voor die stof.
- Voor de overige niet in het basisbestand opgenomen stoffen worden relatief veel overschrijdingen van de streefwaarde aangetroffen. In een groot deel van de gevallen hangt dit echter mede samen met het feit dat de streefwaarde overeenkomt met de bepalingsondergrens.

10. Discussie

10.1 Inleiding

In dit rapport is in de voorgaande hoofdstukken ingegaan op welke gegevens, met betrekking tot de bodemkwaliteit van de vaste bodem in Nederland, zijn verzameld (hoofdstuk 4 (landbodem), 5 (zoetwaterbodem) en 6 (zoutwaterbodem)) en welke relatie er ligt tussen verschillende aspecten binnen de verzameling van gegevens en de streefwaarden (hoofdstuk 7 (landbodem), 8 (waterbodem) en 9 (bouwland)). Daarbij is tot aan dit hoofdstuk slechts een weergave van de resultaten gegeven, zonder daarbij in te gaan op wat die resultaten betekenen en mogelijk voor consequenties kunnen hebben. In dit hoofdstuk zal op deze laatste onderwerpen, de interpretatie van de resultaten en de vertaling hiervan naar het bodembeleid, worden ingegaan. Hierbij zal worden volstaan met het weergeven van de relatie die tussen achtergrondconcentraties en streefwaarden aanwezig lijkt te zijn en de wijze waarop hiermee kan worden omgegaan. Het geven van concrete voorstellen tot eventuele wijzigingen in het bodembeleid met betrekking tot de hantering van de streefwaarden en de toetsing van concentraties aan de streefwaarden vallen buiten het kader van deze studie.

Voordat de gegevens kunnen worden geïnterpreteerd dient echter eerst de representativiteit van de gegevens te worden beschouwd. Paragraaf 10.2 gaat nader op dit aspect in. Ook de betrouwbaarheid van de geïnventariseerde gegevens speelt een belangrijke rol bij het interpreteren van de gegevens. Op de betrouwbaarheid wordt daarom in paragraaf 10.3 nader in gegaan. Tenslotte worden in paragraaf 10.4 nadere uitspraken gedaan over de mogelijkheden om bij toetsing aan de streefwaarde rekening te houden met de relatie tussen de streefwaarde en de achtergrondconcentraties.

Omdat tengevolge van de wijze van verzamelen er verschillen bestaan tussen de gegevens van de landbodem enerzijds en de zoet- en zoutwaterbodem anderzijds, zal steeds separaat naar deze compartimenten worden gekeken.

10.2 Representativiteit van de geïnventariseerde gegevens

Om op basis van de in dit rapport weergegeven achtergrondconcentraties uitspraken te kunnen doen over *de achtergrondconcentraties in Nederland* is het noodzakelijk dat inzicht wordt verkregen in de representativiteit van de gegevens. In hoofdstuk 2 is, ten behoeve van het verzamelen van de gegevens, reeds op dit onderwerp ingegaan. Het is echter noodzakelijk om, nadat alle gegevens zijn verzameld, de representativiteit van de gegevens nogmaals kritisch te beschouwen.

Bij evalueren van de representativiteit van de verzamelde gegevens dienen een aantal aspecten te worden besproken:

- de dekkingsgraad van de gegevens, zowel voor
 - de geografische dekking;
 - de dekking op basis van het landgebruik/het bodemtype;
 - de dekking op basis van de verdenking van de aanwezigheid van bodembelasting/bodemverontreiniging (belast/onbelast);
- het aantal stoffen;
- de schaal waarop uitspraken over achtergrondconcentraties (kunnen) worden gedaan.

Deze aspecten worden in de navolgende paragrafen besproken.

Een andere wijze om de dekkingsgraad te beschouwen is het vaststellen in hoeverre de beschikbare gegevens voldoende volledig zijn om de verschillende toetsingsaspecten (schaal, aantal grepen, bemonsteringsdiepte, (land)gebruik, regionale ligging) te kunnen onderzoeken. Daarbij moet worden geconstateerd dat voor de zoet- en zoutwaterbodem deze gegevens veelal ontbreken. Dit zal in de bespreking van de hiervoor geformuleerde punten tot uiting komen.

10.2.1 Geografische dekking

In dit onderzoek is getracht om een geografisch dekkend beeld van de achtergrondconcentraties van de vaste bodem in Nederland te verzamelen.

10.2.1.1 Landbodem

Zoals is vastgesteld in hoofdstuk 2 is een volledig dekkend beeld op dit moment (1996) niet realiseerbaar tengevolge van het ontbreken van geschikte gegevensbestanden voor een deel van Nederland. Hoewel ook voor deze delen van Nederland wel zal gelden dat er gegevens zullen bestaan die potentieel informatie in zich hebben die van belang is voor de achtergrondconcentratie, is deze informatie binnen het kader van dit project niet beschikbaar gekomen. Dit hangt samen met de eisen die op voorhand aan de te verzamelen gegevens zijn gesteld en die in paragraaf 2.1 zijn genoemd (zowel tengevolge van logistieke redenen (gratis, in korte periode) als tengevolge van inhoudelijke redenen (niet volgens meetnetopzet)). De geografische dekking van de uitspraken die in dit rapport worden gedaan kan het best worden beoordeeld op basis van figuur 1 en 4 waarin respectievelijk alle verzamelde gegevens en de gegevens in het basisbestand zijn weergegeven. Uit de figuren blijkt dat van de verzamelde gegevens vrijwel niets afkomstig is uit de provincies Noord Holland, Drenthe, Overijssel, Flevoland, Gelderland en Limburg, terwijl voor de gegevens uit Zuid Holland en Zeeland geldt dat deze

alleen in de vergelijkende toetsingen in hoofdstuk 7 konden worden toegepast tengevolge van de afwijkende meetnetopzet.

Voorgaande betekent dat moet worden geconcludeerd dat de geografische dekking van de gegevens voor Nederland beperkt is. Dit was echter bij aanvang van het project reeds voorzien en mede in verband hiermee is gesteld dat de geografische dekking van de gegevens moet worden beoordeeld in samenhang met de dekking op basis van het landgebruik/bodemtype.

Overigens moet in dit verband worden opgemerkt dat onder meer in Noord-Holland en Gelderland wordt begonnen met het inrichten van een provinciaal meetnet, terwijl andere meetnetten worden uitgebreid voor bodemtypen en bodemgebruik, zodat op termijn een aanzienlijk beter landsdekkend beeld kan worden verkregen.

10.2.1.2 Zoetwaterbodem

De geografische dekking van de gegevens uit de zoetwaterbodem kan het best worden beoordeeld op basis van de verdeling van de meetpunten zoals weergegeven in figuur 2. In figuur 2 zijn op een aantal plaatsen duidelijke patronen te herkennen die worden veroorzaakt door onderzoek aan een specifiek aantal oppervlaktewateren. Andere delen van Nederland lijken slechts in geringe mate te zijn onderzocht, hetgeen niet in alle gevallen kan worden gecorreleerd met het in mindere mate aanwezig zijn van oppervlaktewater.

Globaal genomen, en zeker in vergelijking met de gegevens van de landbodem, kan echter worden geconcludeerd dat er voor de zoetwaterbodem een goede geografische dekking van Nederland in de gegevens aanwezig is.

10.2.1.3 Zoutwaterbodem

De geografische dekking van de gegevens uit de zoutwaterbodem kan het best worden beoordeeld op basis van de verdeling van de meetpunten zoals weergegeven in figuur 3. In vergelijking met de meetpunten voor de zoetwaterbodem en de landbodem betreft het slechts een (zeer) gering aantal meetpunten. Dit wordt mede veroorzaakt doordat een relatief groot aantal metingen verricht door het RIKZ uit het gegevensbestand is verwijderd omdat hiervan alleen de fractie $< 63 \mu\text{m}$ is geanalyseerd. In het resulterende gegevensbestand lijken vooral gegevens te ontbreken van de Noordzee over de gehele kustlijn van Nederland.

Geconcludeerd moet worden dat de geografische dekking van de gegevens van de zoutwaterbodem beperkt is, met name door het ontbreken van gegevens van de waterbodem van de Noordzee.

10.2.2 Dekking op basis van landgebruik/bodemtype

Voor de zoet- en zoutwaterbodem is het landgebruik en bodemtype geen criterium op basis waarvan de dekking van de gegevens kan worden beoordeeld. Deze paragraaf is derhalve alleen van toepassing op de landbodem.

In het kader van dit onderzoek zijn de volgende vormen van landgebruik onderscheiden:

- boomgaard;
- grasland;
- bouwland;
- natuur.

Verder zijn de volgende bodemtypen onderscheiden:

- zand;
- klei;
- veen.

Een overzicht van het voorkomen van de combinaties van landgebruik en bodemtypen is gegeven in tabel 3 in paragraaf 3.4. Op basis van tabel 3 blijkt er sprake te zijn van een oververtegenwoordiging van grasland en van zandgrond. De combinatie grasland op zandgrond komt tevens als hoogste voor. Dit hangt samen met de wijze waarop in een aantal van de meetnetten op jaarbasis gegevens worden verzameld, namelijk één type bodemgebruik per jaar, hetgeen impliceert dat over enkele jaren een beter dekkende verzameling van gegevens beschikbaar zal zijn. Er zijn slechts weinig gegevens beschikbaar voor boomgaarden en veengronden. Voor veengronden zijn géén gegevens beschikbaar voor boomgaarden en bouwland.

In de meeste gevallen is er echter sprake van enkele tientallen gegevens voor elke combinatie van landgebruik en bodemtype. Op basis van het aantal waarnemingen kan in zijn algemeenheid worden gesteld dat er voldoende gegevens voor elke combinatie aanwezig zijn om een betrouwbare schatting van de verdeling van de concentraties te doen. Een en ander uiteraard met uitzondering van de hiervoor genoemde slecht vertegenwoordigde categorieën boomgaard (alle bodemtypen) en veengrond voor de landgebruiksvormen boomgaard en bouwland.

Om inzicht te krijgen in hoeverre de gegevens representatief zijn voor Nederland is het noodzakelijk vast te stellen hoeveel procent van de Nederlandse bodem wordt gekenmerkt door de genoemde bodemtypen en hoeveel procent van de Nederlandse bodem wordt gebruikt voor de genoemde bodemgebruiksvormen. Deze gegevens staan weergegeven in tabel 40.

Tabel 40 Voorkomen van bodemtypen en landgebruiksvormen in Nederland en verdeling van de gegevens [3]

bodemgebruik	voorkomen in Nederland (%)	vertegenwoordiging in basisbestand (%)
boomgaard	*	2
grasland	46	56
bouwland	25	20
natuur	14	22
bebouwd	8	-
glastuinbouw	4	-
verkeer	2	-
diversen	1	-

bodemtype	voorkomen in Nederland (%)	vertegenwoordiging in basisbestand (%)
zand	43	51
klei	37	33
veen	13	16
leem	2	-
diversen	5	-

*) niet gespecificeerd in gehanteerde opdeling, ongeveer gelijk aan 4% van Nederlandse oppervlak

Het is duidelijk dat een aantal vormen van bodemgebruik, zoals verkeer en bebouwing, niet in de vormen van bodemgebruik in de landelijke en provinciale meetnetten zijn vertegenwoordigd. Voor het totale oppervlak van de Nederlandse bodem zijn de vertegenwoordigde vormen van bodemgebruik met circa 85% echter behoorlijk dekkend. Wel is er sprake van enige verschuiving tussen de vertegenwoordiging in de meetnetgegevens in relatie tot het voorkomen in Nederland. Zo is zowel grasland als natuur oververtegenwoordigd in het basisbestand.

Ten aanzien van het bodemtype is in dit onderzoek een vereenvoudiging van de bodemtypen in Nederland gehanteerd. In zijn algemeenheid wordt echter het overgrote deel van de Nederlandse bodem gedekt door de bodemtypen zand, klei en veen, namelijk circa 93%. Bovendien blijken de percentages in het basisbestand redelijk in overeenstemming te zijn met de percentages van het voorkomen in Nederland. Alleen zandgrond is in enige mate oververtegenwoordigd in het basisbestand.

Op basis van voorgaande moet worden geconstateerd dat de bodemtypen zoals aanwezig in de verzamelde gegevens goed dekkend zijn voor de totale Nederlandse bodem, zowel als voor de verhouding tussen deze bodemtypen in de Nederlandse bodem.

De binnen de gegevensbestanden vertegenwoordigde bodemgebruiksvormen zijn iets minder dekkend omdat met name het landelijk gebied in de meetnetten is vertegenwoordigd. Relatief belangrijke bodemgebruiksvormen als bebouwing en glastuinbouw vallen daarmee buiten de in het basisbestand vertegenwoordigde vormen van bodemgebruik. Echter ook voor het bodemgebruik kan worden gesteld

dat de gegevens in het basisbestand op hoofdlijnen een redelijke vertegenwoordiging van de Nederlandse situatie vormen.

