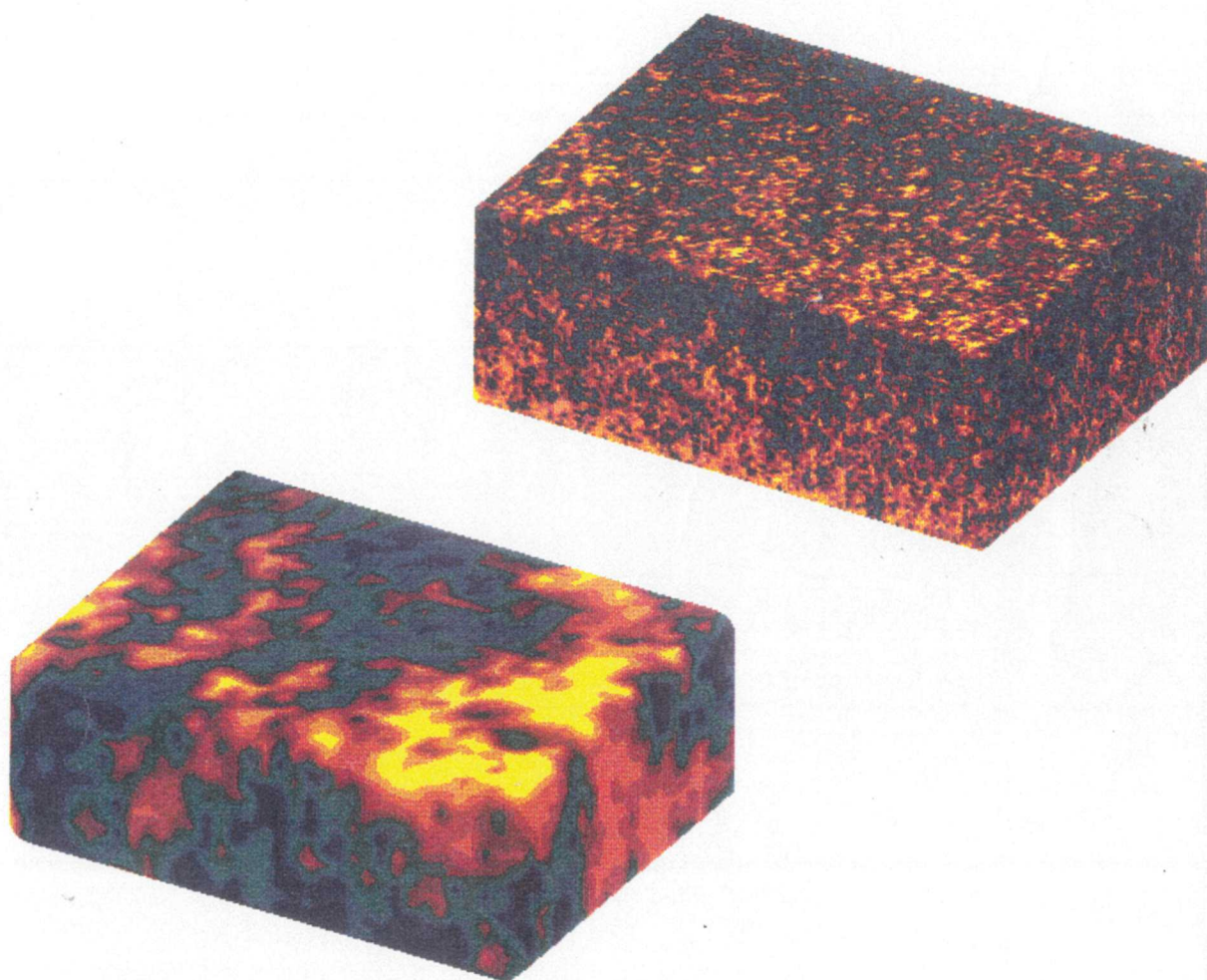


Protocol grond voor de handhaving van het bouwstoffenbesluit

Onderbouwing van de monsternemingsprocedure
Deel 1: Rapportage



Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO



Adviesbureau voor water en milieu

Protocol grond voor de handhaving van het Bouwstoffenbesluit

Onderbouwing van de monsternemingsprocedure

DEEL 1: Rapportage

Auteurs: F.P.J. Lamé (TNO-MEP)
P.J. Kroes (IWACO)
P.R. Defize (TNO-TPD)
G. Frapporti (IWACO)

Met medewerking van: G.A.M. Pieters (TNO-MEP)
G.R. van Manen (TNO-MEP)

Rapportnummer: TNO : TNO-MEP R 96/009
IWACO : 1052850

Opdrachtgever: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke
Ordering en Milieubeheer
Directoraat Generaal Milieubeheer
Directie Bodem / 625
T.a.v. Drs. E.P.Th. Ruwiel
Postbus 30945
2500 GX Den Haag



The logo for IWACO, consisting of the letters 'IWACO' in a bold, sans-serif font. The logo is white and is set against a solid black rectangular background.

0. Samenvatting

Ten behoeve van het opstellen van een definitief protocol grond op basis van het in 1994 ontwikkelde en door het ministerie van VROM vastgestelde, interim-protocol grond is door TNO en IWACO een onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek was met name gericht op het voorstellen van een monsternemingsprocedure voor het interim-protocol grond en het onderbouwen van deze procedure. Het onderzoek kan in twee delen worden gesplitst, een onderzoek op basis van een modelstudie ter vergelijking van verschillende monsternemingsstrategieën en een praktijkevaluatie gericht op het (beperkt) valideren van de voorgestelde werkwijze en het vaststellen van de werkbaarheid van de methode.

0.1 Modelonderzoek

Ten behoeve van het modelmatig testen van verschillende monsternemingsstrategieën is het noodzakelijk modellen te maken van mogelijke partijen grond. Voor de totstandkoming van deze modellen is aangesloten op praktijkgegevens. Deze zijn afkomstig van een partij grond (Depot A), een saneringslokatie (Gaslaan) en uit het landelijk gebied (Rokkeveen). In alle drie de gevallen is er sprake van een gegevensset die in de buurt van de streefwaarde voor de betreffende component ligt. Per gegevensset zijn tien verschillende modelrealisaties gemaakt die verschillen in ruimtelijke (grootschalige) heterogeniteit.

0.1.1 Beoordelingscriterium

Ten behoeve van de beoordeling van de verschillende monsternemingsstrategieën zijn alle dertig modelrealisaties (computermatig) bemonsterd conform het interim-protocol grond. Aangezien het interim-protocol als uitgangspunt gold voor het ontwikkelen van het protocol grond, konden de resultaten van de monsterneming verkregen met het interim-protocol grond als basis voor een vergelijking worden gebruikt. Een tweede, getalsmatig, criterium is ontleend aan de spreidingsbijdrage die voortkomt uit de monstervoorbehandeling en analyse. Aangezien de spreidingsbijdragen van de verschillende processtappen met elkaar in evenwicht moeten zijn, kon dit criterium worden ontleend aan de (zeer) beperkte validatie die in het kader van het opstellen van het interim-protocol grond is uitgevoerd.

Rekening houdend met zowel de in dat onderzoek bereikte resultaten, als met het feit dat mag worden aangenomen dat de normale laboratoriumpraktijk tot wat minder nauwkeurige resultaten zal leiden dan bereikt in dit onderzoek, is geconcludeerd dat een spreidingsbijdrage van de monstervoorbehandeling en analyse van 20 % als richtlijn kan worden gebruikt voor het onderzoek naar de monsterneming.

0.1.2 Beoordeling varianten op het interim-protocol

Met dit criterium zijn verschillende varianten van het interim-protocol, waarbij meer of minder grepen worden genomen, op hun prestatie beoordeeld. Hieruit komt naar voren dat de spreiding in de partij van wezenlijke invloed is op de betrouwbaarheid van het toetsingsresultaat. Indien er weinig spreiding in de partij voorkomt (Rokkeveen, 69 %) kan ook met een veel geringer aantal grepen dan het interim-protocol voorschrijft aan het 20 %-criterium worden voldaan. Is er echter sprake van veel spreiding in de partij (Gaslaan, 244 %), dan moeten aanzienlijk meer grepen worden genomen.

0.1.3 Twee analyseresultaten

Het blijkt dat de twee analyseresultaten die voortkomen uit een partijtoetsing op basis van het interim-protocol grond nog aanzienlijk van elkaar kunnen verschillen. Deze verschillen zijn direct gecorreleerd aan de spreiding die op greepniveau in de partij aanwezig is. Dit betekent dat voor een partij met een grote mate van variatie (b.v. Gaslaan) er aanzienlijke verschillen kunnen optreden, zonder dat er sprake is van een fout in de monsterneming, monstervoorbehandeling of analyse. Het beoordelen van deze handelingen op basis van het verschil of de verhouding tussen beide analysemonsters is daarom gevaarlijk. In overleg met de begeleidingscommissie en het deskundigenoverleg deelproject 3 Ministeriële Regeling Bouwstoffenbesluit is vastgesteld dat met deze beoordeling zeer voorzichtig dient te worden omgegaan; de verhouding tussen de beide analyseresultaten heeft slechts een controlefunctie voor de uitgevoerde processtappen en moet *niet* als aanvullend toetsingscriterium worden beschouwd.

0.1.4 Toetsen kleinere partijen

Het uitvoeren van een toetsing op de gemiddelde concentratie conform het interim-protocol grond, waarbij 2 mengmonsters van elk 50 grepen worden geanalyseerd, kan in gevallen waarbij sprake is van grootschalige heterogeniteit leiden tot het niet ontdekken van relatief grote hoeveelheden grond die boven de streefwaarde zijn verontreinigd. Aangezien het voor het waarnemen van deze heterogeniteit op basis van een toetsingsprotocol gericht op het vaststellen van de gemiddelde concentratie, noodzakelijk is de partij in een aanzienlijk aantal deelpartijen op te splitsen is dit, gezien de hieruit voortkomende extra monsternemings- en analysekosten, niet rendabel. Het opsplitsen van deelpartijen leidt voor "goede" partijen (gemiddelde concentratie onder de toetsingswaarde) tot meer afkeuren, terwijl van "foute" partijen (gemiddelde concentratie boven de toetsingswaarde) juist meer wordt goedgekeurd. "Goede" producenten worden bij het opdelen in deelpartijen dus benadeeld, terwijl "foute" producenten juist worden bevoordeeld. Bovendien blijkt dat het verminderen van de monsternemingsinspanning voor kleinere partijen niet mogelijk is zonder verlies aan betrouwbaarheid. De spreiding binnen deelpartijen blijkt namelijk voor vrijwel alle gedefinieerde deelpartijen niet kleiner te zijn

dan de spreiding in de gehele partij. Alleen als dit wel het geval zou zijn geweest zou een geringere monsternemingsinspanning voor kleine partijen in eenzelfde betrouwbaarheid hebben geresulteerd als een intensievere monsternemingsinspanning voor grotere partijen.

0.1.5 TCB-methode

De door de TCB voorgestelde toetsingsmethode blijkt niet tot betrouwbare uitspraken te kunnen leiden zonder aanzienlijk meer kosten te moeten maken. Op basis van de door de TCB voorgestelde beperkte steekproef (5) van eenheden van 25 m³ kan de voor de toetsingsmethode te veronderstellen verdeling van de gemiddelde concentratie in eenheden van 25 m³ onvoldoende betrouwbaar worden geschat. Doordat deze verdeling in ieder geval scheef is en juist de staart van de verdeling (hoge percentielwaarde) voor de door de TCB voorgestelde toetsing van belang is, resulteert de voorgestelde methode in minder betrouwbare uitspraken dan de toetsing op basis van het interim-protocol grond: de variatiecoëfficiënt van een hoge (niet kwantitatief te bepalen) percentielwaarde is ruim een factor 2 groter dan de variatiecoëfficiënt van het gemiddelde bij monsterneming conform het interim-protocol grond (beide voor totaal 100 grepen).

0.1.6 Meer grepen per boring

Een aanzienlijke besparing in de monsternemingstijd en -kosten van het interim-protocol grond kan worden bereikt door het aantal boringen te beperken en meerdere grepen per boring te nemen. Slechts in die gevallen dat er sprake is van sterke grootschalige heterogeniteit zal dit tot minder representatieve monsterneming leiden. Een uitspraak over de gemiddelde concentratie van een onderzochte stof in een partij zal dus minder betrouwbaar zijn. Worden in een dergelijke situatie toch meerdere grepen per boring genomen, dan kan dit bijvoorbeeld leiden tot het niet-aantreffen van (relatief) grote hoeveelheden verontreinigde grond in de partij.

0.2 Praktijkevaluatie

Het praktijkonderzoek heeft twee doelstellingen, namelijk enerzijds het beperkt valideren van het modelonderzoek en anderzijds het toetsen van de hieruit voortkomende monsternemingsstrategie op uitvoerbaarheid, kosten, e.d..

0.2.1 Partijen

In de praktijkevaluatie zijn twee partijen grond bemonsterd, namelijk één partij thermisch gereinigde grond en één partij naar verwachting schone grond. Beide partijen zijn uitgebreid gekarakteriseerd door het nemen en analyseren van 50 individuele grepen. Daarnaast zijn de partijen eveneens in drievoud bemonsterd vol-

gens het uit het modelonderzoek resulterende concept protocol grond (100 grepen uit 20/25 boringen).

0.2.2 Valideren modelonderzoek

Bij het valideren van het modelonderzoek moet onderscheid worden gemaakt tussen de vraag of de drie geselecteerde gegevenssets maatgevend zijn voor partijen schone grond in de praktijk en de vraag of de modelrealisaties die van elk van deze gegevenssets zijn gemaakt een correcte beschrijving van partijen schone grond geven.

In relatie tot het beoordelen van de drie geselecteerde gegevenssets is voorts niet slechts informatie uit de praktijkevaluatie verkregen, maar is tevens informatie voortgekomen uit onderzoek van de Grondbank Rotterdam. Verder kunnen de geselecteerde gegevenssets nogmaals worden vergeleken met de verzameling aan gegevenssets waaruit deze zijn geselecteerd. Bij deze vergelijking blijkt dat de variatiecoëfficiënt in de gegevensset van Gaslaan (244 %) en in mindere mate van Depot A (177 %), relatief erg hoog is. Voor metalen worden vaak veel lagere variatiecoëfficiënten gevonden (orde van grootte van 30 %). Dit betekent dat, in ieder geval voor wat betreft de metalen, het uitgevoerde modelonderzoek als een "worse-case" benadering mag worden gezien. Voor organische stoffen lijkt het er op dat de grote mate van variatie in de gegevenssets van Gaslaan en Depot A wel beter aansluit op de variatie die in partijen grond wordt gevonden. Van organische, zowel als voor andere stoffen (= niet-metalen) waarop in het kader van het Bouwstoffenbesluit zou kunnen worden getoetst, zijn echter (vrijwel) geen geschikte gegevens beschikbaar. Indien een betere onderbouwing van het protocol grond is gewenst, is het noodzakelijk dergelijke informatie over partijen grond te verzamelen.

Wordt gekeken naar de relevantie van de gemaakte modelrealisaties dan gaat het met name om de vraag of de in de praktijkevaluatie waargenomen grootschalige heterogeniteit ook binnen de series van modelrealisaties aanwezig is. Dit blijkt het geval te zijn. Op basis van deze summiere (2 partijen) validatie, alsmede op basis van de grootschalige heterogeniteit die in de oorspronkelijke drie gegevenssets aanwezig was, mag voorzichtig worden geconcludeerd dat de hogere modelrealisaties (weinig grootschalige heterogeniteit) voor de in de praktijk aan te treffen partijen grond relevanter zijn dan de lagere modelrealisaties. Dit betekent dat er inderdaad, zonder verlies aan betrouwbaarheid, meerdere grepen per boring mogen worden genomen (zie 0.1.6). Om de onderlinge correlatie tussen de grepen te beperken dient de afstand tussen de grepen wel zo groot mogelijk te zijn. Voorgesteld wordt tenminste 0,5 maar bij voorkeur 1 m.

0.2.3 Modelleren en bemonstering partijen

Omdat in de praktijkevaluatie een "uitgebreide" karakterisering van de partijen is uitgevoerd door middel van de analyse van 50 individueel genomen grepen, was het mogelijk om voor elk van de beide partijen en de drie daarin onderzochte meta-

len een modelrealisatie te maken. Bij deze modelrealisaties is dezelfde ruimtelijke correlatie gebruikt als in de gegevens van deze partijen werd waargenomen. Vervolgens zijn deze zes modelrealisaties (computermatig) bemonsterd in overeenstemming met de in de praktijk toegepaste monsterneming. De uit de praktijkevaluatie voortkomende analyseresultaten van de monsterneming conform de uitgevoerde variant op het interim-protocol kunnen daarmee worden vergeleken met het berekende 95 %-interval voor de concentraties in deze partijen. Wel moet daarbij een correctie worden uitgevoerd voor de spreidingsbijdragen van monstervoorbehandeling en analyse, deze zijn immers niet in het model verdisconteerd. Indien hiervoor een bijdrage van 20 % wordt gerekend, qua orde van grootte in overeenstemming met het monstervoorbehandelingsonderzoek bij het opstellen van het interim-protocol grond, dan blijkt dat de waarnemingen, met uitzondering van één waarneming van koper in de partij "schone" grond, daadwerkelijk binnen dit 95 %-interval vallen.

0.2.4 Uitvoerbaarheid monsterneming

Voor de praktijkevaluatie is, in overleg met de begeleidingscommissie en het deskundigenoverleg deelproject 3 Ministeriële Regeling Bouwstoffenbesluit, uitgegaan van een variant op het interim-protocol grond waarbij het aantal boringen is beperkt en waarbij per boring om de meter een greep is genomen. De plaats van de boringen is aselekt vastgesteld terwijl de plaats van de eerste greep (verticaal) eveneens aselekt is vastgesteld. Gezien de depothoogte van de beide bemonsterde partijen (4 en 5 m) zijn er 25 respectievelijk 20 boringen uitgevoerd.

Het blijkt noodzakelijk om de monsternemers duidelijk te instrueren met betrekking tot het aselekt nemen van monsters om probabilistische monsterneming te garanderen. Verder blijkt het lastig om de boor- en monsternemingspunten goed te definiëren indien er sprake is van een depot met variërende hoogte (b.v. conisch gestorte partij). Dit probleem kan echter relatief eenvoudig worden opgelost met behulp van een simpel computerprogramma.

In de uitgevoerde variant op het interim-protocol moet 100 meter worden geboord om de gewenste 100 grepen te krijgen. Gezien het aantal te boren meters is het op basis van deze variant veelal niet mogelijk om routinematig met één ploeg monsternemers in één dag een partij volledig te bemonsteren (onder andere afhankelijk van het type grond, de mate van consolidatie en de hoogte van het depot). Daarom is in het voorgestelde protocol grond de onderlinge afstand tussen de in één boring te nemen monsters verminderd tot tenminste 0,5 m.

0.2.5 Uitvoerbaarheid monstervoorbehandeling en analyse

In het laboratorium blijkt het nu nog problematisch te zijn om voor de metaalanalyses meer dan de gebruikelijke 1 grams analysemonsters toe te passen. Gezien de resultaten van het onderzoek naar de monstervoorbehandeling uitgevoerd in het kader van het ontwikkelen van het interim-protocol grond, is dit echter wel van belang. Overigens is er geen sprake van onoverkomelijke bezwaren. Op korte termijn

leidt het opwerken van monsters van 5 tot 10 gram tot extra handelingen in het laboratorium. Daarmee zal naar verwachting ook een (geringe) extra bijdrage aan de variatie die uit dit deel van het onderzoekstraject voorkomt ontstaan. Gezien de variatie die voortkomt uit de monstervoorbehandeling mag worden aangenomen dat het hier om een verwaarloosbare bijdrage zal gaan. Voor de langere termijn kan door opschaling van de huidige werkwijze wel met dergelijke grotere analysemonsters worden gewerkt. Bovendien kan worden opgemerkt dat dit probleem uitsluitend speelt voor de metaalanalyses.

Ook blijkt het problematisch om een monster te verkleinen tot 125 μm ; het malen van een relatief grote hoeveelheid grond tot 125 μm is niet praktisch uitvoerbaar, een vereenvoudiging van de procedure is daarom op dit punt gewenst. Dit probleem was ook reeds geconstateerd bij het monstervoorbehandelingsonderzoek in het kader van de ontwikkeling van het interim-protocol grond. Door in het protocol grond een iets gewijzigde monstervoorbehandelingsprocedure in te voeren, waarbij het gehele monster voor de bepaling van anorganische stoffen wordt verkleind tot 500 μm en alleen het analysemonster wordt verkleind tot 125 μm , is dit probleem echter opgelost.

0.3 Protocol grond

Op basis van de in dit onderzoek verkregen resultaten kan worden vastgesteld dat het protocol grond slechts in beperkte mate zal afwijken van het interim-protocol grond. Evenals in het interim-protocol grond is het protocol grond van toepassing op partijen van maximaal 2000 ton en moeten in het protocol grond 100 grepen uit de partij worden genomen. Voor de meeste partijen schone grond zal gelden dat er meerdere grepen per boring mogen worden genomen. Het aantal boringen dient zodanig te zijn dat de minimale verticale afstand tussen de grepen tenminste 0,5 m bedraagt, terwijl elke boring over de gehele hoogte/diepte van het depot wordt doorgezet. Op die wijze wordt een probabilistische monsterneming gerealiseerd. Daarmee is het aantal te boren meters groter of gelijk aan 50. De plaats van de eerste greep in een boring (tussen depot-oppervlakte en tenminste 0,5 m onder depot-oppervlak) wordt eveneens aselekt vastgesteld, terwijl daarna de afstand tussen de grepen constant wordt gehouden ($\geq 0,5$ m).

Bij de monstervoorbehandeling worden de verkregen mengmonsters voor de bepaling van anorganische stoffen eerst vermalen tot 95 % < 500 μm en worden uiteindelijk alleen de analysemonsters verkleind tot 125 μm . Ter controle van de uitgevoerde handelingen dient de verhouding tussen de beide waarnemingen te worden vergeleken met een controlewaarde waarvoor de waarde 2,5 is gekozen.

De kosten van een dergelijke toetsing bedragen, wanneer er 50 m wordt geboord en er geen rekening wordt gehouden met eventuele (kwantum) kortingen, per partij naar schatting f 3.000,= (prijspeil 1995). Deze kosten zijn als volgt opgebouwd:

- monsterneming f 1.210,=
- monstervoorbehandeling f 480,= (f 240,= per mengmonster)

- analyse $\frac{f\ 1.300,=}{f\ 2.990,=} + (f\ 650,= \text{ per mengmonster})$

In deze kostenschatting is voor de analyse het normale pakket pakket van NVN 5740 gebruikt dat wordt toegepast om vast te stellen of de aanname dat een bodem niet is verontreinigd juist is. Dit betekent dat wordt geanalyseerd op: droge stof, lutum, humus, EOX, 8 metalen, minerale olie en PAK's. De analyse van alle 15 in het bouwstoffenbesluit genoemde metalen leidt naar verwachting slechts tot geringe meerkosten.

Inhoud

blz

0.	Samenvatting	2
0.1	Modelonderzoek	2
0.1.1	Beoordelingscriterium	2
0.1.2	Beoordeling varianten op het interim-protocol	3
0.1.3	Twee analyseresultaten	3
0.1.4	Toetsen kleinere partijen	3
0.1.5	TCB-methode	4
0.1.6	Meer grepen per boring	4
0.2	Praktijkevaluatie	4
0.2.1	Partijen	4
0.2.2	Valideren modelonderzoek	5
0.2.3	Modellering en bemonstering partijen	5
0.2.4	Uitvoerbaarheid monsterneming	6
0.2.5	Uitvoerbaarheid monstervoorbehandeling en analyse	6
0.3	Protocol grond	7
1.	Inleiding	13
2.	Model onderzoek	
	de totstandkoming van de modelrealisaties	15
2.1	Inleiding	15
2.2	Probleemstelling	15
2.3	Conditionerende gegevens	17
2.3.1	Randvoorwaarden	17
2.3.2	Beschikbare partijen	21
2.3.2.1	"Depot A"	21
2.3.2.2	Lood achtergrondgehalten	22
2.3.2.3	Gegevens achtergrondgehalten Edelman	23
2.3.2.4	Gegevens landelijk meetnet bodemkwaliteit	27
2.3.2.6	Gegevens praktijktoetsing "Keuringsmethode procesmatige gereinigde grond"	27
2.3.2.7	Onderzoeken naar cyanidegehalte bij proefreinigingen	28
2.3.2.8	Onderzoek naar monstergrootte	30
2.3.2.9	Bodemsaneringsonderzoeken	31
2.3.2.10	Achtergrondgehalten Rokkeveen	32
2.3.3	Keuze van de conditionerende gegevens	34
2.4	Beschrijving ruimtelijke correlatiestructuur	35
2.4.1	Schaalgrootte van het model	35
2.4.2	Statistische verdeling van de modelrealisaties	36

2.4.3	Ruimtelijke correlatie in de modelrealisaties	37
2.5	Constructie van de modelrealisaties	39
2.5.1	Modelconcept	39
2.5.2	Conditionele simulatie	39
2.5.3	Stapsgewijze aanpak	40
2.5.4	Variatie in heterogeniteit	40
2.5.5	Keuze van het semi-variogramtype	41
2.5.6	Gemiddelde en standaardafwijking	44
2.5.7	De realisaties	44
2.6	Relatie met de werkelijkheid	47
2.6.1	(Grootschalige) heterogeniteit	47
2.6.2	Segregatiepatronen en de vorm van de partij	48
3.	Model onderzoek	
	de toetsing van monsternemingsstrategieën	50
3.1	Verschillende monsternemingsstrategieën	50
3.2	Toetsingskosten	53
3.3	Monsterneming op basis van het interim-protocol grond	55
3.4	Toetsen van deelpartijen, kans op het uitmiddelen van een ernstige verontreiniging	61
3.5	Toetsen van eenheden van 25 m ³	65
3.6	Varianten op het interim-protocol grond	
	verminderd aantal grepen	70
3.6.1	Interim-protocol variant met 50 grepen	70
3.6.2	Interim-protocol variant met 80 grepen	73
3.6.3	Interim-protocol variant met 200 grepen	76
3.6.4	Interim-protocol varianten met 10 en 30 grepen	79
3.6.5	Afweging van een geschikt aantal grepen	81
3.7	Varianten op het interim-protocol grond	
	meerdere grepen per boring	84
3.7.1	Interim-protocol variant met 4 grepen per boring (25 boringen)	86
3.7.2	Interim-protocol variant met 8 grepen per boring (12,5 boringen)	87
3.7.3	Afweging van de mogelijkheid om meerdere grepen per boring te nemen	89
3.8	Toepassing van het toetsingsprotocol bouwstoffen op de modelrealisaties	92
3.8.1	Toetsingsprotocol bouwstoffen met een greepgrootte van 340 gram	93
3.8.2	Toetsingsprotocol bouwstoffen met een greepgrootte van 1 kilogram	96
3.8.3	Effect van het vergroten van de greepgrootte	99
3.9	Beperkte toetsingsinspanning voor kleinere partijen	101
3.10	Conclusies met betrekking tot de monsternemingsstrategie	102

4.	Praktijkevaluatie	106
4.1	Doelstelling en randvoorwaarden	106
4.2	Opzet praktijkevaluatie	106
4.3	Resultaten.....	108
4.3.1	Selectie van de partijen.....	108
4.3.2	Vaststellen "werkelijke waarde"	108
4.3.2.1	Partij A	108
4.3.2.2	Partij B	109
4.3.3	Uitvoering van het concept protocol grond	110
4.3.3.1	Monsternemingsstrategie.....	110
4.3.3.2	Analyseresultaten concept protocol grond	110
4.4	Interpretatie en evaluatie	111
4.4.1	Beperkte toetsing van de juistheid van het model en de betrouwbaarheid van het concept protocol grond	111
4.4.1.1	Partij A	113
4.4.1.2	Partij B	114
4.4.1.3	Conclusies	114
4.4.2	Praktische uitvoerbaarheid van het concept protocol grond	114
4.4.2.1	Monsterneming	115
4.4.2.2	Monstervoorbehandeling	117
4.4.2.3	Destructie en analyses	118
4.5	Aanvullende informatie	119
4.5.1	Kleinschalige heterogeniteit	120
4.5.2	Grootschalige heterogeniteit	121
4.6	Conclusies van de praktijkevaluatie	121
5.	Monstervoorbehandeling	123
5.1	Aanwezige metaaldeeltjes.....	123
5.1.1	Probleemstelling	123
5.1.2	Afspraak.....	123
5.2	Malen tot 125 μm	124
5.2.1	Probleemstelling	124
5.2.2	Afspraak.....	124
5.3	Grootte analysemonster	126
5.3.1	Probleemstelling	126
5.3.2	Afspraak.....	126
5.4	Kwik.....	126
5.4.1	Probleemstelling	126
5.4.2	Afspraak.....	126
6.	Onderbouwing van het protocol grond	129
6.1	Doelstelling	129
6.2	Monsterneming	130
6.3	Monstervoorbehandeling	131

6.4	Opwerking en analyse	131
6.5	Toetsing	132
7.	Voorstel protocol grond	134
7.1	Termen en definities	134
7.2	Doel en toepassingsgebied	134
7.3	Monsterneming	135
7.3.1	Monsternemingsplan en monsternemingsformulier	135
7.3.2	Partij definitie	135
7.3.3	Vaststellen van de te realiseren kwaliteit	136
7.3.4	Monsternemingsstrategie	136
7.3.4.1	Monsternemingsstrategie bij grootschalige heterogeniteit	136
7.3.4.2	Monsternemingsstrategie bij afwijkende delen in de partij	137
7.3.4.3	Monsternemingsstrategie in overige situaties	137
7.4	Monsteropslag en -conservering	138
7.5	Monstervoorbehandeling	138
7.5.1	Monstervoorbehandeling voor de bepaling van vluchtige stoffen	139
7.5.2	Monstervoorbehandeling voor de bepaling van matig- vluchtige stoffen	139
7.5.3	Monstervoorbehandeling voor de bepaling van lutum organisch stof en droge stof gehalte	140
7.5.4	Monstervoorbehandeling voor de bepaling van niet- vluchtige stoffen	140
7.6	Bepaling lutum, organisch stof en droge stof gehalte	141
7.7	Opwerking en analyse	141
7.7.1	Opwerking en analyse van vluchtige stoffen	142
7.7.2	Opwerking en analyse van matig-vluchtige stoffen inclusief metallisch kwik en niet-vluchtige kwikverbindingen	142
7.7.3	Opwerking en analyse van niet-vluchtige stoffen	143
7.8	Vaststelling gemiddelde meetwaarde en verhouding tussen de meetwaarden	143
7.9	Rapportage van het onderzoek	144
7.10	Toetsing ter vaststelling van een overschrijding	144
8.	Conclusies	145
9.	Referenties	147
	Verantwoording	149

1. Inleiding

Het bouwstoffenbesluit maakt bij partijen grond onderscheid tussen partijen schone grond (concentraties onder de streefwaarden) en partijen grond die niet schoon zijn (concentraties boven de streefwaarden). Schone grond valt buiten het werkingsgebied van het bouwstoffenbesluit en mag zonder restricties in of op de bodem worden gebracht. Ten behoeve van de toetsing of een partij grond aan deze voorwaarde voldoet is, mede ten gevolge van het feit dat in het project Bodem-grond-bodem (zaaknummer 93.11.0419) is geconcludeerd dat een onderzoek van de bodem conform NVN 5740 hiertoe niet voldoet [1], in 1994 door TNO een toetsingsprotocol ontwikkeld voor grond¹ (zaaknummer 94.11.0112) [2]. Dit, inmiddels door het ministerie van VROM vastgestelde, "interim-protocol grond" is bedoeld om, *ten behoeve van de handhaving*, met een voldoende mate van betrouwbaarheid vast te kunnen stellen of een partij grond daadwerkelijk voldoet aan de streefwaarde. Bij het opstellen van het interim-protocol grond is, in overleg met de opdrachtcoördinator van VROM, het SCG en de bij het project betrokken begeleidingscommissie, vastgesteld dat de experimentele onderbouwing van het protocol zich zou richten op de monstervoorbehandeling. Dit naar aanleiding van het door het SCG geconstateerde "casino-effect" waarbij door heterogeniteit binnen een monster bij het toetsen van grond eigenlijk "elke" willekeurige concentratie kan worden gemeten. Als gevolg van enerzijds de tijdsdruk waaronder het interim-protocol tot stand moest komen en anderzijds het gegeven dat eerst de problematiek rond de monstervoorbehandeling moet zijn opgelost alvorens de monsterneming kan worden geoptimaliseerd, is bij de ontwikkeling van het interim-protocol geen experimentele onderbouwing geleverd van de monsterneming. Onder de aanname dat:

- de maximale variatiecoëfficiënt van uit een partij schone grond genomen monsters 100 % bedraagt;
- de variatiecoëfficiënt ten gevolge van spreiding in de monstervoorbehandeling en analyse in de orde van grootte van 10 % ligt (hetgeen binnen het project op beperkte mate met experimenteel werk is onderbouwd);

is gekozen voor het nemen van 100 grepen, samen te voegen tot twee mengmonsters. Daarmee mag worden verwacht dat de variatie in de monsterneming van gelijke orde van grootte is als de variatie in monstervoorbehandeling en analyse, namelijk 10 %.

Door het ministerie van VROM wordt gewerkt aan de inwerkingtreding van de Ministeriële Regeling Bouwstoffenbesluit. Voor de volgende fase van de inwerkingtreding moet het interim-protocol grond worden vervangen door een definitief protocol. In een workshop met betrekking tot de overgang van het interim-protocol grond naar een definitief protocol op 10 november 1994 is geconcludeerd dat, hoewel er met betrekking tot de monstervoorbehandeling zeker nog vragen moeten

¹ Bodem en grond: Er is sprake van grond op het moment dat de bodem wordt ontgraven: grond is derhalve altijd gerelateerd aan partijen. Het protocol grond is van toepassing op partijen grond en *niet* van toepassing op het onderzoeken van de bodem.

worden beantwoord, de onderzoeksinspanning zich toch vooral moet richten op de monsterneming [3].

Voorts is geconcludeerd dat het onderzoek van de monsterneming in eerste instantie modelmatig moet worden uitgevoerd, om vervolgens de uitkomsten van deze modelmatige studie in de praktijk te toetsen.

In dit rapport worden de resultaten van het uitgevoerde onderzoek weergegeven en wordt een voorstel voor het protocol grond gedaan.

Het rapport bestaat uit twee delen. In het onderhavige deel 1 van het rapport wordt verslag gedaan van de uitgevoerde werkzaamheden, worden de (belangrijkste) resultaten weergegeven en wordt het protocol grond afgeleid. In deel 2 van het rapport zijn alle bijlagen opgenomen. Hierin zijn ondermeer de in het onderzoek gebruikte modelrealisaties weergegeven en de verdelingen van de gemiddelde concentratie zoals die voor verschillende monsternemingsstrategieën zijn berekend.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van VROM, zaaknummer 95.11.0110.

2. Model onderzoek: de totstandkoming van de modelrealisaties

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op het model waarmee het onderzoek is uitgevoerd. Alvorens nader op het model in te gaan is het relevant om drie termen te definiëren:

- | | |
|--------------------------|--|
| model | : indien over het "model" wordt gesproken worden daarmee de conceptuele uitgangspunten van het model bedoeld. Welke uitgangspunten dit zijn komt nog aan de orde. Het "model" bestaat uit een set van computerprogramma's en basisparameters. |
| modelrealisatie | : een modelrealisatie is een getalsmatig uitgedrukte partij grond, waarbij zowel <i>alle</i> aan de gedefinieerde greepgrootte gerelateerde concentraties als de ruimtelijke verdeling van deze concentraties zijn vastgelegd. De modelrealisaties zijn dus de "modelpartijen" waarmee in het onderzoek wordt gewerkt. Het zijn uitputtende modelrealisaties, hetgeen betekent dat, op de gekozen schaalgrootte, alle getallen (concentraties) binnen de partij zijn vastgelegd. |
| conditionerende gegevens | : de conditionerende gegevens zijn de getallen (waarnemingen) op basis waarvan met het model, door middel van conditionele simulatie, de modelrealisaties worden berekend. De conditionerende gegevens zijn in belangrijke mate bepalend voor de modelrealisaties en dienen derhalve met zorg te worden geselecteerd. |

2.2 Probleemstelling

Voor het ontwikkelen van een protocol voor de beoordeling van grond is inzicht noodzakelijk in de grootte van de verschillende spreidingsbronnen die gezamenlijk bijdragen aan de (on)betrouwbaarheid van het eindresultaat. Deze spreidingsbronnen zijn [4, 5]:

- de monsternemingsfout
- de monstervoorbehandelingsfout
- de totale analysefout

Binnen elk van deze fouten kunnen nog een (groot) aantal andere fouten worden onderscheiden. Vastgesteld kan worden dat de grootte van alle drie deze fouten-

bronnen onbekend, of slechts in beperkte mate bekend, is. In het kader van het Actieprogramma Normalisatie en Validatie van Milieumeetmethoden wordt voor verschillende analysenormen validatie-onderzoek uitgevoerd op basis waarvan de totale analysefout kan worden gekwantificeerd. Dit geldt eveneens voor de monstervoorbehandeling van organische parameters. Een eerste aanzet tot het kwantificeren van de monstervoorbehandelingsfout voor de anorganische parameters heeft plaatsgevonden in het kader van het opstellen van het interim-protocol grond [2]. De grootte van de monsternemingsfout is nog onbekend.

Bij het definiëren van de grootte van de monsternemingsfout is het van belang om onderscheid te maken in de fout die ontstaat door de heterogeniteit van het te be-monsteren materiaal en de fout die ontstaat ten gevolge van de uit te voeren (technische) handelingen. De fout die resulteert uit de heterogeniteit van de partij is direct gerelateerd aan de monsternemingsstrategie waarmee de partij wordt be-monsterd. De fout die resulteert uit de uit te voeren handelingen is eveneens nog niet gekwantificeerd, maar voor de handelingen zelf zijn wel normen beschikbaar die als uitgangspunt hebben om de monsternemingsfout voortkomend uit de handelingen zoveel mogelijk te beperken [6, 7, 8].

Dit betekent dat ten behoeve van het maken van een definitief protocol voor de toetsing van partijen grond inzicht in de monsternemingsfout gerelateerd aan de heterogeniteit van dergelijke partijen het belangrijkste aandachtspunt vormt. Er moet worden vastgesteld welke monsternemingsstrategie moet worden toegepast, waarbij het uitgangspunt is dat de fout die uit de monsterneming resulteert van dezelfde orde van grootte moet zijn als de fout die resulteert uit monstervoorbehandeling en analyse (circa 10 - 20 %, zie [2]).

Idealiter zou voor het vaststellen van de heterogeniteit van partijen schone grond gebruik worden gemaakt van een groot aantal gegevenssets van dergelijke partijen. Het blijkt echter dat dergelijke gegevens vrijwel volledig ontbreken. Dit wordt veroorzaakt doordat voor het beschrijven van de heterogeniteit in een partij grond een groot aantal individueel geanalyseerde monsters noodzakelijk is en de kosten van een dergelijk onderzoek daarmee hoog zijn. Daarmee kan het onderzoek niet worden gebaseerd op "archief"-gegevens.

Een tweede mogelijkheid voor het uitvoeren van dergelijk onderzoek is het in de praktijk onderzoeken van partijen grond, waarbij het onderzoek van een groot aantal partijen van belang is om de uitkomsten van het onderzoek te kunnen generaliseren. Dit betekent dat, ten gevolge van het noodzakelijke grote aantal analyses, er hoge kosten met een dergelijk onderzoek gepaard gaan.

Een derde mogelijkheid voor het uitvoeren van het onderzoek is het modelmatig beschrijven van de heterogeniteit in partijen en het toepassen van deze modellen voor het onderzoeken van verschillende monsternemingsstrategieën. Een dergelijke aanpak heeft als duidelijk nadeel dat de modelmatige beschrijving - en daarmee de uitkomsten van het onderzoek - net zo slecht (of goed !) zijn als de model-aannames die voor het model zijn gebruikt. Een duidelijk voordeel voor een dergelijke aanpak is het gegeven dat wanneer de modellen eenmaal beschikbaar zijn, er

vele verschillende monsternemingsstrategieën relatief goedkoop op kunnen worden getest.

Voortkomend uit de workshop die naar aanleiding van het verschijnen van het interim-protocol grond is gehouden, is geconcludeerd dat een modelstudie op dit moment de voorkeur verdient [3]. Een vorm van "validatie" van het model wordt evenwel essentieel geacht.

Als model voor het simuleren van partijen grond is gekozen voor "conditionele simulatie". Bij de conditionele simulatie wordt een ruimtelijk patroon van de verontreiniging gesimuleerd op basis van:

1. Een conditionerende gegevensset (meetresultaten op een aantal locaties in de ruimte die door het model wordt beschreven).
2. Een wiskundige beschrijving van de ruimtelijke correlatiestructuur (de wijze waarop de gegevens in de ruimte aan elkaar zijn gerelateerd).

Om tot zo realistisch mogelijke modelrealisaties te komen is zowel de keuze van de conditionerende gegevens van belang als de wijze waarop de ruimtelijke correlatiestructuur wordt beschreven. De keuze van de conditionerende gegevens is nader uitgewerkt in paragraaf 2.3. De wijze waarop de ruimtelijke correlatiestructuur is gedefinieerd komt aan de orde in paragraaf 2.4 en 2.5.

2.3 Conditionerende gegevens

Zoals aangegeven in paragraaf 2.2 is het van belang dat bij het maken van de modelrealisaties zo veel mogelijk wordt voldaan aan de werkelijkheid. Hiermee moet ondermeer rekening worden gehouden bij het kiezen van de conditionerende gegevens.

Om op eenvoudige wijze aan deze voorwaarde te kunnen voldoen zou bij voorkeur gebruik worden gemaakt van gegevens die uit werkelijke partijen grond zijn verkregen. Zoals echter reeds in paragraaf 2.2 is aangegeven ontbreken dergelijke gegevens vrijwel volledig. In deze paragraaf worden daarom eerst de randvoorwaarden gedefinieerd waaraan eventuele gegevenssets moeten voldoen, waarna een inventarisatie wordt gegeven van de beschikbare gegevens. Gerelateerd aan de gestelde randvoorwaarden worden vervolgens drie gegevenssets gekozen. Deze gang van zaken is in de vergadering van de begeleidingscommissie d.d. 10 mei 1995 afgesproken, waarbij een aantal leden van de begeleidingscommissie de gemaakte keuze nog is voorgelegd [9].

2.3.1 Randvoorwaarden

Aan de te kiezen conditionerende gegevenssets worden de volgende randvoorwaarden verbonden:

1. de gegevens dienen afkomstig te zijn uit reële partijen grond;

2. de gegevens dienen naast de concentratie van de gemeten parameter tevens de coördinaten van de monsternemingspunten te bevatten;
3. de gegevens dienen in de concentratie-range van de streefwaarde te liggen;
4. er dienen tenminste enige tientallen gegevens beschikbaar te zijn;
5. de gegevens dienen enige mate van variatie te vertonen;
6. de gegevens dienen onderling te verschillen, zodanig dat hiermee een zo breed mogelijke range van mogelijke partijen grond wordt omschreven;

ad 1: uit reële partijen:

Gezien de noodzaak om aan te sluiten bij de werkelijkheid dienen ook de gegevens uit de werkelijkheid afkomstig te zijn. Dit betekent uit partijen schone of bijna schone grond met een partijgrootte die qua orde van grootte overeenkomt met de partijgroottes waarop het interim-protocol grond van toepassing is. Zoals echter reeds eerder gesteld zal het niet mogelijk blijken om voor alle gegevenssets gebruik te maken van onderzochte *partijen* schone of bijna schone grond. Gegevens die werkelijk van onderzochte partijen afkomstig zijn verdienen de voorkeur, maar anders moet er van andere reële gegevens gebruik worden gemaakt. Wijkt de schaalgrootte waarop de waarnemingen zijn gedaan af van de schaalgrootte van de partijen (maximaal 2000 ton, zie het interim-protocol grond) dan heeft dit tot gevolg dat er bij de realisatie van het model een transformatie van de schaalgrootte plaatsvindt. De gegevens van een grotere of kleinere hoeveelheid grond worden in het model toegekend aan een hoeveelheid van 2000 ton. Indien mogelijk wordt dit laatste voorkomen, aangezien variaties die op verschillende schaalgroottes voorkomen en die bepalend zijn voor de mate van heterogeniteit, bij een dergelijke transformatie aan een andere (= kleinere) schaalgrootte worden toegekend.

Dus:

1. indien mogelijk gegevens uit werkelijke partijen met een partijgrootte in de orde van grootte van 2000 ton;
2. indien dit niet mogelijk is andere reële gegevens met een schaalgrootte overeenkomstig de partijen grond;
3. indien ook dit niet mogelijk is moet de schaalgrootte van de gegevens afkomstig uit partijen of andere bron worden vertaald naar de schaalgrootte van de partijen grond.

ad 2: concentraties en coördinaten:

Ten behoeve van de ruimtelijke modellering van de heterogeniteit van de partij dienen niet slechts de concentraties die in de partij zijn gemeten bekend te zijn, maar ook de coördinaten van de meetpunten. Voor werkelijke partijen grond is dit bijzonder ongebruikelijk, hetgeen betekent dat dergelijke gegevens slechts bij uitzondering beschikbaar zijn. Indien van partijen wel de concentraties bekend zijn maar geen coördinaten kunnen deze eventueel aan de concentraties worden toegekend. Dit heeft echter als belangrijk nadeel dat een heterogeniteit wordt beschreven die niet met de werkelijkheid overeen hoeft te komen, afhankelijk van de vraag in hoeverre de toegekende coördinaten overeenstemmen met de werkelijke coördinaten van de monsterneming.