Zoals gesteld in paragraaf 10.2.1 moet voor de beoordeling van de dekking van de gegevens voor Nederland niet slechts de geografische ligging van de meetpunten worden beoordeeld, maar dient hierbij het bodemtype en het bodemgebruik mee te worden genomen. Gezien voorgaande conclusies met betrekking tot de dekking van het bodemgebruik en de bodemtypen, kan worden geconcludeerd dat de gegevens redelijk tot goed dekkend zijn.

10.2.3 Dekking op basis van belast/onbelast

Een belangrijke vraagstelling van de probleemdefinitie van dit project werd gevormd door het definiëren van wat ‘belast’ en wat ‘onbelast’ is. Daarbij werd opgemerkt dat de achtergrondconcentraties moesten worden verzameld uit de relatief onbelaste gebieden en dat op basis van deze gegevens zou moeten worden gekeken naar de relatie met de streefwaarden. Voor de belaste gebieden zou moeten worden vastgesteld of er analysepakketten kunnen worden gedefinieerd in relatie tot het gebiedstype. Voor de definitie van de beide termen is een opsplitsing naar land-, zoetwater- en zoutwaterbodem noodzakelijk.

10.2.3.1 Landbodem

Tengevolge van de wijze waarop binnen het project gegevens zijn verzameld, zie hoofdstuk 2, zijn er in principe alleen gegevens verzameld uit redelijk onbelaste gebieden. Dit hangt namelijk direct samen met de definitie van de meetnetten waaruit de gegevens zijn verkregen. Criteria die voor het inrichten van een provinciaal meetnet worden gehanteerd zijn:

- gericht op het registreren van optredende veranderingen in de bodemkwaliteit tengevolge van het optreden van diffuse belasting;
- moet het landelijk gebied van de gehele provincie beslaan (dus buiten de bebouwde gebieden).

Op basis van deze criteria moet worden afgeleid dat in principe, indien de uitgevoerde meetnetopzet daadwerkelijk overeenkomt met voorgaande criteria, ‘relatief onbelaste’ gebieden zijn bemonsterd. Ten behoeve van de definitie van het begrip ‘relatief onbelaste gebieden’ kunnen derhalve dezelfde criteria worden gehanteerd als hiervoor omschreven. Een onbelaste bodem kan dus worden aangetroffen in het landelijk gebied en buiten de directe invloedssfeer van lokale verontreinigingsbronnen. Onbelast in de hier gehanteerde definitie betekent *niet* dat er in het geheel geen belasting van natuurlijke of antropogene oorsprong is opgetreden. Er zijn echter geen aanwijsbare lokale bronnen aanwezig, zodat slechts een (marginale) bodembelasting tengevolge van grootschalige processen mag worden verwacht.

Aangezien alles wat niet ‘onbelast’ is wel in meer of mindere mate ‘belast’ moet zijn, geldt een omgekeerde definitie voor de term ‘belast’. Een (potentieel) belaste bodem kan worden aangetroffen in die gebieden waar op lokale schaal een bodem belastende verontreinigingsbron kan worden aangewezen. In dit verband vallen gebieden waar sprake is van intensief humaan gebruik (bijvoorbeeld bebouwing, wegen, industrie) dus binnen de categorie (potentieel) belaste gebieden. Voor belaste gebieden geldt dat voor één of meer stoffen de concentraties verhoogd (kunnen) zijn ten opzichte van de achtergrondconcentraties.

De voorgaand vermelde wijze van verzamelen van gegevens uit meetpunten die juist in (relatief) onbelaste gebieden voorkomen, betekent dat de representativiteit van de hiermee verkregen gegevens voor de achtergrondconcentraties in principe goed is. De gegevens zouden immers niet ‘verontreinigd’ mogen zijn met gegevens uit belaste gebieden. Of dit daadwerkelijk het geval is hangt af van de vraag in hoeverre het gerealiseerde meetnet, te beoordelen per meetpunt, overeenkomt met de uitgangspunten voor de meetnetopzet. Een dergelijke beoordeling valt buiten het kader van deze opdracht. Wel kan in dit verband worden gerefereerd aan de ten opzichte van de andere meetnetgegevens verhoogde concentraties in de provincie Utrecht. Echter zonder daarmee te suggereren dat er in Utrecht sprake zou kunnen zijn van een grotere mate van bodembelasting dan in de overige meetnetten. Voor een dergelijke conclusie ontbreekt het bewijs, terwijl de gegevens in Utrecht wel binnen de verdeling van de overige achtergrondconcentraties vallen. Uitgaande van een correcte opzet en uitvoering van de meetnetten zijn de geïnventariseerde concentraties daadwerkelijk representatief voor concentraties in (relatief) onbelaste gebieden en mogen derhalve als achtergrondconcentraties worden benoemd.

Daarmee vervalt de mogelijkheid om voor de belaste gebieden voorstellen te doen ten aanzien van eventueel te hanteren parameterpakketten. Op basis van de geïnventariseerde gegevens lijkt hier echter ook geen aanleiding toe te bestaan. Er worden, weliswaar voor de onbelaste gebieden, over het algemeen geen sterke correlaties tussen verschillende stoffen aangetroffen die een dergelijke opdeling in pakketten van gidsparements zinvol mogelijk maken. Zie in dit verband ook tabel 27 en 28 in paragraaf 7.1. Bovendien wordt in dit verband verwezen naar paragraaf 7.3 waarin is gekeken naar het effect van het toetsen op verschillende aantallen stoffen. Indien wordt gekozen voor het onderzoeken op basis van een (vast) aantal stoffen heeft dat directe effecten op de kans van goed- en afkeuren. Dergelijke effecten zouden moeten worden meegenomen indien een (vast) parameterpakket zou worden gedefinieerd. Verder kan ook nog worden gesteld dat de geïnventariseerde gegevens, hoewel totaal groot in aantal, verregaand onvoldoende zijn voor het beoordelen van de mogelijkheden voor regionale opsplitsingen en regionaal te definiëren parameterpakketten. De daarvoor noodzakelijke gegevens zijn niet beschikbaar.

10.2.3.2 Zoetwaterbodem

De ten behoeve van het verkrijgen van een gegevensbestand voor de zoetwaterbodem gehanteerde criteria, zie paragraaf 2.3, wijken sterk af van de criteria zoals die konden worden gehanteerd voor het basisbestand van de landbodem. Direct hieruit volgend moet worden geconcludeerd dat de benadering voor de definitie van de begrippen ‘belast’ en ‘onbelast’ zoals die voor de landbodem in paragraaf 10.2.3.2 is gehanteerd, op basis van het verkregen gegevensbestand niet kan worden doorgetrokken naar de zoetwaterbodem. Geconcludeerd is dat een diepergaande analyse van de LAWABO gegevens mogelijk tot een meer gedifferentieerd beeld van de concentraties in de waterbodem zou hebben geleid, maar dat dit binnen het huidige project niet mogelijk is gebleken.

Vastgesteld kan worden dat het proces dat leidt tot grootschalige bodembelasting voor de zoetwaterbodem wezenlijk afwijkt van dat voor de landbodem. Op basis van dit verschil in belastingsproces mag worden aangenomen dat de grootschalige belasting in de zoetwaterbodem groter is dan voor de landbodem. En hoewel een directe vergelijking van de gegevens van de zoetwaterbodem en de landbodem niet mogelijk is tengevolge van de grote verschillen in de wijze waarop de gegevens zijn verzameld, bestaat toch wel de indruk dat de concentraties in de zoetwaterbodem hoger zijn dan in de landbodem. Dit valt ook te verwachten aangezien er voor de zoetwaterbodem naast atmosferische depositie immers ook grootschalige belasting plaatsvindt vanuit in het oppervlaktewater opgeloste stoffen en aan mobiel sediment gebonden stoffen. Dit verschil lijkt tot uiting te komen in de concentraties zoals die worden gemeten voor de rijkswateren enerzijds en de regionale wateren anderzijds. De regionale wateren lijken daarmee een iets betere groep voor het definiëren van de achtergrondconcentraties van de waterbodem dan de rijkswateren of het totale bestand. De vraag die bij deze voor de zoetwaterbodem specifieke wijze van belasting kan worden gesteld is of dit ook zou moeten leiden tot een voor de zoetwaterbodem andere definitie van ‘onbelast’ en ‘achtergrondconcentraties’ dan voor de landbodem. De gehanteerde selectiecriteria, en daarmee de verzamelde gegevens, blijken echter niet geschikt om een dergelijke vraag te beantwoorden. Het is duidelijk dat ten minste een deel van de gegevens van de zoetwaterbodem niet als ‘onbelast’ kan worden gedefinieerd. Een vergelijkbare wijze om de gegevens te inventariseren als is gehanteerd voor de landbodem, door gericht gebruik te maken van meetnetgegevens die ‘per definitie’ onbelast zijn (of zouden moeten zijn), is op basis van het huidige gegevensbestand voor de zoetwaterbodem niet mogelijk.

Echter ook voor de regionale wateren geldt dat de wijze waarop de gegevens zijn verkregen niet vanuit één op de ‘onbelaste’ waterbodem gerichte meetstrategie voortkomt. Derhalve moet worden aangenomen dat ook het zoetwaterbodem bestand voor de regionale wateren is ‘verontreinigd’ met meetgegevens van ‘belaste’ locaties.

Uit voorgaande volgt dat moet worden geconcludeerd dat de verzamelde gegevens van de zoetwaterbodem, hoewel wellicht wel representatief voor de zoetwaterbodempkwaliteit in het algemeen, niet representatief mogen worden geacht voor 'onbelaste' zoetwaterbodems. Daarmee vervalt de mogelijkheid om op basis van deze gegevens uitspraken te doen over de achtergrondconcentraties van de zoetwaterbodem indien de koppeling van achtergrondconcentraties aan het begrip 'onbelaste' bodem blijft gehandhaafd.

Voor de definitie van de achtergrondconcentraties in de zoetwaterbodem is het noodzakelijk dat hierop gericht onderzoek wordt uitgevoerd. Een eerste slag kan, zoals eerder gesteld, worden uitgevoerd op basis van een diepgaande analyse van de gegevens die in het LAWABO bestand aanwezig zijn. Onduidelijk is echter of hiermee reeds voldoende informatie kan worden verkregen om een goede schatting van de achtergrondconcentraties voor de zoetwaterbodem mogelijk te maken. Indien dit niet mogelijk is zou een specifiek op het vaststellen van de achtergrondconcentraties gericht onderzoek van de zoetwaterbodem moeten worden uitgevoerd.

10.2.3.3 Zoutwaterbodem

Evenals voor de zoetwaterbodem geldt voor de zoutwaterbodem dat de metingen niet zijn gedaan met het oog op het vaststellen van de achtergrondconcentraties. De RIKZ metingen die in verband met de analyse van alleen de < 63 µm fractie uit het gegevensbestand voor de zoutwaterbodem zijn gelaten zouden hier in principe geschikter voor zijn geweest, maar vallen door de wijze van analyse af omdat de analyseresultaten niet vergelijkbaar zijn met de overige gegevens. Eveneens in overeenstemming met de zoetwaterbodem geldt dat in de zoutwaterbodem een relatief groot aantal stoffen de streefwaarde overschrijden.

Voor de zoutwaterbodem kan worden geconcludeerd dat de verzamelde gegevens niet representatief mogen worden geacht voor 'onbelaste' bodems. Daarmee vervalt de mogelijkheid om op basis van deze gegevens uitspraken te doen over de achtergrondconcentraties van de zoutwaterbodem indien de koppeling van achtergrondconcentraties aan het begrip 'onbelaste' bodem blijft gehandhaafd.

Voor de definitie van de achtergrondconcentraties in de zoutwaterbodem is het noodzakelijk dat hierop gericht onderzoek wordt uitgevoerd.

10.2.4 Dekking op basis van het aantal stoffen

Voor de landbodem zijn in het basisbestand de volgende stoffen vertegenwoordigd:

- PAK's en PAKVROM;
- PCB's en PCB-totaal;
- zware metalen;
- bestrijdingsmiddelen.

Voor de zoet- en zoutwaterbodem zijn eveneens deze zelfde stoffen in het basisbestand aanwezig, aangevuld met minerale olie en EOX (zoetwaterbodem). Hoewel incidenteel ook andere stoffen op de betreffende meetpunten kunnen zijn bepaald, zijn hiervan geen gegevens in het basisbestand opgenomen omdat het totaal aantal waarnemingen voor die stoffen onvoldoende is om uitspraken over achtergrondconcentraties te kunnen doen. In vergelijking met bijvoorbeeld het bovengrond analysepakket van NVN 5740 [12] voor de onverdachte situatie is het pakket aan stoffen dekkend met uitzondering van de bepaling van EOX en minerale olie. Daar staat tegenover dat wel individuele bestrijdingsmiddelen en PCB's zijn bepaald. Overigens wordt van de zijde van IRS opgemerkt dat juist minerale olie en EOX voor grond met relatief veel organisch stof regelmatig de streefwaarde lijken te overschrijden [13]; een overschrijding die in een (groot) aantal gevallen kan worden toegeschreven aan analytische problemen.

Het analysepakket van NVN 5740 wordt veelal beschouwd als een pakket van 'veel voorkomende' verontreinigende stoffen. De sterke overeenkomst tussen het pakket van NVN 5740 en de in het basisbestand aanwezige stoffen doet, in algemene zin, de uitspraak rechtvaardigen dat het aantal stoffen van het basisbestand redelijk dekkend is. Dit geldt eveneens voor de gegevens van de waterbodem, waarvoor de NVN 5740 weliswaar niet van toepassing is, maar waarvoor in het eerste gepubliceerde ontwerp van de norm voor verkennend onderzoek van de waterbodem (NVN 5720) een met NVN 5740 vergelijkbaar pakket van stoffen is opgenomen.

Aan de andere kant moet worden geconstateerd dat in MILBOWA en in het Bouwstoffenbesluit aan circa 100 stoffen, al dan niet te zamen in de vorm van een somparameter, eisen worden gesteld. In vergelijking met deze lijst van mogelijk te bepalen stoffen is slechts circa eenderde van de stoffen in het basisbestand aanwezig.

Geconcludeerd kan worden dat het basisbestand, min of meer, dekkend is voor de stoffen die in routinematig milieu-onderzoek worden gemeten. Daarmee is het bestand echter niet dekkend voor alle stoffen waarvoor streefwaarden zijn gedefinieerd. Van dit totaal aantal stoffen is slechts circa eenderde in het basisbestand vertegenwoordigd.

10.2.5 Dekking van de schaal waarop uitspraken worden gedaan

Onderzoek naar bodemverontreiniging van de landbodem vindt in grote aantallen per jaar plaats. Veelvuldig wordt daarbij getoetst aan de streefwaarde om vast te stellen of er sprake is van bodemverontreiniging. Hoewel de Wet bodembescherming daartoe wel de mogelijkheid biedt wordt op dit moment (1996) slechts incidenteel getoetst aan de lokale achtergrondconcentratie. Dit hangt mede samen met het feit dat er nog geen vastgestelde methodiek bestaat voor het inventariseren en vaststellen van de lokale achtergrondconcentratie.

Toetsen aan de streefwaarde betekent dat de verzamelde gegevens dienen aan te sluiten op de wijze waarop de streefwaarde is gedefinieerd. Hiervoor is echter geen definitie voorhanden. Hoewel de getallen van Edelman [5] potentieel aanleiding geven voor het vaststellen van de wijze waarop aan de streefwaarden voor de zware metalen moet worden getoetst, is dit beleidsmatig nooit vastgelegd. Bij het toetsen van een concentratie aan de streefwaarde spelen twee aspecten:

- de ruimtelijke schaal (het oppervlak) waarop moet worden getoetst;
- de toetsing van individuele waarnemingen versus de toetsing van de resultaten van mengmonsters.

In paragraaf 10.4 wordt nader op dergelijke toetsingsaspecten ingegaan. Op deze plaats kan worden volstaan met de constatering dat de achtergrondconcentraties in de landbodem zijn geïnventariseerd op basis van mengmonsters uit perceels- of bedrijfsschaal (10.000 tot 350.000 m²) waarbij 40, 160 of 320 individuele grepen zijn samengevoegd tot een mengmonster. Zoals reeds aangegeven in paragraaf 7.5 is het feit dat gebruik is gemaakt van mengmonsters van invloed op de verdeling van mogelijke meetuitkomsten. Dit geldt eveneens voor de grootte van het gebied, de ruimtelijke schaal, waaruit het mengmonster afkomstig is, zie paragraaf 7.2.

Voor zowel de zoet- als de zoutwaterbodem geldt dat, in tegenstelling tot de gegevens van de landbodem, de gegevens in het merendeel van de gevallen afkomstig zijn van individuele monsters.

Geconcludeerd kan worden dat de gegevens van de landbodem betrekking hebben op mengmonsters afkomstig van een relatief groot oppervlak. De gegevens die op deze schaal zijn verzameld zijn slechts van beperkte betekenis voor gegevens die vanuit een kleiner oppervlak, tot op het niveau van de individuele meting, worden verzameld. De representativiteit van de verzamelde achtergrondconcentraties voor de verzameling van achtergrondconcentraties op individuele meetpunten is dus eveneens beperkt.

Voor de zoet- en zoutwaterbodem geldt juist het omgekeerde, doordat daar, naast gegevens van mengmonsters, toch vooral gegevens zijn verzameld van individuele meetpunten. Dit resulteert in een grotere spreiding in de verdelingen voor de zoet- en zoutwaterbodem in vergelijking met de landbodem. Juist deze grotere spreiding zal er deels aan ten grondslag liggen dat er voor de waterbodem aanzienlijk hogere overschrijdingspercentages van de streefwaarde worden aangetroffen dan voor de landbodem.

10.2.6 Dekking van de bemonsteringsdiepte

10.2.6.1 Landbodem

De in het basisbestand vertegenwoordigde gegevens zijn afkomstig van de bovenste 10 cm van de bodem. Deze selectie is, in samenspraak met de begeleidingscommissie, bewust gedaan om een groot aantal gegevens uit de meetnetten te kunnen gebruiken en een op dit punt consistent gegevensbestand op te bouwen. Daarmee is in verticale richting echter slechts een zeer beperkt deel van de bodem in het basisbestand aanwezig. Vanuit het oogpunt van atmosferische belasting is dit voor ongestoorde bodems in principe de meest relevante laag. Vanuit het oogpunt van representativiteit is deze laag echter minder correct. Zeker in relatie tot bodemonderzoek waarbij veelal over een grotere laagdikte wordt bemonsterd en ook monsters worden genomen van dieper gelegen bodemlagen. Geconcludeerd moet worden dat de in het basisbestand vertegenwoordigde bemonsteringsdiepte beperkt is.

10.2.6.2 Waterbodem

De gegevens van de waterbodem beslaan verschillende dieptetrajecten; de beide waterbodembestanden (zoet- en zoutwaterbodem) zijn inconsistent op dit punt. Het is op basis van de beschikbare gegevens niet mogelijk te beoordelen in hoeverre de in het gegevensbestand vertegenwoordigde bemonsteringsdiepten ook representatief mogen worden geacht. Zo zou het mogelijk zijn dat er een oververtegenwoordiging van 'verdacht' sediment in het bestand aanwezig is. Geconcludeerd moet worden dat de waterbodembestanden niet-consistent zijn op het aspect bemonsteringsdiepte en dat de representativiteit voor de totale waterbodem niet kan worden beoordeeld.

10.2.7 Totale beoordeling van de representativiteit

In voorgaande paragrafen 10.2.1 tot en met 10.2.6 is op individuele onderwerpen ingegaan op de representativiteit van de verzamelde gegevens. Resumerend kan worden gesteld dat:

Voor de landbodem:

- de geografische dekking van de gegevens beperkt is;
- de dekking van de gegevens op basis van het landgebruik redelijk tot goed is;
- de dekking van de gegevens op basis van het bodemtype redelijk tot goed is;
- de dekking voor de bemonsteringsdiepte beperkt is;

- van de gegevens, op basis van de meetnetopzet, mag worden aangenomen dat deze daadwerkelijk in relatief onbelaste gebieden zijn verzameld en derhalve een goede afspiegeling vormen van de achtergrondconcentraties;
- de schaal van onderzoek voor het vaststellen van de achtergrondconcentraties, mengmonsters over grote oppervlakten, in veel gevallen niet aansluit bij de schaal van onderzoek waarmee bij onderzoek naar bodemverontreiniging aan de streefwaarde en achtergrondconcentraties moet worden getoetst.

Voor de waterbodem:

- de geografische dekking van de gegevens van de zoutwaterbodem beperkt is, terwijl de geografische dekking van de gegevens van de zoetwaterbodem goed is;
- de dekking van de bemonsteringsdiepte leidt tot inconsistenties in het gegevensbestand en dat niet kan worden vastgesteld in hoeverre de bemonsteringsdiepte representatief mag worden geacht voor ‘de totale diepte’ van de waterbodem;
- voor de gegevens van zowel de zoet- als de zoutwaterbodem de wijze van verzamelen niet primair gericht is geweest op het genereren van achtergrondconcentraties, waarmee de bruikbaarheid van deze gegevens ten behoeve van het bepalen van een achtergrondconcentratie gering is;
- de gegevens van de zoetwaterbodem wel een goed beeld geven van de achtergrondconcentraties indien de koppeling met ‘relatief onbelast’ wordt losgelaten, of, met andere woorden, de verzamelde informatie van de zoetwaterbodem wel een goed beeld geeft van wat er gemiddeld gesproken in de zoetwaterbodem kan worden aangetroffen;
- de schaal van onderzoek voor het vaststellen van de achtergrondconcentraties in de zoet- en zoutwaterbodem, veelal analyses aan individuele monsters, meestal aansluit bij de schaal van onderzoek waarmee bij onderzoek naar bodemverontreiniging aan de streefwaarde en achtergrondconcentraties moet worden getoetst.

Aanvullend daarop geldt zowel voor de landbodem als voor de zoet- en zoutwaterbodem dat:

- het aantal stoffen waarvan (min of meer) voldoende informatie beschikbaar is wel dekkend is voor die stoffen die over het algemeen bij onderzoek naar bodemverontreiniging worden gemeten, maar dat dit zeker niet dekkend is voor alle stoffen waarvoor op dit moment streefwaarden zijn gedefinieerd;

Uit voorgaande blijkt dat er op een aantal punten nogal wat valt af te dingen als het gaat over de representativiteit van de verzamelde gegevens en de bruikbaarheid van deze gegevens voor het bepalen van achtergrondconcentraties. Aan de andere kant moet worden bedacht dat de verzamelde gegevens wel een weergave zijn van ‘the state of the art’.

Hieruit voortvloeiend kunnen een aantal aanbevelingen worden gedefinieerd, deze worden in hoofdstuk 12 gepresenteerd.

10.3 Betrouwbaarheid van de gegevens

Inzicht in de betrouwbaarheid van de geïnventariseerde gegevens is eveneens van groot belang voor het doen van uitspraken op basis van die gegevens. Daarbij kan de betrouwbaarheid op twee ‘niveaus’ in beschouwing worden genomen, namelijk welke factoren (onder andere) van invloed zijn op de betrouwbaarheid en hoe groot de resulterende betrouwbaarheid uiteindelijk is. Voor dit laatste is het niet noodzakelijk alle invloedsfactoren te kennen.

In de navolgende paragrafen wordt op de beide aspecten - invloedsfactoren en resulterende betrouwbaarheid - ingegaan.

10.3.1 Invloedsfactoren

Een eerste aspect dat in beschouwing dient te worden genomen indien de betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens wordt geëvalueerd is de vraag in hoeverre de verzamelde gegevens met elkaar vergelijkbaar zijn. Dit heeft reeds bij aanvang van het project geleid tot het splitsen van de verzamelde gegevens in separate bestanden voor de landbodem, de zoetwaterbodem en de zoutwaterbodem en, specifiek voor de landbodem een verdere opsplitsing in een basisbestand en een aantal nevenbestanden. Reeds eerder is geconcludeerd dat de opsplitsing tussen landbodem, zoet- en zoutwaterbodem op basis van de wijze van verzamelen van de gegevens noodzakelijk was. Voor de landbodem kan daarnaast worden geconcludeerd dat, in het licht van de toetsing in hoofdstuk 7, kan worden geconcludeerd dat op alle aspecten die als criterium voor de definitie van het basisbestand zijn gebruikt (schaalgrootte, aantal grepen, bemonsteringsdiepte) daadwerkelijk verschillen tussen het basisbestand en de nevenbestanden zijn geconstateerd. Derhalve was deze opsplitsing zinvol en is de betrouwbaarheid van de uitspraken gedaan op grond van de gegevens uit het basisbestand verbeterd ten opzichte van de betrouwbaarheid van uitspraken die zouden worden gedaan op basis van het totaal aan verzamelde gegevens.