Een aparte categorie zijn partijen grond die zijn bemonsterd vanaf een transportband en waarvan de monsternemingstijden bekend zijn. In een dergelijke situatie is de temporele heterogeniteit eventueel wel gedefinieerd en kan deze, indien beschikbaar, gelijk worden gesteld aan de ruimtelijke heterogeniteit. Ook hiervoor zijn echter niet gefundeerde transformaties noodzakelijk.

Een tweede aparte categorie wordt gevormd door partijen waarvan slechts in twee dimensies monsters beschikbaar zijn (vaste diepte of laag). Ook hier zijn niet gefundeerde transformaties noodzakelijk om tot een drie-dimensionaal gedefinieerde partij te komen.

Dus:

1. indien mogelijk gegevens gebruiken die ook ruimtelijke coördinaten hebben;
2. indien dit niet mogelijk is gebruik maken van partijen waarbij de temporele heterogeniteit is gedefinieerd of de ruimtelijke variabiliteit slechts twee-dimensionaal is gedefinieerd en deze transformeren naar drie-dimensionale ruimtelijke heterogeniteit;
3. indien ook dit niet mogelijk is moeten de ruimtelijke coördinaten aan de gegevens worden toegekend.

ad 3: streefwaardenniveau:

Omdat bekend is dat de variatie toeneemt bij toenemende concentratie verdient het de voorkeur om voor de beschrijving van de heterogeniteit van partijen op streefwaardenniveau, ook gebruik te maken van gegevens die in deze orde van grootte liggen. Daarmee wordt voorkomen dat een grotere heterogeniteit door het model wordt toegekend dan voor partijen schone grond aanwezig mag worden verondersteld. Alleen indien geen gegevens van partijen op het concentratieniveau van de streefwaarde beschikbaar zijn kan er voor worden gekozen om voor de modellering gegevens van een hoger dan wel lager concentratieniveau te gebruiken.

Modellering op basis van concentraties onder streefwaardenniveau (en de daarmee samenhangende te verwachten geringe variabiliteit) is vanuit het oogpunt van het gebruik van gegevenssets waarmee ook afkeuringen kunnen voorkomen minder wenselijk dan gegevens op een concentratieniveau boven de streefwaarde (zie ook randvoorwaarde 5). Echter, indien deze laatste gegevens te ver boven de streefwaarde liggen zijn ook deze minder geschikt. Ten behoeve van de toetsing van de monsternemingsmethoden moet in het laatste geval nog wel een geschikte fictieve waarde voor de "streefwaarde" worden gekozen.

Dus:

1. indien mogelijk gegevens op streefwaardenniveau gebruiken;
2. indien dergelijke gegevens niet beschikbaar zijn gegevens op (iets) lager dan wel (iets) hoger concentratieniveau gebruiken;
3. indien ook dergelijke gegevens niet beschikbaar zijn gegevens gebruiken die (ver) boven streefwaardenniveau liggen.

ad 4: aantal waarnemingen:

Ten behoeve van een zinvolle ruimtelijke modellering van de heterogeniteit in de partij dienen de gegevenssets tenminste uit enkele tientallen (b.v. ≥ 50) waarne-

mingen te bestaan. Afhankelijk van de ruimtelijke correlatie die in de waarnemingen aanwezig is kan het wenselijk zijn dat een (aanzienlijk) groter aantal waarnemingen beschikbaar is. Gezien het feit dat in de modellering juist op de ruimtelijke correlatie (= heterogeniteit) wordt ingegrepen is een groter aantal waarnemingen voor het modelleren niet wezenlijk belangrijk. Dit is echter wel relevant voor de "validatie" van het model ten opzichte van de werkelijkheid. Daarvoor moet van de werkelijkheid een voldoende betrouwbaar beeld zijn verkregen. Zijn minder dan enkele tientallen waarnemingen beschikbaar dan is een gegevensset niet geschikt. Bij de selectie van mogelijke gegevenssets heeft dit punt meegewogen, zodanig dat in alle gevallen aan deze randvoorwaarde wordt voldaan (alleen voor sommige gegevens van Edelman, zie paragraaf 2.3.2.3, wordt hieraan niet voldaan).

Dus:

1. indien mogelijk gegevenssets met tenminste enkele tientallen waarnemingen (richting gevend: ≥ 50) gebruiken;
2. indien dit niet mogelijk is gegevenssets met minder waarnemingen gebruiken.

ad 5: mate van variatie:

Variatie in de waarnemingen is noodzakelijk om verschillende vormen van heterogeniteit te introduceren. De variatie in de waarnemingen dient zodanig te zijn dat er zowel waarnemingen onder als boven de streefwaarde voorkomen. Is dit niet het geval dan leidt elke monsternemingsstrategie waarschijnlijk tot dezelfde conclusie, namelijk altijd goed- of afkeuren. Eventueel kan in dat geval een fictieve streefwaarde worden gekozen. Ook kan extra variatie worden geïntroduceerd door het combineren van verschillende gegevenssets of door het toekennen van een aantal hoge waarden. Dit laatste is het minst te verkiezen, aangezien daarbij immers geen duidelijke relatie met de werkelijkheid meer bestaat.

Dus:

1. indien mogelijk variatie afkomstig van gegevens rond streefwaardeniveau;
2. indien dergelijke gegevenssets niet beschikbaar zijn variatie afkomstig van gegevens onder of boven streefwaardeniveau, maar wel zodanig dat dit kan leiden tot verschillende toetsingsuitspraken;
3. indien ook dergelijke gegevenssets niet beschikbaar zijn de gewenste mate van variatie introduceren door het combineren van gegevenssets;
4. indien ook dit niet mogelijk is de gewenste mate van variatie introduceren door het zelf toekennen van hoge waarden.

ad 6: onderlinge verschillen:

In de modelstudie zal worden gewerkt met drie verschillende sets van elk 10 modelrealisaties. Er zijn dus drie verschillende gegevenssets als conditionerende gegevens noodzakelijk. Er moet voor worden gezorgd dat deze drie gegevenssets zodanig van elkaar verschillen dat er onderling niet te veel vergelijkbaarheid aanwezig is. De belangrijkste punten zijn daarbij de mate van variatie in de gegevens (uitgedrukt als variatiecoëfficiënt) en de statistische verdeling van de gegevens. Daarmee wordt de range van mogelijke partijen die met de totale set van modelrealisaties (30) wordt beschreven zo breed mogelijk gedefinieerd en worden de uit

te testen monsternemingsstrategieën onder zoveel mogelijk verschillende condities getest. Indien de geselecteerde gegevenssets te veel met elkaar overeenstemmen moeten andere gegevenssets worden gekozen. Is dit bij gebrek aan verschillende sets niet mogelijk dan zal met de gekozen gegevenssets moeten worden gemanipuleerd. Vanuit het oogpunt van realiteit is dit laatste echter niet te verkiezen.

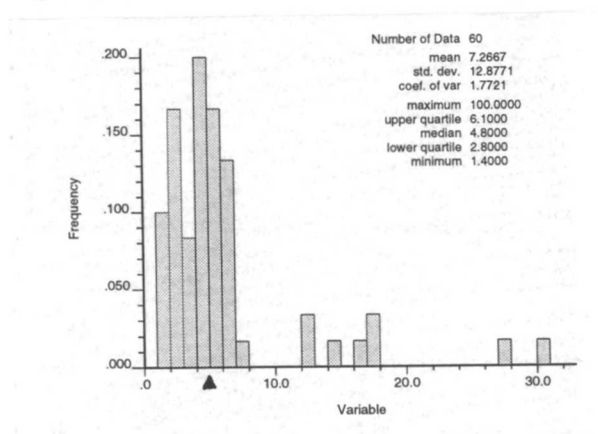
Op basis van het voorgaande kan worden gesteld dat ideale partijen voldoen aan de eerste prioriteitskeuze zoals gesteld onder de randvoorwaarden 1 tot en met 5. Wordt op één of meer randvoorwaarden niet voldaan aan de eerste prioriteitskeuze, dan zal een afweging tussen de verschillende beschikbare partijen moeten worden gedaan op basis van de prioriteitsvolgorde onder de punten 1 tot en met 5. Voor de uiteindelijke keuze van de te gebruiken drie gegevenssets geldt dat tevens moet worden voldaan aan voorwaarde 6.

2.3.2 Beschikbare partijen

In de navolgende paragrafen worden de belangrijkste gegevens van de beschikbare gegevenssets weergegeven en wordt vastgesteld aan welke voorwaarden uit paragraaf 2.3.1 wordt voldaan.

2.3.2.1 "Depot A"

Deze gegevens zijn afkomstig van een partij bovengronds opgeslagen grond in Den Haag. De partij bestaat uit de verwijderde bovengrond van een gasfabrieksterrein in Den Haag, maar werd in principe geacht schoon te zijn (cunetzand). De partij heeft een grootte van naar schatting 3000 ton. Van de partij zijn 60 monsters genomen die zijn geanalyseerd op cyanide (totaal). De statistische kenmerken zijn weergegeven in figuur 1¹.



Figuur 1 Histogram en statistische kenmerken gegevens "Depot A"

¹ In een deel van de histogrammen is het bereik van de x-as kleiner dan de breedte van de volledige verdeling van de gegevens. In dergelijke gevallen, waarbij het in de figuur gegeven maximum van de verdeling dus groter is dan de maximale waarde van de x-as, zijn in de laatste staaf van het histogram alle waarden groter dan de grootste waarde zoals aangegeven op de x-as weergegeven. Met een driehoekje onder de x-as is de streefwaarde weergegeven. Indien er geen driehoekje is weergegeven valt de streefwaarde buiten het bereik van de x-as.

Gerelateerd aan de streefwaarde voor cyanide (5 mg/kg) is de partij op basis van de gemiddelde concentratie (7,3 mg/kg) net verontreinigd. Er komen uitschieterende waarden voor, met een maximum van 100 mg/kg. De 60 monsters zijn op aselekt gekozen plaatsen binnen het depot genomen en de ruimtelijke coördinaten van alle monsternemingspunten zijn bekend.

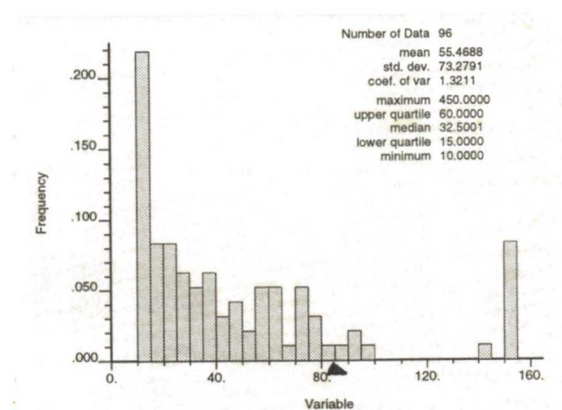
Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1, wordt aan deze gegevens de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 1 toegekend.

Tabel 1 Score van gegevens "Depot A" volgens criteria uit paragraaf 2.3.1

randvoorwaarde	prioriteit
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1

2.3.2.2 Lood achtergrondgehalten

Via TAUW Milieu zijn de achtergrondgehalten aan lood uit een wijk van de gemeente Arnhem verkregen. Deze gegevensset wordt eveneens toegepast in het door TAUW uitgevoerde project "Toetsen aan streefwaarden". De gegevensset bevat het loodgehalte over een diepte traject van 0 tot 0,5 m-mv (43 individuele monsters waarvan de coördinaten bekend zijn). Ook van de lagen 0,5 - 1,0 m-mv en 1,0 - 2,0 m-mv zijn een beperkt aantal analyseresultaten beschikbaar, echter alleen in de vorm van mengmonsters. Aangezien dit leidt tot variatiereductie en bovendien de coördinaten van de meting daarmee niet bekend zijn, vallen deze meetwaarden af. De monsternemingslocaties binnen de wijk zijn aan de hand van beschikbaar kaartmateriaal te bepalen; globaal heeft het een onderzochte gebied een oppervlak van 190 ha, waarmee de partijgrootte op circa $1,6 \times 10^6$ ton komt. De schaalgrootte is daarmee vele malen groter dan de schaalgrootte van partijen die in relatie tot het protocol grond in beschouwing worden genomen.



Figuur 2 Histogram en statistische kenmerken gegevens Pb achtergrondgehalten

De gemiddelde concentratie van de metingen bedraagt 55 mg/kg en ligt daarmee onder de streefwaarde voor de standaardbodem (85 mg/kg). De gegevensset bevat echter ook concentraties die boven de streefwaarde liggen (hoogste concentratie 450 mg/kg). De statistische kenmerken zijn weergegeven in figuur 2. Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1, wordt aan deze gegevens de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 2 toegekend.

Tabel 2 Score van gegevens lood achtergrondgehalten volgens criteria uit paragraaf 2.3.1

randvoorwaarde	prioriteit
1	3
2	2
3	1
4	2
5	1

2.3.2.3 Gegevens achtergrondgehalten Edelman

Een andere gegevensset die eveneens door TAUW Milieu in het project "Toetsen aan streefwaarden" wordt gebruikt is samengesteld uit gegevens van de door Edelman gemeten achtergrondgehalten. Door Edelman zijn de concentraties van ondermeer een groot aantal metalen bepaald in natuurterreinen verspreid over heel Nederland [10]. Een beperkt deel van deze gegevens is eventueel geschikt voor dit onderzoek, namelijk die metingen waarbij ook binnen één monsternemingsvak (10 bij 12 m) de individuele steken (42 stuks) zijn geanalyseerd. Voor de elementen arseen, cobalt, chroom, titaan, vanadium en zink is dit in vier natuurgebieden gedaan. Aangezien voor titaan en vanadium geen streefwaarden zijn gedefinieerd zijn deze elementen verder buiten beschouwing gelaten. De statistische kenmerken van de overige vier elementen voor de vier natuurgebieden staan weergegeven in figuur 3.

De metingen zijn gedaan aan de eerste 10 cm van de bodem, eventueel na verwijdering van de strooisellaag. Dit betekent dat de metingen komen uit een bodemvolume van 12 m³ (circa 20 ton). Hoewel de coördinaten van de monsternemingspunten niet zijn gegeven is wel het monsternemingspatroon bekend zodat de coördinaten alsnog kunnen worden vastgesteld. Er is slechts één bodemlaag bemonsterd. Eventueel kan, door de lagen van verschillende gebieden op een slimme manier "op elkaar te leggen" een drie-dimensionale gegevensset worden verkregen. In tabel 3 zijn de streefwaarden voor de betreffende natuurgebieden, vastgesteld op basis van het lokale lutum en organisch stof gehalte, weergegeven, tezamen met de gemiddelde concentratie van de vier elementen voor de vier natuurgebieden [10, 11].

Tabel 3 *Gemiddelde gehalten voor vier elementen in vier natuurgebieden op basis van de analyse van 42 steken per monsternemingsvak en de streefwaarden voor deze natuurgebieden. Bij de berekening van het gemiddelde gehalte per element per natuurgebied zijn in voorkomende gevallen waarbij concentraties onder de detectiegrens zijn gemeten niet meegenomen. Dit betekent dat, wanneer er minder dan 42 getallen beschikbaar zijn (zie figuur 3), het berekende gemiddelde een (geringe) overschatting van het werkelijke gemiddelde is.*

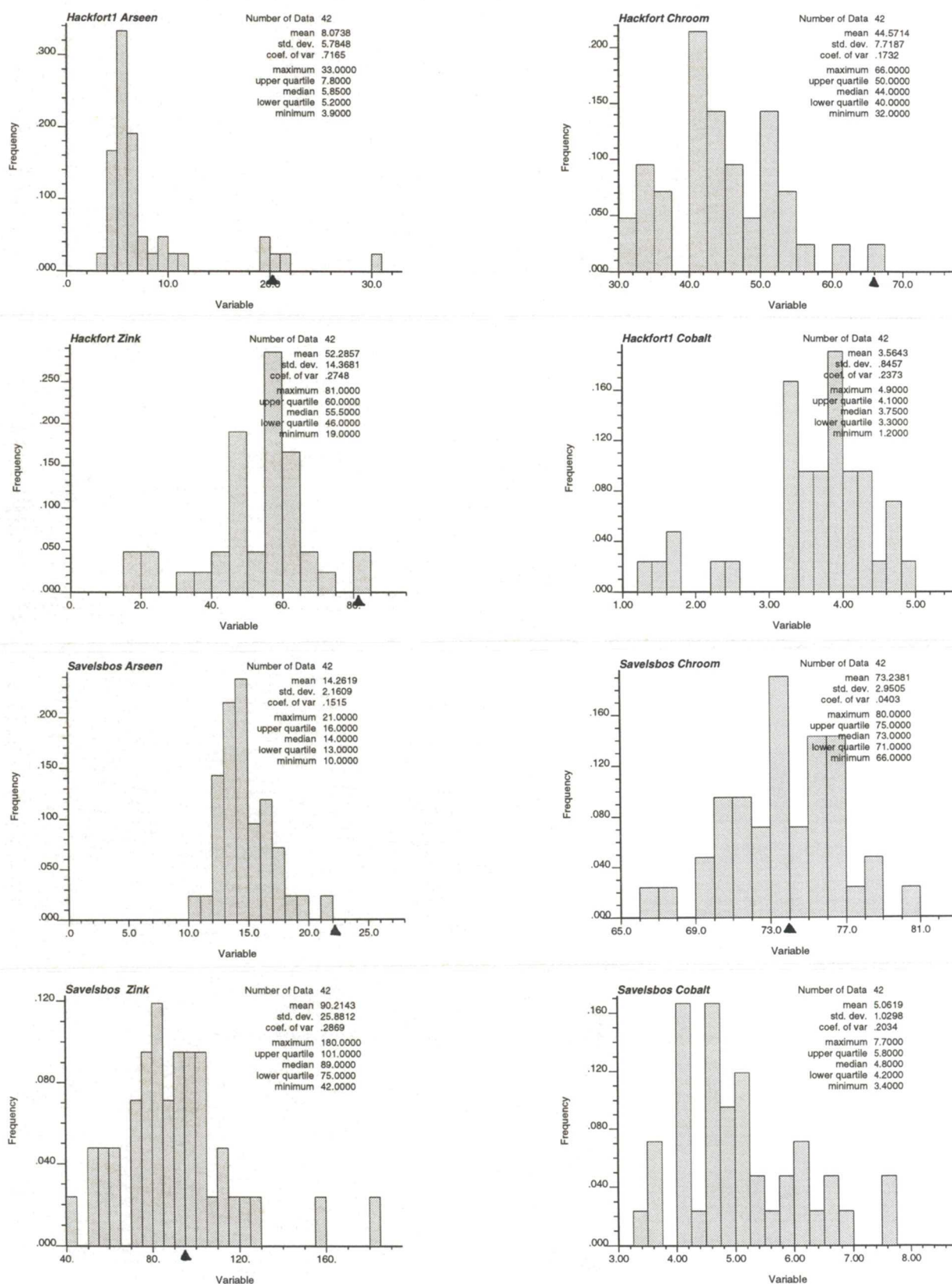
element	Arseen		Chroom		Zink		Cobalt	
natuurgebied	meting	streefw.	meting	streefw.	meting	streefw.	meting	streefw.
Hackfort	8.1	20.2	44.6	66.0	52.3	81.4	3.6	9.0
Savelsbos	14.3	22.3	73.2	74.0	90.2	95.3	5.1	12.0
Beuninger Achterheide	1.9	18.0	14.2	54.0	8.9	64.3	0.2	6.0
Kampinase Heide	3.1	18.9	40.1	54.0	16.1	67.7	0.5	6.0

Zoals blijkt uit tabel 3 en figuur 3 zijn verschillende typen verdelingen in deze gegevenssets beschikbaar. Overschrijdingen van de streefwaarde komen (uit de aard van de getallen) echter slechts in zeer beperkte mate voor en sterk uitschieterende waarnemingen komen in het geheel niet voor. Alleen de chroom en zink gehalten in Savelsbos vormen hierop een uitzondering. Het aantal waarnemingen bedraagt in de meeste gevallen 42, maar soms ook (aanzienlijk) minder en is daarmee relatief beperkt.

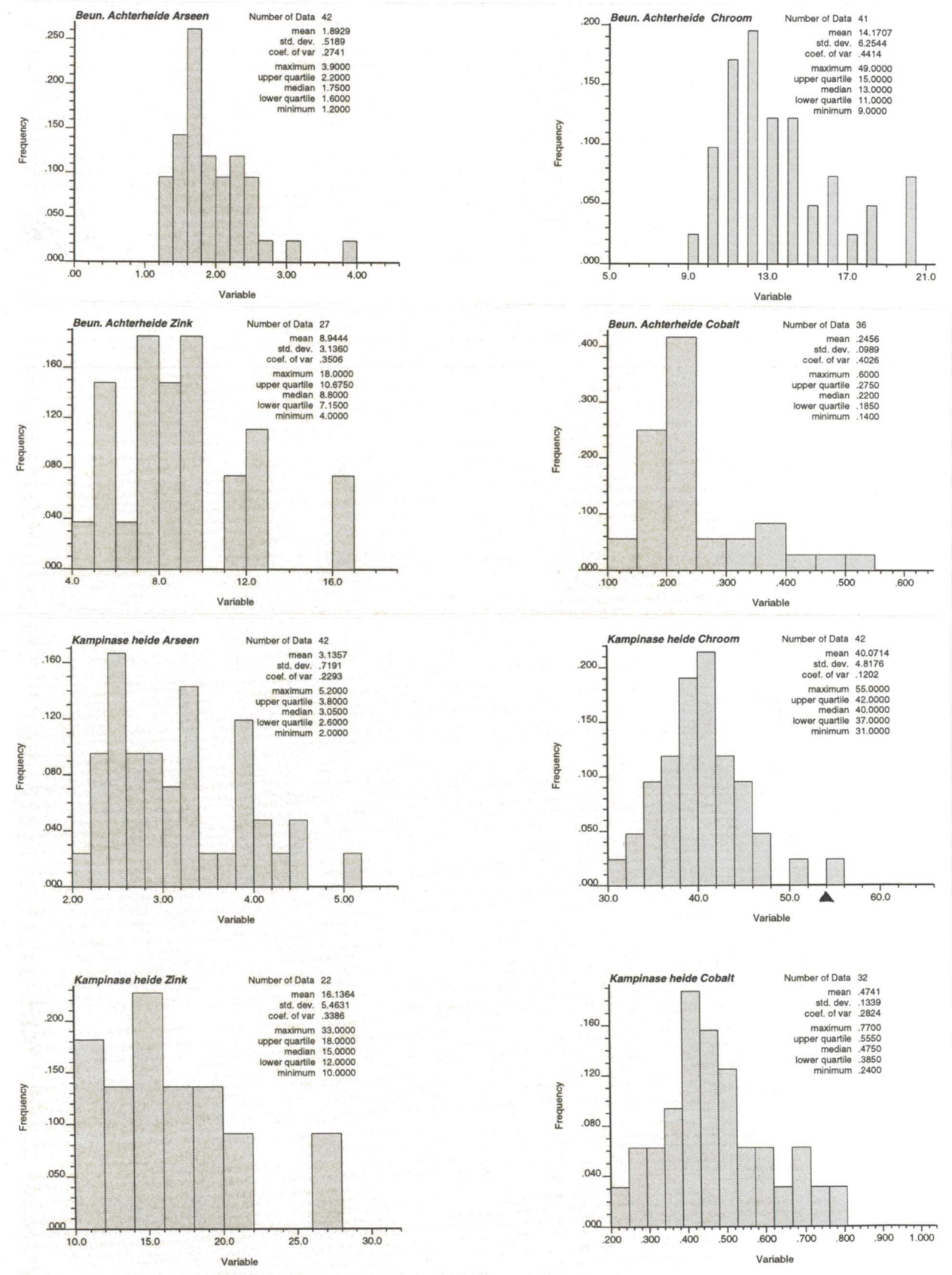
Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1 wordt aan deze gegevens de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 4 toegekend. Hierbij zijn niet de individuele gegevenssets elk afzonderlijk beoordeeld, maar wordt een totaal beeld gegeven. Gezien het wat afwijkende karakter van de gegevens voor chroom en zink in Savelsbos zijn deze apart in tabel 4 opgenomen.

Tabel 4 *Score van achtergrondgehalten Edelman volgens criteria uit paragraaf 2.3.1*

randvoorwaarde	prioriteit	
	algemeen	Savelsbos: Cr, Zn
1	3	3
2	2	2
3	2	1
4	2	2
5	2	1



Figuur 3 Histogrammen en statistische kenmerken van arseen, chroom, zink en cobalt voor de natuurgebieden Hackfort, Savelsbos, Beuninger Achterheide en Kampinase Heide



Figuur 3 Histogrammen en statistische kenmerken van arseen, chroom, zink en cobalt voor de natuurgebieden Hackfort, Savelsbos, Beuninger Achterheide en Kampinase Heide

2.3.2.4 Gegevens landelijk meetnet bodemkwaliteit

De derde gegevensset die oorspronkelijk door TAUW Milieu in het project "Toetsen aan streefwaarde" zou worden gebruikt is afkomstig van het landelijk meetnet bodemkwaliteit. Omdat deze gegevens, net als de gegevens uit de achtergrondgehalten van Edelman, slechts afkomstig zijn van één diepte en de gegevens door heel Nederland verspreid worden verzameld, is deze gegevensset op basis van de schaalgrootte die in deze gegevens is verdisconteerd (> 2000 ton) niet geschikt. Ook door TAUW zijn deze gegevens als niet-geschikt beoordeeld. Deze gegevens worden hier verder dan ook niet besproken.

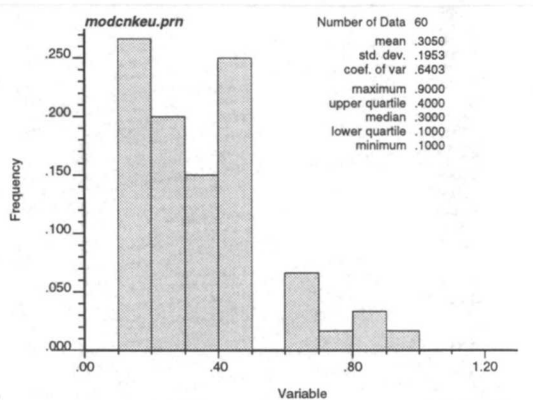
2.3.2.5 Gegevens fluviatiele afzetting (Geuldal)

Ook deze gegevensset wordt door TAUW Milieu toegepast voor het project "Toetsen aan streefwaarde". De op dit moment bij TAUW beschikbare gegevens hebben slechts betrekking op een bovenlaag van 10 cm, gegevens van de onderliggende bodem zijn niet beschikbaar. Daarmee is deze gegevensset vergelijkbaar met de gegevenssets van Edelman en ligt toepassing van deze gegevens minder voor de hand.

2.3.2.6 Gegevens praktijktoetsing "Keuringsmethode procesmatige gereinigde grond"

In het kader van de door het RIVM en TNO opgestelde keuringsmethode voor procesmatig gereinigde grond is door TAUW Infra Consult een partij met cyanide en PAK's verontreinigde grond na thermische reiniging bemonsterd [12]. Hoewel in de betreffende keuringsmethode slechts met mengmonsters wordt gewerkt, zijn ten behoeve van het vergelijken van deze methode met de daarvoor gebruikelijke "Intron-keuringsmethode" eveneens 60 van de totaal 180 genomen monsters individueel geanalyseerd op cyanide en PAK's.

Voor de PAK's geldt dat in vrijwel alle gevallen de som PAK (16 EPA) kleiner is dan 0,1 mg/kg (alle 16 individuele PAK's < 0,01 mg/kg (= detectiegrens); slechts 8 van de 60 waarnemingen "som PAK-EPA" liggen boven de 0,1 mg/kg). Op basis hiervan zijn deze gegevens niet geschikt om in deze modelstudie te gebruiken. Ook de cyanidegehalten (totaal complex) zijn erg laag, maar vertonen wel enige variatie. De statistische kenmerken van deze gegevens zijn weergegeven in figuur 4.



Figuur 4 Histogram en statistische kenmerken cyanidegehalten in procesmatig gereinigde grond

Zoals blijkt uit de statistische kenmerken ligt het gemiddelde cyanidegehalte in de monsters (0,3 mg/kg) ver onder de streefwaarde (5 mg/kg). Bovendien is door TAUW Infra Consult bij deze resultaten aangegeven dat de onbetrouwbaarheid ten gevolge van de lage concentraties erg groot is.

De monsters zijn genomen vanaf de transportband van de reinigingsinstallatie en de monsternemingstijden zijn bekend. De partijgrootte bedraagt 2000 ton.

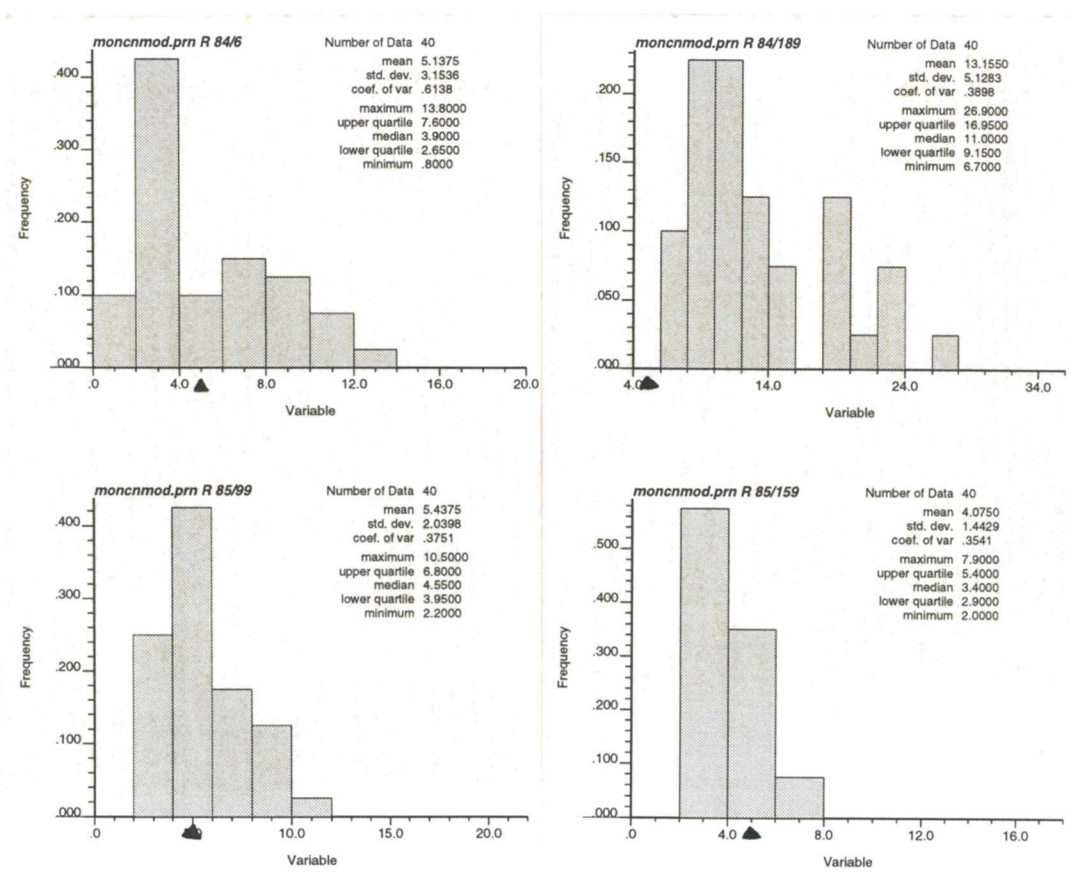
Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1 wordt aan deze gegevens de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 5 toegekend.

Tabel 5 Score van cyanidegehaltes in procesmatig gereinigde grond volgens criteria uit paragraaf 2.3.1

randvoorwaarde	prioriteit
1	1
2	2
3	2
4	2
5	4

2.3.2.7 Onderzoeken naar cyanidegehalte bij proefreinigingen

In de periode 1984 - 1985 zijn door TNO vier onderzoeken uitgevoerd naar het cyanidegehalte in grond na proefreinigingen. In alle gevallen is de grond bemonsterd vanaf de transportband na reiniging. De partijgrootte bedroeg bij elk onderzoek circa 400 - 500 ton. Van elke partij zijn 40 monsters genomen en geanalyseerd. De statistische kenmerken van de vier gegevenssets zijn weergegeven in figuur 5.



Figuur 5 Cyanidegehalten in vier partijen gereinigde grond

Gezien het feit dat het hier ging om experimentele reinigingen, liggen de cyanidegehalten na reiniging aanzienlijk hoger dan wat tegenwoordig gebruikelijk is (zie bijvoorbeeld paragraaf 2.3.2.6). Daarmee komen de gehalten wel in de orde van grootte van de streefwaarden terecht.

De monsternemingstijden zijn niet bekend, zodat bij het gebruik van deze gegevens de coördinaten aan de monsters moeten worden toegekend. Ten gevolge van de reiniging is er relatief weinig spreiding in de waarnemingen aanwezig.

Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1 wordt aan deze gegevens de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 6 toegekend. Hierbij zijn niet de individuele gegevenssets elk afzonderlijk beoordeeld, maar wordt een totaal beeld gegeven.

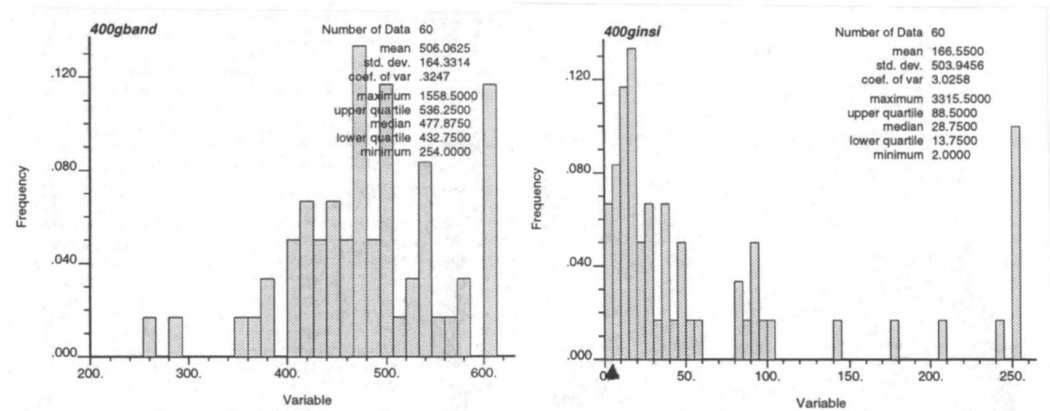
Tabel 6 Score van cyanidegehalten proefreinigingen volgens criteria uit paragraaf 2.3.1

randvoorwaarde	prioriteit
1	1
2	3
3	1
4	1
5	4

2.3.2.8 Onderzoek naar monstergrootte

In het kader van het Speerpuntprogramma Bodemonderzoek heeft TNO in de periode 1989 - 1991 onderzoek gedaan naar het effect van de monstergrootte op de variantie in de waarnemingen. Hierbij is een partij met cyanide verontreinigde grond vanaf de invoer lopende band bij een reinigingsinstallatie bemonsterd en is in situ een locatie bemonsterd. In beide gevallen zijn monsters van verschillende grootte genomen en geanalyseerd op totaal cyanide. Gezien de greepgrootte zoals voorgesteld in het interim-protocol grond (340 gram) zijn hier de resultaten weergegeven van de monsters van 400 gram die bij dat onderzoek zijn genomen. Vanaf de lopende band zijn 60 bulkmonsters genomen waaruit later weer de monsters van de verschillende monstergroottes zijn genomen. De statistische kenmerken van deze gegevensset staan weergegeven in figuur 6. De partijgrootte bedraagt circa 400 ton. De monsternemingstijden zijn beschikbaar, zodat de temporele heterogeniteit kan worden bepaald.

Van de in situ bemonsterde locatie zijn op een terreintje van 5 bij 8 meter 60 monsternemingsvakken van 0,5 bij 0,5 meter uitgezet. In elk van deze monsternemingsvakken is voor de 400 grams monsters de bodem over een diepte van circa 2-3 cm bemonsterd over een oppervlak van 10 bij 10 cm. De statistische kenmerken van deze gegevensset staan weergegeven in figuur 7. Gezien het onderzochte bodemvolume bedraagt de partijgrootte circa 2 ton.



Figuur 6

Histogram en statistische kenmerken cyanidegehalten onderzoek monstergrootte lopende band monsterneming

Figuur 7

Histogram en statistische kenmerken cyanidegehalten onderzoek monstergrootte in situ monsterneming

Zoals blijkt uit de figuren 6 en 7 zijn de beide onderzochte partijen grond sterk verontreinigd.

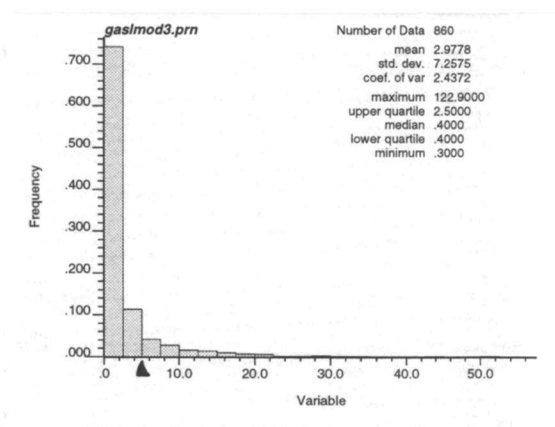
Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1 wordt aan deze beide gegevenssets de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 7 toegekend.

Tabel 7 *Score van cyanidegehalten onderzoek monstergrootte volgens criteria uit paragraaf 2.3.1*

randvoorwaarde	prioriteit	
	lopende band	in situ
1	1	3
2	2	1
3	3	3
4	1	1
5	2	2

2.3.2.9 Bodemsaneringsonderzoeken

Bij TNO zijn drie grote gegevensbestanden beschikbaar met gegevens van intensief onderzochte saneringslocaties (gasfabriek Amersfoort, gasfabriek Den Haag Gaslaan, gasfabriek Rotterdam Kralingen). Voor alle drie de gegevensbestanden geldt dat er in een (min of meer) regelmatig raster onderzoek naar één of meer verontreinigende stoffen is gedaan (cyanide, minerale olie, PAK's, vluchtige koolwaterstoffen). Voor een deel van deze locaties geldt dat er verontreinigingen rond of onder streefwaardeniveau aanwezig zijn, in veel gevallen zal er echter drie-dimensionaal wel sprake zijn van (sterke) overschrijdingen van de streef- of zelfs de interventiewaarde. Door het selecteren van een gebied binnen een dergelijke saneringslocatie is het mogelijk een gegevensset op streefwaardeniveau te definiëren. Voor één gegevensbestand (Gaslaan Den Haag) is dit gedaan; het betreft hier cyanide concentraties. De statistische kenmerken van het geselecteerde deel van het gegevensbestand staan weergegeven in figuur 8.



Figuur 8 *Histogram en statistische kenmerken cyanidegehalten deel saneringslocatie Gaslaan*

Het geselecteerde deelterrein heeft een grootte van circa 80 bij 25 m, terwijl er verticaal drie waarnemingen beschikbaar zijn (elk afkomstig van een dieptetraject van 1 m). De totale hoeveelheid grond is dus gelijk aan circa 2000 m³ (ca 3400 ton) en ligt daarmee in de orde van grootte van het interim-protocol. Totaal zijn er in dit deel van de locatie 298 metingen beschikbaar. De gemiddelde concentratie (3,4 mg/kg) ligt wat onder de streefwaarde (5 mg/kg), maar doordat er ook waarden voorkomen die (aanzienlijk) boven de streefwaarde liggen is dit een voor het testen van monsternemingsstrategieën interessante gegevensset.

Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1 wordt aan deze gegevens de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 8 toegekend.

Tabel 8 Score van cyanidegehaltes in licht verontreinigd deel saneringslocatie volgens criteria uit paragraaf 2.3.1

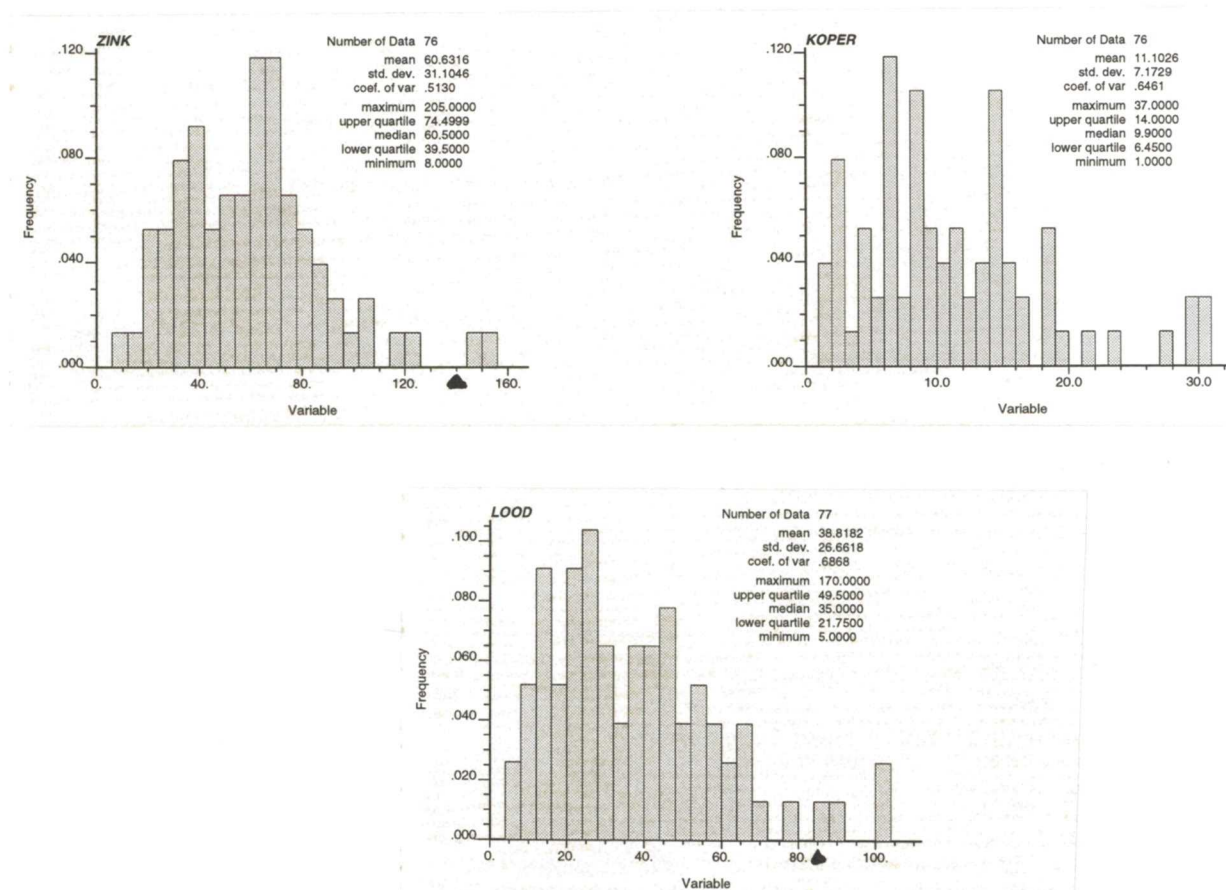
randvoorwaarde	prioriteit
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1

2.3.2.10 Achtergrondgehalten Rokkeveen

De gegevensset bestaat uit metingen die door IWACO zijn uitgevoerd aan de elementen lood, koper en zink in een gebied van circa 1,5 bij 2 km bij Zoetermeer. Op 76 punten zijn de gehalten gemeten, variërend van diepte tussen de 0 en circa 1,5 m-mv. De monsternemingslokaties zijn bekend. Het onderzochte terrein heeft een oppervlak van circa 300 ha, de partijgrootte bedraagt derhalve circa $4,5 \cdot 10^6$ ton. De schaalgrootte van deze gegevens is dus veel groter dan de schaalgrootte van te onderzoeken partijen.

De statistische kenmerken van de gehalten aan lood, koper en zink staan weergegeven in figuur 9.

Van het betreffende gebied zijn geen lutum- en organisch stof gehalte bekend, zodat de metingen worden vergeleken met de streefwaarden voor de standaardbodem. Lood en zink blijken beide enkele waarden boven de streefwaarde te hebben, de koper gehalten liggen allen onder of net op de streefwaarde.



Figuur 9 Histogrammen en statistische kenmerken van de metingen aan lood, koper en zink in Rokkeveen

Op basis van deze gegevens en de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1 wordt aan de gegevens voor lood en zink de kwalificatie zoals weergegeven in tabel 9 toegekend.

Tabel 9 Score van lood en zink achtergrondconcentraties Rokkeveen volgens criteria uit paragraaf 2.3.1

randvoorwaarde	prioriteit
1	3
2	1
3	1
4	1
5	1

2.3.3 Keuze van de conditionerende gegevens

In paragraaf 2.3.2 is voor elke gegevensset op basis van de randvoorwaarden zoals gesteld in paragraaf 2.3.1 vastgesteld hoe die gegevensset scoort. Daarbij is de randvoorwaarde 6 (onderlinge verschillen) buiten beschouwing gelaten. In deze paragraaf worden eerst de drie meest geschikte gegevenssets op basis van de eerste vijf randvoorwaarden uit paragraaf 2.3.1 geselecteerd, waarna op basis van de zesde randvoorwaarde wordt vastgesteld of de combinatie van deze drie gegevenssets eveneens geschikt is.

De beoordeling is door middel van een tabel aan het eind van elke paragraaf weergegeven. Daarbij geldt dat met een lage score op het kenmerk "prioriteit" een partij voor de betreffende randvoorwaarde het best wordt beoordeeld. Een vergelijking in de geschiktheid van de gegevenssets kan daarmee eenvoudig numeriek worden gemaakt, namelijk door de scores voor de randvoorwaarden 1 tot en met 5 per gegevensset op te tellen. De gegevenssets met de laagste scores zijn daarbij het best voor deze studie geschikt. Deze totaalscore is weergegeven in tabel 10.

Tabel 10 Totaalscore voor de verschillende gegevenssets op basis van de randvoorwaarden 1 tot en met 5 uit paragraaf 2.3.1

gegevensset	totaalscore
Depot A (2.3.2.1)	5
Lood achtergrondgehalten (2.3.2.2)	9
Edelman achtergrondgehalten, algemeen (2.3.2.3)	11
Edelman achtergrondgehalten, Savelsbos: Cr, Zn (2.3.2.3)	9
Procesmatig gereinigde grond (2.3.2.6)	10
Proefreinigingen cyanide (2.3.2.7)	10
Onderzoek monstergrootte, lopende band (2.3.2.8)	9
Onderzoek monstergrootte, in situ (2.3.2.8)	10
Saneringslocatie Gaslaan (2.3.2.9)	5
Achtergrondgehalten lood en zink Rokkeveen (2.3.2.10)	7

Op basis van tabel 10 blijkt dat de gegevenssets Depot A, saneringslocatie Gaslaan en de lood of zink achtergrondgehalten Rokkeveen de drie gegevenssets zijn die het meest in aanmerking komen om voor de modelstudie te worden gebruikt. Echter, conform randvoorwaarde 6 uit paragraaf 2.3.1 moeten de verschillende gegevenssets ook voldoende van elkaar verschillen. Hiervoor is het vooral van belang om inzicht te hebben in statistische verdelingen van deze drie gegevenssets, zie figuur 1, 8 en 9 en de mate van variatie in de gegevens.

De gegevens van Depot A (figuur 1) worden gekenmerkt door een vrij scheve, mogelijk zelfs tweetoppige verdeling. De gegevens van de saneringslocatie Gaslaan (figuur 8) worden gekenmerkt door een sterk scheve verdeling ("G-shape"). De achtergrondgehalten van zink en lood (figuur 9) worden gekenmerkt

door min of meer normale, of licht scheve verdeling. De variatie in de drie gegevenssets, uitgedrukt als de variatiecoëfficiënt, blijkt met de waarden 69 %, 177 % en 244 % (respectievelijk Rokkeveen, Depot A en Gaslaan) eveneens voldoende te variëren. Geconstateerd wordt daarom dat de verschillende gegevenssets voldoende van elkaar verschillen om de combinatie van deze drie gegevenssets te kunnen gebruiken in dit onderzoek.

Opgemerkt wordt dat weliswaar twee van de drie gegevenssets zijn gebaseerd op cyanide gegevens, maar dat dit voor het model verder geen consequenties heeft. De verdelingen zoals weergegeven in de figuren 1, 8 en 9 komen ook voor andere stoffen voor.

2.4 Beschrijving ruimtelijke correlatiestructuur

Zoals reeds aangegeven in paragraaf 2.2 zijn niet slechts de conditionerende gegevens van belang bij het opstellen van de modelrealisaties, maar moet ook de wiskundige beschrijving van de ruimtelijke correlatiestructuur worden vastgelegd. In deze paragraaf worden de randvoorwaarden aangegeven waarbinnen de ruimtelijke correlatiestructuur moet worden beschreven. In paragraaf 2.5, waarin de totstandkoming van de modelrealisaties is beschreven, worden de ruimtelijke correlatiestructuren die bij de verschillende modelrealisaties zijn gebruikt besproken.

2.4.1 Schaalgrootte van het model

Om inzicht te hebben in het effect van verschillende methoden van monsterneming is het van belang dat de schaalgrootte van het model overeenkomt met de schaalgrootte waarop de monsterneming in werkelijkheid plaatsvindt. Hiervoor ligt het voor de hand om uit te gaan van de schaalgrootte zoals gedefinieerd in het interim-protocol grond; dit protocol vormt immers het uitgangspunt van dit onderzoek. Het laagste niveau waarop in het interim-protocol grond potentieel informatie over een partij wordt verzameld is gelijk aan de greepgrootte van circa 340 gram. Dit betekent dat op het schaalniveau van 340 gram bekend moet zijn hoe de partij is opgebouwd. Een extra complicerende factor hierbij is dat de greepgrootte voortkomt uit de berekende monstergrootte (17 kg) en het aantal grepen dat in het interim-protocol grond is voorgeschreven ($2 * 50$) (rapport interim-protocol grond, paragraaf 8.4 en 8.5 [2]). Deze monstergrootte is afgeleid op basis van het uitgangspunt dat bij het beoordelen van de partij de verschillen tussen individuele deeltjes in de partij geen rol mogen spelen. Daarbij speelt een aanname omtrent de frequentie van voorkomen van verontreinigde deeltjes een belangrijke rol, samen met een aanname omtrent de maximale diameter van de deeltjes. Benadrukt wordt dat de modelstudie, noch de praktijkevaluatie in dit onderzoek inzicht in deze beide aspecten verschaft, zodat in principe aan deze zelfde aannames moet worden voldaan.

In bijlage 1 wordt een nadere uitwerking gegeven aan de wijze waarop de formule voor het bepalen van de minimale monstergrootte tot stand is gekomen en de wijze waarop de minimale monstergrootte voor het interim-protocol grond is berekend. Bij deze uitwerking is vastgesteld dat de definitie van de deeltjesgrootte op basis waarvan de minimale monstergrootte wordt bepaald moet worden aangepast. Dit leidt tot een kleinere greep- en monstergrootte voor het protocol grond dan in het interim-protocol grond is voorgeschreven. Een en ander is nader uitgewerkt in bijlage 1.

Aangezien het interim-protocol grond als uitgangspunt voor dit onderzoek geldt, zijn de modelrealisaties wel gedefinieerd op de schaalgrootte van het interim-protocol grond. Daarbij is de maximale partijgrootte gelijk aan 2000 ton en de greepgrootte 340 gram. Dit zijn dus $2000 * 1000 / 0,34 \approx 5,9$ miljoen grepen en dus ook circa 5,9 miljoen datapunten.

2.4.2 Statistische verdeling van de modelrealisaties

Van belang voor het beoordelen van het in een modelrealisatie weergegeven verontreinigingsbeeld is de vraag of de statistische verdeling (het histogram) van de realisatie overeenkomt met de statistische verdeling van de oorspronkelijke conditionerende gegevens. Daarbij gaat het niet om de ruimtelijke verdeling van de concentraties, zie hiervoor paragraaf 2.4.3, maar om de verdeling van concentraties in aselekt genomen monsters.

Hierbij zijn twee benaderingen denkbaar, namelijk:

1. de statistische verdeling wordt niet relevant verondersteld, zolang de gemiddelde concentratie van de realisatie maar gelijk is aan het gemiddelde van de conditionerende gegevens;
2. de statistische verdeling van modelrealisatie en conditionerende gegevens moet overeenstemmen.

De eerste optie gaat uit van de gedachte dat de totale hoeveelheid verontreiniging (aantal kilo's) tussen de verschillende modelrealisaties gelijk moet zijn, maar dat de wijze waarop deze verontreiniging over de "grond" is verdeeld er niet direct toe doet. De tweede optie is vergelijkbaar met een bak met knikkers met elk een eigen waarde die op verschillende wijze "door elkaar kan worden geschud", maar waarbij elke individuele knikker (*gronddeeltje*) wel zijn eigen waarde (*concentratie*) houdt. Indien voor de tweede optie wordt gekozen is het bovendien van belang dat voldoende waarnemingen aan de oorspronkelijke partij zijn gedaan om een goede beschrijving van de in die partij aanwezige statistische verdeling te kunnen geven. In eerder onderzoek is gebleken dat het voor het vergelijken van monsternemingsstrategieën op verschillende modelrealisaties van belang is dat niet alleen het gemiddelde van de realisaties overeenkomt, maar ook de statistische verdeling van elke modelrealisatie (vrijwel) gelijk is [13]. In dat geval levert het interim-protocol namelijk voor alle modelrealisaties dezelfde betrouwbaarheid op en wordt de vergelijking tussen verschillende monsternemingsstrategieën een stuk eenvoudiger. Wel leidt dit potentieel tot een beperking van de representativiteit van de modellen

voor de werkelijkheid. Er mag echter worden verondersteld dat dit niet van wezenlijk belang is bij de interpretatie van de modelresultaten naar de praktijk. Te meer omdat de uiteindelijke modelrealisaties toch enige mate van onderlinge variatie blijken te vertonen (zie ook paragraaf 2.5.7).

Door in dit onderzoek uit te gaan van drie sets van modelrealisaties, waarbij elke set is gebaseerd op een andere conditionerende gegevensset, bestaat toch de mogelijkheid om verschillende, in milieu-onderzoek veel voorkomende, statistische verdelingen in het onderzoek te betrekken.

Ten gevolge van de gehanteerde conditionele simulatie is het mogelijk om de statistische verdeling in de gegevensset ook in de modelrealisatie te handhaven. Gezien de grootte van de modelrealisaties (circa 6 miljoen punten) zal de statistische verdeling wel enigszins afwijken van de verdeling van de oorspronkelijke gegevens (hooguit enkele tientallen tot honderden gegevens), namelijk doordat de verschillende klassen beter worden ingevuld. De vorm van de verdeling komt echter goed overeen met die van de oorspronkelijke gegevens.

2.4.3 Ruimtelijke correlatie in de modelrealisaties

De mate waarin er ruimtelijke correlatie bestaat tussen verschillende "eenheden" binnen een partij is bepalend voor de mate van grootschalige heterogeniteit binnen die partij. In dit geval zijn de eenheden gedefinieerd op het niveau van de greepgrootte (± 340 gram). Ruimtelijke correlatie is de mate waarin bij elkaar in de buurt liggende concentraties nog op elkaar lijken. Zijn bij elkaar in de buurt liggende concentraties over de gehele partij vrijwel even groot dan is er veel correlatie. Zijn bij elkaar in de buurt liggende concentraties over de gehele partij sterk verschillend dan is er weinig of geen correlatie. De ruimtelijke correlatie is een maat voor de heterogeniteit die in de partij voorkomt.

Omdat de mate van heterogeniteit in partijen (schone) grond onvoldoende bekend is zal in dit onderzoek worden gewerkt met drie sets van modelrealisaties, waarbij binnen elke set van realisaties de mate van ruimtelijke correlatie wordt gevarieerd. Dit betekent dat het niet van belang is om vast te stellen welke modelrealisatie in een specifiek geval van toepassing is, maar dat de "breedte" van een set van modelrealisaties zodanig is dat (de meeste) in de praktijk voorkomende partijen ergens binnen de breedte van deze beschrijving vallen.

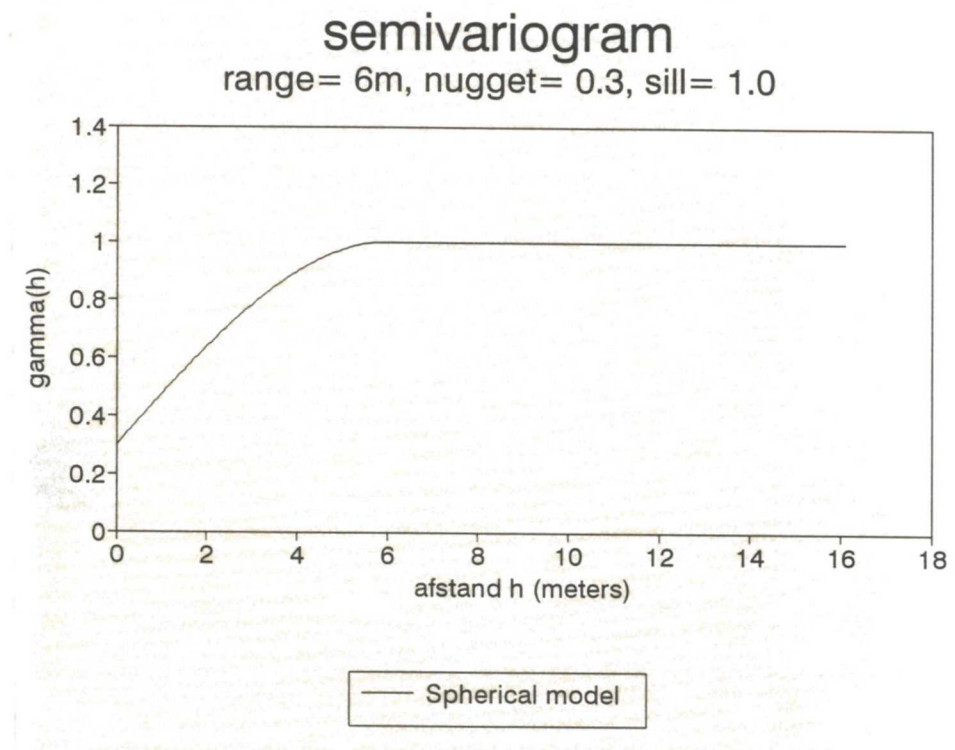
De ruimtelijke correlatie wordt weergegeven door het "semivariogram" [16]. In het semi-variogram wordt de variantie van verschillen in concentraties tussen puntenparen uitgezet tegen de onderlinge afstand van de puntenparen. In figuur 10 is een voorbeeld van een semi-variogram weergegeven.

Belangrijke begrippen bij het semi-variogram zijn:

- de nugget: een maat voor de korte-afstandsvariabiliteit, dus de mate waarin bij elkaar in de buurt liggende punten nog van elkaar kunnen verschillen. Bij een grote nugget (variërend van 0 tot 100 % van de sill) is er sprake van veel korte-afstandsvariabiliteit en hebben bij elkaar in de buurt gelegen punten dus weinig ruimtelijke correlatie. Bij een

kleine nugget lijken bij elkaar in de buurt gelegen punten juist sterk op elkaar. De nugget is de as-afsnede van de Y-as in het semivariogram.

- de sill: een maat voor de ruimtelijke variatie die maximaal tussen de punten-paren aanwezig is, de waarde van de sill wordt bereikt bij de range.
- de range: de afstand waarover er nog net sprake is van ruimtelijke correlatie tussen punten-paren.



Figuur 10 Voorbeeld semi-variogram, de wiskundige beschrijving van de ruimtelijke correlatie

Bij onderzoek van partijen grond is het uiterst ongebruikelijk om ook de ruimtelijke correlatiestructuur te onderzoeken. Omdat de modelrealisaties echter worden gegenereerd door de ruimtelijke correlatiestructuur vast te leggen, zijn de semivariogrammen in dit onderzoek wel van belang.

In elke set van modelrealisaties is één modelrealisatie opgenomen die zoveel mogelijk overeenkomt met de gegevens zoals die in de praktijk zijn bepaald. In dat geval zijn de semivariogram parameters van de conditionerende gegevens gebruikt voor het beschrijven van de ruimtelijke structuur in de betreffende modelrealisatie.

2.5 Constructie van de modelrealisaties

2.5.1 Modelconcept

De theorie die de basis vormt voor de constructie van de modelrealisaties is afkomstig uit de geostatistiek [16]. Centraal staat daarbij de theorie van de random functies. De gedachte is dat in het platte vlak (of beter gezegd in een d-dimensionale ruimte) een stochastische functie wordt gedefinieerd. Kenmerkend voor een stochastische functie is dat deze verschillende waarden (realisaties) kan aannemen. Deze waarden zijn niet volstrekt willekeurig maar worden bepaald door een kansmechanisme dat van functie tot functie verschilt. Eén realisatie van de random functies uit de geostatistiek is de realisatie van één ruimtelijk patroon. Het kansmechanisme dat bepalend is voor de waarden van de realisatie is het semi-variogram (zie paragraaf 2.4.3).

In de theorie zijn er oneindig veel realisaties van random functies. In de praktijk heeft men echter slechts met één realisatie te maken. Van deze realisatie zijn de waarden op een beperkt aantal lokaties bekend (dit zijn de metingen). Met behulp van de theorie is nu de *conditionele* verdeling op de niet onderzochte lokaties te berekenen. Men spreekt van een conditionele verdeling omdat de extra informatie van de lokaties die wel zijn onderzocht wordt meegenomen.

2.5.2 Conditionele simulatie

De simulatie van een conditionele verdeling in 2 of 3 dimensies is geprogrammeerd in het pakket GSLIB [18]¹. De methode die daarvoor wordt gehanteerd heet "Gaussian sequential simulation". De achtergrond van deze methode wordt kort toegelicht aan de hand van de termen "Gaussian" en "sequential".

Gaussian

In de methode vindt voor en na de simulatie een transformatie plaats. Voor de simulatie worden de gegevens getransformeerd naar een normale verdeling. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de empirische verdeling van de oorspronkelijke gegevens. Met de getransformeerde gegevens wordt vervolgens de conditionele simulatie uitgevoerd. Na de simulatie worden de gesimuleerde data weer terug getransformeerd naar de oorspronkelijke verdeling.

Sequential

De gesimuleerde datapunten worden niet "in één klap" gesimuleerd. Dit is bij een flink aantal roosterpunten onmogelijk vanwege numerieke problemen en problemen t.a.v. rekentijd en benodigd geheugen. De datapunten worden één voor één gesimuleerd en wel als volgt:

¹ Met dank aan Louis Voortman.

- stap 1 : Ga uit van de conditionerende dataset.
- stap 2 : Kies aselekt een gridpunt waar nog geen waarneming is gedaan. Bepaal de conditionele verdeling op deze lokatie met behulp van de omliggende datapunten. Simuleer vervolgens een waarneming op dit gridpunt.
- stap 3 : Voeg het gesimuleerde punt toe aan de conditionerende dataset.
- stap 4 : Indien er nog gridpunten zonder waarneming zijn ga naar stap 2.
- stap 5 : Stop.

2.5.3 Stapsgewijze aanpak

Om uitgaande van een beperkt aantal gegevens (50-300) te komen tot een realisatie in de orde van grootte van 6.000.000 gegevens bleek het noodzakelijk om dit stapsgewijze aan te pakken. Deze aanpak staat bekend onder de naam "Multiple Grid Concept". In het kort worden de verschillende stappen beschreven. Als voorbeeld wordt de 3-dimensionale dataset (60 waarnemingen) van depot-A genomen.

- stap 1 : Via conditionele simulatie worden op basis van de oorspronkelijke gegevensset waarden (concentraties) gegenereerd op een 3-dimensionaal rooster. In de z-richting zijn er 4 gridpunten en in het x,y-vlak 230.
- stap 2 : De 920 datapunten uit stap 1 dienen als conditionerende dataset voor de volgende simulatie. Het rooster wordt verder verfijnd tot 14.720 punten (16 in z-richting en 920 in het x,y-vlak. Hierop worden via conditionele simulatie weer waarnemingen gegenereerd.
- stap 3 : In deze stap wordt 2-dimensionaal gesimuleerd en wel in het x,y-vlak voor de 16 verschillende z-waarden. Per laag wordt het grid verfijnd tot 392.000 punten.
- stap 4 : De 16 simulaties uit stap 3 worden samengevoegd tot een 3-D realisatie van 6.272.000 datapunten.

2.5.4 Variatie in heterogeniteit

Per conditionerende gegevensset zijn 10 realisaties gemaakt. Deze realisaties variëren in heterogeniteit. Dit is als volgt gerealiseerd. In eerste instantie is een variogram gefit op de conditionerende gegevensset. Als vorm is gekozen voor een sferisch semi-variogram:

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left(1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) & \text{als } h \leq a \\ c & \text{als } h > a \end{cases}$$

Waarin: c = de sill (maximale variantie)

h = de afstand tussen 2 punten

a = de range (afstand waarover nog ruimtelijke correlatie bestaat).

Naast de vorm van het semi-variogram kan ook nog de nugget worden opgegeven. De nugget is een maat voor de korte-afstandsvariatie.

Aan de vraag in hoeverre de keuze van het type semi-variogram (in dit geval sferisch) bepalend is voor het resultaat van de realisaties is een apart onderzoekje gewijd; zie paragraaf 2.5.5.

Uit de fit volgen schattingen voor c , a en de nugget. Met behulp van dit semi-variogram is de eerste realisatie gemaakt. Vervolgens zijn de range en de nugget gevarieerd en wel als volgt:

Voor een homogener beeld:	nugget vergroten en range verkleinen
Voor een heterogener beeld:	nugget verkleinen en range vergroten.

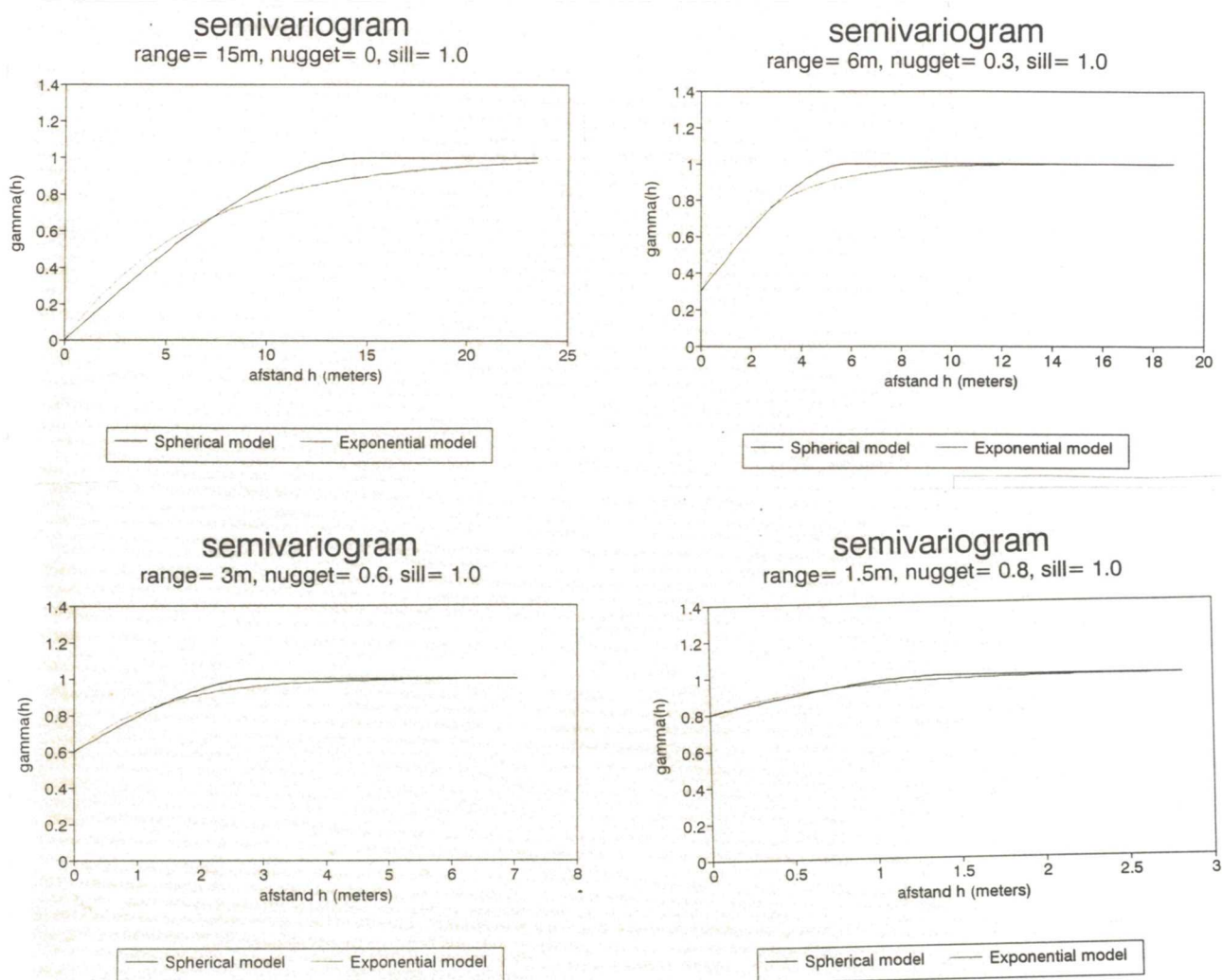
Het simultaan wijzigen van nugget en range bleek noodzakelijk om voldoende variatie in de realisaties te verkrijgen.

2.5.5 Keuze van het semi-variogramtype

Het sferische semi-variogram is vergeleken met het exponentiële semi-variogram. Dit laatste semivariogram wordt wiskundig als volgt beschreven:

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right) \right) & \text{als } h \leq a \\ c & \text{als } h > a \end{cases}$$

In figuur 11 zijn de sferische en exponentiële semivariogrammen weergegeven voor de vier combinaties van nugget en range zoals weergegeven in tabel 11.

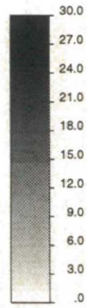
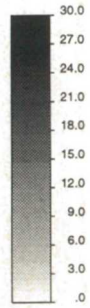
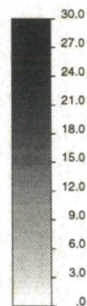
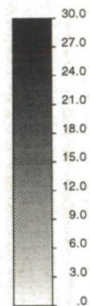
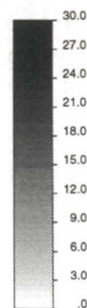
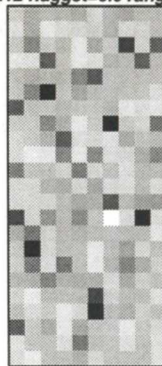
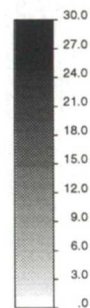
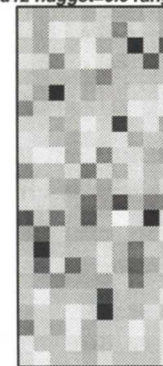
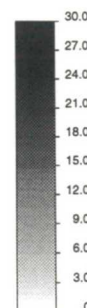
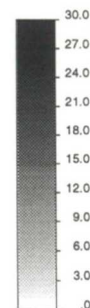


Figuur 11 Het sferische en exponentiële semi-variogram voor vier combinaties van nugget en range.

Tabel 11 Combinaties van nugget en range gebruikt voor de vergelijking van het effect op de realisaties (zie figuur 11).

Nugget (als fractie van de sill)	Range (m)
0.8	1.5
0.6	3
0.3	6
0.0	15

De verschillen tussen beide semivariogrammodellen zijn niet erg groot. Voor de gekozen waarden van nugget en range is vervolgens voor beide semivariogrammodellen een 2-D conditionele simulatie uitgevoerd met een conditionerende gegevensset van 60 punten ("platgeslagen" gegevensset van depot-A) op een 2-dimensionaal rooster van 320 punten. De resultaten zijn opgenomen in figuur 12.

dpA2d12 nugget=0.0 range=15 sfe**dpA2d12 nugget=0.0 range=15 exp****dpA2d12 nugget=0.3 range=6 sfe****dpA2d12 nugget=0.3 range=6 exp****dpA2d12 nugget=0.6 range=3 sfe****dpA2d12 nugget=0.6 range=3 exp****dpA2d12 nugget=0.8 range=1.5 sfe****dpA2d12 nugget=0.8 range=1.5 exp**

Figuur 12 Modelrealisaties depot A met variabele range en nugget (verticaal) en verschillende semivariogrammen (links sferisch, rechts exponentieel).

Op het oog geven de realisaties voor beide semivariogramtypen hetzelfde beeld. Bij nadere bestudering bleken de grootste verschillen op te treden wanneer de waarnemingen relatief groot zijn (groter dan 30). Dit valt niet uit figuur 12 af te lezen aangezien de hoogste klasse een klasse-ondergrens heeft van 30. Gezien de toch vrij geringe verschillen is er verder van afgezien om een nog diepgaander onderzoek in te stellen naar de consequenties van de keuze van het semivariogramtype. De keuze van het semi-variogramtype is zeker niet bepalend voor de modelrealisaties zoals deze in dit project moeten worden gegenereerd, namelijk modelrealisaties met een brede range van heterogeniteit. De brede range kan onafhankelijk van het gekozen semi-variogramtype worden bereikt door nugget en range te variëren.

2.5.6 Gemiddelde en standaardafwijking

Zoals reeds eerder betoogd, wordt per set van 10 realisaties gestreefd naar een gelijk gemiddelde en standaardafwijking. Dit maakt het vergelijken van de verschillende monsternemingsstrategieën aanzienlijk eenvoudiger. Het is namelijk zo dat in dat geval het interim-protocol voor alle 10 realisaties *even nauwkeurig* is. Dit geldt echter niet voor varianten op het interim-protocol (grotere grepen, grepen geclusterd nemen, opdelen in deelpartijen, etc.). Bij verschillen in gemiddelde en standaardafwijking is de nauwkeurigheid van het interim-protocol ook per realisatie verschillend, zodat een beoordeling van varianten hierop wel erg complex wordt (men zou dan naar de *relatieve* verschillen moeten gaan kijken).

Om het bovenstaande te bereiken is de conditionele simulatie zoals omschreven in stap 1 van de stapsgewijze aanpak (paragraaf 2.5.2) meerdere keren uitgevoerd. Met de realisatie waarvan gemiddelde en standaardafwijking het best overeenkomt met gemiddelde en standaardafwijking van de conditionerende gegevensset zijn vervolgens de volgende stappen uitgevoerd. Gemiddelde en standaardafwijking blijken dan niet veel meer te veranderen.

2.5.7 De realisaties

Van elk van de 30 modelrealisaties zijn een aantal figuren gemaakt (1 bladzijde per realisatie, zie bijlage 2). De figuren zijn de volgende:

- Een ruimtelijke plot van de lagen 2, 8 en 14;
- Histogrammen van de lagen 2, 8 en 14;
- Een x,z doorsnede (lengte doorsnede);
- Een y,z doorsnede (dwarsdoorsnede).

De beide doorsneden zijn voor alle realisaties precies in het midden van de x- respectievelijk de y-as gemaakt.

In tabel 12 is de volgende informatie opgenomen:

- Nummer van de realisatie;
- Gemiddelde, standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt van de conditionerende gegevensset;
- Gemiddelde en standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt van de realisatie;
- Nugget en range van de realisatie.

Verder zijn er nog empirische semivariogrammen berekend uit de realisaties. Dit is gedaan voor de horizontale en verticale doorsneden van de modelrealisaties 1, 3, 6 en 10 van alle drie de gegevenssets zoals weergegeven in bijlage 2. De semivariogrammen zijn gemaakt door een regelmatig monsternemingsraster van ongeveer 60 punten over de betreffende doorsnede van de realisatie te leggen en deze totaal vier keer één monsternemingspunt van de realisatie te verschuiven en één keer over een afstand te verschuiven gelijk aan de halve roosterafstand van dit bemonsteringsraster. Daarmee worden totaal 300 punten verkregen voor het bepalen van het semivariogram. Door de vier verschuivingen van het bemonsteringsraster over zeer korte afstand wordt ook op korte afstand informatie over de ruimtelijke correlatie verkregen.

Op basis van deze semivariogrammen is vastgesteld of de trend in ruimtelijke correlatie binnen een set van modelrealisaties daadwerkelijk aanwezig is. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn. Opgemerkt wordt dat de semivariogrammen van de realisaties afwijken van de parameters die voor het maken van de realisatie aan het semivariogram zijn toegekend. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat de parameters worden toegekend aan de gaussisch getransformeerde gegevens, door de terugtransformatie veranderen ook de kenmerken van het semi-variogram.

Als voorbeeld zijn in bijlage 2 een aantal semivariogrammen van verschillende doorsneden van modelrealisaties opgenomen. Voor de betreffende realisaties is dit in tabel 12 aangegeven.

Tabel 12 *Gegevens van de 30 modelrealisaties, vetgedrukt staat de namen van de modelrealisaties waarvan de ruimtelijke correlatie overeenkomt met de correlatie zoals deze aanwezig is in de conditionerende gegevens*

realisatie-nummer	conditionerende gegevens			modelrealisatie					semi-variogram gemaakt
	gem.	std. dev.	VC (%)	gem.	std. dev.	VC (%)	nugget (%)	range	
depot A 1	7,3	12,9	177	7,0	10,1	144	0	15	*
depot A 2	7,3	12,9	177	7,0	13,1	187	10	10	
depot A 3	7,3	12,9	177	6,2	12,4	200	20	8	*
depot A 4	7,3	12,9	177	6,1	7,5	123	30	6	
depot A 5	7,3	12,9	177	6,4	10,9	170	40	5	
depot A 6	7,3	12,9	177	6,8	13,4	197	50	3	*
depot A 7	7,3	12,9	177	7,0	14,3	204	60	3	
depot A 8	7,3	12,9	177	7,1	14,3	201	70	1,5	
depot A 9	7,3	12,9	177	7,2	14,3	199	80	1,5	
depot A 10	7,3	12,9	177	7,3	15,0	205	100	1,5	*
Gaslaan 1	3,0	7,2	244	3,3	5,9	179	0	10	*
Gaslaan 2	3,0	7,2	244	3,0	5,4	180	0,1	8	
Gaslaan 3	3,0	7,2	244	2,9	5,4	186	0,2	8	*
Gaslaan 4	3,0	7,2	244	3,0	6,8	227	0,3	6	
Gaslaan 5	3,0	7,2	244	2,9	8,1	279	0,4	6	
Gaslaan 6	3,0	7,2	244	3,0	10,8	360	0,5	4	
Gaslaan 7	3,0	7,2	244	3,1	9,6	310	0,6	4	*
Gaslaan 8	3,0	7,2	244	3,3	11,5	348	0,7	2	
Gaslaan 9	3,0	7,2	244	3,2	17,7	553	0,8	2	
Gaslaan 10	3,0	7,2	244	3,4	13,4	394	1,0	2	*
Rokkeveen 1	38,8	26,7	69	43,4	21,3	49	0	10	*
Rokkeveen 2	38,8	26,7	69	37,8	21,4	57	0,1	8	
Rokkeveen 3	38,8	26,7	69	37,8	29,5	78	0,2	8	*
Rokkeveen 4	38,8	26,7	69	38,3	25,3	66	0,3	6	
Rokkeveen 5	38,8	26,7	69	37,9	22,9	60	0,4	6	
Rokkeveen 6	38,8	26,7	69	38,0	25,2	66	0,5	4	*
Rokkeveen 7	38,8	26,7	69	39,0	30,3	78	0,6	4	
Rokkeveen 8	38,8	26,7	69	38,4	26,2	68	0,7	2	
Rokkeveen 9	38,8	26,7	69	39,0	28,3	72	0,8	2	
Rokkeveen 10	38,8	26,7	69	38,9	27,5	71	1,0	1	*

Na simulatie blijken het gemiddelde en de standaardafwijking van de realisaties enigszins te verschillen van de conditionerende gegevens. Voor depot A heeft de conditionerende gegevensset een gemiddelde van 7,3 en een standaarddeviatie van 12,9. Het gemiddelde van de realisaties varieert van 6,1 tot 7,3, terwijl de standaarddeviatie varieert van 7,4 tot 15,2. Daarmee is duidelijk dat het gemiddelde tussen de verschillende variaties weinig varieert, maar dat de standaarddeviatie relatief veel variatie vertoont. Ook voor de realisaties op basis van de Gaslaan gegevensset blijkt de standaarddeviatie relatief het meest te variëren. Voor de realisaties van Rokkeveen wordt de grootste mate van variatie daarentegen aangetroffen in het gemiddelde.

Geconstateerd wordt dat de verschillen binnen elke set van realisaties niet dermate groot zijn dat hiervan op voorhand storende effecten zijn te verwachten bij het vergelijken van monsternemingsstrategieën. Bovendien leidt een numerieke correctie van de realisaties om wel alle gemiddelden en standaarddeviaties gelijk te krijgen aan de conditionerende gegevens tot voor de werkelijkheid merkwaardige effecten (b.v. het niet meer voorkomen van nul- of detectiegrenswaarden, dan wel juist het voorkomen van negatieve waarden (concentraties)). Besloten is daarom de realisaties in deze vorm te gebruiken, maar bij de interpretatie van de vergelijking van de verschillende monsternemingsstrategieën, rekening te houden met de aanwezige variatie tussen de realisaties. Dit kan er toe leiden dat er uiteindelijk alsnog per set van 10 realisaties één of twee buiten beschouwing zullen worden gelaten.

2.6 Relatie met de werkelijkheid

Zoals reeds aangegeven in voorgaande paragrafen is getracht om de realisaties zodanig te maken dat deze een partijen weergeven zoals deze in de praktijk ook kunnen voorkomen.

Binnen de begeleidingscommissie en het deskundigenoverleg is op twee punten ingegaan op dit aspect, namelijk:

- het al of niet voorkomen van grootschalige heterogeniteit;
- het optreden van segregatie(patronen) gerelateerd aan de vorm van de partij.

Op deze punten wordt in de volgende sub-paragrafen nader ingegaan.

2.6.1 (Grootschalige) heterogeniteit

Alvorens in te gaan op de grootschalige heterogeniteit is het van belang in algemene zin de heterogeniteit in de modelrealisaties te beschrijven. Heterogeniteit is een schaalgebonden eigenschap. De heterogeniteit van de modelrealisaties wordt op het kleinste schaalniveau dat in de modelrealisaties is gedefinieerd weergegeven door de standaarddeviatie tussen de aan de grepen toegekende concentraties. Deze is voor elke modelrealisatie weergegeven in tabel 12. Om tot interpreteerbare resultaten te komen is er in dit project voor gekozen de standaarddeviatie van de modelrealisaties binnen één serie, zoveel als mogelijk, constant te houden. Op het schaalniveau van de individuele grepen is er daarom slechts voor drie niveaus van heterogeniteit gemodelleerd: depot A met een variatiecoëfficiënt van circa 180 %, Gaslaan met een variatiecoëfficiënt van circa 240 % en Rokkeveen met een variatiecoëfficiënt van circa 69 %.

Grootschalig, op het niveau van de gehele modelrealisaties, zijn er echter wel sterke verschillen in heterogeniteit gedefinieerd door de ruimtelijke structuur binnen de modelrealisaties te variëren. Op dit niveau zijn de drie verschillende series modelrealisaties in principe weer globaal aan elkaar gelijk, maar treedt er juist variatie op binnen elke serie. Omdat de heterogeniteit op het laagste schaalniveau

(greepgrootte) voor de drie series sterk varieert, is de resulterende variatie binnen de drie series toch wezenlijk anders.

Omdat de drie gegevenssets gebruikt voor de modelrealisaties een breed gebied beslaan, wordt aangenomen dat de modelrealisaties totaal (de combinatie van grootschalige en kleinschalige heterogeniteit) de werkelijkheid voldoende omschrijven.

Binnen de begeleidingscommissie is gediscussieerd over het voorkomen van grootschalige heterogeniteit bij partijen schone grond. De meningen zijn hierover binnen de begeleidingscommissie verdeeld. Enerzijds wordt met betrekking tot het toepassingsgebied schone of vrijwel schone grond aangenomen dat dergelijke grootschalige heterogeniteiten niet voorkomen, maar anderzijds wordt, bijvoorbeeld vanuit de aanwezigheid van verschillende grondsoorten (en een eventueel daarmee samenhangende verontreiniging), juist aangevoerd dat dergelijke heterogene gronden wel voorkomen.

Door de gekozen aanpak, waarbij drie sets van 10 modelrealisaties worden gemaakt is een dergelijke discussie in eerste instantie echter minder relevant. Het gaat hier niet om de vraag of een specifieke modelrealisatie een specifieke werkelijkheid weergeeft, maar om de vraag of het brede scala aan mogelijke werkelijkheden door de breedte van de drie series van modelrealisaties wordt omvat. Indien dit laatste het geval is, dan is de vergelijking van de verschillende monsternemingsstrategieën ook binnen een reëel domein uitgevoerd. Voorts kan dan bij het afwegen van de prestaties van de verschillende monsternemingsstrategieën nog worden besloten om het resultaat van een bepaalde strategie bij een bepaalde realisatie als minder relevant te beschouwen vanuit het oogpunt dat mag worden aangenomen dat de betreffende realisatie in de praktijk niet veel zal voorkomen (bijvoorbeeld de grootschalig zeer heteroog gedefinieerde realisaties).

2.6.2 Segregatiepatronen en de vorm van de partij

Ten aanzien van het voorkomen van segregatiepatronen speelt in belangrijke mate de vraag hoe een weergegeven realisatie moet worden vertaald naar een partij in de praktijk. Bijvoorbeeld in het geval van een conisch gestorte partij, waarbij segregatie optreedt ten gevolge van het feit dat de grove delen over de zijde van de partij zullen afrollen en dus vooral onderin de partij terecht komen. Dit in vergelijking tot de modelrealisaties die binnen een blok worden gedefinieerd en waarbij dergelijke fysische processen niet kunnen worden gesimuleerd.

Bij het interpreteren van het beeld van de modelrealisatie moet nu eigenlijk de (vrijwel) onmogelijke vertaaltap van blok naar conus worden gemaakt, tezamen met een verandering van het segregatiepatroon.

In deze gaat het echter niet om de vraag hoe het segregatiepatroon er exact uitziet, maar om de vraag of de mate van segregatie die hiermee samenhangt door één of meer van de modelrealisaties in voldoende mate wordt omschreven. Dit laatste lijkt wel het geval te zijn, zie bijvoorbeeld depot A, realisatie 1 en 2. Daarmee is de fysische vorm van partijen grond in de praktijk en de vorm van de modelrealisaties

niet direct relevant: het gaat om de binnen de modelrealisaties beschreven mate van groot- en kleinschalige heterogeniteit.

3. Model onderzoek: de toetsing van monsternemingsstrategieën

3.1 Verschillende monsternemingsstrategieën

Reeds in het projectplan bij de offerte-aanvraag van het ministerie van VROM zijn tien vragen gedefinieerd waarop in het kader van dit project een antwoord moet worden gegeven. Deze vragen zijn (verkort):

1. Het opstellen van een model geschikt voor het beantwoorden van de vragen gericht op de monsterneming van partijen grond.

De beantwoording van deze vraag, de opgestelde modelrealisaties, zijn uitgebreid in hoofdstuk 2 van dit rapport aan de orde gekomen. Op deze vraag zal in dit hoofdstuk daarom niet meer worden ingegaan.

Voor een zinvolle beantwoording van de verschillende vragen en het vergelijken van verschillende monsternemingsstrategieën dienen tevens de kosten van de toetsing in beschouwing te worden genomen. Hiervoor is aangesloten bij de kostenbenadering die door TAUW is gebruikt voor het project "Toetsen aan streefwaarden". Een samenvatting van deze wijze van kostenberekening is weergegeven in paragraaf 3.2.

Een niet geformuleerde vraag betreft de wijze waarop het interim-protocol grond voldoet wanneer het op de modelrealisaties wordt toegepast. Omdat voor een groot aantal van de gestelde vragen een vergelijking met de "prestaties" van het interim-protocol moet plaatsvinden is de monsterneming van de modelrealisaties nader uitgewerkt in paragraaf 3.3.

2. Het interim-protocol toetst op de gemiddelde concentratie van gehele partijen grond. Daarmee is het mogelijk dat ernstig verontreinigde delen van de partij niet worden opgemerkt ten gevolge van het uitmiddelen van de concentraties. Er dient te worden onderzocht wat de kans is dat een dergelijke situatie zich voordoet.

Om deze vraag te beantwoorden zijn de modelrealisaties opgesplitst in deelpartijen van verschillende grootte. Bij elke opsplitsing is gekeken naar het effect dat een dergelijke opsplitsing, gegeven een zekere toetsingswaarde, heeft op het deel van de partij dat wordt goed- of afgekeurd. Bovendien zijn de kosten van een dergelijke toetsing van deelpartijen in overweging genomen. De beantwoording van deze vraag is nader uitgewerkt in paragraaf 3.4.

3. Door de TCB is voorgesteld om de toetsing van partijen grond te richten op de verzameling van deelpartijen van 25 m³. Door een aantal van deze "eenheden" intensief te bemonsteren kan een uitspraak worden gedaan over de verdeling

van eenheden van 25 m^3 in de partij. Hiermee wordt de kans op het uitmiddelen van ernstige verontreinigingen volgens de TCB aanzienlijk verkleind. Gevraagd wordt om vast te stellen of een dergelijke benaderingswijze tot een uitvoerbaar protocol kan leiden en waarin een dergelijk protocol afwijkt van het interim-protocol grond.