Ook andere, niet onderzochte, eigenschappen van de verzamelde gegevens kunnen echter van invloed zijn op de betrouwbaarheid van de geïnventariseerde gegevens. Een hierbij in het oog springende eigenschap is de analysemethode die is toegepast voor het verzamelen van de gegevens. Daarin spelen op zich nog weer twee aspecten een rol, namelijk de variabiliteit die binnen een analysemethode optreedt en de verschillen die kunnen optreden indien meer dan één analysemethode is toegepast. Inzicht in de reproduceerbaarheid van de gehanteerde analysemethoden is een potentieel belangrijk aspect maar kan op basis van de beschikbare gegevens niet worden gekwantificeerd. Daarnaast dient ook aandacht te worden besteed aan de vraag op welke wijze het analysemonster is verkregen uit het in het veld verzamelde monster, de wijze van monstervoorbehandeling.

Bij het opzetten van het gegevensbestand is er vanuit gegaan dat ook informatie zou worden opgeslagen met betrekking tot de methoden van monstervoorbehandeling.

ling en analyse. Hoewel voor de landbodem vrijwel uitsluitend gebruik is gemaakt van goed gedocumenteerde gegevensbestanden uit regionale en nationale meetnetten blijkt deze informatie niet of nauwelijks beschikbaar te zijn. Daardoor was het onmogelijk om de wijze van monstervoorbehandeling ('in het veld' of 'in het laboratorium') en de analysemethode als onderscheidend criterium toe te passen bij het samenstellen van het basisbestand. Ook in LAWABO ontbreekt dergelijke informatie bij de gegevens.

Uitgaande van het voorkomen van spreiding binnen een analysemethode, de aanwezigheid van systematische verschillen tussen verschillende analysemethoden en het risico op weinig representatieve analysemonsters bij een onvoldoende wijze van monstervoorbehandeling, zou een grote mate van variatie in de resultaten moeten worden verwacht. Aangezien dergelijke effecten bovendien binnen, zowel als tussen, de verschillende gegevensbestanden mogen worden verwacht, zou een grote mate van variatie als gevolg van de (verschillen in) monstervoorbehandeling en analyse er toe leiden dat andere invloedsfactoren niet meer als significant worden onderscheiden. Dit is echter wèl het geval; zie hoofdstuk 7 en 8. Dit betekent dus dat, hoewel er geen opsplitsing van de bestanden heeft plaatsgevonden op basis van de wijze van monstervoorbehandeling en analyse, deze twee aspecten geen dominante rol spelen in de variabiliteit van de verzamelde gegevens.

Op basis van het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de variatie tengevolge van (verschillende methoden van) monstervoorbehandeling en analyse de betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens niet onacceptabel negatief beïnvloeden. Overigens dient hierbij wel de kanttekening te worden geplaatst dat de landbodemgegevens van de provincie Utrecht, hoewel niet afwijkend van de totale verdeling van achtergrondconcentraties, wel hoger zijn dan de overige gegevens. Dit verschil kan mogelijk voor een deel samenhangen met een verschil in monstervoorbehandeling en analyse, maar kan ook worden veroorzaakt door een regionaal verschil.

10.3.2 Resulterende betrouwbaarheid

In de voorgaande paragraaf is vastgesteld dat, hoewel er sprake moet zijn van verschillende variatiebronnen die de betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens negatief zullen beïnvloeden, de gegevens wel *voldoende betrouwbaar* blijken te zijn voor het doen van uitspraken op basis van deze gegevens. Daarmee is echter nog niet vastgesteld *hoe betrouwbaar* die uitspraken nu zijn. Om daar inzicht in te verkrijgen moet de betrouwbaarheid van de gegevens ook worden gekwantificeerd. Naar dit aspect is gekeken voor het basisbestand van de landbodem.

Gezien de relatie tussen de streefwaarden en de achtergrondconcentraties voor de metalen, is een kwantificering van de betrouwbaarheid van de verzamelde achtergrondconcentraties vooral van belang voor de hogere percentielwaarden van de verdeling van de achtergrondconcentraties. Voor de metalen geldt immers dat de

streefwaarden gemiddeld overeenkomen met de 90-percentiel van de achtergrondconcentraties zoals geïnventariseerd door Edelman [8]. Dit beeld is (globaal) bevestigd in dit onderzoek; zie hoofdstuk 4.

Indien veralgemeniserend wordt gesteld dat een dergelijke relatie tussen de achtergrondconcentraties van een stof en de streefwaarde bestaat (of zou moeten bestaan), is het dus van belang om vast te stellen in hoeverre de 90-percentielen van de verzamelde achtergrondconcentraties betrouwbaar zijn. In tabel 41 zijn deze gegevens voor de landbodem opgenomen.

Tabel 41 95%-betrouwbaarheidsinterval van de 90-percentiel van de verdelingen van de achtergrondconcentraties in de landbodem.

Stof	90 percentiel	95% b.i.
PAKVROM	1,06	0,93 - 1,30
PCB-totaal	10,5	10,5 - 11,6
HCB	2,08	1,75 - 2,90
Arseen	14,0	14,0 - 15,0
Cadmium	0,50	0,50 - 0,53
Chroom	29,3	28,0 - 32,3
Koper	22,0	20,0 - 24,0
Kwik	0,20	0,20 - 0,20
Lood	46,0	43,0 - 50,0
Nikkel	18,0	17,0 - 19,0
Zink	81,8	80,0 - 90,0

Op basis van tabel 41 kan worden geconcludeerd dat de betrouwbaarheidsintervallen rond de 90-percentielen van de verdeling van achtergrondconcentraties smal zijn. Dit betekent dat ook 'in de staart' van de verdeling van achtergrondconcentraties nog steeds betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan. Derhalve kan worden geconcludeerd dat, ondanks de binnen het basisbestand aanwezige variatiebronnen, de resulterende verdelingen van de achtergrondconcentraties betrouwbaar zijn vastgesteld.

10.4 Toetsen aan de streefwaarde

Een belangrijke beweegreden voor het inventariseren van achtergrondconcentraties wordt gevormd door het feit dat in de praktijk zeer vaak moet worden getoetst aan de streefwaarde. Omdat de streefwaarde voor veel stoffen onderdeel uitmaakt van de verdeling van achtergrondconcentraties, kan de toetsing aan de streefwaarde, of ten minste de (beleidsmatige) conclusies die aan de toetsing aan de streefwaarde worden verbonden, worden bemoeilijkt. In deze paragraaf wordt, vanuit de gegevens van de landbodem, naar dit aspect gekeken. Daarbij wordt slechts zijdelings verwezen naar de zoet- en zoutwaterbodem. De uit deze beschouwingen voortkomende aanbevelingen zijn echter ook van toepassing op de zoet- en zoutwaterbodem.

In hoofdstuk 7 zijn een aantal aspecten van de achtergrondconcentraties beschouwd die van invloed zijn op het toetsen van gemeten concentraties aan de

streefwaarde. In dat hoofdstuk is echter niet ingegaan op de vraag op welke wijze de toetsing aan de streefwaarde zou kunnen worden ingericht zodat problemen met de achtergrondconcentraties (in belangrijke mate) kunnen worden voorkomen.

Daarbij kan aan de volgende aspecten worden gedacht:

- Correcties voor het aantal overschrijdingen bij toetsing op meerdere stoffen;
- Correcties voor de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden;
- Correcties voor het aantal grepen samengevoegd in een mengmonster;
- Correcties voor de regio waarin de toetsing wordt uitgevoerd.

Daarbij moeten onder de term correcties de verschillende wijzen worden verstaan waarop in een toetsing aan de streefwaarde rekening kan worden gehouden met de relatie tussen de streefwaarde en de achtergrondconcentraties.

In de navolgende paragrafen wordt ingegaan op de mogelijkheden die correcties zouden kunnen bieden. Er wordt niet ingegaan op de exacte wijze waarop de correcties zouden moeten worden ingevuld. Ook wordt er geen waarde-oordeel gegeven over de verschillende voorgestelde correcties.

Het ontbreken van exacte invullingen wordt in de eerste plaats veroorzaakt doordat hiervoor in meer detail inzicht nodig is in de achtergrondconcentraties; inzicht dat op basis van de conclusies in paragraaf 10.2 en 10.3 op dit moment nog ontbreekt. Op de tweede plaats is het niet nodig, en voor een deel ook niet juist, om alle correctiemethoden toe te passen, terwijl het maken van keuzes tussen verschillende correctiemethoden niet aan de uitvoerders van dit onderzoek is. Op de derde plaats valt een dergelijke exacte uitwerking ook buiten het kader van dit project.

In deze paragraaf wordt specifiek ingegaan op de toetsing aan de streefwaarde. Dit laat onverlet dat een goede en betrouwbare inventarisatie van achtergrondconcentraties ook vanuit andere doelstellingen van groot belang kan zijn. Zo zijn in relatie tot het definiëren van de achtergrondconcentraties in gemeentelijke bodemkwaliteitskaarten de volgende gebruiksdoelen gedefinieerd [11]:

- terugsaneerwaarde vaststellen;
- hergebruiksmogelijkheden bepalen;
- prioriteitsstelling;
- vrijstelling bodemonderzoeksplicht;
- ondersteuning ruimtelijke ordening.

Opgemerkt wordt dat veel van het in de navolgende paragrafen in relatie tot de streefwaarde ook vertaalbaar is naar het toepassen van achtergrondconcentraties voor dergelijke doelstellingen. Wel moet worden gewezen op het feit dat het vaststellen van achtergrondconcentraties op gemeentelijke schaal kan betekenen dat de relatie tussen achtergrondconcentratie en ‘relatief onbelast’ wordt losgelaten. Zie in dit verband ook paragraaf 10.4.4.

10.4.1 Toetsing rekening houdend met het aantal overschrijdingen bij toetsing op meerdere stoffen

Zoals geconstateerd in paragraaf 7.3 neemt de kans op afkeuren van een partij grond, waarvan alle concentraties van alle stoffen binnen de verdelingen van de achtergrondconcentraties voor die stoffen vallen, sterk toe indien meerdere stoffen worden onderzocht. Zo valt uit tabel 31 af te lezen dat bij een individuele toetsing op de 9 geselecteerde stoffen, de kans op het vinden van één overschrijding van de streefwaarde in de orde van grootte van 80% ligt. De kans dat de betreffende partij, waarin op basis van de achtergrondconcentraties geen sprake is van bodemverontreiniging, ook als ‘schoon’ wordt aangemerkt is derhalve gering. Vergelijkbare uitspraken kunnen worden gedaan voor partijen afkomstig uit de zoet- of zoutwaterbodem, zie respectievelijk tabel 35 en tabel 36.

Wordt afgeweken van het huidige beleidsstandpunt dat aan alle streefwaarden individueel moet worden getoetst, dan zou het mogelijk zijn dat, afhankelijk van het aantal getoetste stoffen, er één of meer concentraties de streefwaarde mogen overschrijden, zonder dat dit leidt tot de conclusie dat de partij ‘verontreinigd’ is. Het effect van een dergelijke verruiming in de wijze van toetsing kan eveneens in tabel 31 worden waargenomen. Worden bijvoorbeeld 4 stoffen getoetst dan bestaat er een kans van 30% dat voor één van deze stoffen de streefwaarde wordt overschreden, terwijl de kans op het overschrijden van de streefwaarde door twee of meer stoffen kleiner dan 5% bedraagt. Daarbij dient te worden opgemerkt dat de gegevens in tabel 31 worden beïnvloed door de stoffen die worden meegenomen in de toetsing of, hetgeen voor de tabel zelf van belang is, de volgorde van toetsing. Zo is de kans op overschrijding van de streefwaarde voor bijvoorbeeld dieldrin alleen al circa 80%.

Het implementeren van een correctiemethode betekent in dit geval dat er bij de toetsing op een zodanige wijze rekening moet worden gehouden met het feit dat meerdere stoffen worden getoetst, dat een partij die volledig voldoet aan de verdelingen van de achtergrondconcentraties een acceptabele kans heeft om te worden ‘goedgekeurd’, onafhankelijk van het aantal stoffen dat in die partij wordt onderzocht.

Zou er bijvoorbeeld voor worden gekozen dat een overschrijdingskans van 5% acceptabel is, dan zou dit voor de stoffen zoals opgenomen in tabel 31 betekenen dat er bij de toetsing op vijf stoffen, twee van deze stoffen de streefwaarde mogen overschrijden. Bij een toetsing op 8 stoffen mogen dan drie stoffen de streefwaarde overschrijden. Bij de toetsing van één stof wordt, tengevolge van de laagste overschrijdingskans van de in tabel 31 opgenomen stoffen, reeds een overschrijdingspercentage van 10% gevonden, hetgeen dus reeds te hoog zou zijn indien van de gestelde 5% zou worden uitgegaan.