Vergelijkbaar aan de voorgaande vraag zijn de modelrealisaties voor de beantwoording van deze vraag ingedeeld in eenheden van 25 m^3 . Een aantal hiervan is met een variabel aantal grepen bemonsterd. Door de te bemonsteren eenheden aselekt te kiezen kunnen zowel uitspraken worden gedaan over de bruikbaarheid van een dergelijke monsternemingsstrategie, als over de mogelijkheden die deze strategie biedt om uitspraken over de volledige populatie van blokken van 25 m^3 te doen. De beantwoording van deze vraag is nader uitgewerkt in paragraaf 3.5.

4. Het interim-protocol grond heeft ten gevolge van het relatief grote aantal grepen dat moet worden genomen het nadeel dat de monsterneming arbeids- en kostenintensief is. Daarom is de vraag gesteld of het wel noodzakelijk is een dergelijk groot aantal grepen te nemen.

Op de modelrealisaties worden varianten van het interim-protocol grond uitgevoerd met een geringer aantal grepen. Tevens is een variant meegenomen waarbij meerdere monsters worden geanalyseerd, maar de kosten ten gevolge van een geringere monsternemingsinspanning gelijk zijn gehouden aan de kosten van het interim-protocol. De resultaten van de monsternemingen van deze varianten zijn vergeleken met de resultaten van het interim-protocol en de werkelijke waarden van de partij. Tevens zijn de kosten van de verschillende varianten in beschouwing genomen. De beantwoording van deze vraag is nader uitgewerkt in paragraaf 3.6.

5. Een andere methode voor het beperken van de monsternemingsinspanning en -kosten is het nemen van meerdere grepen per boring. Dit leidt tot een beperking van het totaal aantal uit te voeren boringen en daarmee tot een (aanzienlijke) beperking van de kosten. Dit heeft echter wel als consequentie dat de correlatie tussen de grepen zal toenemen. Daarmee zal de representativiteit van de monsterneming afnemen. De vraag moet worden beantwoord in hoeverre een dergelijke methode van monsterneming daadwerkelijk leidt tot een vermindering van de representativiteit van de monsters.

Ten behoeve van deze vraagstelling zijn de modelrealisaties over transecten bemonsterd, waarbij er per transect een variabel aantal grepen op verschillende onderlinge afstanden is genomen. De resultaten van deze wijze van monsterneming zijn vergeleken met de resultaten van de monsterneming conform het interim-protocol grond. Ook de kosten zijn bij deze vergelijking in beschouwing genomen. De beantwoording van deze vraag is nader uitgewerkt in paragraaf 3.7.

6. Ten behoeve van het toetsen van bouwstoffen is een toetsingsprotocol ontwikkeld waarbij 3 monsters worden samengesteld uit elk 4 grepen. Gevraagd wordt hoe dit protocol zich verhoudt tot het interim-protocol grond en het te ontwikkelen definitieve protocol grond.
Het protocol voor bouwstoffen wordt op de verschillende modelrealisaties toegepast en de resultaten van deze monsterneming worden vergeleken met de resultaten van de monsterneming conform het interim-protocol grond en de werkelijke waarden van de modelrealisaties. De beantwoording van deze vraag is nader uitgewerkt in paragraaf 3.8.
7. Het ontwikkelen van een monsternemingsstrategie die rekening houdt met eventuele organoleptische waarnemingen aan de partij.
Deze vraag is in de begeleidingscommissie ter tafel gekomen. Besloten is dat een dergelijke vraagstelling niet goed past binnen het kader van dit project. Wel kan inzicht worden verkregen in de effecten van gerichte monsterneming uit het onderzoeken van verschillende deelpartijen, zie paragraaf 3.3 en 3.4. Voorts is vastgesteld dat in het protocol aandacht aan dit probleem zal worden geschonken; er zal een (procedureel) voorstel worden gedaan over de wijze waarop in dergelijke gevallen met de toetsing van de partij moet worden omgegaan. Zie hiervoor paragraaf 6.2.
8. Voor kleinere partijen wordt een lagere toetsingsinspanning wenselijk geacht om de kosten van de toetsing, per ton getoetste grond, niet te hoog te laten oplopen. Gevraagd wordt om het effect van een dergelijke beperktere onderzoeksinspanning te onderzoeken.
Een beperktere toetsingsinspanning leidt tot een beperking in de betrouwbaarheid van de toetsing. Aangezien in vraag 2 reeds is gekeken naar het effect van het toetsen van kleinere partijen en in vraag 4 reeds is gekeken naar het beperken van de monsternemingsinspanning kan deze vraag op basis van een combinatie van de voorgaande vragen 2 en 4 worden beantwoord. De beantwoording is nader uitgewerkt in paragraaf 3.9.
9. Voor de onderzochte monsternemingsstrategieën moeten uitspraken worden gedaan over de betrouwbaarheid, de producenten- en consumentenrisico's, de kosten en de monsternemingsfout. Op basis van deze vergelijking dient een voorstel te worden gedaan voor een monsternemingsstrategie voor het protocol grond.
Aangezien dergelijke aspecten reeds bij het beantwoorden van de verschillende vragen worden meegenomen wordt deze vraag niet meer separaat beantwoord. In plaats daarvan wordt in een afsluitende paragraaf (3.10) een overzicht gegeven van de resultaten van de voorgaande paragrafen op basis waarvan een voorstel wordt gedaan voor de in het protocol grond te hanteren monsternemingsstrategie.

Tijdens de eerste vergadering van de begeleidingscommissie is gevraagd of er, naast de voorgaande reeds in het projectplan geformuleerde vragen, nog aanvullende vragen moeten worden beantwoord [9]. Dit heeft geleid tot het afstemmen van de kostenberekening met het TAUW project "Toetsen aan streefwaarden" en het beantwoorden van een aantal vragen met betrekking tot de monstervoorbehandeling. Deze laatste vragen komen in hoofdstuk 5 aan bod.

In de offerte-aanvraag van het ministerie van VROM wordt gevraagd om, zie vraag 9, het producenten- en consumentenrisico voor de verschillende monsternemingsstrategieën te kwantificeren. Zoals nader is uitgewerkt in paragraaf 3.4 zijn de termen producenten- en consumentenrisico in het licht van de uitgevoerde experimenten niet volgens de gangbare definities te kwantificeren. De monsternemingsstrategieën zijn daarom geëvalueerd op basis van de variabiliteit in het gemiddelde van de toetsing. In het algemeen kan worden gesteld dat hoe groter de variabiliteit, hoe groter eveneens het producenten- en het consumentenrisico.

3.2 Toetsingskosten

Een definitie van de toetsingskosten heeft plaatsgevonden in het door TAUW Milieu B.V. uitgevoerde project "Toetsen aan streefwaarden". Hierbij worden de kosten voor de toetsing opgesplitst in:

- voorrijdkosten;
- boorkosten;
- veldkosten (monsteropslag);
- monstervoorbehandelingskosten;
- analysekosten.

De kosten van de interpretatie van de resultaten en de rapportage worden door TAUW niet in hun berekening meegenomen. Hiervoor kan worden gesteld dat deze, ongeacht de uitgevoerde strategie, gelijk zullen zijn en daarom bij een vergelijking van de kosten niet relevant (er vanuit gaande dat deze relatief gering zijn). Ook worden geen kosten gerekend voor de planning van de monsterneming, het maken van een monsternemingsplan, het instrueren van de veldploeg, e.d.. Ook deze kosten zullen een wezenlijk deel van de totale kosten uitmaken, maar zullen in principe constant zijn. Een uitzondering hierop moet mogelijk worden gemaakt in die gevallen waarbij er sprake is van een complexe monsterneming. Gedacht kan worden aan de door de TCB voorgestelde monsterneming waarbij een aantal volumes van 25 m³ moeten worden gedefinieerd en bemonsterd. Ook het aselekt bepalen van 100 monsternemingspunten voor het interim-protocol grond, alsmede het in het veld uitzetten van deze punten, zal meer kosten met zich meebrengen dan een eenvoudiger monsternemingsstrategie waarbij bijvoorbeeld in één boring meerdere grepen worden genomen. In dit rapport wordt er echter vanuit gegaan dat de variaties in deze vaste kostenposten dermate gering zijn dat deze niet van invloed zijn op de uitgevoerde vergelijking.

Omdat enkele vaste kostenposten niet in de berekening van de toetsingskosten worden meegenomen moet worden bedacht dat de gegeven kosten een onderschatting zijn van de werkelijke kosten.

De *voorrijdkosten* zijn afhankelijk van het aantal te boren meters. Er wordt vanuit gegaan dat één persoon per dag 40 meter kan boren. Afhankelijk van het aantal te boren meters dienen er meerdere personen te worden ingezet, waarbij wordt verondersteld dat de monsterneming in één dag wordt uitgevoerd. Wanneer er meer dan 3 personen moeten worden ingezet wordt gerekend dat hiervoor tevens een tweede auto noodzakelijk is. De reisafstand wordt verondersteld 50 km te zijn, de kosten voor een auto met 1 persoon bedragen f 3,=/km, voor 2 personen f 4,=/km en voor 3 personen f 5,=/km. De voorrijdkosten bedragen derhalve:

1 persoon f 150,=
2 personen f 200,=
3 personen f 250,=
4 personen f 400,= (= 3 + 1)
5 personen f 450,= (= 3 + 2)
etc.

De *boorkosten* zijn afhankelijk van de diepte van de boring. Hiervoor gelden de volgende tarieven:

0 m < te boren meters ≤ 0,5 m: f 15,= per boring
0,5 m < te boren meters ≤ 1,0 m: f 35,= per boring
1,0 m < te boren meters ≤ 2,0 m: f 60,= per boring.

Voor grotere dieptes heeft TAUW geen boorkosten gedefinieerd. Aangezien in dit onderzoek in een aantal gevallen wel een grotere boordiepte wordt gerealiseerd, moeten ook nog voor diepere boringen de kosten worden vastgesteld. Dergelijke diepere boringen zijn noodzakelijk gezien het feit dat de maximale depothoogte (gemiddeld gesproken) gelijk wordt gesteld aan 4 m.

2,0 m < te boren meters ≤ 3,0 m: f 95,= per boring
3,0 m < te boren meters ≤ 4,0 m: f 120,= per boring

Opgemerkt wordt dat deze methode van kostenberekening is gebaseerd op *bo-demonderzoek*. Voor het bemonsteren van depots wordt een kostencalculatie op basis van uurloon/te besteden tijd reëler geacht. Dit zou een aanzienlijke reductie van de boorkosten betekenen. In de binnen dit onderzoek uitgevoerde praktijkevaluatie zal dit aspect ook aan de orde komen, zie hoofdstuk 4.

De *veldkosten* bestaan uit de kosten voor de opslag van de grepen in monstervaten. Aangezien alle samen te voegen grepen reeds in het veld kunnen worden samengevoegd bedragen de veldkosten conform de opgave van TAUW f 3,= per greep.

De *monstervoorbehandelingskosten* bedragen f 250,= per te analyseren monster. Voor het interim-protocol grond, waarin twee mengmonsters worden geanalyseerd bedragen de monstervoorbehandelingskosten dus bijvoorbeeld f 500,=.

De *analysekosten* bedragen f 425,= per te analyseren monster. Voor dit bedrag wordt het monster geanalyseerd op droogrest, lutum organisch stof, extraheerbaar organische halogenen, minerale olie, acht metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Dat betekent dat er in de kostenberekening vanuit wordt gegaan dat de toetsing op een breed pakket aan stoffen wordt uitgevoerd. Het genoemde pakket komt overeen met de stoffen die bij bodemonderzoek worden geanalyseerd bij het onderzoeken van een niet-verdachte lokatie en kunnen derhalve voor een protocol gericht op *schone* grond als reëel worden verondersteld.

Op basis van voorgaande kostendefinitie kunnen nu eenvoudig de kosten van verschillende toetsingsprocedures worden berekend.

Als voorbeeld de kosten voor het uitvoeren van het interim-protocol grond:

Aangenomen wordt dat de depothoogte 4 meter bedraagt. Gezien de aselece bepaling van de monsternemingslokaties mag worden aangenomen dat de *gemiddelde* boordiepte 2 m bedraagt. Dit betekent dat er voor de 100 te nemen grepen 200 m moet worden geboord.

Voorrijden:	200 m te boren, 40 m per persoon per dag: $200 / 40 = 5$ personen $\rightarrow$	f 450,=
Boren:	100 boringen naar 2 m: $100 * f 60,=$ per boring $\rightarrow$	f 6.000,=
Opslag:	100 grepen, f 3,= per greep $\rightarrow$	f 300,=
Voorbehandeling:	2 te analyseren mengmonsters, f 250,= per monster $\rightarrow$	f 500,=
Analyse:	2 te analyseren monsters, f 425,= per monster $\rightarrow$	<u>f 850,=</u>
Totale kosten uitvoeren interim-protocol		f 8.100,=

3.3 Monsterneming op basis van het interim-protocol grond

Om vast te kunnen stellen in hoeverre de analyseresultaten (x_1 en x_2) bij het bemonsteren van een partij grond conform het interim-protocol grond representatief zijn voor de partij en daarmee hoe goed het daaruit berekende gemiddelde (x_3) overeenkomt met het werkelijke gemiddelde van de partij (μ), zijn de 30 modelrealisaties bemonsterd conform het interim-protocol. Dit betekent dat:

voor elke modelrealisatie aselece 100 monsternemingslokaties zijn gekozen. Op deze 100 lokaties is de in de modelrealisatie vastgelegde waarde (concentratie) uitgelezen. De 100 hieruit resulterende getallen zijn in twee groepen van 50 getallen elk ingedeeld. Voor elk van deze groepen is het gemiddelde bepaald (x_1 en x_2) en

tevens is het gemiddelde van alle 100 getallen bepaald (x_3). Voor elke modelrealisatie is dit 1000 maal herhaald.¹

Dit resulteert in een verdeling van de steekproefgemiddelden x_3 per modelrealisatie, waarbij de verdeling is weergegeven op basis van 1000 steekproefgemiddelden. De vorm en breedte van de verdeling is bepalend voor de "robuustheid" van het interim-protocol. Zijn de verdelingen smal en komt het berekende gemiddelde van de steekproefgemiddelden x_3 overeen met het werkelijke gemiddelde μ , dan levert het interim-protocol een betrouwbare uitspraak over de gemiddelde concentratie van een partij grond. Zijn de verdelingen daarentegen breed en/of wijkt het gemiddelde van x_3 af van het werkelijke gemiddelde μ , dan levert het interim-protocol een weinig betrouwbare uitspraak over de gemiddelde concentratie van de partij. Naast een vergelijking op basis van het gemiddelde kan ook een vergelijking op basis van de standaarddeviatie worden gemaakt. Het aantal grepen dat wordt genomen is immers bekend evenals de werkelijke standaarddeviatie van de modelrealisaties waaruit de grepen worden genomen. De standaarddeviatie in de resultaten bij de monsterneming conform het interim-protocol grond eenvoudig worden berekend:

$$s.d._{(x_3)} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

waarin

$s.d._{(x_3)}$ = de theoretische standaarddeviatie van de steekproefgemiddelden x_3
 σ = de werkelijke standaarddeviatie van de modelrealisatie
 n = het aantal grepen in de monsterneming (= 100)

De verdelingen van de gemiddelden x_3 voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 3. In tabel 13 staan de gegevens van Depot A samengevat, in tabel 14 de gegevens van Gaslaan en in tabel 15 van Rokkeveen².

-
- ¹ Voor het uitvoeren van deze monsternemingen is een computerprogramma geschreven. Elk onderdeel van dit programma en de verschillende stappen die in het programma moeten worden gemaakt zijn gecontroleerd om een correcte werking van het programma te garanderen. In deze rapportage worden deze werkzaamheden echter niet gerapporteerd, volstaan wordt met de resultaten die voor het onderzoek direct relevant zijn.
 - ² In deze tabellen zijn weergegeven de theoretische standaarddeviatie: dit is de standaarddeviatie van de volledige modelrealisatie (s) standaarddeviatie monsterneming: dit is de standaarddeviatie zoals bepaald op basis van de monsterneming (s) werkelijke gemiddelde: dit is het gemiddelde van de volledige modelrealisatie (μ) gemiddelde monsterneming: dit is het gemiddelde zoals bepaald op basis van de monsterneming ("ix") $\bar{x}$

Tabel 13 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A conform het interim-protocol grond en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	1.01	1.31	1.24	0.75	1.09	1.34	1.43	1.43	1.43	1.50
standaarddeviatie monsterneming	1.09	1.46	1.00	0.71	1.08	1.81	1.34	1.71	1.42	1.56
werkelijk gemiddelde	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
gemiddelde monsterneming	7.07	6.98	6.15	6.10	6.42	6.86	7.05	7.20	7.21	7.36

Tabel 14 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Gaslaan conform het interim-protocol grond en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	0.59	0.54	0.54	0.68	0.81	1.08	0.96	1.15	1.77	1.34
standaarddeviatie monsterneming	0.59	0.52	0.54	0.78	0.73	1.27	1.32	1.16	2.53	1.45
werkelijk gemiddelde	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
gemiddelde monsterneming	3.29	3.02	2.88	2.98	2.88	3.04	3.12	3.38	3.33	3.51

Tabel 15 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Rokkeveen conform het interim-protocol grond en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	2.13	2.14	2.95	2.53	2.29	2.52	3.03	2.62	2.83	2.75
standaarddeviatie monsterneming	2.06	2.15	4.18	2.18	2.22	2.40	2.95	2.62	2.79	2.76
werkelijk gemiddelde	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
gemiddelde monsterneming	43.39	37.82	37.96	38.25	37.95	38.07	38.93	38.43	38.97	38.90

Zoals blijkt uit tabel 13, 14 en 15 kunnen er relatief grote verschillen optreden tussen de theoretisch berekende standaarddeviatie en de standaarddeviatie die resulteerde uit de monsterneming. Dit verschil blijkt te worden veroorzaakt door het voorkomen van relatief sterke uitschieterende waarden in de modelrealisaties (die op zich wel gewoon deel uitmaken van de statistische verdeling van de concentraties van de grepen in de modelrealisaties).

Op basis van de tabellen 13, 14 en 15 is in tabel 15 weergegeven hoe groot de gemiddelde en de maximale afwijking van de werkelijke gemiddelde concentratie is en hoe groot de gemiddelde en de maximale afwijking van de theoretische standaarddeviatie is.

Tabel 16 Gemiddelde en maximale afwijkingen in gemeten gemiddelde en standaarddeviatie ten opzichte van het werkelijke gemiddelde en de theoretische standaarddeviatie op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond.

Realisatie	gemiddelde afwijking gemiddelde	maximale afwijking gemiddelde	gemiddelde afwijking standaarddeviatie	maximale afwijking standaarddeviatie
Depot A	0,6 %	1,3 %	10,5 %	30,0 %
Gaslaan	1,1 %	2,4 %	12,2 %	35,6 %
Rokkeveen	0,1 %	0,4 %	6,6 %	34,4 %

Gemiddeld genomen leidt het interim-protocol grond dus tot het werkelijk gemiddelde van de partij, maar de concentratie van een individuele toetsing kan daar wel aanzienlijk van afwijken. Dit laatste blijkt duidelijk wanneer de verdelingen van de gemiddelde concentraties (x_3) in bijlage 3 in beschouwing worden genomen. Uit de histogrammen voor zowel Depot A als Gaslaan blijkt niet alleen dat er vrij brede verdelingen worden waargenomen, maar tevens dat deze verdelingen géén normale verdelingen zijn. *Dit ondanks het feit dat de gemiddelden zijn gebaseerd op 100 grepen!*

Voor de verdeling van het gemiddelde van een serie waarnemingen kan wiskundig worden afgeleid dat deze normaal is verdeeld indien de bemonsterde parameter wordt gekenmerkt door een verdeling met een gemiddelde en standaarddeviatie en het aantal waarnemingen waarop het gemiddelde is gebaseerd naar oneindig nadert. Dit is onafhankelijk van de verdeling van de bemonsterde parameter. Deze regel staat bekend als de centrale limiet stelling. Hoewel de normale verdeling in het gemiddelde volgens de centrale limiet stelling pas wordt bereikt bij een oneindig groot aantal waarnemingen geldt in de praktijk dat dit bij benadering reeds bij een veel geringer aantal waarnemingen het geval is. Enige tientallen waarnemingen wordt veelal voldoende geacht. Vertaald naar de hier uit gevoerde experimenten zou dus worden verwacht dat de verdeling van de gemiddelde concentratie, bepaald op basis van 100 grepen, normaal zou zijn verdeeld.

De verdelingen van de hier onderzochte modelrealisaties zijn positief scheef verdeeld, of in het geval van de Gaslaan zelfs extreem scheef. Uit de experimenten blijkt nu dat ondanks het feit dat het gemiddelde steeds is gebaseerd op 100 waarnemingen (grepen), de verdeling van het gemiddelde (die steeds is bepaald door 1000 maal het gemiddelde te bepalen) nog steeds positief scheef is verdeeld. Zeker in het geval van de verdeling van de modelrealisaties van Gaslaan blijken 100 grepen onvoldoende om een normale verdeling in de gemiddelde concentratie op te leveren. Voor Depot A is dit in mindere mate ook het geval, terwijl bij Rokkeveen, waarbij de modelrealisaties zelf ook al redelijk normaal zijn verdeeld, over het algemeen wel een behoorlijke normale verdeling in de gemiddelde concentratie wordt gevonden.

Vastgesteld wordt dat de centrale limiet stelling toch vrij gevoelig is voor de onderliggende verdeling die wordt bemonsterd en dat bij (sterk) scheve

verdelingen het aantal waarnemingen dat noodzakelijk is om een (bij benadering) normale verdeling in het gemiddelde te krijgen (aanzienlijk) groter kan zijn dan de "enige tientallen" die vaak voldoende worden geacht. Bovendien moet worden vastgesteld dat het doen van uitspraken over een partij op basis van een beperkt aantal grepen tot een grotere afwijking van het werkelijke gemiddelde kan leiden dan theoretisch gezien het geval zou zijn. Door de positief scheve verdeling van de gemiddelde concentratie ligt de mediaan (50 % van de waarnemingen kleiner/groter dan deze waarde) links van de gemiddelde waarde. Dit betekent dat de kans op te lage waarden groter is dan de kans op te hoge waarden. Dit resulteert derhalve in een relatief groter risico voor de consument.

Op basis van deze resultaten is, hoewel feitelijk buiten de doel- en vraagstelling van het project vallend, eveneens een variant op het interim-protocol uitgevoerd waarbij niet 100 maar 200 grepen worden genomen. Deze variant is doorgerekend om vast te kunnen stellen of met een dergelijk hoog aantal grepen wel beter aan de normaliteit in de mengmonsterresultaten wordt voldaan. De resultaten hiervan zijn opgenomen bij de resultaten van de andere varianten op het interim-protocol waarbij het aantal grepen is gevarieerd, zie paragraaf 3.6.

Bij het vergelijken van de berekende theoretische standaarddeviatie en de gevonden standaarddeviatie, zie tabel 15, blijkt dat hier vrij grote verschillen in kunnen optreden. Deze verschillen blijken voort te komen uit de aanwezigheid van relatief zeer hoge concentraties die in de modelrealisaties kunnen voorkomen. In incidentele gevallen komen er hiervan één of meer voor in een monsterneming waardoor de gemiddelde concentratie voor die monsterneming aanzienlijk wordt verhoogd. Dit komt dan tevens tot uiting in de standaarddeviatie van de verschillende monsternemingen.

Ten gevolge van het feit dat, in tegenstelling tot hetgeen op voorhand werd verwacht, de verdeling van de gemiddelde concentratie niet normaal is verdeeld, geeft een beoordeling op alleen het gemiddelde en de standaarddeviatie onvoldoende inzicht in de prestaties van een monsternemingsmethode. Daarom wordt er voor gekozen om naast het gemiddelde en de standaarddeviatie ook het interval vast te stellen waarin 95 % van de waarnemingen vallen. Hiervoor is het 2,5 % percentielpunt en het 97,5% percentielpunt van de verdeling van x_3 bepaald. Voor het interim-protocol grond staan deze intervallen weergegeven in tabel 17. Tevens is hierbij de relatieve breedte van dit interval berekend:

$$\text{relatieve breedte} = (97,5\% \text{ percentiel} - 2,5\% \text{ percentiel}) / \text{gemiddelde}$$

Deze relatieve breedte kan worden gebruikt voor het vergelijken van het interim-protocol met varianten daarop.

Tabel 17 Het op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde ¹	7.07	6.98	6.15	6.10	6.42	6.86	7.05	7.20	7.21	7.36
	2,5% punt	5.44	5.34	4.97	5.10	4.79	5.05	5.20	5.11	5.21	5.28
	97,5% punt	9.57	9.66	8.23	7.95	9.04	9.72	10.06	10.22	10.41	10.57
	rel. breedte	0.584	0.619	0.530	0.467	0.662	0.681	0.689	0.710	0.721	0.719
Gaslaan	gemiddelde	3.29	3.02	2.88	2.98	2.88	3.04	3.12	3.38	3.33	3.51
	2,5% punt	2.22	2.12	2.00	1.98	1.90	1.92	1.93	2.04	1.94	2.02
	97,5% punt	4.50	4.12	4.01	4.51	4.68	5.39	5.50	6.35	6.31	7.18
	rel. breedte	0.693	0.662	0.689	0.849	0.965	1.141	1.144	1.275	1.312	1.470
Rokkeveen	gemiddelde	43.39	37.82	37.96	38.25	37.95	38.07	38.93	38.43	38.97	38.90
	2,5%punt	39.57	33.96	34.60	34.67	33.80	33.67	34.07	33.62	33.76	34.05
	97,5% punt	47.75	42.39	43.45	42.58	42.39	43.20	44.69	44.11	45.34	44.66
	rel. breedte	0.188	0.223	0.233	0.207	0.226	0.250	0.273	0.273	0.297	0.271

1) Gemiddelde van de toetsingsresultaten van 1000 toetsingen (gemiddelde gemiddelde gehalte van de partij)

De kosten voor het uitvoeren van het interim-protocol bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 8.100,= per toetsing (zie de berekening in paragraaf 3.2).

Door de TCB is aangegeven [21] dat het van belang is om vast te stellen in hoeverre de resultaten van de beide mengmonsters x_1 en x_2 op basis van de monsterneming van elkaar kunnen afwijken. Wordt namelijk een te grote afwijking tussen deze twee mengmonsterresultaten gevonden, dan is dit een signaal dat er bij de monstervoorbehandeling of analyse van één van de monsters iets fout is gegaan. Ten behoeve hiervan is niet alleen het gemiddelde mengmonsterresultaat x_3 berekend, maar zijn tevens de "concentraties" van de beide hieraan ten grondslag liggende mengmonsters x_1 en x_2 bepaald. Voor elke combinatie van x_1 en x_2 is de verhouding tussen de beide waarden berekend, waarmee is vastgesteld hoeveel maal x_1 gelijk is aan x_2 :

$$s = \max(x_1, x_2) / \min(x_1, x_2)$$

Aangezien elke modelrealisatie 1000 maal met het interim-protocol is bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen x_1 en x_2 een histogram voor de monsterneming van elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlage 3.

Zoals blijkt uit deze histogrammen zijn deze verdelingen, ten gevolge van de wijze waarop het quotiënt is gedefinieerd, scheef. Verder kan het gemiddelde quotiënt

van x_1 en x_2 nooit als controlewaarde worden gebruikt voor het vaststellen of er sprake is van een fout in de monstervoorbehandeling en/of de analyse; dit is immers het quotiënt dat normaal mag worden verwacht. De keuze voor een hoge percentielwaarde van het quotiënt ligt in dit verband wel voor de hand. Daarom is in tabel 18 niet alleen het gemiddelde quotiënt weergegeven, maar is tevens de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 18 Gemiddelde en 95 % percentiel voor de verhouding tussen de beide mengmonsterresultaten voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het interim-protocol grond.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde ¹	1.25	1.30	1.24	1.18	1.30	1.33	1.33	1.36	1.34	1.37
	95 % percentiel	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0	1.9	2.0
Gaslaan	gemiddelde	1.35	1.36	1.37	1.40	1.44	1.53	1.52	1.59	1.71	1.69
	95 % percentiel	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.7	2.5	2.9	3.0	3.2
Rokkeveen	gemiddelde	1.08	1.09	1.36	1.09	1.10	1.11	1.12	1.12	1.12	1.12
	95 % percentiel	1.2	1.2	2.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

1) gemiddelde van verhouding van x_1 en x_2 op basis van 1000 toetsingen

Zoals blijkt uit tabel 18 is de grootte van het quotiënt van de beide mengmonsterresultaten afhankelijk van de scheefheid van de verdeling van de concentraties in de bemonsterde partij.

Indien de controlewaarde voor het maximaal aan de monsterneming toeschrijfbare quotiënt van de beide mengmonsterresultaten gelijk wordt gesteld aan de gemiddelde 95 % percentielwaarde van de verschillende monsternemingen, dan moet:

- op basis van de monsterneming van Depot A een controlewaarde worden gekozen van 1,8.
- op basis van de monsterneming van Gaslaan een controlewaarde worden gekozen van 2,5.
- op basis van de monsterneming van Rokkeveen een controlewaarde worden gekozen van 1,3.

3.4 Toetsen van deelpartijen, kans op het uitmiddelen van een ernstige verontreiniging

Om vast te stellen wat het effect is indien een partij niet als één geheel wordt getoetst, maar delen van deze partij separaat worden getoetst, zijn de modelrealisaties opgedeeld in deelpartijen. Elke modelrealisatie is opgedeeld in 2, 4, 8 en 16 deelpartijen. Uitgaande van een oorspronkelijke partijgrootte van 2000 ton betekent dit dus dat er toetsingen zijn uitgevoerd op partijen van 1000, 500, 250 en 125 ton.

Ruimtelijk gezien hebben de delingen naar 2, 4 en 8 deelpartijen plaatsgevonden in

zijn, immers ten gevolge van het toeval zullen andere grepen uit de deelpartij worden genomen, waardoor een andere gemiddelde concentratie voor de deelpartij wordt bepaald. Daarom wordt in het gedachtenexperiment de toetsing een groot aantal malen herhaald en is een aantal gemiddelde waarden berekend:

1. de gemiddelde fractie goedgekeurde partijen (gfgd);
2. de gemiddelde concentratie van de goedgekeurde deelpartijen;
3. de gemiddelde concentratie van de afgekeurde deelpartijen.

Deze grootheden zijn getabelleerd en grafisch weergegeven in bijlage 4.

Aangezien bij het verder opdelen van de oorspronkelijke modelrealisatie steeds kleinere hoeveelheden "grond" aan de toetsing worden onderworpen, zal de kwaliteit van de goedgekeurde grond na het samenvoegen van de deelpartijen verbeteren naar mate er meer deelpartijen worden getoetst. Anderzijds zal de kwaliteit van de afgekeurde grond gelijktijdig steeds slechter worden.

Het opsplitsen in deelpartijen is van invloed op het consumenten- en producentenrisico. Hierop wordt onderstaand verder ingegaan.

Consumentenrisico

Het consumentenrisico wordt normaal gedefinieerd als de kans dat een verontreinigde partij (werkelijke gemiddelde concentratie boven de toetswaarde) toch wordt goedgekeurd. De definitie van het begrip consumentenrisico is hier echter minder duidelijk. Er zijn binnen elke modelrealisatie deelpartijen gedefinieerd en er is gekeken naar het effect van deze opdeling op zowel de hoeveelheid deelpartijen die wordt goedgekeurd, als op de concentratie van de goed- en afgekeurde partijen. Dit betekent dat het consumentenrisico niet vanuit alleen een concentratie kan worden bepaald. Het consumentenrisico moet daarom worden gerelateerd aan de gemiddelde concentratie van de goedgekeurde deelpartijen als functie van het aantal gedefinieerde deelpartijen.

Uit de tabellen in bijlage 4 blijkt dat de gemiddelde concentratie van de goedgekeurde partijen afneemt naarmate meer deelpartijen worden getoetst. Dit treedt met name op voor de modelrealisaties waarin veel grootschalige heterogeniteit aanwezig is (lage realisatienummers). Het effect is echter niet erg groot. Voor realisatie 1 van Gaslaan daalt de gemiddelde concentratie van de goedgekeurde deelpartijen bijvoorbeeld van 3.29 mg/kg (gehele partij) naar 2.00 mg/kg (16 deelpartijen) bij een toetsingswaarde van 5.0 mg/kg (= streefwaarde). Hier tegenover staat echter wel een 16-voudige keuringsinspanning! Voor realisatie 5, die veel minder grootschalige heterogeniteit vertoont, is de daling marginaal: van 2.91 mg/kg naar 2.63 mg/kg.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat het consumentenrisico groter wordt naarmate de concentratie van de goedgekeurde partijen hoger wordt. Het consumentenrisico kan dus worden verkleind door, met name voor grootschalig heterogene partijen, voor de toetsing gebruik te maken van deelpartijen.

Producentenrisico

Evenals voor het consumentenrisico geldt voor het producentenrisico dat dit, in het licht van de uitgevoerde experimenten, niet op de normale wijze kan worden gedefinieerd. In deze context is het producentenrisico omgekeerd evenredig met de gemiddelde fractie goedgekeurde partijen (gfgd).

Hier snijdt het mes aan twee kanten. Bij een toenemend aantal deelpartijen geldt namelijk het volgende:

Het producentenrisico wordt kleiner (gfgd groter) indien de gemiddelde concentratie van de *gehele* partij boven de toetsingswaarde ligt en groter (gfgd kleiner) indien het gemiddeld gehalte van de *gehele* partij onder de toetsingswaarde ligt. Indien een partij als geheel niet voldoet aan de toetsingswaarde dan zullen bij een opsplitsing in deelpartijen dus deelpartijen worden gevonden die wel voldoen aan de toetsingswaarde. Dit is gunstig voor de producent. Het tegenovergestelde doet zich voor indien de gehele partij wel voldoet aan de toetsingswaarde. In dat geval zullen bij een opsplitsing in deelpartijen, deelpartijen worden gevonden die niet voldoen aan de toetsingswaarde. Dit is ongunstig voor de producent. Dit is als voorbeeld voor de modelrealisaties 1 en 5 van Gaslaan weergegeven in tabel 19.

Tabel 19 gfgd-waarden voor Gaslaan voor realisaties 1 en 5 bij 2 toetsingswaarden (TW) en 1 resp. 16 deelpartijen.

	Gaslaan			
	Realisatie 1		Realisatie 5	
	TW=gem-0.5*s	TW=gem+0.5*s	TW=gem-0.5*s	TW=gem+0.5*s
1 deelpartij	1%	99%	14%	98%
16 deelpartijen	52%	71%	33%	87%

Voor "goede" producenten heeft een opsplitsing in deelpartijen dus een nadelig effect terwijl voor "slechte" producenten een opsplitsing in deelpartijen een voordelig effect heeft.

De vraag of een opsplitsing in deelpartijen tot een verbetering van de toetsing leidt dient echter niet alleen op basis van het toetsingsresultaat te worden beantwoord; ook de toetsingskosten dienen in dat verband te worden meegewogen.

Voor het bepalen van de toetsingskosten wordt er van uitgegaan dat, gelijktijdig met het kleiner worden van de partij, de hoogte van het depot ook zal afnemen.

Gekozen is voor:

2000 ton gemiddelde depot-hoogte 4 m

1000 ton gemiddelde depot-hoogte 3,5 m

500 ton gemiddelde depot-hoogte 3 m

250 ton gemiddelde depot-hoogte 2,5 m

125 ton gemiddelde depot-hoogte 2 m

Opgemerkt wordt dat deze reeks enigszins willekeurig is gekozen.

Op basis van deze depot-hoogtes en de berekeningswijze zoals vastgelegd in paragraaf 3.1 bedragen de toetsingskosten bij toetsing van alle deelpartijen conform het interim-protocol grond:

2000 ton in één toetsing:	f 8.100,= (f 4,05/ton)
2000 ton in twee toetsingen:	f 16.200,= (f 8,10/ton)
2000 ton in vier toetsingen:	f 32.200,= (f 16,10/ton)
2000 ton in acht toetsingen:	f 64.400,= (f 32,20/ton)
2000 ton in zestien toetsingen:	f 86.400,= (f 43,20/ton).

Overigens zouden, indien een lagere betrouwbaarheid bij het toetsen van kleinere partijen wordt geaccepteerd, de toetsingskosten voor het toetsen in deelpartijen wel wat lager kunnen zijn door met name aan de kant van de monsterneming te besparen.

Vastgesteld wordt dat de goedkeurkans sterk afhankelijk is van de werkelijke gemiddelde concentratie in de partij en de toetsingswaarde waarop wordt getoetst. Verder wordt geconstateerd dat het opsplitsen in deelpartijen slechts dan de goedkeurkans beïnvloed indien er sprake is van grootschalige heterogeniteit in de partij. Sterke effecten zijn alleen bij zeer duidelijke grootschalige heterogeniteit te verwachten. Indien er vanuit wordt gegaan dat elke deelpartij wordt getoetst conform het interim-protocol grond, dan nemen de toetsingskosten vrijwel recht evenredig toe met het aantal deelpartijen (wordt voor een beperktere toetsingsinspanning voor deelpartijen gekozen dan kan dit effect wellicht worden verminderd, dit komt in paragraaf 3.9 aan de orde).

Onder de voorwaarden zoals deze in deze paragraaf gelden lijkt het daarom vanuit kostenoverwegingen niet aan te raden om geringere partijgroottes te gaan toetsen: de onzekerheid waaronder een dergelijke opsplitsing zin heeft (werkelijke gemiddelde concentratie en grootschalige heterogeniteit) is daarvoor te groot.

3.5 Toetsen van eenheden van 25 m³; vergelijkbaarheid met interim-protocol

In het advies van de TCB op het interim-protocol grond [21] wordt gesteld dat de toetsingsmethode zoals voorgesteld in het interim-protocol grond, waarbij twee mengmonsters worden samengesteld uit elk 50 grepen, kan leiden tot het niet-detecteren van een hoeveelheid grond van 25 m³ waarin de interventiewaarde wordt overschreden. Een dergelijk bodemvolume met een gemiddelde concentratie boven de interventiewaarde is vanuit toetsingsoogpunt van belang aangezien de aanwezigheid hiervan betekent dat het om een geval van ernstige bodemverontreiniging gaat. Op basis hiervan stelt de TCB:

"Voor de kans op het niet detecteren van een beperkte hoeveelheid ernstig verontreinigde grond is vooral de heterogeniteit van belang die tussen volumes van 25 m³ binnen een partij van 2000 ton kan worden aangetroffen. Een goed beeld daar-

van kan alleen met een op dat schaalniveau aangepast bemonsteringsschema worden verkregen. Een dergelijke bemonstering zou bijvoorbeeld kunnen plaatsvinden door binnen de partij elementen van 25 m^3 te onderscheiden en daar een aselechte steekproef van een aantal (bijvoorbeeld 5) uit te nemen. Uit elk element worden mengmonsters samengesteld en geanalyseerd. Aan de hand van de (in dit voorbeeld) 5 analyseresultaten kan worden geschat hoe groot de kans is op het overschrijden van een streefwaarde of een interventiewaarde in een volume van 25 m^3 binnen de partij. Welke kans daarbij als acceptabel kan worden beschouwd is een beleidskeuze. De hier geschetste opzet is overigens vergelijkbaar met de opzet van het bodemonderzoek die in het TCB-advies "Herziening Leidraad bodembescherming II, Bodemonderzoek" is voorgesteld."

De door de TCB voorgestelde benadering gaat uit van de veronderstelling dat de gemiddelden van de mengmonsterresultaten uit de bemonsterde eenheden van 25 m^3 totaal resulteren in een normale verdeling, anders kan immers op een zo beperkt aantal getallen (5 ?) geen uitspraak over de 95% percentielwaarde worden gedaan.

Alvorens experimenteel onderzoek aan deze wijze van toetsen uit te voeren, wordt een nadere analyse gegeven van de mogelijkheden van deze methode. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de monsternemingen conform het interim-protocol (paragraaf 3.3) en de varianten hierop (paragraaf 3.6).

De TCB stelt voor om een (gering) aantal eenheden van 25 m^3 te bemonsteren en hier per eenheid van 25 m^3 (enkele ?) mengmonsters uit samen te stellen. Indien wordt verondersteld dat elke eenheid van 25 m^3 zou worden bemonsterd conform het interim-protocol grond, dan zou dit betekenen dat er per 25 m^3 100 grepen van elk 180 gram worden genomen die vervolgens worden samengevoegd tot twee monsters van elk 9 kg. In dat geval zal de verdeling van de gemiddelde concentraties uit deze mengmonsterresultaten globaal overeenkomen met de verdeling in de gemiddelde concentraties (x_3) in paragraaf 3.3 (en bijlage 3). Daar is vastgesteld dat deze verdelingen veelal *niet* voldoen aan de verwachte normaliteit en tevens is vastgesteld dat beide mengmonsterresultaten flink van elkaar kunnen afwijken. Naarmate een minder intensieve bemonstering van de eenheid van 25 m^3 wordt uitgevoerd, hetgeen voor de hand ligt, komen varianten op het interim-protocol zoals doorgerekend in paragraaf 3.6 in beeld. De normaliteit in de verdeling van de gemiddelde concentratie per eenheid van 25 m^3 wordt met een afnemend aantal grepen minder en de mengmonsterresultaten kunnen ver van elkaar gaan afwijken. Daarom kan worden gesteld dat op basis van het beperkte aantal mengmonsterresultaten dat per eenheid van 25 m^3 beschikbaar komt, geen verdeling van de gemiddelde concentratie per eenheid van 25 m^3 kan worden geschat (in vergelijking: in paragraaf 3.3 en 3.6 zijn de verdelingen van de gemiddelde concentraties gebaseerd op 1000 maal twee mengmonsterresultaten).

Een niveau hoger is het de bedoeling om op basis van de resultaten van een beperkt aantal verschillende eenheden van 25 m^3 uitspraken te doen over de verdeling van alle eenheden van 25 m^3 in de partij. Analoog aan voorgaande redenering kan ook

hier worden aangenomen dat deze verdeling op basis van een dergelijk beperkt aantal gemiddelde concentraties niet of onvoldoende kan worden geschat en de aanname van een normale verdeling mag zeker niet algemeen toepasbaar worden geacht.

Dit betekent dat er op basis van een beperkt aantal waarnemingen een verdeling moet worden geschat voor de concentraties in de eenheden van 25 m³ en dat mag worden aangenomen dat deze verdeling scheef is verdeeld. Er spelen dus twee problemen, namelijk:

- de onnauwkeurigheid in de schatting van de verdeling, en
- de onnauwkeurigheid in de vorm (mate van scheefheid) van de verdeling.

Beide punten zijn van essentiële invloed op het schatten van het 95 %-percentiel-punt (of ander hoog percentielpunt) dat voor de door de TCB voorgestelde toetsing van belang is.

Uitspraken over de staart van de verdeling van eenheden van 25 m³ zijn daarmee onvoldoende te onderbouwen. De statistische basis van de toetsingsmethode wordt daarmee onderuit gehaald.

Aanvullend wordt er nogmaals met nadruk op gewezen dat de door de TCB voorgestelde toetsing ook wezenlijk afwijkt van de beleidsmatig gewenste toetsing op het gemiddelde van de partij. De door de TCB voorgestelde toetsingsmethode zal gezien het grotere aantal analyses bovendien snel tot hogere kosten leiden.

Hoewel voorgaand dus reeds is beredeneerd dat de door de TCB voorgestelde toetsingsmethode niet tot kwalitatief acceptabele resultaten zal leiden, is door middel van een experiment getracht een indicatie te geven van de variabiliteit in de door de TCB voorgestelde schattingen.

Opgemerkt wordt dat er door de TCB geen invulling is gegeven aan het aantal grepen per eenheid van 25 m³ en aan het aantal te toetsen eenheden. Het is mogelijk hier een vrijwel oneindig aantal varianten in te definiëren en door te rekenen. Gezien de binnen het project beschikbare tijd en geld is er voor gekozen het aantal varianten te beperken tot drie.

Het volgende experiment is uitgevoerd:

de modelrealisaties worden opgedeeld in eenheden van 25 m³. Aangezien de modelrealisaties gelijk gesteld zijn aan 2000 ton kan onder de aanname van een stortgewicht van 1600 kg/m³ worden vastgesteld dat dit 50 eenheden zijn van elk 40 ton. Van dit aantal worden er 5 aselekt gekozen en bemonsterd door het nemen van 10, 20 en 30 grepen per eenheid van 25 m³.

Om een indicatie te geven van de variabiliteit in schattingen voor het 95%-percentiel (die feitelijk onmogelijk zijn vanwege de scheve verdeling) is uit de 5 monsterresultaten de volgende grootte berekend:

$$X_p = \bar{x} + 2s$$

waarbij:

$\bar{x}$ = het gemiddelde van de 5 mengmonsters

s = de standaardafwijking van de 5 mengmonsters

X_p is ruwweg een schatting voor een percentielwaarde die ligt in de range 0.75 - 0.99. Zou er sprake zijn van een normale verdeling dan is X_p een zuivere schatting van het 95 %-percentielpunt. Deze schatting is met name gericht op het eerste probleempunt, namelijk de onnauwkeurigheid van het schatten van de verdeling. Ten gevolge van die onnauwkeurigheid kan niet worden vastgesteld wat de werkelijke percentielwaarde van X_p is.

Iedere variant (10, 20 of 30 grepen per eenheid van 25 m³ en toetsing op basis van 5 aselekt gekozen eenheden) is 1000 keer doorgerekend. Van de grootte X_p is het gemiddelde, de standaardafwijking en de variatiecoëfficiënt berekend. De resultaten staan vermeld in de tabellen 20, 21 en 22.

Tabel 20 Gemiddelde, standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt van de grootte X_p bij monsterneming van 5 aselekt gekozen eenheden van 25 m³ uit de modelrealisaties van Depot A, waarbij per eenheid 10, 20 of 30 grepen zijn genomen.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 grepen	gemiddelde	21.4	19.5	11.3	9.6	11.9	13.1	13.5	13.9	13.9	14.4
	std.dev.	10.4	11.9	5.2	4.3	5.5	7.8	9.1	9.8	10.8	8.2
	var.coef.	0.49	0.61	0.46	0.45	0.46	0.60	0.67	0.70	0.78	0.57
20 grepen	gemiddelde	21.0	19.8	11.0	8.9	11.0	11.7	11.7	12.5	12.3	12.6
	std.dev.	9.5	11.0	12.9	3.1	3.7	4.0	4.5	6.3	4.9	5.9
	var.coef.	0.45	0.55	1.16	0.34	0.34	0.34	0.39	0.51	0.40	0.47
30 grepen	gemiddelde	20.6	19.3	10.3	8.6	10.3	10.9	11.1	11.5	11.5	12.1
	std.dev.	8.7	8.9	3.1	2.4	2.9	3.6	3.6	5.1	4.0	4.2
	var.coef.	0.42	0.46	0.30	0.27	0.28	0.33	0.32	0.44	0.35	0.35

Tabel 21 Gemiddelde, standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt van de grootte X_p bij monsterneming van 5 aselekt gekozen eenheden van 25 m³ uit de modelrealisaties van Gaslaan, waarbij per eenheid 10, 20 of 30 grepen zijn genomen.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 grepen	gemiddelde	9.1	7.9	7.1	7.0	7.1	7.1	7.2	8.1	7.7	8.3
	std.dev.	4.4	3.7	3.7	3.7	4.8	4.9	5.1	7.8	9.5	6.5
	var.coef.	0.49	0.48	0.52	0.53	0.68	0.70	0.71	0.96	1.24	0.79
20 grepen	gemiddelde	9.0	7.7	6.7	6.7	6.1	6.8	6.1	7.0	6.9	7.3
	std.dev.	4.0	3.6	2.9	3.6	2.8	4.9	3.1	4.2	7.1	4.8
	var.coef.	0.44	0.46	0.43	0.53	0.46	0.72	0.51	0.60	1.03	0.65
30 grepen	gemiddelde	8.9	7.5	6.7	6.6	6.1	6.2	5.8	6.4	6.5	7.0
	std.dev.	3.7	3.3	3.0	3.4	3.0	3.3	2.6	3.7	6.3	4.9
	var.coef.	0.41	0.43	0.44	0.51	0.49	0.53	0.46	0.59	0.97	0.70

Tabel 22 Gemiddelde, standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt van de grootte X_p bij monsterneming van 5 aselect gekozen eenheden van 25 m^3 uit de modelrealisaties van Rokkeveen, waarbij per eenheid 10, 20 of 30 grepen zijn genomen.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 grepen	gemiddelde	65.3	59.0	53.4	53.3	52.0	52.9	53.7	53.6	54.8	54.7
	std.dev.	10.5	12.5	15.7	9.4	11.3	10.1	12.4	8.6	10.6	9.4
	var.coef.	0.16	0.21	0.29	0.18	0.22	0.19	0.23	0.16	0.19	0.17
20 grepen	gemiddelde	64.5	58.4	52.3	51.5	47.9	49.1	50.1	49.6	50.6	50.4
	std.dev.	9.4	11.7	17.4	10.9	8.3	6.8	9.3	5.7	6.8	6.3
	var.coef.	0.15	0.20	0.33	0.21	0.17	0.14	0.19	0.11	0.13	0.12
30 grepen	gemiddelde	63.5	57.7	52.3	50.4	46.3	47.6	48.8	47.5	48.3	48.1
	std.dev.	8.9	11.0	16.7	9.1	4.3	5.5	10.4	5.0	5.6	5.3
	var.coef.	0.14	0.19	0.32	0.18	0.09	0.12	0.21	0.11	0.12	0.11

Aangezien de doelstelling van de berekening van X_p is inzicht te verschaffen in de variabiliteit hiervan, wordt voor de interpretatie van de resultaten gekeken naar de variatiecoëfficiënt.

Er kan nu worden gesteld dat:

- De variatiecoëfficiënt vrij constant is over de tien modelrealisaties, terwijl een afname wordt verwacht, vanwege de toenemende homogeniteit. Deze afname wordt niet waargenomen ten gevolge van het feit dat de variatiecoëfficiënt van de modelrealisaties toeneemt voor de hogere modelrealisaties (grotere ruimtelijke homogeniteit) (zie tabel 12).
- Het verhogen van het aantal grepen per eenheid van 25 m^3 slechts een beperkte invloed heeft op de betrouwbaarheid van X_p , zeker voor de lagere realisatienummers. De onzekerheid over de niet-bemonsterde eenheden van 25 m^3 wordt namelijk nauwelijks beïnvloed door het toenemen van de kennis over de wel bemonsterde eenheden van 25 m^3 .
- Er verschil bestaat in de betrouwbaarheid waarmee uitspraken kunnen worden gedaan over X_p voor de verschillende gegevenssets (Depot A, Gaslaan, Rokkeveen). Dit verschil wordt veroorzaakt door het verschil in variatiecoëfficiënt van de gegevenssets (respectievelijk 177 %, 244 % en 69 %).
- De berekende variatiecoëfficiënten voor X_p , bij 20 grepen in 5 eenheden van 25 m^3 , gemiddeld genomen ruim een factor 2 groter zijn dan de variatiecoëfficiënten voor het gemiddelde bij monsterneming conform het interim-protocol waarbij eveneens 100 grepen van de partij worden genomen (zie bijlage 3). Dit betekent dat met een veel geringere betrouwbaarheid uitspraken kunnen worden gedaan over de grootte X_p dan over de grootte μ (=gemiddelde). Hierbij wordt nog voorbij gegaan aan het feit dat het ten gevolge van de scheve verde-

ling onmogelijk is aan te geven welke percentielwaarde nu eigenlijk wordt berekend met X_p .

Het voorgaande betekent dat er op basis van de door de TCB voorgestelde methode geen betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan over het mogelijk voorkomen van een eenheid van 25 m^3 met een gemiddelde concentratie die boven de streef- of interventiewaarde ligt. Een betrouwbare uitspraak zou wel kunnen worden verkregen als het aantal bemonsterde eenheden van 25 m^3 zou worden uitgebreid (hier 5 van de 40). Dit is vanwege de daarmee gepaard gaande hoge analysekosten echter niet wenselijk. Het uitvoeren van een intensieve bemonstering binnen de geselecteerde eenheden van 25 m^3 , wat wel mogelijk is zonder dat er sprake is van een wezenlijke toename van de toetsingskosten, heeft slechts een geringe invloed op de betrouwbaarheid.

3.6 Varianten op het interim-protocol grond: verminderd aantal grepen

Een van de mogelijkheden tot het beperken van de toetsingsinspanning is het verminderen van het aantal grepen dat bij de monsterneming wordt genomen. Om dit effect te bestuderen zijn er varianten op het interim-protocol grond uitgevoerd met 50 en 80 grepen in plaats van de 100 grepen die het interim-protocol voorschrijft. Voor de wijze waarop deze varianten zijn berekend, alsmede voor de wijze waarop de gegevens in de verschillende tabellen zijn berekend, wordt verwezen naar paragraaf 3.3. Aanvullend hierop zijn voor de modelrealisaties van Depot A ook nog varianten doorgerekend waarbij 10 en 30 grepen worden genomen.

Hoewel in tegenspraak met de doelstelling van het onderzoek (en deze paragraaf) is er in verband met de waargenomen scheefheid van de verdelingen in de gemiddelde concentratie x_3 bij het interim-protocol grond ook een variant doorgerekend waarbij 200 grepen worden genomen. Dit is gedaan om vast te stellen of dit tot een betere normaliteit van de verdeling van de gemiddelde concentratie x_3 leidt, zie ook paragraaf 3.3.

In de volgende subparagrafen komen de varianten van het interim-protocol grond met 50, 80, 200 en 10 of 30 grepen aan bod.

3.6.1 Interim-protocol variant met 50 grepen

De verdelingen van de gemiddelden x_3 voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 5. In tabel 23 staan de gegevens van Depot A samengevat, in tabel 24 de gegevens van Gaslaan en in tabel 25 van Rokkeveen.

Tabel 23 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A conform het interim-protocol grond met totaal 50 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	1.43	1.85	1.76	1.06	1.54	1.89	2.03	2.03	2.03	2.12
standaarddeviatie monsterneming	1.45	2.04	1.40	0.92	1.53	1.78	1.88	1.92	2.21	2.02
werkelijk gemiddelde	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
gemiddelde monsterneming	7.02	7.07	6.13	6.08	6.43	6.88	6.98	7.17	7.24	7.28

Tabel 24 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Gaslaan conform het interim-protocol grond met totaal 50 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	0.84	0.77	0.76	0.96	1.15	1.53	1.35	1.62	2.50	1.89
standaarddeviatie monsterneming	0.84	0.80	0.73	0.84	0.90	1.84	1.29	1.28	1.38	1.56
werkelijk gemiddelde	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
gemiddelde monsterneming	3.28	3.03	2.84	2.97	2.84	3.06	3.06	3.19	3.13	3.44

Tabel 25 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Rokkeveen conform het interim-protocol grond met totaal 50 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	3.01	2.14	2.95	2.53	2.29	2.52	3.03	2.62	2.83	2.75
standaarddeviatie monsterneming	3.05	2.87	4.48	2.97	4.01	3.31	3.68	3.49	3.93	3.91
werkelijk gemiddelde	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
gemiddelde monsterneming	43.50	37.58	37.78	38.23	38.03	37.96	38.76	38.30	38.90	38.84

Op basis van de tabellen 23, 24 en 25 is in tabel 26 weergegeven hoe groot de gemiddelde en maximale afwijking van de werkelijke gemiddelde concentratie is en hoe groot de gemiddelde en maximale afwijking van de theoretische standaarddeviatie is.

Tabel 26 *Gemiddelde en maximale afwijkingen in gemeten gemiddelde en standaarddeviatie ten opzichte van het werkelijke gemiddelde respectievelijk de theoretische standaarddeviatie op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met totaal 50 grepen.*

Realisatie	gemiddelde afwijking gemiddelde	maximale afwijking gemiddelde	gemiddelde afwijking standaarddeviatie	maximale afwijking standaarddeviatie
Depot A	0,6 %	1,6 %	8,0 %	22,7 %
Gaslaan	1,4 %	3,8 %	17,0 %	57,8 %
Rokkeveen	0,3 %	0,5 %	28,4 %	54,7 %

Gemiddeld genomen leidt het interim-protocol met 50 grepen dus tot het werkelijke gemiddelde van de partij, maar de concentratie in een individuele toetsing kan wel aanzienlijk afwijken. Dit laatste blijkt duidelijk wanneer de verdelingen van de gemiddelde concentraties in bijlage 5 in beschouwing worden genomen.

Om een goede vergelijking met het interim-protocol grond mogelijk te maken is berekend binnen welke grenzen 95 % van de gemiddelde concentraties valt en is de relatieve breedte van dit interval bepaald. Voor deze variant staan deze weergegeven in tabel 27.

Tabel 27 *Het op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met totaal 50 grepen berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.*

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	7.02	7.07	6.13	6.08	6.43	6.88	6.98	7.17	7.24	7.28
	2,5% punt	4.89	5.03	4.65	4.89	4.42	4.72	4.84	4.69	4.76	4.67
	97,5% punt	10.31	11.30	9.22	8.76	10.08	11.10	11.41	11.98	12.33	12.14
	rel. breedte	0.772	0.887	0.746	0.636	0.880	0.927	0.941	1.017	1.046	1.026
Gaslaan	gemiddelde	3.28	3.03	2.84	2.97	2.84	3.06	3.06	3.19	3.13	3.44
	2,5% punt	1.94	1.75	1.69	1.71	1.61	1.60	1.62	1.66	1.61	1.70
	97,5% punt	5.20	4.86	4.42	4.79	5.06	5.95	5.74	6.46	6.56	7.64
	rel. breedte	0.994	1.026	0.961	1.037	1.215	1.422	1.346	1.505	1.581	1.727
Rokkeveen	gemiddelde	43.50	37.58	37.78	38.23	38.03	37.96	38.76	38.30	38.90	38.84
	2,5% punt	37.92	32.55	32.68	33.37	32.81	32.06	32.72	31.98	31.85	31.86
	97,5% punt	49.82	43.44	43.98	44.29	44.19	44.78	46.57	45.85	47.15	47.45
	rel. breedte	0.274	0.290	0.299	0.286	0.299	0.335	0.357	0.362	0.393	0.401

De kosten voor het uitvoeren van deze variant van het interim-protocol met totaal 50 grepen bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 4.750,= per toetsing (zie voor de wijze van berekening paragraaf 3.2).

Ook voor deze variant op het interim-protocol grond is vastgesteld hoe de beide mengmonsterconcentraties zich ten opzichte van elkaar verhouden. Aangezien elke modelrealisatie 1000 maal met deze variant op het interim-protocol is bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen x_1 en x_2 een histogram voor elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlage 5. In tabel 28 is voor elke modelrealisatie het gemiddelde van het quotiënt en de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 28 Gemiddelde en 95 % percentielwaarde voor de verhouding tussen de beide mengmonsterresultaten voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het interim-protocol grond met totaal 50 grepen.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	1.37	1.40	1.32	1.24	1.41	1.46	1.46	1.48	1.51	1.49
	95 % percentiel	2.0	2.2	2.0	1.7	2.2	2.4	2.3	2.4	2.6	2.4
Gaslaan	gemiddelde	1.59	1.57	1.53	1.55	1.61	1.77	1.72	1.79	1.83	1.89
	95 % percentiel	2.8	2.6	2.5	2.6	2.7	3.4	3.2	3.5	3.7	3.9
Rokkeveen	gemiddelde	1.12	1.13	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	1.16	1.16	1.18
	95 % percentiel	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5

Indien de controlewaarde voor het maximaal aan de monsterneming toeschrijfbare quotiënt van de beide mengmonsterresultaten gelijk wordt gesteld aan de gemiddelde 95 % percentielwaarde van de verschillende monsternemingen, dan moet:

- op basis van de monsterneming van Depot A een controlewaarde worden gekozen van 2,2.
- op basis van de monsterneming van Gaslaan een controlewaarde worden gekozen van 3,1.
- op basis van de monsterneming van Rokkeveen een controlewaarde worden gekozen van 1,4.

3.6.2 Interim-protocol variant met 80 grepen

De verdelingen van de gemiddelden x_3 voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 5. In tabel 29 staan de gegevens van Depot A samengevat, in tabel 30 de gegevens van Gaslaan en in tabel 31 van Rokkeveen.

Tabel 29 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A conform het interim-protocol grond met totaal 80 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	1.13	1.47	1.39	0.83	1.22	1.50	1.60	1.60	1.60	1.67
standaarddeviatie monsterneming	1.14	1.47	1.09	0.77	1.18	1.41	1.46	1.69	1.58	1.57
werkelijk gemiddelde	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
gemiddelde monsterneming	7.07	7.00	6.17	6.07	6.40	6.79	6.97	7.17	7.19	7.26

Tabel 30 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Gaslaan conform het interim-protocol grond met totaal 80 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	0.66	0.61	0.60	0.76	0.91	1.21	1.07	1.28	1.97	1.49
standaarddeviatie monsterneming	0.64	0.60	0.57	1.31	0.74	1.23	1.05	1.21	2.71	1.60
werkelijk gemiddelde	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
gemiddelde monsterneming	3.28	3.00	2.86	2.98	2.92	3.06	3.06	3.31	3.23	3.50

Tabel 31 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Rokkeveen conform het interim-protocol grond met totaal 80 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	2.38	2.39	3.30	2.83	2.56	2.82	3.39	2.93	3.16	3.08
standaarddeviatie monsterneming	2.41	2.44	3.53	2.77	2.67	2.72	3.04	3.00	3.08	3.35
werkelijk gemiddelde	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
gemiddelde monsterneming	43.40	37.87	37.87	38.30	38.02	38.07	38.88	38.46	39.05	38.95

Op basis van de tabellen 29, 30 en 31 is in tabel 32 weergegeven hoe groot de gemiddelde en maximale afwijking van de werkelijke gemiddelde concentratie is en hoe groot de gemiddelde en maximale afwijking van de theoretische standaarddeviatie is.

Tabel 32 Gemiddelde en maximale afwijkingen in gemeten gemiddelde en standaarddeviatie ten opzichte van het werkelijke gemiddelde respectievelijk de theoretische standaarddeviatie op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met totaal 80 grepen.

Realisatie	gemiddelde afwijking gemiddelde	maximale afwijking gemiddelde	gemiddelde afwijking standaarddeviatie	maximale afwijking standaarddeviatie
Depot A	0,3 %	0,7 %	6,5 %	24,2 %
Gaslaan	0,7 %	1,4 %	13,1 %	53,4 %
Rokkeveen	0,1 %	0,3 %	4,4 %	10,8 %

Gemiddeld genomen leidt het interim-protocol met 80 grepen dus tot het werkelijke gemiddelde van de partij, maar de concentratie in een individuele toetsing kan wel aanzienlijk afwijken. Dit laatste blijkt duidelijk wanneer de verdelingen van de gemiddelde concentraties in bijlage 5 in beschouwing worden genomen.

Om een goede vergelijking met het interim-protocol grond mogelijk te maken is tevens vastgesteld binnen welk interval 95 % van de gemiddelde concentraties valt. Tevens is de relatieve breedte van dit interval berekend. Voor deze variant staan deze weergegeven in tabel 33.

Tabel 33 Het op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met totaal 80 grepen berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	7.07	7.00	6.17	6.07	6.40	6.79	6.97	7.17	7.19	7.26
	2,5% punt	5.22	5.29	4.87	5.01	4.70	4.85	5.07	5.03	5.11	5.18
	97,5% punt	9.66	10.70	9.13	8.05	9.36	9.89	10.64	10.48	10.77	10.88
	rel. breedte	0.628	0.773	0.690	0.501	0.728	0.742	0.799	0.760	0.787	0.785
Gaslaan	gemiddelde	3.28	3.00	2.86	2.98	2.92	3.06	3.06	3.31	3.23	3.50
	2,5% punt	2.14	2.00	1.94	1.94	1.90	1.85	1.83	1.89	1.82	1.94
	97,5% punt	4.75	4.35	4.10	4.41	4.60	5.20	5.41	6.14	5.64	7.83
	rel. breedte	0.796	0.783	0.755	0.829	0.925	1.095	1.170	1.284	1.183	1.683
Rokkeveen	gemiddelde	43.40	37.87	37.87	38.30	38.02	38.07	38.88	38.46	39.05	38.95
	2,5% punt	38.95	33.78	33.80	34.36	33.50	33.11	33.89	32.97	33.54	33.11
	97,5% punt	48.40	43.25	44.40	43.14	43.32	43.56	45.28	44.59	45.47	46.20
	rel. breedte	0.218	0.250	0.280	0.229	0.258	0.274	0.293	0.302	0.305	0.336

De kosten voor het uitvoeren van deze variant van het interim-protocol met totaal 80 grepen bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 6.790,= per toetsing (zie voor de wijze van berekening paragraaf 3.2).

Ook voor deze variant op het interim-protocol grond is vastgesteld hoe de beide mengmonsterconcentraties zich ten opzichte van elkaar verhouden. Aangezien elke modelrealisatie 1000 maal met deze variant op het interim-protocol is bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen x_1 en x_2 een histogram voor elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlage 5. In tabel 34 is voor elke modelrealisatie het gemiddelde van het quotiënt en de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 34 Gemiddelde en 95 % percentielwaarde voor de verhouding tussen de beide mengmonsterresultaten voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het interim-protocol grond met totaal 80 grepen.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	1.30	1.32	1.26	1.20	1.34	1.36	1.36	1.41	1.38	1.39
	95 % percentiel	1.8	2.0	1.8	1.6	2.0	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0
Gaslaan	gemiddelde	1.35	1.36	1.37	1.40	1.44	1.53	1.52	1.59	1.71	1.69
	95 % percentiel	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.6	2.5	2.9	3.0	3.2
Rokkeveen	gemiddelde	1.09	1.10	1.10	1.10	1.11	1.12	1.12	1.13	1.14	1.14
	95 % percentiel	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4

Indien de controlewaarde voor het maximaal aan de monsterneming toeschrijfbare quotiënt van de beide mengmonsterresultaten gelijk wordt gesteld aan de gemiddelde 95 % percentielwaarde van de verschillende monsternemingen, dan moet:

- op basis van de monsterneming van Depot A een controlewaarde worden gekozen van 1,9.
- op basis van de monsterneming van Gaslaan een controlewaarde worden gekozen van 2,5.
- op basis van de monsterneming van Rokkeveen een controlewaarde worden gekozen van 1,3.

3.6.3 Interim-protocol variant met 200 grepen

De verdelingen van de gemiddelden x_3 voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 5. In tabel 35 staan de gegevens van Depot A samengevat, in tabel 36 de gegevens van Gaslaan en in tabel 37 van Rokkeveen.

Tabel 35 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A conform het interim-protocol grond met totaal 200 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	0.72	0.93	0.88	0.53	0.77	0.95	1.01	1.01	1.01	1.06
standaarddeviatie monsterneming	0.74	0.97	0.72	0.51	0.73	1.27	0.96	1.11	0.98	1.06
werkelijk gemiddelde	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
gemiddelde monsterneming	7.06	6.99	6.14	6.11	6.38	6.85	6.99	7.18	7.19	7.34

Tabel 36 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Gaslaan conform het interim-protocol grond met totaal 200 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	0.42	0.38	0.38	0.48	0.58	0.77	0.68	0.81	1.25	0.94
standaarddeviatie monsterneming	0.41	0.38	0.38	0.52	0.53	0.89	0.78	0.84	1.41	0.96
werkelijk gemiddelde	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
gemiddelde monsterneming	3.30	3.02	2.87	2.97	2.90	3.06	3.10	3.37	3.31	3.50

Tabel 37 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Rokkeveen conform het interim-protocol grond met totaal 200 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	1.51	1.51	2.09	1.79	1.62	1.78	2.14	1.86	2.00	1.95
standaarddeviatie monsterneming	1.47	1.48	2.63	1.56	1.60	1.77	2.05	1.91	1.93	1.98
werkelijk gemiddelde	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
gemiddelde monsterneming	43.41	37.79	37.89	38.26	37.93	38.01	38.87	38.38	39.00	38.83

Op basis van de tabellen 35, 36 en 37 is in tabel 38 weergegeven hoe groot de gemiddelde en de maximale afwijking van de werkelijke gemiddelde concentratie is en hoe groot de gemiddelde en de maximale afwijking van de theoretische standaarddeviatie is.

Tabel 38 Gemiddelde en maximale afwijkingen in gemeten gemiddelde en standaarddeviatie ten opzichte van het werkelijke gemiddelde respectievelijk de theoretische standaarddeviatie op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met totaal 200 grepen.

Realisatie	gemiddelde afwijking gemiddelde	maximale afwijking gemiddelde	gemiddelde afwijking standaarddeviatie	maximale afwijking standaarddeviatie
Depot A	0,4 %	1,2 %	8,4 %	29,2 %
Gaslaan	0,8 %	2,1 %	6,6 %	15,0 %
Rokkeveen	0,1 %	0,2 %	5,6 %	23,0 %

Gemiddeld genomen leidt het interim-protocol met 200 grepen dus tot het werkelijke gemiddelde van de partij, maar de concentratie in een individuele toetsing kan wel aanzienlijk afwijken. Dit laatste blijkt duidelijk wanneer de verdelingen van de gemiddelde concentraties in bijlage 5 in beschouwing worden genomen.

Om een goede vergelijking met het interim-protocol grond mogelijk te maken is tevens bepaald binnen welk interval 95 % van de gemiddelde concentraties valt en wat de relatieve breedte van dit interval is. Voor deze variant staan deze weergegeven in tabel 39.

Tabel 39 Het op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met totaal 200 grepen berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	7.06	6.99	6.14	6.11	6.38	6.85	6.99	7.18	7.19	7.34
	2,5% punt	5.83	5.74	5.21	5.35	5.18	5.51	5.56	5.58	5.66	5.70
	97,5% punt	8.76	9.13	7.86	7.32	7.94	9.11	9.34	9.38	9.44	9.85
	rel. breedte	0.415	0.485	0.432	0.322	0.433	0.526	0.541	0.529	0.526	0.565
Gaslaan	gemiddelde	3.30	3.02	2.87	2.97	2.90	3.06	3.10	3.37	3.31	3.50
	2,5% punt	2.55	2.39	2.24	2.23	2.17	2.16	2.24	2.27	2.21	2.28
	97,5% punt	4.18	3.87	3.66	4.21	4.14	5.04	4.74	5.53	5.52	5.76
	rel. breedte	0.494	0.490	0.495	0.667	0.679	0.941	0.806	0.967	1.000	0.994
Rokkeveen	gemiddelde	43.41	37.79	37.89	38.26	37.93	38.01	38.87	38.38	39.00	38.83
	2,5% punt	40.69	34.94	35.32	35.58	35.02	34.88	35.76	34.96	35.44	35.27
	97,5% punt	46.49	40.81	44.12	41.39	41.26	41.58	42.97	42.61	43.02	43.03
	rel. breedte	0.134	0.155	0.232	0.152	0.164	0.176	0.185	0.199	0.194	0.200

De kosten voor het uitvoeren van deze variant van het interim-protocol met totaal 200 grepen bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 14.850,= per toetsing (zie voor de wijze van berekening paragraaf 3.2).

Ook voor deze variant op het interim-protocol grond is vastgesteld hoe de beide mengmonsterconcentraties zich ten opzichte van elkaar verhouden. Aangezien elke modelrealisatie 1000 maal met deze variant op het interim-protocol is bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen x_1 en x_2 een histogram voor elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlage 5. In tabel 40 is voor elke modelrealisatie het gemiddelde van het quotiënt en de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 40 Gemiddelde en 95 % percentiel voor de verhouding tussen de beide mengmonsterresultaten voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het interim-protocol grond met totaal 200 grepen.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	1.17	1.21	1.17	1.13	1.21	1.24	1.22	1.25	1.24	1.25
	95 % percentiel	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7
Gaslaan	gemiddelde	1.24	1.24	1.24	1.28	1.31	1.37	1.35	1.41	1.46	1.48
	95 % percentiel	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	2.1	2.0	2.2	2.2	2.5
Rokkeveen	gemiddelde	1.06	1.06	1.07	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.08	1.09
	95 % percentiel	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Indien de controlewaarde voor het maximaal aan de monsterneming toeschrijfbare quotiënt van de beide mengmonsterresultaten gelijk wordt gesteld aan de gemiddelde 95 % percentielwaarde van de verschillende monsternemingen, dan moet:

- op basis van de monsterneming van Depot A een controlewaarde worden gekozen van 1,5.
- op basis van de monsterneming van Gaslaan een controlewaarde worden gekozen van 2,0.
- op basis van de monsterneming van Rokkeveen een controlewaarde worden gekozen van 1,2.

3.6.4 Interim-protocol varianten met 10 en 30 grepen

Ter aanvulling op de monsternemingen met 50 en 80 grepen zijn voor Depot A tevens monsterneming uitgevoerd met totaal 10 en 30 grepen. Gezien de eerdere resultaten zijn deze monsternemingen niet meer uitgevoerd voor de modelrealisaties van Gaslaan en Rokkeveen. De verdelingen van de gemiddelden x_3 voor de 10 modelrealisaties bij 10 en 30 grepen zijn weergegeven in bijlage 5. In tabel 41 staan de gegevens voor 10 grepen en in tabel 42 staan de gegevens voor 30 grepen.

Tabel 41 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A conform het interim-protocol grond met totaal 10 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	3.20	4.15	3.93	2.36	3.44	4.23	4.53	4.53	4.53	4.73
standaarddeviatie monsterneming	3.19	4.01	2.69	3.12	3.25	3.44	5.32	4.39	5.16	4.55
werkelijk gemiddelde	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
gemiddelde monsterneming	7.10	6.90	6.23	6.07	6.32	6.63	6.89	7.37	7.38	7.36

Tabel 42 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A conform het interim-protocol grond met totaal 30 grepen en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	1.85	2.39	2.27	1.36	1.99	2.44	2.62	2.62	2.62	2.73
standaarddeviatie monsterneming	1.87	2.22	3.21	1.32	2.13	2.23	2.36	2.39	2.74	2.99
werkelijk gemiddelde	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
gemiddelde monsterneming	7.04	6.98	6.26	6.14	6.48	6.77	7.01	7.00	7.37	7.27

Voorgaande betekent dat ook de monsternemingsprocedure van deze varianten op het interim-protocol grond met totaal 10 respectievelijk 30 grepen, gemiddeld genomen resulteren in een analyseresultaat overeenkomstig met het werkelijk gemiddelde van de getoetste partij. Individuele toetsingen kunnen echter wel aanzienlijk afwijken. Dit laatste blijkt duidelijk wanneer de verdelingen van de mengmonsterresultaten in bijlage 5 in beschouwing worden genomen.

Om een goede vergelijking met het interim-protocol grond mogelijk te maken is voor beide varianten tevens berekend binnen welk interval 95 % van de gemiddelde concentraties valt. Tevens is de relatieve breedte van dit interval bepaald. Voor deze variant staan deze weergegeven in tabel 43.

Tabel 43 *Het op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met totaal 10 en 30 grepen berekende interval waarbinnen 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A.*

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A 10 grepen	gemiddelde	7.10	6.90	6.23	6.07	6.32	6.63	6.89	7.37	7.38	7.36
	2,5% punt	3.96	3.83	3.83	4.10	3.49	3.56	3.50	3.59	3.61	3.58
	97,5% punt	16.22	17.33	14.40	11.19	15.86	16.90	17.37	19.89	20.49	18.70
	rel. breedte	1.727	1.956	1.697	1.168	1.957	2.012	2.013	2.212	2.287	2.054
Depot A 30 grepen	gemiddelde	7.07	7.07	6.21	6.12	6.29	6.81	6.98	7.07	7.12	7.36
	2,5% punt	4.67	4.72	4.42	4.72	4.18	4.30	4.48	4.30	4.39	4.53
	97,5% punt	11.74	12.91	10.65	9.83	11.16	11.94	12.09	13.19	12.73	13.87
	rel. breedte	1.000	1.158	1.003	0.835	1.110	1.122	1.090	1.257	1.171	1.269

De kosten voor het uitvoeren van de variant van het interim-protocol met 10 grepen bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 2.130,= per toetsing (zie voor de wijze van berekening paragraaf 3.2).

De kosten voor het uitvoeren van de variant van het interim-protocol met 30 grepen bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 3.440,= per toetsing (zie voor de wijze van berekening paragraaf 3.2).

Gezien de grote spreiding die bij deze varianten in de gemiddelde concentraties wordt waargenomen is voor deze varianten niet meer gekeken naar de verhouding tussen de beide mengmonsterresultaten x_1 en x_2 .

3.6.5 Afweging van een geschikt aantal grepen

Om een goede afweging te kunnen maken tussen het interim-protocol en de varianten daarop met een verminderd (en vermeerderd) aantal grepen moeten de resultaten van de monsternemingen worden vergeleken op de volgende criteria:

- juistheid van de gemiddelde gemiddelde concentratie;
- breedte van het interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt;
- variatie die optreedt tussen de beide mengmonsterresultaten;
- kosten van de procedure.

Omdat de resultaten op deze punten tevens worden beïnvloed door de gegevensset op basis waarvan zij zijn bepaald, vindt de vergelijking in eerste instantie plaats per set van modelrealisaties.

Om tot een kwantitatieve vergelijking op voornoemde punten te komen worden:

- voor de juistheid de gemiddelde relatieve verschillen tussen de werkelijke gemiddelde waarde en de gemiddelde waarde van de monsterneming weergegeven;

- voor de breedte van het interval waarin 95% van de waarnemingen liggen de gemiddelde relatieve breedten weergegeven;
- voor de variatie die optreedt tussen de beide mengmonsterresultaten de gemiddelde 95% percentielwaarden van het quotiënt van beide mengmonsterresultaten weergegeven;
- de kosten weergegeven.

Voor een uiteindelijke keuze van de meest geschikte variant op basis van de *prestaties* van de verschillende varianten dient een criterium te worden gesteld ten aanzien van de nauwkeurigheid waarmee de monsternemingsmethode een uitspraak over de gemiddelde concentratie in de partij mogelijk maakt. Gebleken is dat het gemiddelde van de gemiddelde concentraties op basis van 1000 experimenten goed overeenkomt met het werkelijke gemiddelde van de partij.¹ De juistheid (de mate waarin het gemiddelde uit de modelbemonsteringen overeenkomt met de werkelijke gemiddelde waarde van het model) is dus geen goed criterium voor het vergelijken van de verschillende monsternemingsvarianten. De breedte van de verdeling rondom de gemiddelde gemiddelde concentratie is dit echter wel.

Getalsmatig beoordelingscriterium

Hoewel niet "hard gedefinieerd" bij aanvang van dit onderzoek, mag er van worden uitgegaan dat de ten gevolge van de monsternemingsprocedure aanwezige onzekerheid in de gemiddelde concentratie van gelijke orde van grootte mag zijn als de variatie die wordt veroorzaakt door de monstervoorbehandeling en analyse. Zoals aangetoond in het onderzoek ten behoeve van het opstellen van het interim-protocol grond is een goede procedure van monstervoorbehandeling in staat om de variatie te beperken tot circa 10 - 20 %. Met andere woorden: een variatiecoëfficiënt van 10 - 20 % ten gevolge van de monsterneming kan als richtlijn worden gebruikt voor de prestatie van een acceptabel protocol. Het is echter nog beter om voor de beoordeling niet uit te gaan van deze variatiecoëfficiënt maar een criterium af te leiden voor het gebied waarin 95 % van de waarnemingen liggen. In dat geval wordt namelijk ook rekening gehouden met de scheefheid van de verdeling. Voor de normale verdeling geldt dat 95 % van de waarnemingen vallen in het interval $\mu \pm 2s$. De variatiecoëfficiënt (VC) is gelijk aan s/μ . Aangezien de variatiecoëfficiënt (maximaal) gelijk mag zijn aan 0,20, geldt voor een verdeling met gemiddelde $\mu = 1$ dat de geaccepteerde s gelijk is aan 0,20. Voor het 95 % interval rondom het gemiddelde geldt daarom dat dit gelijk is aan $\mu \pm 2 * 0,20 = \mu \pm 0,40$ en derhalve dat de maximale breedte van dit interval gelijk is aan $2 * 2s = 0,80$. Voor de gevonden verdelingen wordt het 95 % interval vastgesteld op basis van de 2,5 % en 97,5 % percentielpunten. Uit deze percentielwaarden en de gemiddelde waarde wordt de relatieve breedte berekend (quotiënt van verschil tussen percentielwaarden en gemiddelde waarde) waarin de scheefheid is verdisconteerd, maar die wel direct kan worden vergeleken met de waarde 0,80.

¹ Dit is feitelijk een controle van de gebruikte random generator, gezien de kleine verschillen die optreden is deze voldoende aselekt.

Daarmee is een criterium gevonden waarmee de berekende intervallen waarin 95 % van de waarnemingen vallen direct kunnen worden vergeleken.

Wordt een maximaal breedte van het 95 % interval rondom het gemiddelde van 0,80 geaccepteerd, dan wordt voor de variatie van de monstervoorbehandeling en analyse (10 - 20 %) aangenomen dat deze meer in de orde van grootte van 20 % zal liggen dan van 10 %. Een dergelijke aanname is verdedigbaar aangezien mag worden verondersteld dat "de dagelijkse praktijk" in wat meer variatie zal resulteren dan het specifiek op de monstervoorbehandeling gerichte onderzoek uitgevoerd ten behoeve van het opstellen van het interim-protocol grond.

In tabel 44 zijn deze gegevens opgenomen voor Depot A, in tabel 45 voor Gaslaan en in tabel 46 voor Rokkeveen. In de tabellen zijn de varianten die voldoen aan het gestelde criterium gearceerd weergegeven.

Tabel 44 Vergelijking van de prestatiekenmerken van de verschillende varianten op het interim-protocol grond op basis van het bemonsteren van de modelrealisaties van Depot A, waarbij is gevarieerd in het totaal aantal te nemen grepen. De variant met 100 grepen is het interim-protocol grond.

variant	juistheid	relatieve breedte	quotiënt waarnemingen	kosten
10 grepen	1,5 %	1,908	niet bepaald	f 2.130,=
30 grepen	1,0 %	1,102	niet bepaald	f 3.440,=
50 grepen	0,6 %	0,888	2,2	f 4.750,=
80 grepen	0,3 %	0,719	1,9	f 6.790,=
100 grepen	0,6 %	0,638	1,8	f 8.100,=
200 grepen	0,4 %	0,477	1,5	f 14.850,=

Tabel 45 Vergelijking van de prestatiekenmerken van de verschillende varianten op het interim-protocol grond op basis van het bemonsteren van de modelrealisaties van Gaslaan, waarbij is gevarieerd in het totaal aantal te nemen grepen. De variant met 100 grepen is het interim-protocol grond.

variant	juistheid	relatieve breedte	quotiënt waarnemingen	kosten
50 grepen	1,4 %	1,281	3,1	f 4.750,=
80 grepen	0,7 %	1,050	2,5	f 6.790,=
100 grepen	1,1 %	1,021	2,5	f 8.100,=
200 grepen	0,8 %	0,753	2,0	f 14.850,=

Tabel 46 *Vergelijking van de prestatiekenmerken van de verschillende varianten op het interim-protocol grond op basis van het bemonsteren van de modelrealisaties van Rokkeveen, waarbij is gevarieerd in het totaal aantal te nemen grepen. De variant met 100 grepen is het interim-protocol grond.*

variant	juistheid	relatieve breedte	quotiënt waarnemingen	kosten
50 grepen	0,3 %	0,330	1,4	f 4.750,=
80 grepen	0,1 %	0,274	1,3	f 6.790,=
100 grepen	0,1 %	0,244	1,3	f 8.100,=
200 grepen	0,1 %	0,179	1,2	f 14.850,=

Indien de resultaten van de verschillende monsternemingsvarianten in deze paragraaf nu worden vergeleken met het hier gestelde criterium van 0,80, dan blijkt dat voor alle varianten van het interim-protocol grond voor de modelrealisaties van Rokkeveen aan dit criterium wordt voldaan. Voor Depot A voldoen de varianten met tenminste 80 grepen, terwijl voor de Gaslaan alleen de variant met 200 grepen voldoet.

Indien wordt aangenomen dat de kleinschalige heterogeniteit (uitgedrukt als de variatiecoëfficiënt van individuele getallen/grepen in de modelrealisaties) die in de drie set van modelrealisaties aanwezig is (Depot A circa 180 %, Gaslaan circa 240% en Rokkeveen circa 70 %) ook in schone partijen grond kan voorkomen, dan blijkt het interim-protocol grond dus niet te voldoen voor kleinschalig sterk heterogene partijen. Voor kleinschalig minder heterogene partijen is echter een (geringe) reductie van het aantal grepen mogelijk.

3.7 Varianten op het interim-protocol grond: meerdere grepen per boring

Naast het eventueel, indien mogelijk, beperken van het aantal grepen dat moet worden genomen, is een andere methode die reeds snel tot aanzienlijke beperkingen van de kosten leidt het verminderen van het aantal boringen waaruit vervolgens meer dan één greep wordt genomen. Reeds bij het opstellen van het interim-protocol grond is door de toenmalige begeleidingscommissie gevraagd of een dergelijke praktische werkwijze bij het interim-protocol mag worden geïntroduceerd.

Een dergelijke vereenvoudiging van de monsternemingsprocedure zal geen consequenties hebben indien de grepen die uit één boring worden genomen volledig onafhankelijk van elkaar zijn. De aselechte keuze van de plaats voor het uitvoeren van de boring zorgt er dan samen met de onderlinge onafhankelijkheid van de verschillende grepen voor dat de grepen nog steeds volledig aselechte zijn. Dit wordt anders indien de grepen niet meer volledig onafhankelijk van elkaar zijn. In een dergelijke

situatie zal het resultaat van de monsterneming niet meer goed representatief zijn voor de partij waaruit de monsters zijn genomen. In de modelrealisaties is dit goed voorstelbaar voor de realisaties waarin veel grootschalige heterogeniteit aanwezig is. Voor een boring in bijvoorbeeld een gebied met hoge concentraties zullen alle grepen hoge concentraties hebben. Naarmate de modelrealisaties grootschalig homogener worden (de hogere realisatienummers), zal de aseletheid van de grepen weer terugkomen.

Om vast te stellen hoe gevoelig het interim-protocol is voor het binnen één boring nemen van meerdere grepen is het volgende experiment uitgevoerd:

De modelrealisaties worden beschouwd als partijen grond met een hoogte van (gemiddeld) 4 meter. Aselect wordt er in het x,y-vlak (horizontaal) een aantal boorpunten gekozen. Op deze "boorpunten" wordt een "boring" over de volledige diepte van het depot uitgevoerd (in het model een transect over de z-as). Afhankelijk van het aantal gekozen boorpunten wordt per boring een zodanig aantal grepen genomen dat totaal evenveel grepen worden genomen als in het interim-protocol grond.

De grepen worden op een onderlinge afstand van 1 of 0,5 meter genomen. Gezien de aan de modelrealisaties toegekende hoogte (4 m) en het aantal lagen dat in de modelrealisaties is gedefinieerd (15 of 16), bestaat elke meter uit 4 lagen. Tussen twee lagen die worden bemonsterd bevinden zich dus bij één monster per meter 3 lagen, terwijl tussen de bemonsterde lagen bij monsterneming per halve meter 1 laag zit.

Duidelijk mag zijn dat bij 1 greep per halve meter er meer onderlinge correlatie tussen de waarnemingen aanwezig zal zijn dan bij 1 greep per meter. Doordat de monsters echter om-en-om worden ingedeeld in de twee mengmonsters wordt een deel van de aanwezige correlatie teniet gedaan. Daarmee ontstaat echter wel weer een aanzienlijke mate van correlatie tussen de beide mengmonsters. Dit is evenwel alleen interessant voor de relatie tussen de beide waarnemingen x_1 en x_2 en met name het quotiënt van deze twee waarnemingen. Voor het uiteindelijk op basis van deze twee waarnemingen te berekenen gemiddelde (x_3) is deze onderlinge correlatie tussen de beide mengmonsters niet van betekenis en blijft alleen de ruimtelijke correlatie tussen de grepen van invloed.

Ook in dit geval kan het aantal varianten vrijwel eindeloos worden gevarieerd, maar is in verband met de beschikbare tijd en middelen voor twee varianten gekozen, namelijk met 4 en 8 grepen per boring.

Voor een beoordeling van de resultaten wordt eenzelfde analyse uitgevoerd als in paragraaf 3.3 en 3.6. Voor tekst en uitleg bij de gepresenteerde tabellen wordt verwezen naar paragraaf 3.3.

In aanvulling daarop kan worden gesteld dat het nu door de afhankelijkheid in de waarnemingen niet meer mogelijk is de theoretische standaarddeviatie in de gemiddelde concentratie te berekenen (zoals wel mogelijk in paragraaf 3.3. en 3.6).

Deze vergelijking blijft derhalve achterwege. Verder is het ook niet meer interessant om de gemiddelde prestatie over de verschillende modelrealisaties binnen één set te bepalen, de van belang zijnde variaties treden nu immers juist binnen een serie van modelrealisaties op (realisatie 1 tot en met 10). In verband daarmee zijn in één tabel alle relevante gegevens weergegeven, namelijk het werkelijke gemiddelde van de modelrealisatie, het gemiddelde gemiddelde van 1000 toetsingen en de relatieve afwijking tussen deze twee, het interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval.

De vergelijking tussen de beide mengmonsterresultaten blijft gelijk aan de vergelijking die ook bij het interim-protocol grond in paragraaf 3.3 is uitgevoerd.

3.7.1 Interim-protocol variant met 4 grepen per boring (25 boringen)

De verdelingen van de gemiddelden x_3 voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 6. In tabel 47 zijn deze resultaten weergegeven tezamen met het werkelijke gemiddelde van elke modelrealisatie.