Voor het implementeren van een correctiemethode biedt dit onderzoek onvoldoende informatie. Nadere informatie om te komen tot een dergelijke wijze van correctie zou noodzakelijk zijn met betrekking tot:

- exactere bepaling van de overschrijdingskansen per stof door:
 - betere vaststelling van de verdeling van de achtergrondconcentraties,
 - nauwkeuriger berekening van de overschrijdingskansen op basis van groter aantal trekkingen,
- definitie van een methodiek om rekening te houden met de overschrijdingskansen per individueel getoetste stof;
- beleidsmatige definitie van de acceptabel geachte overschrijdingskans.

Verder zou bij een dergelijke wijze van toetsing ook rekening moeten worden gehouden met de mate waarin de concentratie van een stof de streefwaarde overschrijdt. Op dit aspect wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan. Tevens kan worden opgemerkt dat de mate van correlatie tussen verschillende stoffen sterk zal worden bepaald door de schaalgrootte waarop de achtergrondconcentraties worden vastgesteld, regionaal/provinciaal of landelijk. In de hier weergegeven berekening is alleen rekening gehouden met de op landelijke schaal aanwezige correlaties. Op regionale of provinciale schaal kunnen deze correlaties duidelijker zijn, terwijl ook verschillen in de mate van correlatie kunnen optreden. Zie ook paragraaf 10.4.4.

10.4.2 Toetsing rekening houdend met de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden

Bij het toetsen aan de streefwaarde zou rekening kunnen worden gehouden met het feit dat de streefwaarde per stof overeenkomt met een zekere percentielwaarde van de verdeling van achtergrondconcentraties. Op basis van de per stof te definiëren relatie tussen de streefwaarde en de verdeling van de achtergrondconcentraties voor die stof kan worden vastgesteld in welke mate een concentratie de streefwaarde nog kan overschrijden zonder dat dit betekent dat de meting buiten de verdeling van de achtergrondconcentraties valt. Feitelijk komt een dergelijke wijze van correctie er op neer dat, voor die gevallen waar de streefwaarde onder of binnen de verdeling van achtergrondconcentraties valt, er een nieuwe (volledig) op de achtergrondconcentraties gebaseerde streefwaarde wordt gedefinieerd. De mate waarin de achtergrondconcentraties onder de streefwaarde moeten vallen (welke percentielwaarde van de achtergrondconcentraties komt overeen met de streefwaarde) zou hierbij beleidsmatig moeten worden vastgesteld.

Bij een dergelijke wijze van correctie, of feitelijk van herdefinitie van de streefwaarde, wordt geen rekening gehouden met de risicobenadering die nu mede ten grondslag ligt aan de definitie van de streefwaarden.

Verder zou er bij een eventuele correctie voor de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden rekening kunnen worden gehouden met de vraag voor hoeveel

stoffen de streefwaarde in welke mate wordt overschreden. Dit zou een combinatie met de correctie voor het aantal getoetste stoffen betekenen zoals behandeld in paragraaf 10.4.1.

Voor het implementeren van een correctiemethode biedt dit onderzoek onvoldoende informatie. Nadere informatie om te komen tot een dergelijke wijze van correctie zou noodzakelijk zijn met betrekking tot:

- exactere bepaling van de overschrijdingskansen per stof op basis van een betere vaststelling van de verdeling van de achtergrondconcentraties;
- beleidsmatige definitie van de percentielwaarde van de verdeling van de achtergrondconcentratie waar de streefwaarde mee overeen zou moeten komen.

Bij het vaststellen van de verdelingen van de achtergrondconcentraties dient daarnaast rekening te worden gehouden met de schaalgrootte (oppervlak en aantal grepen) waarop de achtergrondconcentraties zijn gedefinieerd en de schaalgrootte van de waarnemingen die aan de streefwaarden moeten worden getoetst. De verdeling van de achtergrondconcentraties is immers sterk afhankelijk van deze schaalgrootte, zie paragraaf 7.2 en 7.5. Op dit aspect wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan.

10.4.3 Toetsing rekening houdend met het verschil in ruimtelijke schaal en aantal grepen in een (meng)monster

De relatie tussen de streefwaarde en de achtergrondconcentraties van een stof wordt in sterke mate bepaald door de wijze waarop de gegevens, gebruikt voor het bepalen van de verdeling van de achtergrondconcentraties, zijn verkregen. Zoals in paragraaf 7.2 en 7.5 is aangegeven zijn hierbij de schaal waarop de gegevens zijn verzameld, zowel als het aantal grepen dat wordt samengevoegd in een mengmonster van belang. Geconstateerd is dat de variabiliteit van de getoetste waarnemingen toeneemt in de reeks bedrijf-perceel-veld. In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat de verdeling van de achtergrondconcentraties smaller wordt naarmate er op een grotere schaal grepen worden genomen en meer grepen worden samengevoegd in een mengmonster.

Wordt een relatie gedefinieerd tussen de verdeling van de achtergrondconcentraties en de streefwaarde dan dient daarbij tevens te worden aangegeven hoe de ruimtelijke schaal en het aantal grepen in een mengmonster voor zowel de achtergrondconcentraties als de streefwaarde zijn gedefinieerd. Het vastleggen van deze parameters voor de achtergrondconcentraties is relatief eenvoudig mogelijk aangezien deze bekend zijn voor de gegevens die worden gebruikt voor het vaststellen van de achtergrondconcentraties. Zoals aangegeven in hoofdstuk 7 dienen deze overigens wel eenduidig te zijn, het ‘mengen’ van verschillende gegevensbestanden waar een andere wijze van verzameling aan ten grondslag ligt leidt tot een minder betrouwbare definitie van de achtergrondconcentraties.

Ook wanneer de verzameling van achtergrondconcentraties eenduidig kan worden gedefinieerd is daarmee nog geen eenduidige relatie met de streefwaarde verkregen. De toetsing aan de streefwaarde vindt immers plaats op basis van zowel individuele monsters als op basis van mengmonsters samengesteld uit een variabel aantal grepen. Dit laatste betekent dat ook bij een eenduidig gedefinieerde achtergrondconcentratie, niet kan worden volstaan met het definiëren van één relatie tussen streefwaarde en achtergrondconcentraties. Deze relatie moet voor verschillende aantallen grepen worden gedefinieerd.

Voor het implementeren van een correctiemethode biedt dit onderzoek onvoldoende informatie. Nadere informatie om te komen tot een dergelijke wijze van correctie zou noodzakelijk zijn met betrekking tot:

- exactere bepaling van de verdeling van de achtergrondconcentraties;
- zo mogelijk definiëren van een vaste schaalgrootte (oppervlak en aantal grepen) waarop de achtergrondconcentratie wordt bepaald;
- onderzoek naar het effect van een gewijzigde schaalgrootte voor de relatie tussen streefwaarde en de verdeling van de achtergrondconcentraties;
- indien dit mogelijk blijkt op basis van voorgaand genoemd onderzoek, vaststellen van de relatie tussen streefwaarde en achtergrondconcentratie voor variabele oppervlakten en aantallen grepen, zo nodig per stof.

Benadrukt moet worden dat de wijziging van de verdeling van de achtergrondconcentraties op basis van een andere schaal van onderzoek of een ander aantal grepen van essentiële invloed is op een gedefinieerde relatie tussen streefwaarde en achtergrondconcentraties. In alle gevallen waarin bij de toetsing aan de streefwaarde rekening zou worden gehouden met de relatie tussen streefwaarde en achtergrondconcentraties dient op dit punt inzicht te zijn verkregen.

10.4.4 Toetsing rekening houdend met de regio waarin de toetsing wordt uitgevoerd

In discussies over achtergrondconcentraties wordt altijd benadrukt dat er sprake is van regionale of zelfs lokale afwijkingen in de achtergrondconcentraties. Spraakmakende voorbeelden als de verhoogde arseen concentraties in beekdalen worden hierbij naar voren gebracht. Indien bij een toetsing aan de streefwaarde rekening wordt gehouden met de achtergrondconcentraties ligt het in een groot aantal gevallen voor de hand hierbij rekening te houden met de *lokale* achtergrondconcentraties. Alleen indien de grond buiten het voor het bepalen van de lokale of regionale achtergrondconcentratie gebruikte gebied wordt toegepast ligt toetsing aan de provinciale of zelfs landelijke achtergrondconcentraties meer voor de hand. In dit onderzoek zijn alle beschikbare bestanden zo veel als mogelijk samengevoegd om juist op landelijke schaal uitspraken te kunnen doen. Hoewel uiterst relevant om inzicht te krijgen in de relatie tussen streefwaarde en achtergrondconcentraties in zijn algemeenheid, is dit niet altijd relevant voor een specifieke toetsing.

Het heeft aan de andere kant alleen zin om onderscheid tussen verschillende schaalniveaus (landelijk, provinciaal, regionaal, lokaal) te maken indien er ook verschil in de verdeling van de achtergrondconcentraties optreedt. Op kleine/zeer kleine schaal treedt dit in ieder geval op, zie bijvoorbeeld de verschillen tussen veld, perceel en bedrijf in paragraaf 7.2. Een definitie van achtergrondconcentraties gedifferentieerd naar dit schaalniveau moet echter in verband met de hiervoor benodigde onderzoeksinspanning, als niet haalbaar (en niet zinvol) worden bestempeld. Op wat grotere schaal, regionaal of provinciaal lijkt definitie van aparte achtergrondconcentraties wel zinvol gezien de beïnvloeding van de achtergrondconcentraties door gebiedskenmerken als het bodemgebruik en bodemtype. Wel dient daarbij te worden vastgesteld of er in alle gevallen nog wel een koppeling blijft bestaan tussen 'relatief onbelast' en achtergrondconcentratie.

In voorgaande is de nadruk met name gelegd op het concentratieniveau dat in een bepaalde regio of provincie als achtergrondconcentratie kan worden beschouwd. Echter ook andere aspecten kunnen bij een regionale opdeling van de achtergrondconcentratie in beschouwing worden genomen. Zo zou het mogelijk zijn dat in bepaalde regio's een duidelijke correlatie tussen twee of meerdere stoffen aanwezig is die in andere regio's ontbreekt (bijvoorbeeld cadmium en zink in de Kempen) die van invloed is op de afkeurkans bij het toetsen op meerdere stoffen, zie ook paragraaf 10.4.1.

Ook in dit geval moet worden geconcludeerd dat dit onderzoek voor het implementeren van een correctiemethode onvoldoende informatie biedt. Nadere informatie om te komen tot een dergelijke wijze van correctie zou noodzakelijk zijn met betrekking tot:

- beleidsmatige definitie van de schaalgrootte waarop bepaling van de achtergrondconcentraties nog van belang moet worden geacht (op welke schaalgrootte mag/kan worden gedifferentieerd in de relatie achtergrondconcentratie/streefwaarde);
- (exactere) bepaling van de verdeling van de achtergrondconcentraties voor de gedefinieerde minimale schaalgrootte op een eenduidige wijze voor heel Nederland (waarmee vergroting van de schaalgrootte mogelijk wordt gemaakt);
- bepaling van de relatie tussen de streefwaarde en de lokaal/regionaal/provinciaal vastgestelde achtergrondconcentratie.

De wijze waarop met de lokaal/regionaal of provinciaal vastgestelde achtergrondconcentratie wordt omgegaan hangt vervolgens nauw samen met de andere aspecten die spelen bij het toetsen aan de streefwaarde en die zijn besproken in de voorgaande paragrafen.

In dit onderzoek is gebleken dat de gebiedskenmerken belangrijke, maar variabele, invloedsfactoren zijn. Zo geldt dat het landgebruik voor PAKVROM, arseen, koper, lood en zink geen belangrijke verklarende factor is, terwijl dit voor bestrijdingsmiddelen en PCB's juist wel het geval is. Voor PAKVROM, koper, lood en

zink treden daarnaast weinig variaties op gerelateerd aan de bodemopbouw (zand, klei, veen), terwijl de bestrijdingsmiddelen en arseen dit juist weer wel doen. Ook de bemonsteringsdiepte is van invloed op de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden.

In de vergelijking tussen bouwland en andere vormen van bodemgebruik wordt voor PAKVROM, arseen, koper, lood en zink geen verschil in concentratieniveaus aangetroffen. Dit is wel het geval voor PCB's, dieldrin en HCB die in het bouwland iets verhoogd zijn.

11. Conclusies

In dit rapport zijn reeds op een groot aantal plaatsen, met name in hoofdstuk 7 tot en met 10, conclusies getrokken met betrekking tot deelaspecten die in de betreffende paragrafen zijn onderzocht. In dit hoofdstuk zal worden volstaan met het trekken van hoofdconclusies. Daarbij wordt een driedeling aangehouden:

- Conclusies met betrekking tot de kwaliteit van de in dit rapport geïnventariseerde gegevens;
- Conclusies met betrekking tot de getalswaarde van de achtergrondconcentraties;
- Conclusies met betrekking tot de wijze waarop bij toetsing aan de streefwaarde rekening kan worden gehouden met de achtergrondconcentratie.