Tabel 47 De op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met 25 boringen met elk 4 grepen gemeten gemiddelde gemiddelde concentratie, het berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	werkl gem.	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
	meet gem.	7.07	7.07	6.19	6.07	6.43	6.77	7.01	7.01	7.15	7.33
	afw gem.	0.2 %	0.9 %	0.7 %	0.6 %	0.3 %	0.0 %	0.7 %	1.8 %	0.3 %	0.3 %
	2,5% punt	4.69	4.81	4.66	5.06	4.67	4.94	5.20	5.14	5.11	5.19
	97,5% punt	11.03	11.4	9.36	7.98	9.59	9.88	10.38	10.25	10.69	11.14
	rel. breedte	0.896	0.933	0.758	0.481	0.765	0.729	0.738	0.728	0.781	0.811
Gaslaan	werkl gem.	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
	meet gem.	3.33	3.02	2.89	2.95	2.93	2.99	3.04	3.34	3.30	3.46
	afw gem.	0.6 %	0.0 %	1.0 %	0.3 %	0.7 %	1.3 %	1.6 %	1.2 %	1.5 %	0.3 %
	2,5% punt	1.65	1.73	1.70	1.85	1.80	1.76	1.87	1.96	1.89	1.88
	97,5% punt	5.83	4.91	4.57	4.54	4.92	5.35	5.16	6.53	6.14	7.12
	rel. breedte	1.255	1.053	0.993	0.912	1.065	1.201	1.082	1.368	1.288	1.514
Rokkeveen	werkl gem.	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
	meet gem.	43.33	37.65	37.88	38.27	38.02	37.99	38.85	38.36	38.82	38.80
	afw gem.	0.2 %	0.3 %	0.2 %	0.1 %	0.2 %	0.2 %	0.2 %	0.1 %	0.6 %	0.1 %
	2,5% punt	36.78	31.75	32.98	33.76	33.54	32.82	33.86	32.74	33.80	33.24
	97,5% punt	50.52	45.11	45.14	43.16	42.99	43.98	44.64	44.83	45.53	45.60
	rel. breedte	0.317	0.355	0.321	0.245	0.249	0.294	0.278	0.315	0.302	0.318

De kosten voor het uitvoeren van deze variant van het interim-protocol met 25 boringen met elk 4 grepen bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is en daarmee 25 boringen tot 4 m moeten worden uitgevoerd, f 4.650,= per toetsing (zie voor de wijze van berekening paragraaf 3.2).

Ook voor deze variant op het interim-protocol grond is vastgesteld hoe de beide mengmonsterconcentraties zich ten opzichte van elkaar verhouden. Aangezien elke modelrealisatie 1000 maal met deze variant op het interim-protocol is bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen x_1 en x_2 een histogram voor elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlage 6. In tabel 48 is voor elke modelrealisatie het gemiddelde van het quotiënt en de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 48 Gemiddelde en 95 % percentiel voor de verhouding tussen de beide mengmonsterresultaten voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het interim-protocol grond met 25 boringen met elk 4 grepen.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	1.13	1.22	1.20	1.16	1.26	1.31	1.30	1.34	1.32	1.33
	95 % percentiel	1.4	1.7	1.6	1.5	1.7	1.9	1.8	1.9	1.9	2.0
Gaslaan	gemiddelde	1.16	1.21	1.27	1.31	1.40	1.49	1.43	1.52	1.60	1.62
	95 % percentiel	1.5	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.2	2.6	2.8	3.0
Rokkeveen	gemiddelde	1.05	1.07	1.08	1.08	1.10	1.10	1.10	1.11	1.12	1.12
	95 % percentiel	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

Aangezien ook hier geldt dat de mate van correlatie tussen de mengmonsterresultaten samenhangt met de mate van grootschalige heterogeniteit heeft het geen zin een gemiddelde controlewaarde vast te stellen zoals dat wel mogelijk was bij de volledig aselechte varianten op het interim-protocol grond.

3.7.2 Interim-protocol variant met 8 grepen per boring (12,5 boringen)

In deze variant worden er 12 boringen tot 4 m diepte uitgevoerd en één boring tot 2 m diepte. Daarmee worden totaal weer 100 grepen verkregen. De verdelingen van de gemiddelden x_3 voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 6. In tabel 49 zijn deze resultaten weergegeven tezamen met het werkelijke gemiddelde van elke modelrealisatie.

Tabel 49 De op basis van 1000 monsternemingen conform het interim-protocol grond met 12,5 boringen met 8 grepen per volledige boring gemeten gemiddelde gemiddelde concentratie, het berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	werkl gem.	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
	meet gem.	7.18	6.88	6.14	6.09	6.40	6.77	6.98	7.02	7.17	7.25
	afw gem.	1.8 %	1.7 %	0.2 %	0.3 %	0.2 %	0.0 %	0.2 %	1.7 %	0.0 %	0.8 %
	2,5% punt	4.30	4.39	4.51	4.99	4.61	4.77	5.06	4.96	5.01	5.08
	97,5% punt	13.01	12.86	9.44	8.32	9.57	10.38	10.34	11.17	10.96	11.44
	rel. breedte	1.213	1.231	0.804	0.546	0.776	0.828	0.756	0.885	0.829	0.877
Gaslaan	werkl gem.	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
	meet gem.	3.28	2.97	2.87	3.34	2.89	3.02	3.07	3.34	3.19	3.50
	afw gem.	0.9 %	1.7 %	0.4 %	12.1 %	0.7 %	0.3 %	0.6 %	1.2 %	1.9 %	1.4 %
	2,5% punt	1.30	1.35	1.44	1.57	1.63	1.69	1.78	1.86	1.74	1.79
	97,5% punt	6.54	5.53	4.97	4.94	4.74	5.49	5.41	6.77	6.18	7.48
	rel. breedte	1.598	1.407	1.230	1.009	1.076	1.258	1.182	1.470	1.392	1.626
Rokkeveen	werkl gem.	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
	meet gem.	43.52	37.81	37.85	38.27	37.72	38.02	38.95	38.24	38.84	38.79
	afw gem.	0.2 %	0.1 %	0.1 %	0.1 %	0.6 %	0.1 %	0.0 %	0.4 %	0.5 %	0.1 %
	2,5% punt	35.07	31.06	32.12	33.06	33.04	32.80	33.32	32.84	32.90	32.62
	97,5% punt	53.46	47.07	45.62	44.02	43.64	44.89	46.05	44.80	45.30	46.29
	rel. breedte	0.423	0.424	0.356	0.286	0.281	0.318	0.327	0.313	0.319	0.352

De kosten voor het uitvoeren van deze variant van het interim-protocol met 12,5 boringen met 8 grepen per volledige boring bedragen, uitgaande van de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4ä m is en daarmee 12 boringen tot 4 m en 1 boring tot 2 m moeten worden uitgevoerd, f 3.100,= per toetsing (zie voor de wijze van berekening paragraaf 3.2).

Ook voor deze variant op het interim-protocol grond is vastgesteld hoe de beide mengmonsterconcentraties zich ten opzichte van elkaar verhouden. Aangezien elke modelrealisatie 1000 maal met deze variant op het interim-protocol is bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen x_1 en x_2 een histogram voor elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlageä 6. In tabel 50 is voor elke modelrealisatie het gemiddelde van het quotiënt en de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 50 *Gemiddelde en 95 % percentiel voor de verhouding tussen de beide mengmonsterresultaten voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het interim-protocol grond met 12,5 boringen met 8 grepen per volledige boring.*

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	1.12	1.18	1.19	1.16	1.26	1.28	1.30	1.30	1.30	1.32
	95 % percentiel	1.4	1.5	1.5	1.5	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.9
Gaslaan	gemiddelde	1.17	1.21	1.25	1.30	1.37	1.43	1.43	1.51	1.53	1.60
	95 % percentiel	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.2	2.7	2.6	2.9
Rokkeveen	gemiddelde	1.05	1.07	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10	1.10	1.12	1.12
	95 % percentiel	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

3.7.3 Afweging van de mogelijkheid om meerdere grepen per boring te nemen

Evenals bij de vergelijking van de varianten van het interim-protocol grond met minder grepen, kunnen ook voor de vergelijking van de varianten met meerdere grepen per boring een aantal toetsingscriteria worden gedefinieerd:

- juistheid van de gemiddelde gemiddelde concentratie;
- breedte van het interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt;
- variatie die optreedt tussen de beide mengmonsterresultaten;
- kosten van de procedure.

Omdat de resultaten op deze punten zowel worden beïnvloed door de gegevensset op basis waarvan zij zijn bepaald, als op basis van de variatie in grootschalige heterogeniteit die binnen een serie modelrealisaties aanwezig is, wordt de vergelijking aanzienlijk gecompliceerd. Omdat echter het interval waarin 95 % van de gemiddelde concentraties valt het belangrijkste criterium voor de prestaties van de methoden is, vindt de vergelijking alleen op basis van dit criterium plaats.

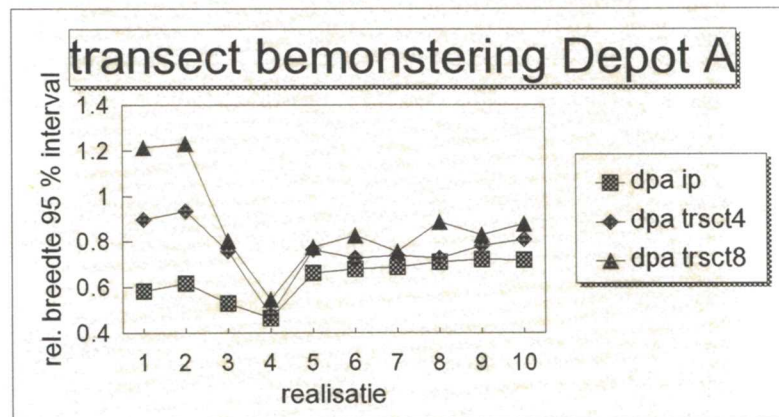
In tabel 51 is de relatieve breedte van het interval waarin 95 % van de gegevens vallen opgenomen voor alle 30 modelrealisaties op basis van zowel de monsterneming conform het interim-protocol als de monsterneming met 4 en 8 grepen per boring.

Tabel 51 Relatieve breedte van het interval waarin 95 % van de gemiddelde concentraties valt voor het interim-protocol grond en twee varianten daarop waarbij 4 respectievelijk 8 grepen per boring worden genomen.

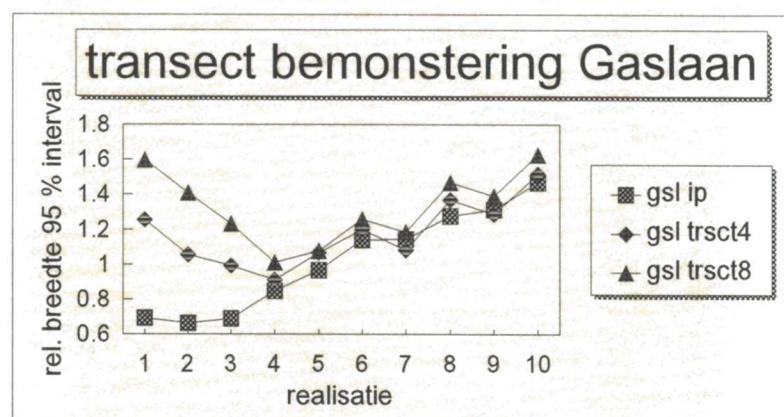
Realisatie	interim-protocol	4 grepen per boring	8 grepen per boring
Depot A, realisatie 1	0.584	0.896	1.213
Depot A, realisatie 2	0.619	0.933	1.231
Depot A, realisatie 3	0.530	0.758	0.804
Depot A, realisatie 4	0.467	0.481	0.546
Depot A, realisatie 5	0.662	0.765	0.776
Depot A, realisatie 6	0.681	0.729	0.828
Depot A, realisatie 7	0.689	0.738	0.756
Depot A, realisatie 8	0.710	0.728	0.885
Depot A, realisatie 9	0.721	0.781	0.829
Depot A, realisatie 10	0.719	0.811	0.877
Gaslaan, realisatie 1	0.693	1.255	1.598
Gaslaan, realisatie 2	0.662	1.053	1.407
Gaslaan, realisatie 3	0.689	0.993	1.230
Gaslaan, realisatie 4	0.849	0.912	1.009
Gaslaan, realisatie 5	0.965	1.065	1.076
Gaslaan, realisatie 6	1.141	1.201	1.258
Gaslaan, realisatie 7	1.144	1.082	1.182
Gaslaan, realisatie 8	1.275	1.368	1.470
Gaslaan, realisatie 9	1.312	1.288	1.392
Gaslaan, realisatie 10	1.470	1.514	1.626
Rokkeveen, realisatie 1	0.188	0.317	0.423
Rokkeveen, realisatie 2	0.223	0.355	0.424
Rokkeveen, realisatie 3	0.233	0.321	0.356
Rokkeveen, realisatie 4	0.207	0.245	0.286
Rokkeveen, realisatie 5	0.226	0.249	0.281
Rokkeveen, realisatie 6	0.250	0.294	0.318
Rokkeveen, realisatie 7	0.273	0.278	0.327
Rokkeveen, realisatie 8	0.273	0.315	0.313
Rokkeveen, realisatie 9	0.297	0.302	0.319
Rokkeveen, realisatie 10	0.271	0.318	0.352

De gegevens in tabel 51 zijn eveneens verwerkt in de figuren 13, 14¹ en 15.

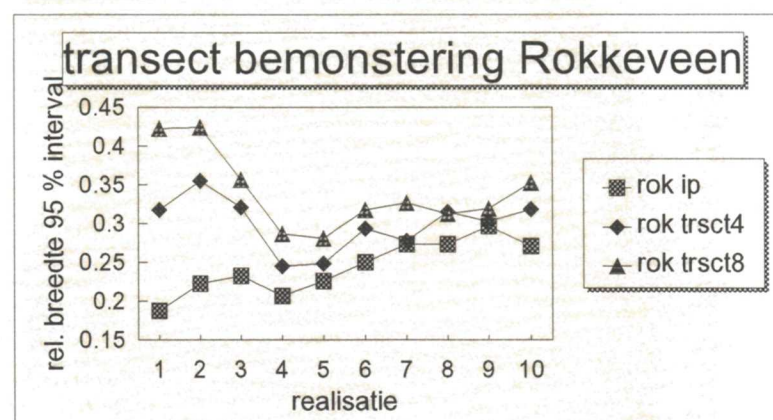
¹ In figuur 14 blijkt voor alle drie de varianten sprake te zijn van een toename van de relatieve breedte van het 95 % interval voor de hogere modelrealisaties. Dit wordt veroorzaakt door het toenemen van de variatiecoëfficiënt voor deze realisaties (zie ook tabel 12).



Figuur 13 Relatieve breedte van 95 % interval Depot A



Figuur 14 Relatieve breedte van 95 % interval Gaslaan



Figuur 15 Relatieve breedte van 95 % interval Rokkeveen

Zoals blijkt uit deze figuren is er sprake van een duidelijke relatie tussen de relatieve breedte van het 95 % interval en de grootschalige heterogeniteit in de modelrealisaties. In overeenstemming met de verwachting blijkt dat de breedte van het interval voor de transect bemonsteringen voor de lagere modelrealisaties, ten gevolge van de daarin aanwezige grootschalige heterogeniteit, toeneemt. Ten gevolge van de ruimtelijke correlatie tussen de grepen is voor deze grootschalig heterogene modelrealisaties bij transect monsterneming een minder betrouwbare uitspraak over de gemiddelde concentratie mogelijk. Voor de hogere realisatienummers, waarbij er sprake is van een geringere mate van grootschalige heterogeniteit, is de onafhankelijkheid tussen de grepen wel voldoende gewaarborgd. Dit leidt er toe dat voor deze modelrealisaties de schatting van de gemiddelde concentratie op basis van transect monsterneming even betrouwbaar kan worden gedaan als op basis van aselechte monsterneming.

Daarnaast blijkt ook dat, zoals valt te verwachten, de betrouwbaarheid van de bepaling van de gemiddelde concentratie afneemt naarmate de afstand tussen de grepen afneemt. Met een onderlinge afstand van 0,5 m wordt er een breder interval gevonden dan voor een onderlinge afstand tussen de grepen van 1 m. Ook hiervoor geldt echter dat met name de mate van grootschalige heterogeniteit bepalend is voor de betrouwbaarheid waarmee het gemiddelde wordt bepaald.

In zijn algemeenheid wordt daarom geconcludeerd dat het beperken van het aantal boringen wel is toegestaan indien er geen sprake is van (waarneembare) grootschalige heterogeniteit in de te bemonsteren partij. Daarbij moet, om voldoende onafhankelijkheid tussen de grepen te garanderen, de onderlinge afstand tussen de grepen (en daarmee tevens het aantal boringen) niet te klein worden gekozen.

3.8 Toepassing van het toetsingsprotocol bouwstoffen op de modelrealisaties

Ten behoeve van het bouwstoffenbesluit is door het RIVM in samenwerking met TNO op basis van bestaande gegevens over partijen bouwmaterialen een toetsingsprotocol afgeleid [5]. In essentie komt dit protocol er op neer dat van een te onderzoeken partij 12 aselechte grepen worden genomen die vervolgens worden samengevoegd tot 3 mengmonsters voor analyse.

De monsterneming conform dit toetsingsprotocol is doorgerekend met behulp van de modelrealisaties die in dit onderzoek zijn gemaakt. Daarbij zijn twee varianten uitgevoerd:

- een variant waarbij de greepgrootte gelijk is gehouden aan de greepgrootte van de modelrealisaties (340 gram);
- een variant waarbij de greepgrootte is vergroot in relatie tot de minimale monstergrootte.

De eerste variant is weergegeven in paragraaf 3.8.1, de tweede in paragraaf 3.8.2. Voor de wijze waarop de gegevens zijn verwerkt wordt weer verwezen naar paragraaf 3.3.

3.8.1 Toetsingsprotocol bouwstoffen met een greepgrootte van 340 gram

Voor de op de modelrealisaties uitgevoerde monsterneming zijn aselect 12 monsternemingspunten binnen de modelrealisaties bepaald. De concentratie van de op deze plaats binnen de modelrealisatie gedefinieerde greep is ingelezen. Vervolgens zijn de "grepen" samengevoegd tot drie mengmonsters waarbij het gemiddelde van de vier "grepen" is bepaald. Op basis van alle 12 de "grepen" is het gemiddelde bepaald dat wordt gebruikt voor het vergelijken van deze toetsing met de toetsingen conform het interim-protocol en andere varianten daarop.

Omdat in de in dit onderzoek gehanteerde modelstudie geen rekening wordt gehouden met de fout in monstervoorbehandeling en analyse komt deze wijze van toetsing feitelijk overeen met een variant op het interim-protocol grond waarbij 12 grepen worden genomen.

De verdelingen van de gemiddelden voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 7. In tabel 52 staan de gegevens van Depot A samengevat, in tabel 53 de gegevens van Gaslaan en in tabel 54 van Rokkeveen.

Tabel 52 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Depot A conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met totaal 12 grepen van 340 gram en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	2.92	3.78	3.59	2.15	3.14	3.86	4.14	4.14	4.14	4.32
standaarddeviatie monsterneming	2.82	3.72	3.59	2.26	3.03	4.61	4.26	3.71	3.87	5.12
werkelijk gemiddelde	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
gemiddelde monsterneming	7.01	6.99	6.15	6.15	6.39	6.92	7.09	7.15	7.11	7.47

Tabel 53 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Gaslaan conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met totaal 12 grepen van 340 gram en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	1.71	1.57	1.55	1.96	2.35	3.13	2.76	3.31	5.10	3.86
standaarddeviatie monsterneming	1.74	1.54	1.59	1.93	2.09	3.49	2.82	2.53	2.79	5.89
werkelijk gemiddelde	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
gemiddelde monsterneming	3.29	3.06	2.92	2.97	2.88	3.09	3.20	3.20	3.10	3.63

Tabel 54 Resultaten van 1000 maal monsterneming van de 10 modelrealisaties van Rokkeveen conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met totaal 12 grepen van 340 gram en de theoretisch berekende standaarddeviatie en het werkelijke gemiddelde van de realisaties.

Realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
theoretische standaarddeviatie	6.15	6.17	8.52	7.31	6.60	7.29	8.74	7.58	8.16	7.95
standaarddeviatie monsterneming	6.10	6.46	6.71	14.96	6.53	7.08	6.95	7.46	7.90	7.99
werkelijk gemiddelde	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
gemiddelde monsterneming	43.09	37.75	37.90	38.87	38.17	38.08	38.60	38.51	38.92	38.67

Op basis van de tabellen 52, 53 en 54 is in tabel 55 weergegeven hoe groot de gemiddelde en maximale afwijking van de werkelijke gemiddelde concentratie is en hoe groot de gemiddelde en maximale afwijking van de theoretische standaarddeviatie is.

Tabel 55 Gemiddelde en maximale afwijkingen in gemeten gemiddelde en standaarddeviatie ten opzichte van het werkelijke gemiddelde respectievelijk de theoretische standaarddeviatie bij monsterneming conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met totaal 12 grepen van 340 gram.

Realisatie	gemiddelde afwijking gemiddelde	maximale afwijking gemiddelde	gemiddelde afwijking standaarddeviatie	maximale afwijking standaarddeviatie
Depot A	0,9 %	2,2 %	6,9 %	17,6 %
Gaslaan	2,4 %	5,1 %	16,0 %	58,5 %
Rokkeveen	0,5 %	1,4 %	13,0 %	68,7 %

Gemiddeld genomen leidt het toetsingsprotocol bouwstoffen dus tot het werkelijke gemiddelde van de partij, maar de concentratie van een individuele toetsing kan hier wel aanzienlijk van afwijken. Dit laatste blijkt duidelijk wanneer de verdelingen van de gemiddelde concentraties in bijlage 7 in beschouwing worden genomen.

Om een goede vergelijking met het interim-protocol grond mogelijk te maken is berekend binnen welke grenzen 95 % van de gemiddelde concentraties valt en is de relatieve breedte van dit interval bepaald. Voor het toetsingsprotocol bouwstoffen staan deze weergegeven in tabel 56.

Tabel 56 Het op basis van 1000 monsternemingen conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met totaal 12 grepen van 340 gram berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	7.01	6.99	6.15	6.15	6.39	6.92	7.09	7.15	7.11	7.47
	2,5% punt	4.07	3.94	3.85	4.24	3.57	3.71	3.71	3.64	3.70	3.67
	97,5% punt	14.90	17.75	11.40	10.81	15.23	16.07	17.58	17.26	18.63	19.24
	rel. breedte	1.545	1.976	1.228	1.068	1.825	1.786	1.956	1.905	2.100	2.084
Gaslaan	gemiddelde	3.29	3.05	2.92	2.97	2.88	3.09	3.20	3.20	3.10	3.63
	2,5% punt	0.93	1.01	0.94	0.98	0.81	0.70	0.75	0.74	0.71	0.78
	97,5% punt	7.34	6.35	6.55	6.43	7.26	8.00	10.71	10.95	7.78	13.10
	rel. breedte	1.948	1.751	1.921	1.835	2.240	2.362	3.112	3.191	2.281	3.394
Rokkeveen	gemiddelde	43.09	37.75	37.90	38.87	38.17	38.08	38.60	38.51	38.92	38.67
	2,5% punt	32.08	27.79	28.66	28.80	27.56	27.15	27.61	26.64	26.82	25.52
	97,5% punt	55.50	53.42	49.02	51.92	51.27	54.43	55.12	54.72	56.38	56.23
	rel. breedte	0.544	0.679	0.537	0.595	0.621	0.716	0.713	0.729	0.760	0.794

De kosten voor het uitvoeren van het toetsingsprotocol bouwstoffen bedragen, berekend conform de in dit rapport gegeven berekeningswijze (zie paragraaf 3.2) en onder de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 2.931,= per toetsing. Conform de berekening van het RIVM bedragen de kosten van dit protocol f 3.860,= [5, tabel 9].

Ook voor het toetsingsprotocol bouwstoffen is vastgesteld hoe ver de mengmonsterresultaten ten gevolge van de heterogeniteit in de partij uit elkaar kunnen liggen. Daarbij is, omdat er nu drie mengmonster zijn, de berekeningswijze iets aangepast ten opzichte van de berekeningswijze van de varianten op het interim-protocol grond waarbij steeds twee analyses worden uitgevoerd. In dit geval is het *maximale* quotiënt van de analyseresultaten berekend. Dit is gedaan door te stellen dat:

x_1 = hoogste concentratie van de drie mengmonsterresultaten

x_2 = laagste concentratie van de drie mengmonsterresultaten

en het quotiënt gelijk te stellen aan x_1/x_2 .

Uiteraard volgt uit deze wijze van berekenen dat het quotiënt groter is dan wanneer bij 12 grepen twee analyses zouden worden gedaan.

Aangezien alle modelrealisaties 1000 maal met het toetsingsprotocol bouwstoffen zijn bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen x_1 en x_2 een histogram voor elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlage 7. In tabel 57 is voor elke modelrealisatie het gemiddelde van het quotiënt en de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 57 Gemiddelde en 95 % percentielwaarde voor de verhouding tussen het hoogste en het laagste mengmonsterresultaat voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met totaal 12 grepen van 340 gram.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	2.47	2.53	2.15	1.87	2.46	2.74	2.80	2.96	2.73	3.11
	95 % percentiel	6.03	6.65	4.33	3.62	6.25	6.87	7.88	8.73	7.43	8.63
Gaslaan	gemiddelde	5.40	4.67	4.85	5.44	5.81	7.17	7.32	7.52	7.50	8.77
	95 % percentiel	14.2	11.7	12.1	14.5	15.3	18.7	20.7	21.9	20.4	23.0
Rokkeveen	gemiddelde	1.55	1.58	1.53	1.62	1.63	1.72	1.70	1.78	1.82	1.83
	95 % percentiel	2.26	2.45	2.25	2.42	2.56	2.75	2.71	3.01	3.04	3.03

Indien de controlewaarde voor het maximaal aan de monsterneming toeschrijfbare quotiënt van het hoogste en het laagste mengmonsterresultaat gelijk wordt gesteld aan de gemiddelde 95 % percentielwaarde van de verschillende monsternemingen, dan moet:

- op basis van de monsterneming van Depot A een controlewaarde worden gekozen van 6,6.
- op basis van de monsterneming van Gaslaan een controlewaarde worden gekozen van 17,2.
- op basis van de monsterneming van Rokkeveen een controlewaarde worden gekozen van 2,6.

3.8.2 Toetsingsprotocol bouwstoffen met een greepgrootte van 1 kilogram

Zoals uitgewerkt in bijlage 1 dient de greepgrootte te worden gerelateerd aan de minimale monstergrootte. Gezien het feit dat het aantal grepen sterk is verminderd ten opzichte van het interim-protocol grond, waarbij de greepgrootte ten gevolge van de minimale monstergrootte gelijk was gesteld aan 340 gram, moet worden vastgesteld hoe groot de greepgrootte moet zijn indien 12 grepen worden genomen. Daarbij wordt tevens rekening gehouden met de aanpassing van de oorspronkelijke

formule voor het bepalen van de minimale monstergrootte zoals weergegeven in bijlage 1.

Uitgaande van de een partij grond met een maximale (95 % kleiner dan) deeltjesgrootte van 16 mm geldt voor de minimale greepgrootte dat deze gelijk is aan:

$$M_g = 27d^3 \cdot \lambda_s = 27 \cdot 1,6^3 \cdot 1,6 \approx 180 \text{ gram}$$

en dat de minimale monstergrootte gelijk is aan:

$$M_m = \frac{1}{24} \pi d^3 \lambda_s \cdot \frac{(1-p)}{VC^2 p} = \frac{1}{24} \pi \cdot 1,6^3 \cdot 1,6 \cdot \frac{\left[1 - \frac{1}{50}\right]}{0,1^2 \cdot \frac{1}{50}} \approx 4,2 \text{ kg}$$

Totaal worden er 12 grepen genomen en er worden steeds 4 grepen samengevoegd tot één monster. Op basis van de minimale monstergrootte is het dus noodzakelijk dat grepen van circa 1 kg worden genomen: de minimale monstergrootte is in dit geval bepalend voor de greepgrootte.

De modelrealisaties zijn opgebouwd uit "grepen" van 340 gram: er moeten dus drie van deze "grepen" worden genomen als één greep voor het toetsingsprotocol bouwstoffen.

Wordt dit gedaan dan vindt er dus reeds een gedeeltelijke uitmiddeling plaats tussen de individuele "grepen" zoals gedefinieerd in de modelrealisaties. In verband hiermee is het niet meer mogelijk om de standaarddeviatie in de monsterneming theoretisch te berekenen. De gegevens van deze monsternemingen worden derhalve in één tabel weergegeven.

Voor de op de modelrealisaties uitgevoerde monsterneming zijn aselekt 12 monsternemingspunten binnen de modelrealisaties bepaald. Op dit monsternemingspunt zijn in het horizontale vlak de concentraties van het betreffende punt en twee punten aan weerszijde hiervan uit de modelrealisatie ingelezen. Dit is op 12 punten gedaan, waarna de 12 maal drie "grepen" zijn samengevoegd tot drie mengmonsters. De drie bij elkaar horende "grepen" zijn daarbij uiteraard steeds in hetzelfde mengmonster ingedeeld. Per mengmonster is vervolgens het gemiddelde van de twaalf "grepen" bepaald. Op basis van alle 144 "grepen" is het uiteindelijke gemiddelde bepaald dat wordt gebruikt voor het vergelijken van deze toetsing met de toetsingen conform het interim-protocol en andere varianten daarop.

De verdelingen van de gemiddelden voor de 30 modelrealisaties zijn weergegeven in bijlage 7. In tabel 58 zijn deze resultaten weergegeven tezamen met het werkelijke gemiddelde van elke modelrealisatie.

Tabel 58 De op basis van 1000 monsternemingen conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met totaal 12 grepen van 1 kilo gemeten gemiddelde gemiddelde concentratie, het berekende interval waarin 95% van de gemiddelde concentraties valt en de relatieve breedte van dit interval bij monsterneming van de 30 modelrealisaties.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	werkl gem.	7.05	7.00	6.15	6.11	6.41	6.77	6.96	7.14	7.17	7.31
	meet gem.	7.09	6.86	6.17	6.11	6.32	6.79	7.02	7.18	7.07	7.29
	afw gem.	0.6 %	2.0 %	0.3 %	0.0 %	1.4 %	0.3 %	0.9 %	0.6 %	1.4 %	0.3 %
	2,5% punt	4.01	4.03	4.09	4.42	3.82	4.19	4.28	4.34	4.26	4.57
	97,5% punt	15.13	14.57	11.23	9.95	11.83	13.01	13.62	13.06	13.18	13.23
	rel. breedte	1.575	1.536	1.157	0.905	1.267	1.299	1.330	1.214	1.262	1.188
Gaslaan	werkl gem.	3.31	3.02	2.86	2.96	2.91	3.03	3.09	3.30	3.25	3.45
	meet gem.	3.26	2.99	2.83	3.01	2.86	3.05	3.14	3.23	3.18	3.50
	afw gem.	1.5 %	1.0 %	1.0 %	1.7 %	1.7 %	0.7 %	1.6 %	2.1 %	2.1 %	1.4 %
	2,5% punt	1.06	1.11	1.08	1.21	1.16	1.17	1.27	1.34	1.36	1.46
	97,5% punt	7.20	6.03	5.76	6.29	6.04	7.59	7.39	7.57	7.61	8.65
	rel. breedte	1.883	1.645	1.654	1.688	1.706	2.105	1.949	1.929	1.965	2.054
Rokkeveen	werkl gem.	43.42	37.77	37.82	38.32	37.94	38.06	38.95	38.40	39.03	38.84
	meet gem.	43.46	38.06	37.78	38.41	38.10	37.91	38.94	38.00	39.11	38.76
	afw gem.	0.1 %	0.8 %	0.1 %	0.2 %	0.4 %	0.4 %	0.0 %	1.0 %	0.2 %	0.2 %
	2,5% punt	32.58	28.68	30.00	30.03	29.74	29.42	30.50	28.55	29.80	30.50
	97,5% punt	56.57	51.87	46.98	49.00	48.66	49.80	49.27	49.12	50.57	48.09
	rel. breedte	0.552	0.609	0.449	0.494	0.497	0.538	0.482	0.541	0.531	0.454

De kosten voor het uitvoeren van het toetsingsprotocol bouwstoffen bedragen, berekend conform de in dit rapport gegeven berekeningswijze (zie paragraaf 3.2) en onder de aanname dat de gemiddelde depot-hoogte 4 m is, f 2.931,= per toetsing. Deze kosten zijn gelijk aan de kosten van de variant in paragraaf 3.8.1 aangezien de grootte van de grepen en de grootte van het mengmonster niet op de kostenberekening van invloed zijn.

Aangezien alle modelrealisaties 1000 maal met het toetsingsprotocol bouwstoffen zijn bemonsterd, kan ook voor de verhouding tussen het hoogste analyseresultaat (x_1) en het laagste analyseresultaat (x_2) een histogram voor elke modelrealisatie worden gegeven. Deze histogrammen zijn opgenomen in bijlage 7. In tabel 59 is voor elke modelrealisatie het gemiddelde van het quotiënt en de 95 % percentielwaarde van de verdeling weergegeven.

Tabel 59 Gemiddelde en 95 % percentiel voor de verhouding tussen het hoogste en het laagste mengmonsterresultaat voor de 30 modelrealisaties op basis van 1000 toetsingen conform het toetsingsprotocol bouwstoffen met 12 grepen van 1 kilo.

gegevens	realisatie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depot A	gemiddelde	2.50	2.28	1.99	1.70	2.17	2.22	2.23	2.28	2.17	2.14
	95 % percentiel	6.3	5.0	4.0	3.0	4.6	4.4	4.5	4.5	4.2	4.1
Gaslaan	gemiddelde	5.41	4.33	3.86	3.75	4.05	4.42	3.96	3.97	3.90	3.90
	95 % percentiel	14.2	10.3	9.0	8.8	9.4	10.9	10.0	9.7	10.1	9.2
Rokkeveen	gemiddelde	1.56	1.53	1.44	1.49	1.47	1.50	1.47	1.51	1.48	1.41
	95 % percentiel	2.3	2.3	2.0	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	1.9

Indien de controlewaarde voor het maximaal aan de monsterneming toeschrijfbare quotiënt van het hoogste en het laagste mengmonsterresultaat gelijk wordt gesteld aan de gemiddelde 95 % percentielwaarde van de verschillende monsternemingen, dan moet:

- op basis van de monsterneming van Depot A een controlewaarde worden gekozen van 4,4.
- op basis van de monsterneming van Gaslaan een controlewaarde worden gekozen van 10,1.
- op basis van de monsterneming van Rokkeveen een controlewaarde worden gekozen van 2,1.

3.8.3 Effect van het vergroten van de greepgrootte

Hoewel op basis van de theoretische aannames met betrekking tot de minimale monstergrootte de monstergrootte bij dit protocol op 1 kilo moet worden gesteld (paragraaf 3.8.2), kan aan de hand van de resultaten van paragraaf 3.8.1 en 3.8.2 wel worden vastgesteld welk effect het vergroten van de greepgrootte heeft op de betrouwbaarheid waarmee het gemiddelde van de partij wordt bepaald.

In alle gevallen blijkt te gelden dat de relatieve breedte van het 95 % interval van het gemiddelde voor de grepen van 340 gram groter is dan voor de grepen van 1 kilo. De schatting van de gemiddelde concentratie op basis van de grotere greepgrootte is, zoals ook valt te verwachten, dus betrouwbaarder dan voor de kleinere greepgrootte.

het x,y-vlak (horizontaal), terwijl de opdeling naar 16 deelpartijen in het z-vlak (verticaal) heeft plaatsgevonden. De opdelingen zijn zoveel mogelijk regelmatig uitgevoerd zodat alle deelpartijen gelijk van grootte zijn. Verder is er bij het opdelen géén rekening gehouden met eventueel in de modelrealisatie aanwezige groot-schalige heterogeniteit. Er is dus niet bewust een deelpartij gedefinieerd met hoge of juist lage concentratie, maar ten gevolge van het opdelen zullen dergelijke partijen uiteraard wel voorkomen.

Voor het bestuderen van het effect van het opdelen van een partij in meerdere deelpartijen en het separaat toetsen van deze partijen is het tevens van belang om vast te stellen ten opzichte van welke waarde de partij wordt getoetst. Er is voor gekozen deze toetsing ten opzichte van de streefwaarde en ten opzichte van een aantal verschillende toetsingswaarden uit te voeren. Deze toetsingswaarden zijn gedefinieerd als:

Depot A:	streefwaarde, gem-0,2*std, gem-0,1*std, gemiddelde, gem+0,1*std, gem+0,2*std
Gaslaan:	streefwaarde, gem-0,5*std, gem-0,25*std, gemiddelde, gem+0,25*std, gem+0,5*std
Rokkeveen:	streefwaarde, gem-1*std, gem-0,5*std, gemiddelde, gem+0,5*std, gem+1*std

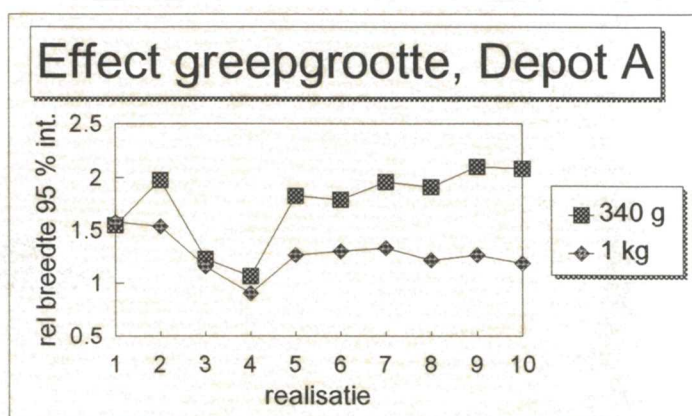
Bij de keuze voor de toetsingswaarden is rekening gehouden met het feit dat ook daadwerkelijk effecten moeten worden waargenomen. Indien de gegevens die worden getoetst weinig variatie vertonen (ten opzichte van het gemiddelde) heeft het weinig zin om met sterk van het gemiddelde afwijkende toetsingswaarden te gaan werken: voor bijvoorbeeld een toetsingswaarde ver boven het gemiddelde zal dan immers (vrijwel) altijd alles worden goedgekeurd, ongeacht de opdelingen die worden aangebracht. Daarom zijn de toetsingswaarden rond het gemiddelde waarop is getoetst voor de drie sets modelrealisaties verschillend.

Voor het onderzoek van het effect van het toetsen van deelpartijen is vervolgens het volgende gedachtenexperiment uitgevoerd:

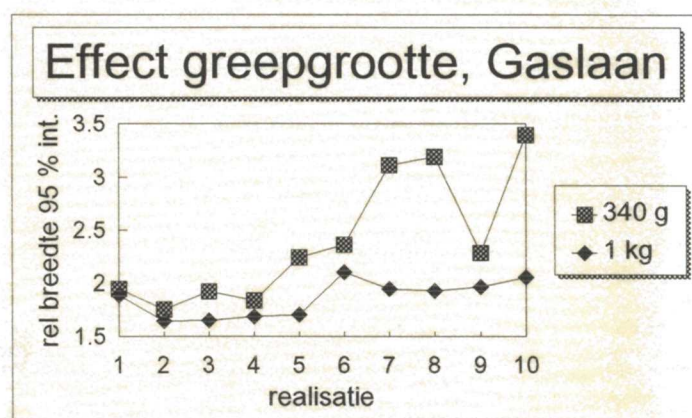
Een modelrealisatie is opgesplitst in een aantal deelpartijen. Iedere deelpartij wordt volgens het interim-protocol getoetst aan de gekozen toetsingswaarde. Het resultaat van de toetsing is dat een aantal deelpartijen wordt goedgekeurd en een aantal wordt afgekeurd. Uit het toetsingsresultaat kan worden berekend:

- het aantal goedgekeurde deelpartijen;
- het aantal afgekeurde deelpartijen;
- de gemiddelde concentratie van de goedgekeurde deelpartijen;
- de gemiddelde concentratie van de afgekeurde deelpartijen.

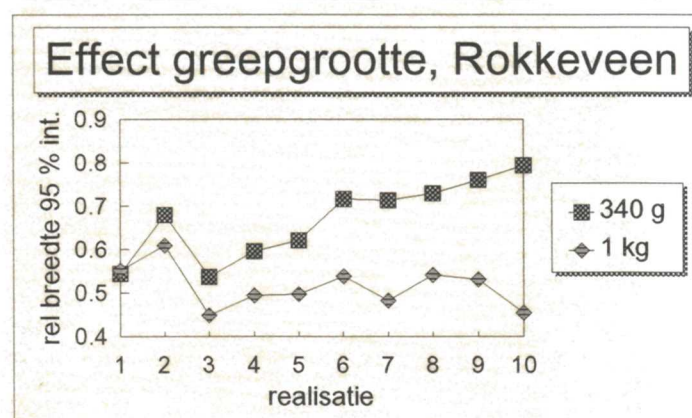
Bij een volgende toetsing van *dezelfde* modelrealisatie met *hetzelfde* aantal deelpartijen en *dezelfde* toetsingswaarde zal de uitslag van de toetsing niet hetzelfde



Figuur 16 Relatieve breedte 95 % interval Depot A bij een greepgrootte van 340 g en 1 kg



Figuur 17 Relatieve breedte 95 % interval Gaslaan bij een greepgrootte van 340 g en 1 kg



Figuur 18 Relatieve breedte 95 % interval Rokkeveen bij een greepgrootte van 340 g en 1 kg

Verwacht wordt dat het vergroten van de greepgrootte voor modelrealisaties met een grote mate van ruimtelijke correlatie niet zal leiden tot een wezenlijke verbetering van de betrouwbaarheid waarmee de gemiddelde concentratie wordt geschat (geen smaller 95 % interval voor 1 kg grepen dan voor 340 g grepen). De verschillen tussen direct naast elkaar gelegen grepen zijn in deze modelrealisaties immers klein. Daar staat tegen over dat voor de modelrealisaties met weinig ruimtelijke correlatie, er wel een duidelijke verbetering in de betrouwbaarheid waarmee de gemiddelde concentratie wordt geschat wordt verwacht. Het nemen van grotere grepen leidt hier immers tot een wezenlijke reductie in de variatie, namelijk met een factor $\sqrt{3}$ bij een volledig aselechte modelrealisatie ten opzichte van grepen van 1 kilo. Dit blijkt ook daadwerkelijk het geval te zijn.

Het feit dat de curve voor de 340-grams grepen omhoog loopt wordt veroorzaakt door het artefact in de modelrealisaties dat de variatiecoëfficiënt toeneemt voor de hogere modelrealisaties. Feitelijk zou dit ook worden verwacht voor de grepen van 1 kilo; waarom dit daar niet wordt waargenomen is niet duidelijk.

Met name voor modelrealisatie 1 geldt dat er geen verschil wordt waargenomen tussen de betrouwbaarheid waarmee het gemiddelde wordt geschat op basis van grepen van 340 gram en grepen van 1 kilo. Aangezien op streefwaardeniveau een aanzienlijk geringere mate van ruimtelijke correlatie mag worden verwacht, ligt het voor de hand om daadwerkelijk grotere grepen te nemen dan op basis van de minimale monstergrootte (zie paragraaf 3.8.2).

3.9 Beperkttere toetsingsinspanning voor kleinere partijen

De betrouwbaarheid van een toetsing is niet afhankelijk van de grootte van de partij waarop de toetsing betrekking heeft. Wel is de betrouwbaarheid afhankelijk van enerzijds het aantal grepen dat uit de partij wordt genomen en anderzijds de heterogeniteit in de partij (kleinschalige heterogeniteit, de variatiecoëfficiënt op greepgrootte-niveau). Dit betekent dat het aantal grepen dat bij een toetsing moet worden genomen niet afhankelijk kan worden gesteld van de partijgrootte, zonder dat dit effecten heeft op de betrouwbaarheid waarmee uitspraken over een partij kunnen worden gedaan. Hier is echter een uitzondering op mogelijk, namelijk indien de heterogeniteit van kleinere partijen kleiner is dan de heterogeniteit van grotere partijen. In dat geval kan immers met een geringer aantal grepen een even betrouwbare uitspraak worden gedaan over een kleinere partij als met een groter aantal grepen uit de gehele partij.

Om vast te stellen of dit het geval is, is van de deelpartijen zoals deze in paragraaf 3.4 reeds zijn gedefinieerd, de variatiecoëfficiënt bepaald. Hiervan is in bijlage 9 een grafische weergave van opgenomen.

Zoals blijkt uit deze figuren geldt dat dit voor een deel van de deelpartijen daadwerkelijk het geval is, maar dat voor een ander deel van de deelpartijen de variatiecoëfficiënt juist groter wordt. Dit betekent dat niet per definitie kan worden gesteld dat de heterogeniteit van kleinere partijen geringer is dan van grotere partijen, het-

geen als consequentie heeft dat het niet mogelijk is om, zonder verlies aan betrouwbaarheid, voor kleinere partijen een geringere monsternemingsinspanning te plegen.

Overigens betekent dit niet dat het vanuit beleidsmatige overwegingen ook zo moet zijn dat de toetsingsinspanning onafhankelijk van de partijgrootte moet zijn.

Economische motieven (bijvoorbeeld de maximale toetsingskosten per ton) kunnen toch tot een verminderde monsternemingsinspanning voor kleinere partijen leiden, ook al betekent dit een verlies aan betrouwbaarheid. Motivatie kan dan zijn dat, als er toch sprake zou zijn van een overschrijding (onterecht goedkeuren), dit niet om (zeer) grote hoeveelheden zou gaan.

3.10 Conclusies met betrekking tot de monsternemingsstrategie

Op basis van de in de paragrafen 3.3 tot en met 3.9 onderzochte monsternemingsstrategieën kunnen, in onderlinge vergelijking en met medeweging van de toetsingskosten zoals gedefinieerd in paragraaf 3.2, de volgende conclusies worden getrokken:

1. Algemeen:

Geconstateerd wordt dat het interim-protocol grond, voor partijen die op de schaalgrootte van de grepen geen erg scheve verdeling hebben, voldoet en dat het aantal grepen voor dergelijke partijen mogelijk zelfs in beperkte mate kan worden verminderd (paragraaf 3.3 en 3.6). Voor partijen waarin op het schaalniveau van de greepgrootte wel een sterk scheve verdeling voorkomt is het interim-protocol minder goed in staat om een representatieve uitspraak over de gemiddelde concentratie van een partij te doen. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen:

- 1 de grote variatiecoëfficiënt die bij dergelijke scheve verdelingen wordt gevonden;
- 2 het feit dat ook voor een vrij groot aantal grepen de verdeling van de gemiddelde concentratie nog niet volledig voldoet aan een normale verdeling.

Voor partijen met een dergelijke scheve verdeling kan van vermindering van het aantal grepen geen sprake zijn, eerder nog moet voor een vergroting van het aantal grepen worden gekozen. De uit te voeren beperkte validatie (hoofdstuk 4) is van belang om (iets) meer inzicht te hebben in de vraag in hoeverre partijen met een dergelijke sterk scheve verdeling van de concentraties in de praktijk voorkomen (bij concentraties op of onder de streefwaarde). Gezien de beperkte winst in geld en tijd die een beperkte vermindering van de monsternemingsinspanning (80 in plaats van 100 grepen) met zich meebrengt, is besloten om het aantal grepen in de praktijkevaluatie op 100 te houden.

Opgemerkt wordt dat de risico op onterechte beslissingen bij het toepassen van het interim-protocol grond ten gevolge van de positief scheve verdeling in de mengmonsterresultaten, relatief meer bij de consument ligt dan bij de producent; er zal relatief vaker een concentratie lager dan de (onbekende) werkelijke concentratie worden gevonden dan een hogere concentratie.

De vergelijking tussen de verschillende varianten is uitgevoerd op basis van variabiliteit waarbij in het algemeen kan worden gesteld dat een verhoging van de variabiliteit overeenkomt met een verhoging van het consumenten- en producentenrisico. Bij de vergelijking van de variant "opsplitsen in deelpartijen" (paragraaf 3.4), is een vergelijking gemaakt op basis van de gemiddelde fractie goedgekeurde deelpartijen (gfgd) en de concentratie van de goedgekeurde fractie. Dit is vertaald in termen van consumenten- en producentenrisico. Bij de uiteindelijke afweging van de in het protocol grond toe te passen variant, is gekozen voor een variant die qua variabiliteit overeenkomt met de variabiliteit van het interim-protocol.

Aangezien de variabiliteit van partij tot partij varieert zullen dus ook het consumenten- en producentenrisico van partij tot partij variëren. Dit maakt een absolute kwantificering van consumenten- en producentenrisico van een protocol onmogelijk.

Met betrekking tot de verschillende vragen kunnen nu de volgende conclusies worden getrokken:

2. Risico op het uitmiddelen van hoge concentraties:

Het toetsen volgens het interim-protocol betekent voor partijen waarin grootschalige heterogeniteit voorkomt inderdaad dat verhoogde concentraties worden uitgemiddeld. De gevoeligheid hiervoor is echter gering: er moet sprake zijn van sterke grootschalige heterogeniteit en de toetsingswaarde dient weinig groter of kleiner te zijn dan het werkelijke gemiddelde van de partij wil het van invloed zijn op het toetsingsresultaat. Bovendien blijkt het opsplitsen tot een nadelig effect te leiden voor partijen waarvoor het gemiddelde van de gehele partij voldoet aan de toetsingswaarde, terwijl partijen waarbij het gemiddelde van de volledige partij niet voldoet aan de toetsingswaarde juist profiteren van een opsplitsing. Met andere woorden: "goede producenten" worden bij het opsplitsen benadeeld, terwijl "foute producenten" worden bevoordeeld.

Op basis hiervan en mede in het licht van de kosten die het toetsen van (veel) deelpartijen inhoudt, wordt geadviseerd het interim-protocol niet op deelpartijen toe te passen maar een partij als geheel te toetsen. Overigens betekent dit niet dat partijen voor de toetsing mogen worden samengevoegd tot de maximale partijgrootte van 2000 ton, aangezien dit het risico op grootschalige heterogeniteit sterk vergroot.

3. Toetsingsvoorstel van de TCB:

In de door de TCB voorgestelde toetsingsmethode wordt, op basis van een beperkte steekproef uit de eenheden van 25 m^3 die in de partij kunnen worden gedefinieerd (40 bij 2000 ton), een uitspraak verwacht over de kans dat er één (of meer) eenheid van 25 m^3 een gemiddelde concentratie boven de toetswaarde heeft. Het blijkt dat een dergelijke uitspraak veel onbetrouwbaarder kan worden gedaan dan een uitspraak over de gemiddelde concentratie van de partij bij een gelijke monsternemingsinspanning. Gezien het feit dat voor de door de TCB voorgestelde methode daarnaast meer analyses moeten worden uitgevoerd levert de methode niet alleen minder betrouwbare uitspraken op, maar zijn tevens de kosten hiervan

hoger. Verbetering van de betrouwbaarheid van de uitspraak kan alleen worden verkregen door meer eenheden van 25 m^3 te bemonsteren en te analyseren. Daarbij kan het aantal grepen per eenheid van 25 m^3 wel relatief laag worden gehouden.

4. Interim-protocol met minder grepen:

De betrouwbaarheid waarmee bij een aselechte monsterneming uitspraken over de gemiddelde concentratie van de partij worden gedaan is afhankelijk van het aantal grepen en de heterogeniteit van de partij op de schaalgrootte van de grepen (variatiecoëfficiënt). Voor partijen met een geringe mate van kleinschalige heterogeniteit (kleine variatiecoëfficiënt) is een vermindering van het aantal grepen ten opzichte van het interim-protocol mogelijk op basis van het criterium met betrekking tot de betrouwbaarheid zoals dat is afgeleid uit de variatiebijdrage van monstervoorbehandeling en analyse. Voor partijen met een variatiecoëfficiënt van meer dan 200 % is een groter aantal grepen noodzakelijk om tot een evenwichtige afstemming van de variatiebijdrage van de monsterneming te komen.

Voor partijen die op de schaalgrootte van de grepen een sterk positief scheve verdeling vertonen is het risico op onterechte beslissingen het grootst is voor de consument (c.q. het milieu).

Om vast te kunnen stellen welk protocol voor partijen schone grond "door de bank genomen" de gewenste betrouwbaarheid levert, moet meer inzicht worden verkregen in de heterogeniteit van partijen schone grond op de schaalgrootte van de grepen.

5. Meerdere grepen per boring:

Het nemen van meerdere grepen per boring kan leiden tot het verminderen van de representativiteit van de bepaalde gemiddelde concentratie voor de partij. Dit is echter alleen het geval indien er sprake is van sterke grootschalige heterogeniteit. Voor partijen die minder grootschalige heterogeniteit vertonen is de onafhankelijkheid van de grepen voldoende gewaarborgd om meerdere grepen per boring te nemen. Naar mate de onderlinge afstand tussen de grepen afneemt zal de betrouwbaarheid van de schatting van het gemiddelde echter wel afnemen. Daarom wordt voor de praktijkevaluatie voorgesteld de monsters op een onderlinge afstand van 1 meter te nemen. Bij een (gemiddelde) depothoogte van 4 meter resulteert dit in 25 boringen (voor 100 grepen).

6. Toetsingsprotocol bouwstoffen:

Het blijkt dat het toetsingsprotocol bouwstoffen voor een partij met een variatiecoëfficiënt van circa 70 % op het schaalniveau van de greepgrootte (Rokkeveen) voldoet aan het criterium dat de variatie ten gevolge van de monsterneming in de zelfde orde van grootte ligt als de variatie in de monstervoorbehandeling (circa 17 %). Voor de juiste greepgrootte van 1 kilo wordt voor deze modelrealisaties zelfs vrij ruim aan deze eis voldaan (circa 13 %).

Ten gevolge van het geringe aantal grepen is het protocol echter vrij gevoelig voor het toenemen van de variatie in de partij; bij een wat grotere variatiecoëfficiënt

neemt de spreiding in de resultaten van het toetsingsprotocol bouwstoffen evenredig toe.

7. Beperkte toetsing van kleinere partijen:

Kleinere partijen blijken niet per definitie een geringere heterogeniteit te vertonen dan grotere partijen. Dit betekent dat het aantal grepen niet kan worden gerelateerd aan de partijgrootte aangezien de betrouwbaarheid van de toetsing daarmee voor kleinere partijen geringer zou zijn dan voor grotere partijen. Het koppelen van de monsternemingsinspanning aan de partijgrootte voor het verkrijgen van "vaste" toetsingskosten per ton te toetsen grond moet daarom worden afgeraden. In samenhang met het beperkte risico op het uitmiddelen van verontreinigingsvlekken (conclusie 2) en de toename van de toetsingskosten bij het onderzoeken van deelpartijen moet daarom worden geconcludeerd dat moet worden gestreefd naar het toetsen van partijen ter grootte van de maximale partijgrootte van 2000 ton. Aangezien het samenvoegen van partijen in verband met het veroorzaken van grootschalige heterogeniteit moet worden voorkomen, moet daarbij echter wel de kanttekening worden geplaatst dat kleinere partijen (kleiner dan 2000 ton) wel individueel moeten worden getoetst.

8. Monsternemingsprocedure voor de praktijkevaluatie:

In overleg met de begeleidingscommissie en het deskundigenoverleg deelprojectteam 3 is, de in dit hoofdstuk weergegeven resultaten in overweging nemende, geconcludeerd dat het bij de praktijkevaluatie wenselijk is om 100 grepen te nemen. Een eventuele geringe besparing op de monsternemingskosten door het aantal grepen te verlagen tot 80 wordt, in ieder geval voor de praktijkproef, als niet relevant ervaren. Gezien de mogelijkheid om, zonder verlies aan betrouwbaarheid, meerdere grepen per boring te nemen is vastgesteld dat de greepafstand per boring 1 meter moet bedragen. Dit betekent dat bij een depothoogte van 4 meter er 25 boringen moeten worden uitgevoerd.

4. Praktijkevaluatie

4.1 Doelstelling en randvoorwaarden

De doelstelling van de praktijkevaluatie is tweeledig:

1. Het beperkt toetsen van de juistheid van het model en de betrouwbaarheid van het concept protocol grond;
2. Het testen van de praktische uitvoerbaarheid van het concept protocol grond.

Daarbij zijn de volgende randvoorwaarden gesteld:

1. De praktijkevaluatie is gericht op het bemonsteren en analyseren van twee partijen grond;
2. Van deze partijen moet de 'werkelijk' gemiddelde concentratie en de heterogeniteit van de te bepalen stoffen bekend zijn;
3. De monsterneming vindt plaats in overeenstemming met de wijze van monsterneming zoals gespecificeerd in het interim-protocol grond, met aanpassingen voortkomend uit dit project;
4. De monstervoorbehandeling en analyse vinden plaats volgens de in bijlage F van de ontwerp uitvoeringsregeling Bouwstoffenbesluit van 15 december 1994 beschreven methodieken;
5. Er worden drie stoffen onderzocht (Cu, Pb en Zn).

4.2 Opzet praktijkevaluatie

Voor de uitvoering van de praktijkevaluatie zijn de volgende onderdelen onderscheiden:

- a. Selectie van twee partijen "schone" grond. In de begeleidingscommissie is besloten één partij gereinigde grond en één partij niet-gereinigde grond rond streefwaardenniveau voor het onderzoek te selecteren [22]. De selectie is uitgevoerd in overleg met de begeleidingscommissie. Uitgegaan is van een maximale partijgrootte van 2000 ton. Als te onderzoeken stoffen is, in aansluiting op de experimenten gedaan in het kader van de ontwikkeling van het interim-protocol grond, gekozen voor koper, lood en zink.
- b. Vaststellen van de "werkelijke waarde" van de geselecteerde partijen. Op de betreffende partijen bleken weinig metingen te zijn uitgevoerd (1 à 2 monsterresultaten per partij). Daarom is binnen dit onderzoek in eerste instantie de "werkelijke waarde" per partij vastgesteld door het nemen van 50 individuele monsters uit de partij en het analyseren van deze monsters (de "werkelijke waarde" wordt dan gelijk verondersteld aan het gemiddelde van deze 50 waar-

nemingen). De monsternemingscoördinaten zijn vastgesteld volgens een ongebalanceerde geneste monsternemingsstrategie. Dit komt er op neer dat zowel op korte afstand (monstergrootteniveau) als lange afstand informatie wordt verkregen over de variatie van concentraties tussen monsters. Het op deze wijze bemonsteren en analyseren van 50 individuele monsters biedt daarmee de mogelijkheid om naast de "werkelijke waarde" ook de spreiding van concentraties tot op monstergrootteniveau vast te stellen. Dit levert waardevolle informatie op, gezien het feit dat variatiecoëfficiënten en ruimtelijke correlatie nauwelijks bekend zijn voor partijen "schone" grond.

Deze gegevens zijn gebruikt voor de beperkte toetsing van de juistheid van het concept protocol grond door op basis van deze gegevens een de modelsimulatie uit te voeren.

- c Uitvoering van het concept protocol grond. In de vergadering van de begeleidingscommissie van dit onderzoek, d.d. 23 augustus 1995, is het concept protocol als volgt vastgesteld [22]:
- 100 grepen verdeeld over 25 aselekt gekozen boringen (uitgaande van een gemiddelde depothoogte van 4 meter). De grepen dienen tenminste 1 meter uit elkaar te worden genomen;
 - de 100 individuele grepen worden (systematisch/afwisselend) samengevoegd tot twee mengmonsters van ieder vijftig grepen.
 - de minimale greepgrootte bedraagt 180 gram. De minimale monstergrootte bedraagt 4,2 kg. De effectieve monstergrootte bedraagt 9 kg ($=50 \times 180$ gram).

De beide geselecteerde partijen zijn in drievoud bemonsterd conform het concept protocol grond. De monstervoorbehandeling en analyse zijn uitgevoerd op basis van het interim-protocol zoals beschreven in de uitvoeringsregeling.

- d Interpretatie en evaluatie van de onderzoeksresultaten. Hierbij is met name aandacht besteed aan de volgende elementen:
- beperkte toetsing van de juistheid van het model en het concept protocol grond;
 - vaststelling van de betrouwbaarheid van de met het concept protocol grond verkregen resultaten (onderling en ten opzichte van de "werkelijke waarde");
 - praktische uitvoerbaarheid van het concept protocol grond (tijd, apparatuur, kosten).

4.3 Resultaten

4.3.1 Selectie van de partijen

Het aanbod van partijen grond rond streefwaardenniveau bleek, zoals verwacht, niet erg groot. Oorzaak hiervan is dat dergelijke partijen, zodra ze zijn gekarakteriseerd als "schoon" of "licht verontreinigd", binnen enkele dagen worden hergebruikt in werken. Met medewerking van het SCG en het Grondburo Amsterdam zijn uiteindelijk de twee onderzochte partijen verkregen. Het betreffen de volgende partijen:

- partij A lokatie TOP Amersfoort: een partij thermisch gereinigde grond van circa 2700 ton met koper, lood en zink gemiddeld rond de streefwaarde (mondelinge mededeling SCG).
- partij B lokatie Handelskwekerij/Grondburo Amsterdam: het betreft een partij grond van circa 2900 ton die in eerste instantie beschouwd werd als schone grond. Bij herbemonstering en analyse door het Grondburo Amsterdam bleek het loodgehalte boven streefwaardenniveau te liggen. Hierdoor leek deze partij bij uitstek interessant voor dit onderzoek.

4.3.2 Vaststellen "werkelijke waarde"

4.3.2.1 Partij A

De 50 afzonderlijke monsters uit partij A zijn op 5 september 1995 genomen. De partij lag in vak 25 op de TOP Amersfoort. De afmetingen van dit vak zijn 20 meter bij 20 meter met een schutting van 3,5 meter hoog. De partij grond kwam ruim boven de schutting uit en had een hoogte van 6 tot 7 meter. Bovenop was de partij redelijk vlak, met een oppervlak van 12 bij 12 meter, terwijl de hoogte van de partij afliep naar de randen met een talud van ca. 45°. De meeste partijen op de TOP hadden deze vorm en afmetingen (van de 20 partijen in de directe omgeving hadden er 13 dezelfde afmetingen, 7 partijen waren kleiner met een maximale hoogte van circa 5 meter).

De grondsoort was fijn-zandig met een donkergrijze kleur. Plaatselijk groeide wat mos. De partij bevatte grindkeitjes en resten baksteen/dakpannen. De grond bleek in elke boring dezelfde structuur te vertonen en was op het oog homogeen te noemen.

Ten behoeve van de monsterneming is in het depot een deelpartij afgebakend van circa 18 bij 14 bij 4 meter hoog (circa 1600 ton). Op deze afgebakende deelpartij is tevens het concept protocol grond in drievoud uitgevoerd, zodat de resultaten van het concept protocol grond kunnen worden gerelateerd aan die van de "werkelijke waarde" (zie paragraaf 4.3.3). De monsternemingscoördinaten zijn opgenomen in bijlage 11. De 50 afzonderlijke monsters van elk circa 400 gram zijn geanalyseerd

op Cu, Pb, en Zn na destructie conform NVN 7320. Hiertoe is de inhoud per monsterpot gehomogeniseerd en vervolgens is daar 100 gram van in bewerking genomen (drogen en vermalen in agaatomolen). Van het vermalen monster is in duplo 1 gram gedestruëerd conform NVN 7320. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 10. Op een mengmonster van 5 afzonderlijke monsters is het organisch stof- en lutumgehalte bepaald. De resultaten van de "werkelijke waarde", enkele statistische kentallen en de streefwaarden staan vermeld in tabel 60.

Tabel 60 "Werkelijke waarde", variatiecoëfficiënten en streefwaarden van partij A.

Parameter	X ₅₀ (mg/kgds)	variatiecoëfficiënt	streefwaarde ¹ (mg/kgds)
Koper	16,2	24 %	19,0
Lood	69,7	31 %	56,7
Zink	81,1	32 %	66,5

X₅₀ gemiddelde van de 50 afzonderlijke waarnemingen

1) op basis van organisch stofgehalte = 2,4 % en lutumgehalte = 4,3 %

4.3.2.2 Partij B

De 50 afzonderlijke monsters uit partij B zijn op 19 september 1995 genomen. De partij lag op het terrein van het Grondburo Amsterdam in depot. De oppervlakte van de basis van de partij was ongeveer 15 bij 20 meter. De hoogte was ongeveer 6 tot 7 meter. De partij grond leek op basis van visuele beoordeling van het opgeboorde materiaal te bestaan uit twee soorten grond. Een toplaag van 10 tot 70 cm van fijn zand tot leem met een lichtbruine kleur en kleine keitjes (< 0.5 cm) en schelpjes en de diepere delen van de partij bestonden uit grijs/donkergrijze zavel, soms zelfs kleiig, met organisch materiaal (wortels).

De partij is in verband met de monsternemingsstrategie voor het vaststellen van de "werkelijke waarde" afgevlakt met een bovenvlak van 10 bij 15 meter (en heeft steile taluds). Ten behoeve van de monsterneming is uitgegaan van het bovenvlak van 10 bij 20 meter, terwijl de partij als 5 meter dik is beschouwd. De inhoud is dus 750 m³, hetgeen overeenkomt met circa 1600*750 = 1200 ton. Op deze afgebakende deelpartij is tevens het concept protocol grond in drievoud uitgevoerd, zodat de resultaten van het concept protocol grond kunnen worden gerelateerd aan die van de "werkelijke waarde" (zie paragraaf 4.3.3). De 50 afzonderlijke monsters zijn geanalyseerd op Cu, Pb, en Zn. De monstervoorbehandeling voor het verkrijgen van de analysemonsters is op dezelfde wijze uitgevoerd als beschreven voor partij A. De resultaten zijn opgenomen in bijlage 10. Op een mengmonster van 5 afzonderlijke monsters is het organisch stof- en lutumgehalte bepaald. De resultaten van de "werkelijke waarde", enkele statistische kentallen en de streefwaarden staan vermeld in tabel 61.

Tabel 61 "Werkelijke waarde", variatiecoëfficiënten en streefwaarden partij B.

Parameter	X ₅₀ (mg/kgds)	variatiecoëfficiënt	streefwaarde ¹ (mg/kgds)
Koper	10,7	21%	21,3
Lood	27,1	27%	60,5
Zink	50,3	33%	78,5

X₅₀ gemiddelde van de 50 afzonderlijke waarnemingen

1) op basis van organisch stofgehalte = 2,0 % en lutumgehalte = 8,5 %

4.3.3 Uitvoering van het concept protocol grond

In deze paragraaf worden de monsternemingsstrategie en de resultaten van de monsterneming conform het concept protocol grond behandeld. In paragraaf 4.4.2 worden de inspanning, kosten en praktijkwaarnemingen beschreven.

4.3.3.1 Monsternemingsstrategie

Ten aanzien van de vertaling van het concept protocol grond naar praktijkbemonstering is de volgende monsternemingsstrategie gehanteerd:

1. Via een spreadsheetprogramma (Quattro Pro) zijn de aselechte coördinaten voor de boringen in x- en y-richting bepaald (aan de hand van de gedefinieerde partij-afmetingen). De grepen worden per boring een meter uit elkaar genomen (z-coördinaat). Voor een depothoogte van gemiddeld 4 meter (partij A) komt dit neer op 25 aselechte boringen. Voor een gemiddelde depothoogte van 5 meter (partij B) komt dit neer op 20 aselechte boringen.
2. Via hetzelfde spreadsheetprogramma is de eerste z-coördinaat per boring aselechte vastgesteld variërend van 0.0 tot 1.0 meter (gerekend vanaf de top van het depot). De volgende z-coördinaten per boring worden telkens één meter verder (= dieper) gekozen. Op deze wijze worden respectievelijk 4 grepen (partij A) en 5 grepen (partij B) per boring genomen, waarbij het totaal aantal grepen op 100 uitkomt en het totaal aantal te boren meters voor beide situaties gelijk is (circa 100 meter).

De op deze wijze gegenereerde monsternemingscoördinaten zijn opgenomen in bijlage 12.

4.3.3.2 Analyseresultaten concept protocol grond

In tabel 62 zijn de resultaten samengevat.

Tabel 62 Samenvatting resultaten monsterneming conform concept protocol grond.

Monster-neming	Parameter	x_{50} (mg/kgds)	x_3 (mg/kgds)	x_1 (mg/kgds)	x_2 (mg/kgds)	x_H/x_L
A1	Cu	16,2	17,8	20,5	15,2	1,35
	Pb	69,7	72,6	72,2	72,9	1,01
	Zn	81,1	71,3	71,2	71,5	1,00
A2	Cu	16,2	17,1	17,0	17,3	1,02
	Pb	69,7	78,7	78,4	78,9	1,01
	Zn	81,1	73,1	72,4	73,7	1,02
A3	Cu	16,2	16,9	17,4	16,4	1,07
	Pb	69,7	67,2	68,8	65,7	1,05
	Zn	81,1	81,2	85,9	76,5	1,12
B1	Cu	10,7	12,4	11,4	13,3	1,17
	Pb	27,1	20,9	21,0	20,7	1,01
	Zn	50,3	45,7	42,8	48,6	1,13
B2	Cu	10,7	13,5	10,4	16,7	1,61
	Pb	27,1	26,7	21,9	31,6	1,45
	Zn	50,3	50,2	46,3	54,2	1,17
B3	Cu	10,7	17,3	9,7	24,8	2,57
	Pb	27,1	23,8	21,0	25,5	1,27
	Zn	50,3	41,8	39,9	43,7	1,09

x_{50} is de "werkelijke waarde";

x_3 is het rekenkundig gemiddelde van de analyseresultaten van monsters x_1 en x_2 ;

x_1 en x_2 zijn de twee mengmonsters (ieder 50 grepen) per monsterneming opgewerkt tot analyse-monster;

x_H/x_L is de verhouding tussen de hoogste en laagste waarde van x_1 en x_2 .

4.4 Interpretatie en evaluatie

4.4.1 Beperkte toetsing van de juistheid van het model en de betrouwbaarheid van het concept protocol grond

De beperkte toetsing van de betrouwbaarheid van het concept protocol grond kan plaatsvinden door na te gaan of de gemiddelden X_3 , op basis van steeds de beide mengmonsters uit de praktijkevaluatie, in het berekende 95% betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde liggen. Dit 95% betrouwbaarheidsinterval is met behulp van de computersimulatie bepaald door, gebruik makend van de 50 individuele steekmonsters uit de beide partijen, een model op te stellen voor de betreffende partij/stof combinatie en deze modellen (6) te bemonsteren in overeenstemming met de monsterneming zoals in de praktijkevaluatie is uitgevoerd. De grafische

weergaven van deze modellen en de modelmatige monsterneming hiervan zijn opgenomen in bijlage 14.

Voor het vaststellen van het betrouwbaarheidsinterval van de monsterneming conform het concept protocol grond zijn de modelrealisaties van de beide partijen voor elke stof 1000 maal bemonsterd in overeenstemming met de monsterneming zoals deze in de praktijkproef is uitgevoerd (4 respectievelijk 5 grepen per boring). Op basis van deze resultaten zijn de 2,5 % en 97,5 % percentiel waarden van de verdeling van de X_3 -gemiddelden bepaald.

Vergelijking van de op basis van de modelmatige monsterneming berekende 95 % intervallen met de werkelijke meetwaarden is echter niet direct mogelijk.

Ten eerste blijken er kleine verschillen op te treden tussen de "werkelijke gemiddelde waarden" van de partijen bepaald op basis van de 50 individuele monsters en de werkelijke gemiddelde waarden van de op deze gegevens gebaseerde modelrealisaties. Hiervoor dient een (geringe) correctie te worden uitgevoerd. Deze correctie houdt in dat de op basis van de in 1000-voud uitgevoerde toetsing bepaalde gemiddelde en 2,5 % en 97,5 % percentielwaarden evenveel worden verschoven als de gemiddelde waarde van de modelrealisatie afwijkt van de "werkelijke gemiddelde waarde". Met die verschuiving zijn de beide gemiddelden in principe exact aan elkaar gelijk, zij het dat er, ten gevolge van het feit dat er sprake is van een steekproef uit de modelrealisaties, kleine verschillen zullen optreden tussen de gecorrigeerde werkelijke gemiddelde waarden van de modelrealisaties en de gemiddelde waarden zoals op basis van de in 1000-voud uitgevoerde toetsing.

De tweede correctie die moet worden doorgevoerd is gerelateerd aan het feit dat het simulatie-interval geen rekening houdt met de variatie ten gevolge van monstervoorbehandeling en analyse van het mengmonster. In overeenstemming met eerdere aannames wordt deze spreidingsbijdrage op 20 % verondersteld¹.

In tabel 63 staan de oorspronkelijke gemiddelden en percentielwaarden weergegeven, tezamen met de gemiddelden en percentielwaarde na beide correcties.

¹ Een variatiecoëfficiënt van 20 % voor de monstervoorbehandeling en analyse, zoals als criterium is gebruikt voor de evaluatie van het concept protocol grond, is voor deze praktijkevaluatie relatief groot ten opzichte van de variatiecoëfficiënt veroorzaakt door de ruimtelijke heterogeniteit en de uitgevoerde monsternemingshandelingen, die rond de 30 % bedraagt. Met andere woorden: uit een mengmonster met een variatiecoëfficiënt van 30 % (over de gehele partij samengesteld uit 50 steekmonsters) wordt door een uitgebreide monstervoorbehandeling de variatiecoëfficiënt slechts marginaal verbeterd tot 20 %. In aansluiting op de experimenten die zijn uitgevoerd bij het ontwikkelen van het interim-protocol grond geldt in dit geval waarschijnlijk dat de variatiecoëfficiënt van de monstervoorbehandeling en analyse geringer is dan de voor de beoordeling aangenomen 20 %, bijvoorbeeld 5 - 10 %. Dit is evenwel niet onderzocht, de gegevens om dit te onderbouwen ontbreken.

Het vergelijken van de toetsingsresultaten van de praktijkevaluatie met de ongecorrigeerde 95 % intervallen van het gemiddelde is echter onjuist, op basis van een aantal vrij "zachte" aannames moet daarom de breedte van het werkelijke interval worden geschat. Dit betekent ondermeer dat geen rekening is gehouden met de (beperkte) scheefheid van de verdeling en dat het deel van de monstervoorbehandeling en analysefout dat wel in de modelrealisaties aanwezig is (op basis van de 50 waarnemingen die voor het maken van de modelrealisatie zijn gebruikt) buiten beschouwing wordt gelaten. Ook hiervoor geldt dat de gegevens die voor de kwantificering noodzakelijk zouden zijn ontbreken.

Tabel 63 *Bepaling van het 95 % interval voor de gemiddelde concentratie op basis van de modelmatige toetsing van de partijen uit de praktijkevaluatie*

		partij A			partij B		
		lood	koper	zink	lood	koper	zink
werkelijke partij	gemiddelde	69.65	16.25	81.12	27.10	10.68	50.34
modelrealisatie	gemiddelde	68.23	16.15	79.03	27.85	10.42	49.69
monsterneming	gemiddelde	68.47	16.13	78.90	27.88	10.43	49.82
modelrealisatie	2,5 % percentiel	64.42	14.81	74.25	26.32	9.93	46.79
	97,5 % percentiel	73.66	17.35	85.24	29.66	11.01	55.58
correctie voor gemiddelde	gemiddelde	69.89	16.23	80.99	27.13	10.69	50.47
	2,5 % percentiel	65.84	14.91	76.34	25.57	10.19	47.44
	97,5 % percentiel	75.08	17.45	87.33	28.91	11.27	56.23
correctie voor variatiebijdrage voorbehandeling en analyse	gemiddelde	69.89	16.23	80.89	27.13	10.69	50.47
	2,5 % percentiel ¹	49.59	11.47	57.33	19.28	7.62	35.53
	97,5 % percentiel ¹	90.19	20.99	104.45	34.98	13.76	65.41

1) de percentielwaarden zijn berekend door de volgende berekening:
waarbij:

$$\sigma_1 = \frac{97,5\% \text{ perc.} - 2,5\% \text{ perc.}}{4}$$

$$\sigma_2 = 0,20 \times \text{gem.}$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma_1^2 + \frac{\sigma_2^2}{2}}$$

- σ_1 = een schatting van de monsternemingsfout op basis van de modelrealisatie (percentielen na correctie voor het gemiddelde)
 σ_2 = een schatting van de fout gerelateerd aan monstervoorbehandeling en analyse
 σ_3 = een schatting van de totale fout waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat er twee analyses worden uitgevoerd

De "dubbel gecorrigeerde" percentielwaarden worden dan:

2,5 % percentiel = gecorrigeerd gemiddelde - $2\sigma_3$

97,5 % percentiel = gecorrigeerd gemiddelde + $2\sigma_3$

4.4.1.1 Partij A

Vergelijking van de X_3 -waarden (partij A) van de drie toetsingen op basis van het concept protocol grond uit tabel 62 laat zien dat voor het voor het gemiddelde gecorrigeerde interval vier van de negen X_3 -waarden buiten het 95 % betrouwbaarheidsinterval van de simulatie vallen (twee er boven, twee er onder, tabel 63).

Wordt naast het gemiddelde ook gecorrigeerd voor de variatiecoëfficiënt van monstervoorbehandeling en analyse (aangenomen op 20 %), dan vallen zonder uitzondering alle X_3 waarden in het 95 % interval van de simulatie.

4.4.1.2 Partij B

De X_3 -waarden zoals vermeld in tabel 62 liggen voor het voor het gemiddelde gecorrigeerde interval in zeven van de negen gevallen buiten het in tabel 63 weergegeven 95 % betrouwbaarheidsinterval van de simulatie.

Indien rekening wordt gehouden met de variatiecoëfficiënt van de monstervoorbehandeling en analyse (aangenomen op 20 %), dan wordt voor één toetsing op basis van het concept protocol grond een te hoge koperconcentratie waargenomen (toetsing 3, 17,3 mg/kg). Dit is statistisch gezien mogelijk (het betreft een 95 % betrouwbaarheidsinterval) en de oorzaak hiervoor dient te worden gezocht in de beperktheid van de bepaling van de werkelijke gemiddelde waarde van de partij met behulp van de 50 individuele monsters. Vermoedelijk heeft de partij grond in werkelijkheid een grotere variatiecoëfficiënt, veroorzaakt door de aanwezigheid van deeltjes met hogere concentraties koper, lood en zink (bijvoorbeeld metallische deeltjes). De gemeten spreiding in de individuele monsters is daarom te gering. Dit is ook te zien indien de X_1 - en X_2 -waarden van met name koper worden beschouwd (tabel 62). In een groot aantal gevallen is of de X_1 - of de X_2 -waarde afwijkend van het X_{50} -gemiddelde op basis van de 50 individuele grondmonsters. Dit geeft aan dat een deel van de X_1 en X_2 mengmonsters grond met relatief hogere concentraties bevat. Dit geeft tevens aan dat karakterisering van een partij grond op basis van 50 individuele grondmonsters te gering kan zijn. De gemiddelde schatting op basis van de monsterneming conform het concept protocol grond mag daarom beter worden verondersteld omdat deze op basis van een twee keer zo groot aantal grepen is bepaald (100).

4.4.1.3 Conclusies

Wat betreft de betrouwbaarheid van het concept protocol grond kan worden geconcludeerd dat, onder de aanname van een variatiecoëfficiënt van monstervoorbehandeling en analyse van 20 %, geen aanwijzingen zijn gevonden dat het concept protocol grond onvoldoende betrouwbaar zou zijn in relatie tot de gestelde randvoorwaarden.

Wat betreft de juistheid van het model kan worden gesteld dat, ten gevolge van de wijze van simuleren, het gemiddelde van de modelrealisaties licht afwijkt van de "werkelijke gemiddelde waarde" X_{50} . De gesimuleerde betrouwbaarheidsintervallen zijn in alle gevallen kleiner dan de intervallen die zouden mogen worden verwacht indien de fout ten gevolge van de monsterneming, monstervoorbehandeling en analyse worden meegenomen. Het concept protocol grond geeft dus een juiste en betrouwbare schatting van het werkelijke gemiddelde concentratie van de partij.

4.4.2 Praktische uitvoerbaarheid van het concept protocol grond

De evaluatie van de praktische uitvoerbaarheid omvat 3 onderdelen:

- monsterneming;
- monstervoorbehandeling;
- analyses.

In de navolgende paragrafen is de evaluatie van de bovengenoemde onderdelen uitgewerkt.

4.4.2.1 Monsterneming

In deze evaluatie worden achtereenvolgens de praktische uitvoering, de benodigde tijd en de kosten behandeld.

Praktische uitvoering

De te onderzoeken partij is afgebakend en de afmetingen zijn genoteerd. De afmetingen zijn ingevoerd in een spreadsheetprogramma en met behulp van de random-generator zijn de X-, Y- en Z-coördinaten van de boringen gegenereerd.

Vervolgens is gestart met het inmeten van de boringen (X- en Y-coördinaten). De boringen zijn gemarkeerd met een genummerd baken. Na het inmeten van de boringen is gestart met het boorwerk. De bij een boring gegenereerde Z-coördinaat bepaalt de eerste greep uit die boring. De volgende grepen zijn telkens een meter dieper genomen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat naarmate het depot hoger is het boorwerk langzamer gaat. Des te dieper men komt met boren, des te zwaarder het gaat en des te meer tijd het kost.

De greepgrootte is bepaald door de inhoud van de gebruikte edelmanboor op de bepaalde monsternemingsdiepte te legen in een 125 ml PE-bekertje (komt globaal overeen met een greepgrootte van 200 gram, de minimaal vereiste greepgrootte bedraagt 180 gram). De grepen zijn afwisselend in twee emmers gedeponneerd, respectievelijk mengmonster 1 en mengmonster 2. Bij ieder nieuwe boring is de volgorde van het vullen van de emmers omgedraaid. Op deze wijze is vermeden dat mengmonster 1 alleen grepen uit de laag 0.0-1.0 en 2.0-3.0 meter bevat en mengmonster 2 uit de laag 1.0-2.0 en 3.0-4.0 meter.

In tabel 64 zijn de gewichten van de aan het laboratorium aangeleverde mengmonsters samengevat. De gewichten liggen allen rond de vereiste 9 kg. Theoretisch was 10 kg per mengmonster verwacht (op basis van een stortgewicht van 1,6 kg/liter). In de praktijk is het stortgewicht vermoedelijk toch iets lager geweest.

Tabel 64 Gewichten aangeleverde mengmonsters (kg)

Partij	MM1.1	MM1.2	MM2.1	MM2.2	MM3.1	MM3.2
A	9,76	9,85	9,2	8,81	8,65	9,16
B	8,37	8,66	8,82	8,56	8,65	8,77

Benodigde tijd voor uitvoering van de monsterneming

In tabel 65 zijn de verschillende onderdelen van de monsterneming conform het concept protocol grond en de daarvoor benodigde tijd samengevat. Uitgangspunt hierbij is dat de werkzaamheden door 2 veldwerkers worden uitgevoerd die reeds routine hebben in de uitvoering volgens dit concept protocol grond.

Tabel 65 Minimaal benodigde tijd voor uitvoering monsterneming conform concept protocol grond

Onderdeel	Benodigde tijd per ploeg	Bijzonderheden
Reistijd	2,5 uur (2 * retour à 100 km)	gemiddelde reisafstand van 50 km enkele reis
Melden en afbakenen depot	30 minuten	indien depot afgedekt is met zeilen 30 minuten extra voor verwijdering van de zeilen
Bepaling aantal boringen en coördinaten	15 minuten	-
Inmeten boringen	30 minuten	-
Boorwerk (maximaal 100 m)	10 uur (op basis van 10 meter/uur)	Uitgangspunt is een maximale depothoogte van 4 à 5 meter en dat het depot geen puin en obstakels bevat. Bij hogere depots en in het geval van obstakels zal er meer tijd benodigd zijn.
Schoonmaken materiaal	15 minuten	indien het depot wederom afgedekt moet worden zijn 30 minuten extra benodigd.
Totaal	14 uur (per ploeg = 28 manuren)	onafgedekt depot zonder obstakels

Uit de evaluatie blijkt dat de uitvoering van het concept protocol grond redelijkerwijs niet binnen één werkdag (8 uur) kan worden uitgevoerd. Vandaar dat ten aanzien van de reistijd, in tabel 65 twee maal een retourreis is opgenomen. De praktische uitvoerbaarheid is geen probleem mits het depot geen obstakels bevat. Indien de monsterneming door twee ploegen op één dag zou worden uitgevoerd blijft de benodigde tijd vermoedelijk op het zelfde niveau.

Kostenevaluatie monsterneming

Ten aanzien van de kosten van de monsterneming volgens het concept protocol grond is voorgesteld niet op basis van geboorde meters (TAUW methodiek, zie paragraaf 3.2) te evalueren maar op basis van de tijdsbesteding (tabel 65). De volgende kostenposten worden dan onderscheiden (prijspeil IWACO 1995 exclusief eventuele korting en BTW):

Reiskosten (voorrijdkosten):

• km vergoeding veldwerkbuss à f 1,=/km (2 * gemiddeld retour van 100 km)	f 200,=
• 2 * 2,5 reizen à f 35,= p.p. (reizen volgens intern kostprijsstap)	f 175,=
Personele kosten: 28 - 5 (reizen) = 23 manuren à f 75,=/uur	f 1.725,=
Materiaalkosten: afschrijving en gebruik materialen	f 50,= +
Totaal monsternemingskosten concept protocol grond	f 2.150,=

Ter vergelijking heeft het SCG de monsternemingskosten volgens hun protocol depothemonstering doorgegeven [23]. De kosten voor een partijgrootte van 2000 ton zijn gebaseerd op:

- 8 mengmonsters (8,5 kg elk) van ieder 55 à 65 grepen;
- elke halve meter een greep van 150 à 200 gram;
- maximale depothoogte 3,5 meter;
- organoleptische waarnemingen (geen boorbeschrijvingen);
- voorrijdkosten zijn verdisconteerd als reistijd.

De SCG monsternemingskosten bedragen dan f 2.000,= tot f 3.200,= per partij van 2000 ton. Voor kleinere partijen, waarbij een geringere monsternemingsinspanning wordt verricht, zijn de kosten lager (8 à 9 boringen per 250 ton).

4.4.2.2 Monstervoorbehandeling

In bijlage 13 zijn de praktische bevindingen (tijd, apparatuur) van de monstervoorbehandeling opgenomen. In deze paragraaf zijn de bevindingen samengevat.

De monstervoorbehandeling omvatte de volgende werkzaamheden:

- drogen van het gehele mengmonster;
- vermalen tot deeltjes < 1 mm;
- verdelen;
- vermalen tot deeltjes < 125 µm;
- verdelen tot analysemonster.

In tabel 66 is de benodigde tijd (personele uren) per mengmonster per onderdeel samengevat.

Tabel 66 Benodigde tijd per mengmonster.

Onderdeel	Benodigde tijd	Bijzonderheden
Drogen van het gehele mengmonster	20 minuten	Grote droogstoof benodigd. Droogtijd bedroeg voor deze monsters circa 2 dagen bij 40°C.
Vermalen gehele monster tot < 1 mm en zeven over 0,5 mm zeef	15 minuten	Kruisslagmolen met 1 mm zeef. Na vermalen bleken alle monsters voor 95% kleiner dan 0,5 mm
Verdelen	30 minuten	Roterende monsterverdeler. Verdelen tot 100 gram.
Vermalen tot < 125 µm	4 * 10 minuten	Agaatmolen. Gebleken is dat maximaal 25 gram per keer kan worden vermalen om te voldoen aan de eis van 95% kleiner dan 125 µm.
Verdelen 100 gram < 125 µm tot 2 analyse-monsters van 5 gram (destructie wordt in duplo uitgevoerd)	30 minuten ¹	Kleine roterende verdeler ¹
Totaal	135 minuten	

1) Schatting. In deze praktijkevaluatie was de hiervoor benodigde apparatuur niet beschikbaar en is handmatig verdeeld tot analysemonster.

Kostenevaluatie monstervoorbehandeling

De volgende kostenposten worden onderscheiden:

• personele kosten 2,25 uur à f 75,=/uur	f 170,=
• gebruik apparatuur	f 55,=
• afvoer monster	<u>f 15,= +</u>
Totaal monstervoorbehandeling per mengmonster	f 240,= (exclusief korting)

Ter vergelijking heeft het SCG de monstervoorbehandelingskosten doorgegeven volgens de door het SCG gehanteerde methode [23]. De prijs van monstervoorbehandeling bedraagt f 1000,= voor 8 monsters hetgeen neerkomt op f 125,= per monster.

4.4.2.3 Destructie en analyses

Als destructiemethode schrijft het interim-protocol grond een open destructie volgens NEN 6465 voor. Daarbij dient tenminste 5 gram monster in duplo te worden gedestruëerd. Deze methode wordt in verband met de arbeidsomstandigheden nauwelijks meer toegepast in milieulaboratoria. De huidige praktijk bij milieulaboratoria is dat 1 gram monster in duplo wordt gedestruëerd volgens de microgolfdestructie NVN 5770. Na overleg met de opdrachtcoördinator is besloten voor het onderhavige onderzoek te destrueren volgens NVN 5770 waarbij in plaats van 5

gram, 2 maal 2,5 gram wordt ontsloten en de destruaten worden samengevoegd (5 gram monster kan niet in één vaatje worden gedestruëerd in verband met ontplofingsgevaar). Ter vergelijking met de huidige praktijk is tevens per mengmonster de 1-grams methode in drievoud uitgevoerd. De destruaten zijn vervolgens door middel van ICP-AES geanalyseerd op de gehalten aan Cu, Pb en Zn. In tabel 67 zijn de gemiddelden van de resultaten van de 5-grams en de 1-grams methode samengevat.

Tabel 67 Gemiddelden van de 5-grams en 1-grams destructie (mg/kgds)

Monsterneming	Parameter	X ₃ (5-gram)	X ₃ (1-gram)
A1	Cu	17,8	25,7
	Pb	72,6	72,1
	Zn	71,3	75,3
A2	Cu	17,1	20,7
	Pb	78,7	80,3
	Zn	73,1	77,8
A3	Cu	16,9	16,2
	Pb	67,2	70,1
	Zn	81,2	83,4
B1	Cu	12,4	13,7
	Pb	20,9	23,5
	Zn	45,7	48,1
B2	Cu	13,5	15,7
	Pb	26,7	28,8
	Zn	50,2	59,4
B3	Cu	17,3	11,9
	Pb	23,8	26,0
	Zn	41,8	47,9

In overeenstemming met het onderzoek zoals uitgevoerd ten behoeve van het opstellen van het interim-protocol grond, blijkt uit tabel 67 dat de kans op afwijkende waarden bij de 1-grams methode groter is dan bij 5-grams monsters. De 1-grams methode levert daardoor een minder betrouwbaar beeld op.