Daarbij wordt opgemerkt dat, in het licht van de beperkte waarde die aan de gegevens van de waterbodem kan worden toegekend voor het bepalen van achtergrondconcentraties, de in dit hoofdstuk gepresenteerde conclusies voor het merendeel betrekking hebben op de landbodem.

11.1 Conclusies met betrekking tot de kwaliteit van de in dit rapport geïnventariseerde gegevens

Representativiteit en betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens

Een goede representativiteit en betrouwbaarheid van de verzamelde gegevens is van essentieel belang bij het doen van uitspraken met betrekking tot de achtergrondconcentraties in Nederland. Een dergelijk gegevensbestand kan alleen worden verkregen door het bijeenvoegen van gegevens die voortkomen uit een vergelijkbare meetnetopzet. Wordt dit niet gedaan dan leidt dit tot inconsistenties in het gegevensbestand die tot uiting zullen komen in de betrouwbaarheid waarmee uitspraken over de achtergrondconcentraties kunnen worden gedaan.

De in dit onderzoek bijeengevoegde gegevens van de *landbodem*, afkomstig uit een aantal provinciale en nationale meetnetten zijn min of meer consistent en mogen redelijk representatief worden geacht voor de achtergrondconcentraties in relatief onbelaste gebieden in Nederland. De betrouwbaarheid waarmee uitspraken over de achtergrondconcentraties kunnen worden gedaan is goed; ook in de 'staart' van de verdeling kunnen betrouwbare uitspraken worden gedaan over percentielwaarden.

De gegevens van de *zoetwaterbodem* en de *zoutwaterbodem* zijn *niet representatief* voor de achtergrondconcentraties in relatief onbelaste gebieden. Dit wordt veroorzaakt doordat de gegevens, in tegenstelling tot de in dit onderzoek gebruikte gegevens van de landbodem, niet specifiek zijn verzameld ten behoeve van het bepalen van die achtergrondconcentraties. Ook speelt mee dat de verzamelde gegevens inconsistenties in zich hebben doordat verschillende methoden voor het verzamelen van gegevens door elkaar binnen het gegevensbestand aanwezig zijn. In het licht van het aantal gegevens van de zoetwaterbodem, zowel als de geografi-

sche verspreiding hiervan, mag echter wel worden aangenomen dat de verkregen gegevens representatief zijn voor de concentraties van de zoetwaterbodem die gemiddeld genomen in Nederland kunnen worden verwacht.

Voor de zoutwaterbodem kan deze laatste conclusie echter niet worden getrokken, aangezien de geografische dekking van de gegevens onvoldoende is tengevolge van het vrijwel volledig ontbreken van informatie over de bodem van de Noordzee.

Belast/onbelast

Aan de begrippen belast en onbelast is door de wijze van verzamelen van gegevens van de *landbodem* reeds in belangrijke mate invulling gegeven. Aangezien de inrichting van de landelijke en provinciale meetnetten er op is gericht de toename in concentraties tengevolge van diffuse belasting vast te stellen, is de plaatsing van meetpunten nabij bronnen van lokale bodembelasting uitgesloten van de meetnettopzet. Daarmee mogen de concentraties van de landbodem direct worden gekoppeld aan de term relatief onbelast en kunnen daarmee als verdeling van de *achtergrondconcentraties* in de bovengrond worden beschouwd.

(Relatief) onbelast kan worden gedefinieerd als gebieden waar geen directe invloed van lokale verontreinigingsbronnen optreedt. Dit betekent dat (potentieel) belast dient te worden gedefinieerd als gebieden waar wel directe invloed van lokale verontreinigingsbronnen optreedt. Relatief onbelast betekent niet dat er geen belasting optreedt, maar de belasting kan alleen worden toegeschreven aan groot-schalige diffuse belasting.

Het blijkt dat op basis van de verdelingen van de achtergrondconcentraties op statistisch verantwoorde wijze geen grens kan worden getrokken tussen wat zou moeten worden beschouwd als belast en wat als onbelast kan worden aangemerkt.

Voor de *waterbodem* lijkt een dergelijke definitie van belast/onbelast eveneens onvoldoende onderscheidend vermogen te hebben. De mate van diffuse belasting is tengevolge van transport van opgeloste stoffen en verontreinigd sediment immers groter dan voor de landbodem. Voor de waterbodem is de mate van belasting buiten de beïnvloeding van lokale bronnen derhalve hoger dan geldt voor de landbodem en ligt een directe koppeling met *achtergrondconcentraties* zonder verdergaand onderscheidend criterium dus minder voor de hand. Op basis van de in dit onderzoek gebruikte selectiemethode voor de waterbodemgegevens is een dergelijk verder onderscheid echter niet te maken. Dit betekent dat de gegevens van de waterbodem niet als achtergrondconcentraties mogen worden gebruikt.

Invloedsfactoren

Het blijkt dat de verdelingen van de achtergrondconcentraties worden beïnvloed door een groot aantal factoren. In dit onderzoek zijn de meest in het oog springende factoren daarvan onderzocht, namelijk de ruimtelijke schaal, het bodemtype, het bodemgebruik, de regionale ligging, het aantal grepen en de bemonsteringsdiepte. Afhankelijk van de stof die wordt bekeken en de vraag of de landbodem of de zoet- of zoutwaterbodem in beschouwing wordt genomen, zijn deze eigenschappen van invloed op de verdeling van de achtergrondconcentraties. Hieruit dient te worden

geconcludeerd dat de interpretatie van de in dit rapport weergegeven achtergrondconcentraties dient plaats te vinden met in acht name van de hiervoor vermelde invloedsfactoren.

11.2 Conclusies met betrekking tot de getalswaarde van de achtergrondconcentraties

Concentratieniveaus

Voor de landbodem in Nederland gelden, op de schaalgrootte van heel Nederland, de in tabel 42 weergegeven concentraties.

Gezien het feit dat de gegevens verzameld van de zoet- en zoutwaterbodem niet representatief mogen worden geacht voor de achtergrondconcentraties is het niet mogelijk deze voor de zoet- en zoutwaterbodem in Nederland weer te geven. Voor de gevonden concentratieniveaus wordt verwezen naar hoofdstuk 5 (zoetwaterbodem) en 6 (zoutwaterbodem) van dit rapport. Vastgesteld wordt dat de concentraties die in dit onderzoek in de waterbodem worden gevonden hoger liggen dan in de landbodem. Enerzijds kan dit worden verklaard vanuit de hogere mate van belasting die voor de waterbodem geldt, terwijl anderzijds ook de aard van de gegevens, met name het feit dat het veelal gaat om metingen aan individuele monsters, hier debet aan is.

Tabel 42 Achtergrondconcentraties voor de landbodem op de schaalgrootte van heel Nederland.

stof	eenheid	gemiddelde	standaarddeviatie	mediaan	90-percentiel ³⁾	% > S ⁵⁾	streefwaarde ¹⁰⁾
PAKVROM	mg/kg ds	0,57	1,13	0,27	1,06	15	1
PCB-totaal	µg/kg ds	7,49 ¹⁾	3,67 ¹⁾	4,60 ¹⁾	10,50 ¹⁾	4*	20
PCB28	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	78*	-
PCB52	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	75*	-
PCB101	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	3*	-
PCB118	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	3	-
PCB138	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	3	-
PCB153	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	3	-
PCB180	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	2	-
arseen	mg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	14,0	<1	29
kwik	mg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	0,20	5	0,3
cadmium	mg/kg ds	0,44	5,0	0,20	0,50	5	0,8
chromium	mg/kg ds	13,6	11,2	9,0	29,3	<1	100
koper	mg/kg ds	13,2	13,1	11,0	22,0	6	36
nikkel	mg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	2,0	18,0	<1	35
lood	mg/kg ds	27,2	38,4	20,0	46,0	2	85
zink	mg/kg ds	46,5	108	32,9	81,8	5	140
α-HCH	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	0,25 ⁴⁾	0,25 ⁴⁾	5*	2,5
β-HCH	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	0,25 ⁴⁾	0,25 ⁴⁾	35*	1
γ-HCH	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	0,25 ⁴⁾	8,82	100*	0,05
HCB	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	0,25 ⁴⁾	2,08	14*	2,5
heptachloor	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	0,25 ⁴⁾	0,25 ⁴⁾	5*	2,5
dieldrin	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	0,25 ⁴⁾	3,48	77*	0,5
α-endosulfan	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	0,66	10 ⁶⁾	2,5
endrin	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	35 ⁷⁾	1
heptachloorepoxide	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	18 ⁸⁾	2,5
DDD/DDE/DDT	µg/kg ds	4,7	9,8	1,3	12,0	48 ⁹⁾	2,5
aldrin	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	<1	2,5
isodrin	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	geen S	-
telodrin	µg/kg ds	n.v.t. ²⁾	n.v.t. ²⁾	<	<	geen S	-

< Kleiner dan of gelijk aan de bepalingsondergrens (b.p.o.)

1) Met name bepaald door sommatie van de b.p.o.'s van de individuele PCB's

2) Meer dan 30% van de waarnemingen vallen onder de b.p.o.

3) De keuze voor de weergave van de 90-percentielwaarde is willekeurig en dient slechts om inzicht te geven in de 'staart' van de verdeling van de achtergrondconcentraties

4) De waarde 0,25 betreft waarschijnlijk ook een b.p.o.

5) Tengevolge van het feit dat de streefwaarden dienen te worden gecorrigeerd voor het lutum en organisch stof gehalte is het niet zinvol om ook de streefwaarden in deze tabel op te nemen. In plaats hiervan zijn de overschrijdingpercentages opgenomen.

6) Waarvan 7% concentratie > b.p.o.

7) Waarvan 3% concentratie > b.p.o.

8) Alleen concentraties ≤ b.p.o.

9) Op basis van de DDE waarden boven de b.p.o. is 48% reeds boven de streefwaarde voor de som DDD+DDE+DDT

10) Streefwaarden gegeven voor standaardbodem met L = 25% en H = 10%, uitgedrukt in de eenheid die voor de betreffende stof in de tabel is gegeven

*) Zie voor opmerkingen bij het gegeven overschrijdingpercentages de betreffende tabel in hoofdstuk 4.

- Geen streefwaarde gedefinieerd

Voor een groot deel van de stoffen in tabel 42 geldt dat, tengevolge van het feit dat een relatief groot deel van de metingen een concentratie heeft die overeenkomt met de bepalingsondergrens, de bepalingsondergrens een belangrijke rol speelt bij het definiëren van de achtergrondconcentratie. Dit geldt met name voor de individuele PCB's zowel als voor PCB-totaal, arseen, kwik, nikkel, α-HCH, β-HCH, γ-HCH, HCB, heptachloor, dieldrin, α-endosulfan, endrin, heptachloorepoxide, aldrin, isodrin en telodrin.

Van andere dan de in tabel 42 weergegeven stoffen zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om uitspraken over de achtergrondconcentraties te kunnen doen. Daarbij is een belangrijk punt dat de gegevens ook moeten zijn verzameld in een meetnet dat is ingericht met het oog op het bepalen van de achtergrondconcentraties. Tevens dient bij deze achtergrondconcentraties te worden opgemerkt dat ze zijn bepaald op basis van mengmonsters van 40, 160 of 320 steken, verkregen uit de eerste 0 tot 10 cm van de bodem uit een bodemoppervlak van 10.000, 40.000 of 350.000 m².

In het kader van het milieuonderzoek langs de Betuwe-route wordt op dit moment een project uitgevoerd waarbij in de nauwe omgeving van het beoogde traject achtergrondconcentraties worden vastgesteld op basis van NVN 5740 onderzoeken. Hierin komen onderdelen naar voren als belast/onbelast (in dit geval verdacht/niet verdacht) en de definitie van lokale achtergrondconcentraties (op basis van homogene deelgebieden). De resultaten zullen over ongeveer een half jaar beschikbaar komen.

11.3 Conclusies met betrekking tot de wijze waarop bij toetsing aan de streefwaarde in de landbodem rekening kan worden gehouden met de achtergrondconcentratie

Relatie met de streefwaarde

Afhankelijk van de stof die in beschouwing wordt genomen en de voor die stof geldende verdeling van de achtergrondconcentraties, bestaat er een zekere relatie tussen die verdeling van achtergrondconcentraties en de streefwaarde. Het blijkt dat deze relatie sterk stof afhankelijk is. Aangezien ook de verdeling van de verzamelde achtergrondconcentraties wordt bepaald door een groot aantal invloedsfactoren (zie paragraaf 11.1), kan niet op een éénduidige en altijd juiste wijze rekening worden gehouden met de relatie tussen de streefwaarde en de achtergrondconcentraties.

Indien een gebiedsgerichte toetsing aan de streefwaarde wordt gewenst waarbij rekening wordt gehouden met de in dat gebied voorkomende achtergrondconcentraties, dan dient allereerst de achtergrondconcentratie voor dat gebied te worden vastgesteld. Bij dit onderzoek moet rekening worden gehouden met de wijze waarop vervolgens meetwaarden aan deze achtergrondconcentraties worden getoetst. Indien op meerdere stoffen wordt getoetst dienen daarbij tevens de voor dat gebied geldende correlaties tussen de verschillende stoffen te worden meegenomen.

Bepalen van de achtergrondconcentratie

Indien bij het beoordelen van bodem en grond op basis van de streefwaarde rekening moet worden gehouden met het voorkomen van relatief ten opzichte van de streefwaarde hoge achtergrondconcentraties dan dient aan een aantal voorwaarden te worden voldaan:

- op de schaal waarop de beoordeling plaatsvindt dient ook informatie over de verdeling van de achtergrondconcentraties bekend te zijn;
- de informatie over de verdeling van de achtergrondconcentraties dient stofspectiefiek bekend te zijn;
- er dient, indien op meerdere stoffen te worden getoetst en het is wenselijk dat hiermee de kans op afkeuren niet (wezenlijk) wijzigt ten opzichte van de toetsing op één stof, inzicht te bestaan in de samenhang tussen de verschillende stoffen;
- informatie over de samenhang tussen verschillende stoffen dient eveneens te worden verzameld op de schaal waarop de toetsingen plaatsvinden.

Aangezien veel toetsingen op lokale schaal worden uitgevoerd ligt het vastleggen van achtergrondconcentraties op lokale schaal voor de hand. De in dit rapport opgenomen informatie op landelijke en provinciale schaal is niet direct geschikt voor de definitie van dergelijke lokale achtergrondconcentraties. Bij het vaststellen van lokale achtergrondconcentraties dient evenwel rekening te worden gehouden met het feit dat deze niet te veel mogen afwijken van de achtergrondconcentraties op provinciale of landelijke schaal omdat anders het begrip ‘achtergrondconcentratie’ niet langer is gekoppeld aan het begrip ‘relatief onbelast’. Overigens is het ook mogelijk deze koppeling los te laten, maar dit betekent wel dat daarmee onduidelijkheid ontstaat in wat de ‘achtergrondconcentratie’ inhoudt. Ten behoeve van een eenduidige definitie wordt aanbevolen voor lokale concentratieniveaus niet de term ‘achtergrondconcentratie’ te hanteren, tenzij kan worden aangetoond dat deze overeenstemt met de provinciale achtergrondconcentratie.

Toetsen aan de streefwaarde

Bij het toetsen aan de streefwaarde kunnen, tengevolge van het voorkomen van ten opzichte van de streefwaarde relatief hoge achtergrondconcentraties, problemen optreden. Hiervoor kan op verschillende manieren in een toetsing rekening worden gehouden. Zo kan er bij de toetsing op meerdere stoffen rekening worden gehouden met het aantal stoffen dat de streefwaarde mag overschrijden. Hiermee in samenhang, of los hiervan, kan rekening worden gehouden met de mate waarin de streefwaarde wordt overschreden. Ook kan mogelijk worden gecorrigeerd voor het aantal grepen in een te toetsen monster of de regio of locatie waar het monster vandaan komt. Voor al deze manieren van corrigeren geldt dat hiervoor (aanzienlijk) meer informatie over de achtergrondconcentraties beschikbaar moet zijn dan nu voorhanden is. Bovendien betekent dit dat de toxicologische definitie van de streefwaarden (deels) wordt losgelaten.

Het is, in het licht van de ten behoeve van het definiëren van een toetsingsmethode te beperkte hoeveelheid en aard van informatie, niet mogelijk om met concrete voorstellen voor een toetsingsmethode te komen. Bovendien dient de implementatie van een dergelijke correctiemethode eerst beleidsmatig te worden ondersteund.

Wel kan worden aangegeven in welke richting een beleidsmatige oplossing van de toetsingsproblematiek kan worden gezocht.

Uit de in dit onderzoek verzamelde en geïnterpreteerde gegevens blijkt dat, in relatie tot de achtergrondconcentraties, twee toetsingsaspecten van groot belang zijn bij de toetsing van concentraties aan de streefwaarde. Dit is:

- het bodemvolume op basis waarvan wordt getoetst in relatie tot het bodemvolume dat samenhangt met de (gedefinieerde) achtergrondconcentratie;
- het aantal stoffen waarop moet worden getoetst.

Met betrekking tot het bodemvolume kan voor de landbodem worden vastgesteld dat in dit onderzoek gegevens zijn gebruikt op perceelsniveau (10.000 tot 40.000 m²) en van de bovenste 10 cm van de bodem. Dit betekent dat de achtergrondconcentraties zijn bepaald in een bodemvolume van 1000 tot 4000 m³. Bovendien zijn deze achtergrondconcentraties gerelateerd aan een groot aantal steken uit dit volume. Voor de waterbodem is een dergelijke duidelijke samenhang met een bodemvolume niet aanwezig; een relatief groot deel van de gegevens is afkomstig van individuele meetpunten.

Het aantal te toetsen stoffen blijkt sterk van invloed op de kans op het overschrijden van de streefwaarde. Hoe deze kans zich ontwikkelt is sterk afhankelijk van het aantal stoffen dat wordt getoetst en de onderlinge correlatie tussen de stoffen.

Om op eenduidige wijze rekening te kunnen houden met deze aspecten in een uit te voeren toetsing is aan grote hoeveelheid onderzoek noodzakelijk. Niet alleen zou de relatie tussen de achtergrondconcentratie en het bodemvolume waarop dit wordt bepaald moeten worden vastgesteld, maar tevens dient dit landsdekkend te gebeuren om regionale verschillen te kunnen verdisconteren. Een dergelijk grootschalig onderzoek zou tevens de informatie opleveren die noodzakelijk is om op een juiste, gebiedsgerelateerde, wijze rekening te houden met de onderlinge correlatie tussen verschillende stoffen. Vastgesteld moet worden dat hiermee een grote hoeveelheid geld en tijd gemoeid is. Aangezien er nú sprake is van een toetsingsprobleem zal (vooralsnog) voor een beleidsmatige oplossing moeten worden gekozen. Dit onderzoek zal echter wel uitgevoerd moeten worden om tot een verantwoorde onderbouwing van keuzes te komen. Door het verzamelen van aanvullende gegevens is het op termijn mogelijk de beleidsmatige aannames te 'valideren' en zo nodig aan te passen. Hiermee wordt geanticipeerd op vragen over de correctheid van de aannames, zoals deze nu reeds met betrekking tot de bodengrond zijn gesteld.

Voor een beleidsmatige oplossing zijn twee oplossingsrichtingen zijn denkbaar:

1. Aanpassen van de streefwaarden;
2. Aanpassen van de toetsingsmethodiek.

Voor het aanpassen van de streefwaarden zelf komen vanuit dit onderzoek geen duidelijke argumenten naar voren. Weliswaar lijkt voor relatief veel stoffen te gelden dat de achtergrondconcentraties de streefwaarde veelvuldig overschrijden, maar dit blijkt vrijwel altijd samen te hangen met het analytisch chemische pro-

bleem van de hoge bepalingsondergrenzen. Voor die stoffen waarbij deze problemen niet spelen kan globaal worden geconcludeerd dat de streefwaarde een hoge percentielwaarde van de achtergrondconcentraties is. Hooguit zou, ten behoeve van het vereenvoudigen van de toetsings, een hogere percentielwaarde van de verdeling van achtergrondconcentraties als streefwaarde kunnen worden gekozen. Daarmee zou een groot deel van de toetsingsproblemen worden opgelost. Voor die stoffen waarvoor nu geen werkelijke meetresultaten beschikbaar zijn vormt dit echter geen oplossing, terwijl een dergelijke aanpassing ook de toxicologische afleiding van de streefwaarden buiten beschouwing laat. De auteurs van dit rapport zijn daarom van mening dat deze route niet de voorkeur verdient.

Bij het aanpassing van de toetsingsmethodiek moet rekening worden gehouden met beide voorgaande punten, het aantal te toetsen stoffen en het aan de streefwaarde te relateren bodemvolume.

Met betrekking tot het bodemvolume kan vanuit twee zijden een oplossing worden gerealiseerd. De achtergrondconcentraties zouden kunnen worden vastgesteld voor de bodemvolumina die in huidig bodemonderzoek worden gehanteerd, of er moet eenduidigheid in de te onderzoeken bodemvolumina worden ingebracht. De eerste route, het definiëren van achtergrondconcentraties voor verschillende bodemvolumina vergt zoals reeds gesteld een grote onderzoeksinspanning en leidt derhalve op korte termijn niet tot een oplossing. Verder sluit dit ook niet aan bij het wel eenduidig vastgelegde bodemvolume voor de interventiewaarde. Daarom moet worden bezien of de tweede route, het vastleggen van een vast beoordelingsvolume, niet tot een eenvoudige oplossing van het probleem kan leiden. Daarmee ligt op basis van dit onderzoek, ten minste voor de korte termijn, het bodemvolume vast, namelijk tussen de 1000 en 4000 m³, de schaal waarop in dit onderzoek voor de landbodem de achtergrondconcentraties zijn gedefinieerd. Elke andere schaal betekent immers aanvullend onderzoek en daarmee pas een oplossing op de langere termijn. Overigens verdient het daarbij vanuit praktische overwegingen wel de voorkeur één vast bodemvolume te kiezen, bijvoorbeeld 2000 m³. Deze waarde zal voor de eenvoud hierna worden gebruikt, de daadwerkelijke definitie dient beleidsmatig plaats te vinden waarbij rekening zou moeten worden gehouden met de vraag welk bodemvolume binnen deze range voor de praktijk handzaam is.

Met betrekking tot het effect van het aantal te toetsen stoffen zal moeten worden volstaan met enkele eenvoudige vuistregels die aangeven hoeveel stoffen in welke mate de streefwaarde mogen overschrijden bij een aantal getoetste stoffen. De gegevens uit dit onderzoek kunnen voor het opstellen van dergelijke vuistregels worden gebruikt. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het op een dergelijke wijze toestaan van geringe overschrijdingen van de streefwaarde niet in overeenstemming is met de individuele toxicologische afleiding van de streefwaarden. Anderzijds kan ook worden vastgesteld dat geringe overschrijdingen van de streefwaarde op dit moment ook niet leiden tot ingrepen in het milieu.

Gezien de frequent optredende problematiek van het overschrijden van de streefwaarde op basis van het meten van de bepalingsondergrens wordt daarnaast aanbevolen duidelijk vast te leggen dat de meting van een stof op het niveau van de be-

palingsondergrens géén overschrijding van de streefwaarde is, ook niet indien de bepalingsondergrens hoger is dan de streefwaarde. Overigens mag dit niet betekenen dat er bijvoorkeur bepalingsondergrenzen worden gerapporteerd om werkelijke overschrijdingen van de streefwaarde te maskeren.

Voor onderzoeken naar bodemverontreiniging en toetsing van partijen grond betekent voorgaande dat:

- voor de schaal van onderzoek rekening dient te worden gehouden dat er een uitspraak is gewenst over de *gemiddelde* concentratie per bodemvolume van (circa) 2000 m³;
- voor het aantal te toetsen stoffen moet worden vastgesteld hoeveel stoffen de streefwaarde in welke mate mogen overschrijden.

Bij voorgaande benaderingswijze kunnen nog de volgende opmerkingen worden geplaatst:

- Bij de beoordeling van partijen grond in het kader van de handhaving van het Bouwstoffenbesluit is reeds een in deze orde van grootte liggend volume gedefinieerd met een (maximale) partijgrootte van 2000 ton (circa 1250 m³) [10].
- De hiervoor gestelde methodiek lijkt aan te sluiten bij de bij het RIVM in ontwikkeling zijnde Stermethodiek [14] waarin eveneens wordt uitgegaan van het ‘inzoomen’ op de verontreiniging. Blijkt op een schaalgrootte van (circa) 2000 m³ de streefwaarde te worden overschreden dan wordt het van belang om vast te stellen of er op een schaal van 25 m³ sprake is van overschrijding van de interventiewaarde.
- In een aantal onderzoeksprotocollen ligt het aantal te onderzoeken stoffen op voorhand vast, dit betekent dat het zinvol is om specifiek voor dergelijke groepen van stoffen vast te stellen hoe met de toetsing op meerdere stoffen moet worden omgegaan.

Bij voorgaande voorstel moet worden bedacht dat de gegevens waarop een dergelijke beleidsmatige oplossing kan worden gebaseerd verschillende leemtes bevat. Zo is er slechts informatie over de achtergrondconcentratie van een beperkt aantal stoffen, geldt dit alleen voor de landbodem en zijn de onderlinge correlaties tussen de stoffen alleen voor heel Nederland bekeken. Een tijdelijke beleidsmatige oplossing betekent dus niet dat kan worden afgezien van nadere onderbouwing van de achtergrondconcentraties voor land- en waterbodem. Zie ook de aanbevelingen in hoofdstuk 12.

12. Aanbevelingen

Uit dit onderzoek komen een aantal aanbevelingen naar voren. De wenselijkheid om één of meer van deze aanbevelingen na te volgen is sterk afhankelijk van het draagvlak voor de betreffende aanbeveling zelf, alsmede voor het aan de aanbeveling ten grondslag liggende doel. Om dit laatste inzichtelijk te houden is bij de aanbevelingen steeds de (mogelijke) doelstelling weergegeven. De aanbevelingen zijn in drie groepen opgesplitst, namelijk aanbevelingen met betrekking tot de kwaliteit van de achtergrondconcentraties, de getalswaarde en de toetsing. Alleen de eerste drie aanbevelingen staan los van het uitvoeren van aanvullend onderzoek. Deze aanbeveling komen direct voort uit de wijze waarop in dit rapport met de achtergrondconcentraties is omgegaan ten behoeve van de statistische toetsingen en vergelijkingen.

1. Aanbevolen wordt om bij het inventariseren van achtergrondconcentraties bepalingsondergrenswaarden in de statistische interpretatie mee te nemen als $0,7 \cdot$ bepalingsondergrens. Deze aanbeveling houdt in dat wordt aangenomen dat de waarneming afkomstig is uit een positief scheve - lognormale - verdeling.
2. Aanbevolen wordt om de term achtergrondconcentratie te definiëren als de concentraties die worden vastgesteld in onbelaste gebieden. Door deze directe koppeling van het begrip achtergrondconcentratie aan het begrip onbelast wordt voorkomen dat er begripsverwarring ontstaat over het concentratieniveau dat op een bepaalde locatie wordt waargenomen. Voor dit concentratieniveau in (potentieel) belaste gebieden kan gebruik worden gemaakt van een term als '(lokaal) verhoogde achtergrondconcentratie' of '(lokale) concentratieniveau'.
3. Aanbevolen wordt om duidelijkheid te scheppen ten aanzien van de beleidsmatige consequentie van het meten van stoffen met een bepalingsondergrens gelijk aan of boven de streefwaarde. Geadviseerd wordt in dergelijke gevallen de waarneming *niet* als een overschrijding van de streefwaarde te beoordelen.

12.1 Aanbevelingen met betrekking tot de kwaliteit van de vastgestelde achtergrondconcentraties

Kwaliteitsverbetering analysemethoden

Doelstelling: Verbeteren van de reproduceerbaarheid en gevoeligheid van analysemethoden.

Uit de inventarisatie blijkt dat er voor een groot aantal stoffen problemen zijn met het definiëren van de achtergrondconcentraties, met name in relatie tot de hoogte van de streefwaarde. Tevens dient hierbij aandacht te worden besteed aan het hanteren van één genormaliseerde en gevalideerde meetmethode per stof om ongewenste variabiliteit binnen en tussen meetnetten vanuit de analysemethode uit te sluiten. Hierbij is tevens een voldoende lage bepalingsondergrens een belangrijk aandachtspunt.

12.2 Aanbevelingen met betrekking tot de getalswaarden van de achtergrondconcentraties

Uitbreiding aantal stoffen

Doelstelling: Verbreden informatie over achtergrondconcentraties.

In de huidige meetnetten wordt nog slechts naar een, ten opzichte van MILBOWA, beperkte lijst van stoffen gekeken. Voor een betere aansluiting op MILBOWA is het wenselijk dat het aantal stoffen dat in de meetnetten wordt onderzocht wordt uitgebreid.

Uitbreiding aantal meetnetten voor de landbodem

Doelstelling: Verkrijgen van een beter lands- en regionaal dekkend beeld.

De geografische dekking van de meetnetten is op dit moment beperkt, hoewel moet worden opgemerkt dat een aantal provincies zijn begonnen/gaan beginnen aan het opzetten van meetnetten. Een dekkend meetnet over geheel Nederland, gebaseerd op provinciale meetnetten, maakt de zeggingskracht over de achtergrondconcentraties veel sterker. Het verdient daarbij sterke aanbeveling om overal dezelfde meetnetopzet te hanteren.

Opzetten van een meetnet voor de zoet- en zoutwaterbodem

Doelstelling: Verkrijgen van informatie over de achtergrondconcentraties van de zoet- en zoutwaterbodem.

De gegevens van de zoet- en zoutwaterbodem die op dit moment beschikbaar zijn geven geen inzicht in de achtergrondconcentraties voor 'relatief onbelaste' gebieden. De beleidsmatige wenselijkheid van het bepalen van dergelijke achtergrondconcentraties voor de zoet- en zoutwaterbodem dient te worden verkend. Voor de zoetwaterbodem kan een eerste slag worden gemaakt door een diepgaande analyse van LAWABO. Het valt echter niet uit te sluiten dat er een specifiek op dit doel ingericht meetnet dient te worden aangelegd. Voor de zoutwaterbodem dienen in eerste instantie gegevens te worden verkregen van de bodem van de Noordzee.

Herhaalde uitvoering van dit onderzoek

Doelstelling: Nadere vaststelling van de landelijke achtergrondconcentratie als aanvullende informatie beschikbaar is.

Geconstateerd is dat de geografische dekking van de verschillende meetnetten gezamenlijk voor heel Nederland op dit moment onvoldoende is. Het verdient aanbeveling om in het jaar 2000 in een tweede ronde de gegevens opnieuw te analyseren wanneer (een deel van) de op dit moment ontbrekende provincies meetnetgegevens beschikbaar hebben. Tevens biedt dit de mogelijkheid om vast te stellen of, en zo ja in welke mate, er sprake is van wijzigingen in de achtergrondconcentraties.

12.3 Aanbevelingen met betrekking tot de toetsing van metingen aan de streefwaarde in relatie tot de achtergrondconcentraties

Definitie van achtergrondconcentraties op andere schaalgroottes

Doelstelling: Verkrijgen van informatie over de achtergrondconcentraties ten behoeve van regionaal en lokaal gedefinieerde achtergrondconcentraties, onder meer toe te passen voor lokale bodemkwaliteitsdoelstellingen.

De meetnetten zijn op dit moment op een te grote schaal ingericht om zinvolle uitspraken te doen op een schaal die kleiner is dan de provinciale schaal. Invulling van deze informatie dient plaats te vinden vanuit ‘gemeentelijke’ of lokale meetnetten, waarbij aandacht dient te worden besteed aan de wijze van inrichting van deze meetnetten zodat een goede vertaling van de achtergrondconcentraties op de verschillende schaalniveaus mogelijk is. Tevens dient te worden vastgesteld of de vastgestelde concentraties kunnen worden beschouwd als achtergrondconcentraties (afkomstig uit relatief onbelaste gebieden).

Definitiestudie voor de inrichting van provinciale en lokale meetnetten

Doelstelling: Nadere uitwerking van de verschillende doelstellingen die met het bepalen van achtergrondconcentraties worden nagestreefd en wat de consequenties hiervan zijn voor het inrichten van een lokaal en provinciaal meetnet.

Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat verschillende aspecten, zoals het aantal grepen en het oppervlak, van essentiële invloed zijn op de verdeling van de achtergrondconcentraties en de wijze waarop metingen aan de achtergrondconcentraties kunnen worden getoetst. Om een voor verschillende doelstellingen geschikt meetnet te kunnen definiëren dient hiernaar onderzoek te worden verricht. Hieruit voortkomend dient een richtlijn te worden opgesteld over de wijze waarop de meetnetten zouden moeten worden uitgevoerd waarbij in het oog dient te worden gehouden dat er verschillende, elkaar soms strijdige, doelstellingen aan ten grondslag kunnen liggen. Bijvoorbeeld kan worden gedacht aan verschillen in de bemonsteringsdiepte, het toetsen van individuele monsters en het doen van uitspraken op basis van mengmonsters.

13. Literatuur

- [1] Addendum bij Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water, Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21 990, nr. 1.
- [2] CSO, 1994. Bodemkwaliteitsmeetnet Provincie Utrecht - resultaten van de eerste meetronde van het meetnet verspreiding, Bunnik.
- [3] Duijvenbooden, W. Van, Taat, J., Gast, L.F.L., Inrichtingsrapport landelijkmeetnet grondwaterkwaliteit, RIVM Rapport 840382001, 1985.
- [4] Duijvenbooden, W. Van, van Driel, W. en Willems, W.J., 1988. Resultaten van een onderzoek naar de mogelijke opzet van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, CCRX rapport, Bilthoven /Haren.
- [5] Edelman, Th, Achtergrondgehalten van stoffen in de bodem, Reeks bodembescherming deel 34, 1984, ISBN 90 12 04690 4.
- [6] Harnby, N., Edwards, M.F., Nienow, A.W., Mixing in the process industries, Butterworths Series in Chemical Engineering, 1985, ISBN 0 408 11574 2.
- [7] Lagas, P. en Groot, M.S.M., 1996. Bodemkwaliteitskartering van de Nederlandse landbouwgronden, RIVM rapport 714801003, Bilthoven.
- [8] Lamé, F.P.J., Een interim-protocol voor de toetsing van partijen grond, TNO rapport MW R 94/207, augustus 1994.
- [9] Lamé, F.P.J., Derksen, G.B., Toetsen van natuurgronden: Effecten van toetsing op meerdere parameters en rekening houdend met heterogeniteit in het interim-protocol grond, TNO rapport MW R 95/026, februari 1995.
- [10] Lamé, F.P.J., Kroes, P.J., Defize, P.R., Frapporti, G., Protocol grond voor de handhaving van het Bouwstoffenbesluit Onderbouwing van de monsternemingsprocedure, TNO Rapport MEP R 96/009, IWACO Rapport 1052850, februari 1996.
- [11] Leenaers, H., Ouboter, P.S.H., In 't Veld, M., Gemeentelijke bodemkwaliteitskaarten als basis voor actief bodembeheer, CSO, IWACO, TAUW, juli 1995.
- [12] NVN 5740, Bodem - Onderzoeksstrategie bij verkennend onderzoek, NNI, september 1991.

- [13] Brief van de heer Huijbregts, IRS d.d. 22 augustus 1996 aan de heer Denneman, ministerie van VROM.
- [14] Palsma, A.J., J.W. de Kwaadsteniet, F.P.J. Lamé, Op weg naar bodemonderzoek met een statistisch gedefinieerde informatiekwaliteit: De Ster-methodiek, eerste ontwikkelingsfase, TNO rapport MEP R 95/250, RIVM rapport 715810013.

Literatuur waarnaar niet direct is verwezen:

Muusze, H.L.T en A.C.J. van Adrichem, 1994, Milieukwaliteit van het landelijk gebied in Zuid-Holland 1983-1992; Overzicht van 10 jaar meten in het kader van het Project Integratie Milieumetingen, Rapport van de Dienst Water en Milieu, Provincie Zuid-Holland.

Weijden, A.J., van der, Loch, J.P.G. en van der Weijden, C.H., 1995.
The standardization of concentrations in the fraction < 63 µm and total sediment.
Rapport Universiteit Utrecht, vakgroep Geochemie.

Tauw Milieu bv, 1994. Ontwerp meetnet bodemkwaliteit provincie Friesland - fase 1: functies, doelstellingen en uitgangspunten en analyse- en monsterstrategie, Rapport nummer 3271056, Deventer.

Grontmij, 1994. Bodemkwaliteitsonderzoek provincie Zeeland. Statistische verwerking van analysegegevens van PAK en PCB's. De Bilt.

Tauw Milieu bv, 1994. Ontwerp meetnet bodemkwaliteit provincie Noord-Brabant. Rapport nummer 3247805, Deventer.

CSO, 1994. Bodemkwaliteitskaarten Zeist - onderzoeksresultaten.
Rapport nummer 94.273, Bunnik.

14. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Novem
Drs. R. Wismeijer
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers:

F.P.J. Lamé - projectleider
G. Frapporti
H. Leenaers
H.M.C. Satijn

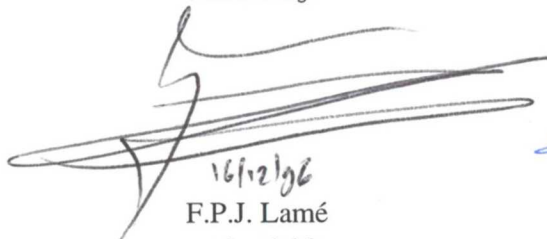
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

IWACO
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

maart - november 1996

Ondertekening:



16/12/96
F.P.J. Lamé
projectleider

Goedgekeurd door:



16/11
H.P. Baars
afdelingshoofd