4.5 Aanvullende informatie

De vraag of de in dit onderzoek gebruikte modellen juist zijn moet niet alleen worden beantwoord op basis van een vergelijking van de toetsingsresultaten uit de praktijkevaluatie (paragraaf 4.4), maar moet ook worden beantwoord door middel van het vergelijken van de gebruikte modelrealisaties met de twee partijen die in de praktijkevaluatie zijn onderzocht. Daarbij gaat het om de vraag of de modelrealisaties overeenstemmen met werkelijke partijen schone grond. Om deze vraag te be-

antwoorden moeten de gemaakte modelrealisaties en de daarin vastgelegde heterogeniteit op twee schaalniveaus worden beoordeeld, namelijk ten aanzien van de variatiecoëfficiënt op greepgrootteniveau (kleinschalige heterogeniteit) en ten aanzien van de ruimtelijke correlatie (grootschalige heterogeniteit).

4.5.1 Kleinschalige heterogeniteit

De kleinschalige heterogeniteit van de modelrealisaties komt in principe overeen met de variatiecoëfficiënt van de conditionerende gegevens. Dit betekent dat de modelrealisaties op basis van Depot A een variatiecoëfficiënt hebben van circa 180 %, de modelrealisaties op basis van Gaslaan een variatiecoëfficiënt van circa 240 % en de modelrealisaties op basis van Rokkeveen een variatiecoëfficiënt van circa 70 %. Ten gevolge van de wijze van modelleren blijken hierin afwijkingen voor te komen, zie tabel 12. Dit betekent echter niet dat daarmee de modellen niet meer bruikbaar zijn, de gemodelleerde partijen op basis van één conditionerende gegevensset variëren daarmee niet alleen qua mate van grootschalige heterogeniteit maar ook qua kleinschalige heterogeniteit (alleen de beoordeling van de oorzaak van optredende effecten bij specifieke monsternemingsstrategieën wordt bemoeilijkt).

Ten behoeve van het beoordelen van de juistheid van de modelrealisaties is niet slechts informatie uit het praktijkonderzoek verkregen, maar is tevens informatie voortgekomen uit onderzoek van de Grondbank Rotterdam [24]. Verder kunnen de geselecteerde gegevenssets nogmaals worden vergeleken met de verzameling aan gegevenssets waaruit deze zijn geselecteerd (paragraaf 2.3.2).

Bij deze vergelijking blijkt dat de variatiecoëfficiënt in de gegevensset van Gaslaan (244 %) en in mindere mate van Depot A (177 %), relatief erg hoog is. Voor metalen worden, voor partijen onder of op de streefwaarde, vaak veel lagere variatiecoëfficiënten gevonden (orde van grootte van 30 %). Dit betekent dat, in ieder geval voor wat betreft de metalen, het uitgevoerde modelonderzoek als een "worse-case" benadering mag worden gezien.

Voor anorganische stoffen anders dan de metalen bestaat weinig tot geen inzicht in de variabiliteit op streefwaardeniveau. Slechts voor cyanide zijn een redelijk aantal partijen onderzocht (zie paragraaf 2.3.2), maar een deel hiervan betreft partijen van proefreinigingen in 1984/1985 zodat dit weinig betekent voor werkelijke partijen op of onder de streefwaarde.

Voor organische stoffen bestaat er een groot gebrek aan gegevens op basis waarvan de juistheid van de modelrealisaties kan worden beoordeeld. In het algemeen wordt echter aangenomen dat voor dergelijke stoffen een aanzienlijk grotere mate van variatie in partijen onder of op de streefwaarde mag worden verwacht. De modelrealisaties sluiten daarom wel beter aan op de (vermoedelijke) variatie die in partijen grond wordt gevonden.

Over de gehele linie kan daarom met betrekking tot de kleinschalige heterogeniteit worden geconcludeerd dat deze deels lijkt aan te sluiten op de te verwachten klein-

schalige heterogeniteit en deels moet worden gezien als een "worse case" benadering.

4.5.2 Grootchalige heterogeniteit

Wordt gekeken naar de juistheid van de gemaakte modelrealisaties met betrekking tot de grootchalige heterogeniteit, dan gaat het met name om de vraag of de grootchalige heterogeniteit zoals waargenomen in praktijkpartijen ook binnen de series van modelrealisaties aanwezig is. Voor deze vergelijking kan naast de beide partijen uit de praktijkevaluatie ook worden gekeken naar de conditionerende gegevenssets.

Op basis van deze partijen mag voorzichtig worden geconcludeerd dat de hogere modelrealisaties (weinig grootchalige heterogeniteit) voor de in de praktijk aan te treffen partijen grond relevanter zijn dan de lagere modelrealisaties.

In samenhang met paragraaf 3.7 kan daarom ook worden geconcludeerd dat het nemen van meerdere grepen per boring (waarschijnlijk voor het merendeel van de partijen) geen consequenties heeft voor de betrouwbaarheid waarmee uitspraken worden gedaan over de gemiddelde concentratie.

4.6 Conclusies van de praktijkevaluatie

Op basis van de praktijkevaluatie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Door op basis van de 50 individueel genomen monsters per partij voor de drie onderzochte metalen een modelrealisatie te maken en deze zes modelrealisaties (computermatig) te bemonsteren, was het mogelijk om de uit het praktijkonderzoek voortkomende analyseresultaten van de monsterneming conform het concept protocol grond te vergelijken met het berekende 95 %-interval van de gemiddelde concentratie. Wel moet daarbij een correctie worden uitgevoerd voor de spreidingsbijdragen van monstervoorbehandeling en analyse. Het blijkt dat de waarnemingen, met uitzondering van één waarneming voor koper in partij B, daadwerkelijk binnen dit 95 %-interval vallen.

Het blijkt voor de praktische uitvoering noodzakelijk om de monsternemers duidelijk te instrueren met betrekking tot het aselect nemen van monsters. Verder blijkt het lastig om de boor- en monsternemingspunten goed te definiëren indien er sprake is van een depot met variërende hoogte (b.v. conisch gestorte partij). Dit probleem kan echter relatief eenvoudig worden opgelost met behulp van een simpel computerprogramma (verkrijgbaar bij IWACO).

In de uitgevoerde variant op het interim-protocol moet 100 meter worden geboord om de gewenste 100 grepen te krijgen. Gezien het aantal te boren meters is het op basis van deze variant niet mogelijk om routinematig met één ploeg monsternemers in één dag een partij volledig te bemonsteren.

In het laboratorium blijkt het nu nog problematisch te zijn om voor de metaalanalyses meer dan de gebruikelijke 1-grams analysemonsters te destrueren. Gezien de resultaten van het onderzoek naar de monstervoorbehandeling uitgevoerd in het kader van het ontwikkelen van het interim-protocol grond, zowel als de resultaten die ook bij deze praktijkevaluatie weer zijn verkregen, is dit echter wel van belang. Ook blijkt het problematisch om een monster te verkleinen tot 125 μm . Het malen van een relatief grote hoeveelheid grond tot 125 μm is niet praktisch uitvoerbaar door de lange tijd noodzakelijk voor het verkrijgen van de gewenste deeltjesgrootte indien de minimale monstergroottes uit de NVN 7312 worden aangehouden. Een vereenvoudiging van de procedure is daarom op dit punt gewenst. Dit probleem was ook reeds geconstateerd bij het monstervoorbehandelingsonderzoek in het kader van de ontwikkeling van het interim-protocol grond.

5. Monstervoorbehandeling

In het onderzoek gericht op het ontwikkelen van het interim-protocol grond is met name aandacht besteed aan de monstervoorbehandeling [2]. Bij de op de afronding van dat project volgende workshop is geconstateerd dat op een aantal punten nog nadere uitwerking moet worden gegeven aan de monstervoorbehandeling zoals voorgeschreven in het interim-protocol [3]. Tevens is echter geconcludeerd dat de aandacht bij het ontwikkelen van een definitief protocol voor het toetsen van partijen schone grond zich moet richten op de monsterneming en dat de gesignaleerde knelpunten met betrekking tot de monstervoorbehandeling kunnen worden opgelost door het maken van afspraken.

Tijdens de eerste vergadering van de begeleidingscommissie van dit project is door het ministerie van VROM gewezen op de potentiële knelpunten bij de monstervoorbehandeling. In het licht van de workshop gehouden na afronding van het interim-protocol grond, wordt in dit hoofdstuk aangegeven hoe met de verschillende knelpunten in de praktijk moet worden omgegaan. Door de vier gegeven oplossingen te verwerken in het protocol en de uitvoering van het protocol nader vast te leggen in het accreditatieprogramma bouwstoffenbesluit, wordt op deze punten "standaardisatie" van de procedure verkregen.

5.1 Aanwezige metaaldeeltjes

5.1.1 Probleemstelling

Indien er metaaldeeltjes in de grond aanwezig zijn kan dit leiden tot problemen bij het malen van de grond (vastlopen maalapparatuur, excessieve slijtage maalapparatuur en daarmee contaminatie van het monster). Dit leidt er toe dat visueel aanwezige metaaldelen voorafgaand aan het malen worden verwijderd. Daarmee verdwijnt mogelijk tevens een deel van het aanwezige metaal uit het monster hetgeen voor de bepaling van de concentraties van de metalen ongewenst is.

5.1.2 Afspraak

Indien er sprake is van visueel waarneembare metaaldeeltjes worden deze zo mogelijk voor aanvang van de eerste verkleinstap uit het monster verwijderd. Eventuele metaaldeeltjes die tijdens of na het malen worden ontdekt worden eveneens uit het monster of de maalapparatuur verwijderd. De betreffende deeltjes worden gewogen en in de rapportage wordt de aanwezigheid van deze deeltjes gerapporteerd. Eventueel kan de samenstelling van de metaaldeeltjes worden bepaald.

5.2 Malen tot 125 μm

5.2.1 Probleemstelling

Bij het onderzoek ten behoeve van het opstellen van het interim-protocol grond is geconstateerd dat het praktisch niet mogelijk is om grote hoeveelheden grond te verkleinen tot 95 % < 125 μm . Daarom is in dat onderzoek volstaan met een laatste maalstap over een zeef van 250 μm . Deze maalstap bleek wel probleemloos uitvoerbaar te zijn. In het interim-protocol grond is daarom voorgeschreven dat, na een dergelijke wat grovere maalstap voor het gehele monster, het analysemonster nog verder moet worden verkleind tot 95 % < 125 μm . Voor de organische componenten is een grootte van 95 % < 1 mm voorgeschreven, dit in verband met de snelheid waarmee de deeltjesverkleining dient te worden uitgevoerd om ongewenste opwarming (en daarmee verdamping) zo veel mogelijk te voorkomen.

Gevraagd wordt:

- of een dergelijke afwijking van de deeltjesgrootte voor de gehaltebepaling zoals voorgeschreven in het kader van het bouwstoffenbesluit inderdaad noodzakelijk is;
- het mogelijk is om afspraken te maken wanneer tot welke deeltjesgrootte moet worden verkleind;
- het malen tot 125 μm een probleem vormt bij het bepalen van het gehalte organisch stof.

5.2.2 Afspraak

Op de eerste plaats wordt er op gewezen dat in het kader van het Actieprogramma Normalisatie en Validatie van Milieumeetmethoden een project is gedefinieerd gericht op (o.a.) de monstervoorbehandeling van materialen waarin vluchtige verbindingen moeten worden bepaald (project 108/109). Een deel van de hier omschreven problematiek zal derhalve in het kader van dat project worden opgelost. Voor het definitieve protocol grond kan, gezien de planning van project 108/109, door het ministerie gebruik worden gemaakt van de uit dat project voortkomende informatie. De uitkomsten van dat project kunnen op basis van de tijdsplanning echter niet worden meegenomen in dit rapport, zodat vooralsnog zal worden volstaan met het maken van afspraken omtrent de wijze van aanpak. Dit geldt eveneens voor de monstervoorbehandeling van matig-vluchtige stoffen (Actieprogramma Normalisatie en Validatie van Milieumeetmethoden, project 13).

Deelmonsterneming

Er komen bij een toetsing op basis van het protocol grond twee mengmonsters beschikbaar die elk afzonderlijk in behandeling moeten worden genomen conform de navolgende tekst.

Uit het totale mengmonster worden in de volgende volgorde deelmonsters genomen ten behoeve van de bepaling van (groepen van) stoffen:

1. steekmonsters verdeeld over het gehele mengmonster voor het verzamelen van vier analysemonsters voor de bepaling van vluchtige stoffen die elk afzonderlijk worden geëxtraheerd / gedestruëerd;
2. steekmonsters verdeeld over het gehele mengmonster voor het verzamelen van een deelmonster van 250 gram voor de bepaling van matig-vluchtige stoffen;
3. steekmonsters verdeeld over het gehele mengmonster voor het verzamelen van een analysemonster voor de bepaling van het lutum en organisch stof gehalte;
4. de volledige resterende hoeveelheid van het mengmonster wordt gebruikt voor het bepalen van anorganische stoffen.

Vluchtige verbindingen

Geen deeltjesverkleining in verband met optreden van verliezen. De analysemonsters worden direct nadat ze uit het mengmonster zijn gestoken geëxtraheerd / gedestruëerd. De vier extracten / destruatens worden voorafgaand aan de analyse samengevoegd.

Matig-vluchtige verbindingen

Deeltjesverkleining door middel van cryogeen malen. In verband met de maaltijd en het optreden van verliezen door opwarming van de grond tijdens het malen wordt de deelmonster grootte die in behandeling wordt genomen beperkt tot 250 gram (verdeeld over het gehele monster genomen). Deze hoeveelheid grond wordt, na chemisch drogen en cryogeen koelen, met behulp van een kruisslagmolen verkleind. De kruisslagmolen is hierbij uitgerust met een 1 mm zeef, de "95 % < deeltjesgrootte" zal naar schatting tussen de 800 en 500 µm liggen.

Anorganische stoffen / verbindingen

In de praktijkevaluatie is vastgesteld dat het met behulp van een kogelmolen of vergelijkbare verkleinapparaat goed mogelijk is een geringe hoeveelheid grond te verkleinen tot 95 % < 125 µm. Voor 25 gram grond volstond een maaltijd van 10 minuten. Daarmee kan de deeltjesgrootte van het analysemonster voor de bepaling van anorganische stoffen / verbindingen op 125 µm worden gehandhaafd. Om een praktische en snelle deeltjesverkleining mogelijk te maken wordt de grond in één maalstap (kruisslagmolen of gelijkwaardig) verkleind naar 95 % < 500 µm. Daarna wordt het monster met behulp van roterende verdelers verdeeld tot de gewenste grootte van het analysemonster (grootte afhankelijk van de te bepalen stof of verbinding). Dit analysemonster wordt vervolgens verder verkleind met behulp van een kogelmolen (of gelijkwaardig) tot een deeltjesgrootte 95 % < 125 µm.

5.3 Grootte analysemonster

5.3.1 Probleemstelling

Voor het verkrijgen van een grotere representativiteit van het analysemonster is op basis van de uitgevoerde experimenten in het interim-protocol grond voorgeschreven dat de grootte van de analysemonsters voor de bepaling van de metaalgehalten tussen de 5 en 10 gram moet liggen. Met betrekking tot de uit te voeren koningswaterontsluiting dan wel microgolfontsluiting wordt echter gesteld dat er maximaal 0,5 g organisch stof in het monster aanwezig mag zijn. Dit betekent dat er voor monsters met een organische stof gehalte groter dan 5 tot 10 % problemen bij de ontsluiting optreden.

5.3.2 Afspraak

Deze problemen kunnen worden opgelost door opschaling van de gebruikte apparatuur en de hoeveelheid chemicaliën. Deze opschaling dient op zo kort mogelijke termijn te worden doorgevoerd.

Voor de tussenliggende periode kan, waar nodig, door het destrueren van het analysemonster in twee of meer delen en het samenvoegen van de destruataten toch voldoende materiaal in bewerking worden genomen.

5.4 Kwik

5.4.1 Probleemstelling

In het interim-protocol grond is voorgesteld om de monstervoorbehandeling van monsters waarin kwik moet worden bepaald uit te voeren conform de voorschriften voor matig vluchtige verbindingen. Hierbij vindt de deeltjesverkleining van het monster plaats onder cryogene omstandigheden nadat het monster chemisch is gedroogd met natriumsulfaat. Tijdens de workshop is door een van de aanwezigen echter aangegeven dat natriumsulfaat een relatief hoge achtergrond aan kwik bevat en dat deze wijze van monstervoorbehandeling voor monsters op het niveau van de streefwaarde daarom niet geschikt is.

5.4.2 Afspraak

Op de eerste plaats wordt er op gewezen dat in het kader van het Actieprogramma Normalisatie en Validatie van Milieumeetmethoden een project is gedefinieerd gericht op (o.a.) de monstervoorbehandeling van materialen waarin kwik moet worden bepaald (project 108/109). De hier omschreven problematiek zal derhalve in het kader van dat project worden opgelost. Voor het definitieve protocol grond

kan, gezien de planning van project 108/109, door het ministerie gebruik worden gemaakt van de uit dat project voortkomende informatie. De uitkomsten van dat project kunnen op basis van de tijdsplanning echter niet worden meegenomen in dit rapport, zodat vooralsnog zal worden volstaan met het maken van afspraken omtrent de wijze van aanpak.

De navolgende afspraak zal nog bij de betreffende normcommissie worden ingebracht.

Vooralsnog wordt er voor kwik onderscheid gemaakt in vluchtige kwikverbindingen, metallisch kwik en matig-vluchtige of niet-vluchtige kwikverbindingen. Afhankelijk van de verwachting met betrekking tot de aanwezigheid van kwik in één of meer van deze vormen, dient de kwikanalyse op één van beide, dan wel beide wijzen te worden uitgevoerd.

De vluchtige kwikverbindingen (methyalkwik) worden voorbehandeld in overeenstemming met de vluchtige verbindingen, hetgeen betekent dat er geen monster-voorbehandeling wordt uitgevoerd, maar dat er vier analysemonsters worden gestedueerd. De analysemonsters moeten, in overeenstemming met de andere metalen, een monstergrootte hebben van 5 tot 10 gram.

Voor metallisch kwik mag worden aangenomen dat dit zich zeer heterogeen in de grond kan bevinden (kwikdruppeltjes). Dit betekent dat de werkwijze voor de vluchtige stoffen tot grote problemen kan leiden. In het bijzonder omdat de grootte van het analysemonster voor de bepaling van kwik (5 tot 10 gram, in overeenstemming met de andere metalen) aanzienlijk kleiner zal zijn dan voor de vluchtige organische stoffen (50 gram, ontwerp NVN 5732).

De dampspanning van metallisch kwik bedraagt bij 40 °C 0,149 mm Hg (19,8 mPa). Naar verwachting treden er bij deze droogtemperatuur daarom grote verliezen op indien er sprake is van pure kwikdruppeltjes. De monstervoorbehandeling voor kwik kan dus ook niet plaatsvinden in overeenstemming met de overige metalen.

Naar verluidt (oa. Alcontrol) is er in natriumsulfaat, dat wordt gebruikt voor het chemisch drogen voorafgaand aan het cryogeen malen, sprake van (of twijfel aan) een relatief hoge achtergrond aan kwik. Mogelijk is deze kwik achtergrond afhankelijk van het merk. Leveranciers van natriumsulfaat hebben geen informatie over de aan- of afwezigheid van kwik. In eigen onderzoek van IWACO is echter vastgesteld dat in het door hen gebruikte natriumsulfaat géén sprake is van een kwik achtergrond in natriumsulfaat (en talk) [27]. Wel blijkt er een geringe emissie van kwik afkomstig te zijn van de gebruikte kruisslagmolen, maar deze is zo laag dat dit geen problemen oplevert. Op basis van deze informatie zou monstervoorbehandeling volgens de matigvluchtige verbindingen dus wel mogelijk zijn.

Aanvullend hierop wordt nog opgemerkt dat conform NVN 5730 de natriumsulfaat voorafgaand aan gebruik gedurende zes uur bij 500 °C moet zijn uitgestookt voor het verwijderen van verontreinigingen. Aangenomen mag worden dat een dergelijke behandeling ook leidt tot het volledig kwik-vrij maken van de natriumsulfaat.

Op basis van de analyse van procedureblanco's zal in de praktijk kunnen worden vastgesteld of er sprake is van een kwik achtergrond.

Op basis hiervan wordt voor het protocol grond voorlopig voorgesteld de monster-voorbehandeling voor metallisch kwik, matig-vluchtige en niet-vluchtige kwik-verbindingen uit te voeren conform de monstervoorbehandeling voor de matig-vluchtige verbindingen. Dit betekent dat verdeeld over het gehele mengmonster een deelmonster moet worden genomen van 250 gram dat vervolgens door middel van chemisch drogen onder gekoelde omstandigheden, cryogeen koelen en malen onder cryogene omstandigheden (zeef 1 mm) wordt voorbehandeld. Uit het cryogeen gemalen monster wordt direct na het malen een analysemonster genomen dat wordt aansluitend wordt opgewerkt voor analyse.

6. Onderbouwing van het protocol grond

In de hoofdstukken 2 en 3 is ingegaan op het modelonderzoek dat heeft geleid tot een voorstel voor een monsternemingsmethode. Van deze methode is de praktische uitvoerbaarheid getest en op basis van de praktijkgegevens heeft een beperkte validatie van het model plaatsgevonden (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 zijn vervolgens nog voorstellen gedaan over de wijze waarop een aantal knelpunten bij de monstervoorbehandeling (vooralsnog) kunnen worden opgelost.

Daarmee zijn echter nog niet alle knelpunten opgelost en is nog niet het volledige protocol grond onderbouwd. In dit hoofdstuk wordt daarom een onderbouwing gegeven van de verschillende onderdelen van het protocol grond. Een voorstel voor het protocol grond zelf is opgenomen in hoofdstuk 7.

Aangezien het protocol grond is gebaseerd op het interim-protocol grond, zijn de aannames in belangrijke mate gelijk aan de aannames die voor het interim-protocol grond zijn gedaan. Daarvoor wordt dan ook verwezen naar het betreffende rapport [2].

6.1 Doelstelling

Het protocol grond is bedoeld om, in het kader van de handhaving van het bouwstoffenbesluit, partijen schone grond (onder of op streefwaardeniveau) te toetsen met betrekking tot de samenstelling (concentraties in de grond). Voor deze toetsing wordt aangenomen dat de partijen schoon zijn (= nulhypothese).

De toetsing is gericht op de gemiddelde concentratie van de partij en vindt per te onderzoeken stof plaats. Welke stoffen worden onderzocht is aan de handhaver die het onderzoek uitvoert. Er kan gericht onderzoek worden uitgevoerd bij een specifieke verdenking, bijvoorbeeld op basis van de herkomst van de partij. Ook kan er een meer algemeen onderzoek plaatsvinden. Voor dit laatste onderzoek ligt het voor de hand de te onderzoeken stoffen gelijk te stellen aan het analysepakket van NVN 5740 voor grond bij onverdachte situaties [25]. Op dit moment betreft dit de analyse van zware metalen (lood, zink, cadmium, koper, nikkel, arseen, kwik, chroom), EOX, minerale olie en PAK's, zowel als de bepaling van het lutum en organisch stof gehalte voor het bepalen van de streefwaarden. Opgemerkt wordt echter dat de NVN 5740 op dit moment in het kader van het Actieprogramma Normalisatie en Validatie van Milieumeetmethoden wordt geëvalueerd en dit mogelijk zal leiden tot een wijziging in dit analysepakket.

Het toepassen van het protocol grond voor partijen waarvan wordt verwacht dat de concentraties (aanzienlijk) boven de streefwaarde liggen is niet zonder meer mogelijk. Met name ten aanzien van de monsternemingsstrategie, waarbij in principe meerdere grepen per boring worden genomen, kan de betrouwbaarheid waarmee uitspraken over de gemiddelde concentratie van de partij worden gedaan, door het optreden van grootschalige heterogeniteit voor dergelijke verontreinigde partijen,

negatief worden beïnvloed. Tevens bestaat voor dergelijke partijen het risico op het uitmiddelen van (ernstige) verontreinigingen.

6.2 Monsterneming

De monsternemingsstrategie is onderbouwd in hoofdstuk 3 en in de praktijk getoetst in hoofdstuk 4. De getoetste strategie houdt in dat er 100 grepen uit een partij worden genomen. Er kunnen meerdere grepen uit één boring worden genomen zolang de onderlinge afstand tussen de grepen in verticale richting maar één meter bedraagt. De plaats van de boringen wordt aselekt bepaald, terwijl de diepte van de eerste greep eveneens aselekt wordt bepaald.

Zoals gebleken tijdens de praktijkevaluatie is de voorgestelde monsternemingsstrategie niet routinematig binnen één dag te realiseren. Naar aanleiding van de bespreking van de resultaten van de praktijkevaluatie met de begeleidingscommissie en het deskundigenoverleg deelproject 3 MRBB is daarom besloten de afstand tussen de grepen die in een boring worden genomen te verkleinen [26]. De minimale afstand bedraagt 0,5 meter, maar bij voorkeur wordt een grotere onderlinge afstand gehanteerd.

In specifieke situaties moet van deze monsternemingsstrategie worden afgeweken omdat anders met een geringere betrouwbaarheid uitspraken worden gedaan over de gemiddelde concentratie van de partij. Deze situaties zijn:

- a. indien er sprake is van grootschalige heterogeniteit of deze valt te verwachten;
- b. indien er sprake is van waarneembare afwijkingen in de partij.

ad a Grootschalige heterogeniteit kan voortkomen uit het feit dat de partij uit meerdere deelpartijen bestaat, doordat er sprake is van verschillende grondsoorten, doordat er een zichtbare verontreiniging in een deel van de partij aanwezig is (in welk geval de partij feitelijk buiten het toepassingsgebied van het protocol valt), e.d..

Is er sprake van grootschalige heterogeniteit dan zal het nemen van meerdere grepen uit één boring leiden tot een afname van de betrouwbaarheid waarmee de gemiddelde concentratie wordt bepaald. In dergelijke gevallen dient daarom te worden overgeschakeld naar een volledig aselechte monsternemingsstrategie.

ad b Indien er sprake is van waarneembare afwijkingen in de partij kan het toetsen op het gemiddelde gehalte voorbij gaan aan wezenlijk verontreinigde delen van die partij. In dergelijke situatie moet daarom worden geadviseerd om, eventueel naast een toetsing conform het protocol grond, ook een gerichte monsterneming uit te voeren om vast te stellen of de afwijkende plekken daadwerkelijk samenhangen met een of andere verontreiniging. De toetsing zal zich in die gevallen dan ook niet alleen moeten richten op de bepaalde gemiddelde concentratie, maar dient tevens rekening te houden met de resultaten die uit de gerichte monsterneming voortkomen. De wijze waarop dit moet gebeuren is ondermeer afhankelijk van de concentraties die bij de gerichte monsterneming worden gevonden, het geschatte volume

waar deze concentraties betrekking op hebben, de stof(fen) waar het om gaat, etc. Gezien het grote aantal variabelen zal hier in het protocol niet nader op worden ingegaan, maar wordt dit ter beoordeling aan de handhaver gelaten.

De toetsing heeft betrekking op partijen grond van maximaal 2000 ton. Aangezien het verminderen van de monsternemingsinspanning leidt tot een vermindering van de betrouwbaarheid waarmee uitspraken over de gemiddelde concentratie worden gedaan, is de monsternemingsinspanning ook voor kleinere partijen hetzelfde, namelijk 100 grepen.

Niet in alle gevallen zal er daadwerkelijk een toetsing plaatsvinden op partijen van 2000 ton. Kleine partijen kunnen ook in aanmerking komen om te worden getoetst. Het ten behoeve van de toetsing samenvoegen van kleine partijen is niet toegestaan. Door een (waarschijnlijk) verschil in concentraties tussen de verschillende partijen die worden samengevoegd leidt dit tot het introduceren van grootschalige heterogeniteit waardoor de bepaling van de gemiddelde concentratie minder betrouwbaar wordt en mogelijk tot het uitmiddelen van verhoogde concentraties in één of meer van de samengevoegde partijen. Dit betekent wel dat de toetsingskosten voor kleine partijen, uitgedrukt per ton grond, hoger zullen zijn. Partijen die groter zijn dan 2000 ton worden niet als één partij getoetst maar moeten worden opgedeeld in deelpartijen van maximaal 2000 ton elk. Het is aan de handhaver om te beslissen of één of meer van deze deelpartijen worden getoetst en op welke wijze het toetsingsresultaat wordt vertaald naar de gehele partij. Vanuit statistisch oogpunt is het niet zonder meer toegestaan de toetsing van een deelpartij van toepassing te verklaren op de gehele partij.

6.3 Monstervoorbehandeling

De monstervoorbehandeling wordt gelijk gehouden aan de monstervoorbehandeling zoals beschreven in het interim-protocol grond. Op basis van de praktijkevaluatie alsmede vanuit andere bronnen is duidelijk geworden dat er in het protocol grond met name aandacht moet worden besteed aan het eenduidig en helder vastleggen van de monstervoorbehandelingsprocedure. Voor een aantal knelpunten wordt de wijze van voorbehandeling vastgelegd, zie hiervoor hoofdstuk 5. Daarbij wordt opgemerkt dat voor een deel van deze afspraken nog wijzigingen kunnen optreden op basis van onderzoek dat in het kader van het Actieprogramma Normalisatie en Validatie van Milieumeetmethoden loopt.

6.4 Opwerking en analyse

De opwerking en analyse wordt gelijk gehouden aan de opwerking en analyse zoals beschreven in het interim-protocol.

6.5 Toetsing

In het protocol grond worden twee mengmonsters geanalyseerd. Het gemiddelde van deze twee concentraties wordt getoetst aan de streefwaarde. Rekening houdend met de aangenomen spreiding van monstervoorbehandeling en analyse van 20 %, wordt een partij goedgekeurd indien de concentratie van de getoetste stof kleiner of gelijk is aan $1,14 \times \text{streefwaarde}$ [11]. Een dergelijke afkeurfactor bovenop de streefwaarde komt voort uit het feit dat het protocol grond een *handhavings*protocol is; de handhaver accepteert een zekere marge in de concentratie van de partij om te voorkomen dat een partij onterecht wordt afgekeurd op basis van de variatie die voortvloeit uit de analyse. Een dergelijke afkeurfactor is voor de producent / gebruiker *niet* van toepassing.

Aangezien de betrouwbaarheid waarmee de gemiddelde concentratie wordt bepaald, gegeven het feit dat er 100 grepen worden genomen, direct samenhangt met de heterogeniteit van de partij op greepgrootteniveau en deze niet bekend is, kan bij de toetsing geen rekening worden gehouden met deze heterogeniteit. Daarbij wordt impliciet aangenomen dat, wanneer er meerdere grepen per boring worden genomen, er geen sprake is van grootschalige heterogeniteit, zodat de uitgevoerde monsternemingsstrategie niet van invloed is op de betrouwbaarheid waarmee de gemiddelde concentratie wordt bepaald.

Ter controle op de uitgevoerde handelingen tijdens de monsterneming, monster-voorbehandeling en analyse kan gebruik worden gemaakt van de verhouding tussen de beide meetwaarden van de twee mengmonsters. Aangezien het hierbij nadrukkelijk *niet* gaat om een toetsing mag aan het overschrijden van deze verhoudingswaarde geen andere conclusie worden verbonden dan dat er *mogelijk* iets is fout gegaan in de uitgevoerde procedure en handelingen. Dit hoeft echter niet het geval te zijn, aangezien voor de bepaling van de "controlewaarden" gekozen is voor de 95 % percentiel van de verdeling van de verhouding tussen beide meetuitkomsten op basis van de modelmatige monsterneming (hoofdstuk 3). Dat betekent dat voor een partij met eenzelfde mate van heterogeniteit als gebruikt voor het vaststellen van de controlewaarden er nog altijd 5 % kans bestaat dat beide meetwaarden wel juist zijn, maar dat de heterogeniteit in de partij (op greepgrootteniveau) er de oorzaak van is dat beide meetwaarden veel van elkaar afwijken. Voor partijen die heterogener zijn dan de modelrealisaties gebruikt voor het vaststellen van de controlewaarden is deze kans zelfs (aanzienlijk) groter dan 5 %.

Het aantreffen van twee meetresultaten waarvan de verhouding de controlewaarde overschrijdt moet daarom op de eerste plaats leiden tot het nagaan of de gevolgde procedure overeenkomt met de voorgeschreven procedure. Pas als daarvoor een aanleiding wordt gevonden zal het betreffende deel van de procedure (en de hierna volgende stappen) opnieuw moeten worden uitgevoerd.

Bij het vaststellen van de controlewaarden is in de bespreking van de praktijkevaluatie met het deskundigenoverleg deelprojectteam 3 MRBB en de begeleidingscommissie [26] voorgesteld de controlewaarde voor de metalen apart te definiëren.

Dit omdat er voor de metalen voldoende aanwijzingen lijken te bestaan om (voorzichtig) aan te nemen dat de variatiecoëfficiënt in partijen grond op of onder de streefwaarde in de orde van grootte van 30 % ligt. Om niet te snel onterecht te concluderen dat er mogelijk iets fout is gegaan, zou voor het vaststellen van een controlewaarde voor de metalen gebruik kunnen worden gemaakt van de modelrealisaties van Rokkeveen (gemiddelde variatiecoëfficiënt 66 %). Dit zou resulteren in een controlewaarde voor de metalen van 1,3.

Opgemerkt wordt dat bij de praktijkevaluatie op basis van de getalswaarde 1,3 de controlewaarde voor koper in partij A één maal (1,35) en partij B twee maal (1,61 en 2,57) wordt overschreden en dat voor partij B ook voor lood de controlewaarde één maal wordt overschreden (1,45) op totaal 18 waarnemingen. Op basis van de afleiding van de controlewaarde als 95 % percentielwaarde bij een variatiecoëfficiënt van 66 % had dit ten hoogste één maal mogen gebeuren. Omdat de werkelijke spreiding in de partijen zelfs geringer was (circa 30 %) had in geen van de gevallen een overschrijding van de controlewaarde mogen optreden.

De verklaring hiervoor ligt in de aanwezigheid van metallische deeltjes in de partijen die bij een goede procedure van monstervoorbehandeling wel tot uiting komen in de analyseresultaten. Tevens moet daarom worden aangenomen dat de spreiding in de partijen op basis van de 50 individueel genomen monsters lager is dan het geval zou zijn geweest indien ook hier de metallische deeltjes een reële kans zouden hebben gehad in een analysemonster terecht te komen. Op basis van deze aanname moet ook voor andere partijen grond worden aangenomen dat de vastgestelde heterogeniteit mogelijk te gering is.

Ook omdat de werkbaarheid van het protocol mede afhangt van de vraag hoe vaak ten onrechte wordt geconcludeerd dat er mogelijk iets fout is gegaan in de procedure, lijkt het ongewenst een te kritisch gestelde controlewaarde niet gewenst. Daarom wordt voorgesteld in het protocol grond toch met één controlewaarde te werken.

Daarmee wordt de controlewaarde voor alle stoffen vastgesteld op basis van de modelrealisaties van Gaslaan (gemiddelde variatiecoëfficiënt 300 %). De controlewaarde is daarmee gelijk aan 2,5 (zie paragraaf 3.3).

Deze controlewaarde wordt in de praktijkevaluatie één keer net overschreden (2,57).

De controle wordt uitgevoerd door x_h/x_l te vergelijken met de betreffende controlewaarde, waarbij x_h de hoogste waarneming is en x_l de laagste.

7. Voorstel protocol grond

In dit hoofdstuk wordt, op basis van het interim-protocol grond en de in dit rapport weergegeven onderzoeksresultaten, een voorstel gedaan voor het protocol grond. Navolgende tekst geeft dit voorstel weer. Ten gevolge van beleidsmatige, juridische zowel als inhoudelijke discussies op basis van dit voorstel zal de definitieve tekst van het protocol grond, zoals dat wordt opgenomen in de uitvoeringsregeling van het bouwstoffenbesluit, afwijken van de hier weergegeven tekst.

7.1 Termen en definities

- a statische partij: een partij die niet (ten behoeve van monsterneming) in beweging is cq. wordt getransporteerd door middel van een transportband of vergelijkbaar transportsysteem.
- b toetsingswaarde: een getalsmatig uitgedrukte waarde voor een bepaalde eigenschap in de monsters waarboven tot afkeuring van de partij wordt overgegaan.
- c controlewaarde: een getalsmatig uitgedrukte waarde voor de verhouding tussen de beide meetwaarden op basis waarvan wordt besloten of er aanvullende controles moeten worden uitgevoerd op het uitgevoerde proces van monsterneming, monstervoorbehandeling en analyse, dan wel onderdelen van dit proces moeten worden herhaald.
- d probabilistische monsterneming: monsterneming waarbij elk deeltje in de partij een gelijke kans, groter dan nul, heeft om in een monster terecht te komen.
- e greep: de hoeveelheid materiaal die in één handeling uit een partij is genomen, maar voor analyse wordt samengevoegd met andere grepen tot een mengmonster.
- f mengmonster: de hoeveelheid materiaal die ontstaat doordat meerdere grepen worden samengevoegd, waarbij de identiteit van de oorspronkelijke grepen door menging verloren is gegaan.
- g aselechte handeling: een handeling die wordt uitgevoerd met behulp van toevalsgetallen, die liggen tussen de 0 en 1 en op basis van een toevalsproces volgens de uniforme verdeling worden gekozen.
- h NPR: Nederlandse Praktijk Richtlijn, uitgegeven door het NNI.

7.2 Doel en toepassingsgebied

Het protocol grond is een toetsingsprotocol gericht op het, in het kader van de handhaving van het bouwstoffenbesluit, toetsen van de gemiddelde samenstelling van partijen grond waarvan wordt verwacht dat de concentraties onder of op de streefwaarde liggen. Deze toetsing vindt per te onderzoeken stof plaats.

Het toepassen van het protocol grond voor partijen waarvan wordt verwacht dat de concentraties (aanzienlijk) boven de streefwaarde liggen is niet zonder meer mogelijk ten gevolge van het risico van een minder betrouwbare vaststelling van de gemiddelde waarde en het risico op het uitmiddelen van (ernstige) verontreinigingen.

De maximale partijgrootte die in één toetsing kan worden onderzocht bedraagt 2000 ton.

7.3 Monsterneming

De monsterneming wordt uitgevoerd volgens NEN 7300 en NVN 7302. In dit protocol grond zijn nadere aanwijzingen ten aanzien van de toepassing van deze NEN en NVN gegeven.

In bijzondere situaties is het mogelijk dat de grond wordt vervoerd door middel van een transportband. In dat geval is een goede probabilistische monsterneming vanaf de transportband toegestaan en te prefereren boven de monsterneming uit een statische partij. Voor monsterneming vanaf de transportband wordt NVN 7301 toegepast. Hiervoor worden geen nadere aanwijzingen gegeven, maar wordt voor zover van toepassing wel aangesloten bij de paragrafen 7.3.1 tot en met 7.3.5.

Voor de monsterneming van grond uit een werk moet zo goed mogelijk worden aangesloten bij de monsterneming van statische partijen zoals in deze paragraaf wordt beschreven.

7.3.1 Monsternemingsplan en monsternemingsformulier

Voor het opstellen van het monsternemingsplan wordt het formulier gebruikt zoals omschreven in NVN 7302. Voor het maken van aantekeningen gedurende de monsterneming wordt het monsternemingsformulier gebruikt zoals omschreven in NVN 7302.

7.3.2 Partij definitie

De te bemonsteren partij wordt gedefinieerd conform NVN 7302. Niet slechts de partijgrootte dient te worden gedefinieerd, maar ook de plaats waar de partij aanwezig is en de ruimtelijke positionering van de partij. Dit laatste is ten behoeve van de bepaling van de monsternemingspunten.

Als maximale partijgrootte geldt een grootte van 2000 ton. Indien een te toetsen partij deze grootte overschrijdt, dient deze te worden onderverdeeld in verschillende partijen van elk ten hoogste 2000 ton. Eén of meer van deze deelpartijen worden

vervolgens elk individueel onderzocht en getoetst volgens dit protocol. Bij meerdere deelpartijen moeten alle onderzochte partijen voldoen aan de toetsingswaarde.

7.3.3 Vaststellen van de te realiseren kwaliteit

Aan dit onderdeel van NVN 7302 wordt invulling gegeven door als maximale waarde van de variatiecoëfficiënt (VC) van de fundamentele fout de waarde van 10% vast te leggen. Voor het bepalen van de minimale monstergrootte conform NVN 7302 mag voor de parameter g de waarde 0,25 worden gebruikt. Dit resulteert, onder de aanname dat 95 % van de deeltjes in de partij kleiner is dan 16 mm, in een greepgrootte van 180 gram en een grootte van één mengmonster van circa 9 kg (bestaande uit 50 grepen).

Voor partijen met een (vermoedelijk) grotere maximale deeltjesgrootte (D_{95}) dient deze deeltjesgrootte te worden bepaald volgens NVN 5753 en moet de greep- en monstergrootte worden berekend met gebruikmaking van het onderdeel "Minimale greep- en monstergrootte" in NVN 7302.

Voor partijen met een (vermoedelijk) kleinere maximale deeltjesgrootte (D_{95}) wordt de minimale greep- en monstergrootte gelijkgesteld aan respectievelijk 180 gram en 9 kilo.

7.3.4 Monsternemingsstrategie

Uit de partij worden 100 grepen genomen.

De monsters worden, afhankelijk van de situatie genomen volgens:

- 7.3.4.1 (grootschalige heterogeniteit verwacht);
- 7.3.4.2 (afwijkende delen van de partij);
- 7.3.4.3 (overige situaties).

7.3.4.1 Monsternemingsstrategie bij grootschalige heterogeniteit; aselechte monsterneming

Als voor aanvang van de monsterneming wordt verwacht dat er sprake kan zijn van grootschalige heterogeniteit binnen de te toetsen partij moeten alle grepen volledig aselekt worden genomen. De plaatsen waar de grepen worden genomen worden vastgesteld door een aselechte keuze van punten op basis van de in paragraaf 7.3.2 aan de partij toegekende coördinaten in x-, y- en z-richting. Er mogen dus *niet* meerdere grepen uit één boring worden genomen.

De grepen worden tijdens de monsterneming in het veld aselekt samengevoegd tot twee mengmonsters van 50 grepen elk. Beide mengmonsters zijn daarmee samengesteld uit 50 grepen die over de *gehele* partij verdeeld zijn genomen.

Voor het bepalen van de monsternemingspunten en de wijze waarop de grepen worden genomen, wordt gebruik gemaakt van de werkwijze zoals beschreven in het onderdeel "Monsterneming in een ruimtelijk coördinaatstelsel" van NVN 7302.

Eventueel is het ook toegestaan de monsterneming uit te voeren volgens het onderdeel "Monsterneming tijdens verplaatsen van de partij, Verplaatsing van de gehele partij" van NVN 7302.

Om een probabilistische monsterneming te garanderen is monsterneming volgens de onderdelen "Verplaatsing van een deel van de partij" en "Methodisch afgesproken monsterneming" van NVN 7302 *niet* toegestaan.

Grootschalige heterogeniteit kan ondermeer worden verwacht indien meerdere partijen grond bijeen zijn gevoegd of er sprake is van verschillende grondsoorten binnen een partij (het is niet toegestaan om verschillende kleine partijen ten behoeve van de toetsing bijeen te voegen).

7.3.4.2 Monsternemingsstrategie bij afwijkende delen in de partij; gerichte monsterneming

Als voor aanvang van de monsterneming wordt vastgesteld dat er sprake is van waarneembaar afwijkende delen van de partij kan, eventueel naast een monsterneming op basis van paragraaf 7.4.3.1 of 7.3.4.3, gerichte monsterneming plaatsvinden. Op de uitvoering en interpretatie van de resultaten van de gerichte monsterneming wordt in dit protocol niet nader ingegaan.

7.3.4.3 Monsternemingsstrategie in overige situaties; aselechte transect monsterneming

Is er geen sprake van (verwachte) grootschalige heterogeniteit (paragraaf 7.3.4.1) of afwijkende delen van de partij (paragraaf 7.3.4.2) dan kunnen meerdere grepen per boring worden genomen. De grepen worden verkregen uit boringen die aselechte over de partij zijn verdeeld. De plaats van de boringen wordt vastgesteld op basis een aselechte keuze van punten op basis van de in paragraaf 7.3.2 aan de partij toegewezen coördinaten in x- en y-richting (horizontale vlak). Elke boring wordt, onafhankelijk van de hoogte van de partij op het geselecteerde boorpunt, doorgezet tot aan de onderzijde van de partij. Het aantal grepen per boring is daarmee afhankelijk van de hoogte van de partij op de plaats van de boringen en de onderlinge afstand tussen de grepen.

Bepaal de onderlinge afstand tussen de grepen die uit één boring worden genomen. Deze afstand moet groter of gelijk zijn aan 0,5 meter, maar kleiner of gelijk zijn aan 1,0 meter ($0,5 \leq \text{onderlinge afstand grepen} \leq 1,0 \text{ m}$). Voor het vaststellen van de onderlinge afstand moet worden bedacht dat hiermee tevens het aantal te boren meters wordt vastgelegd ($50 \leq \text{aantal te boren meters} \leq 100$).

Nadat de onderlinge greepafstand is bepaald wordt deze tijdens de gehele monsterneming constant gehouden.

De diepte van de eerste greep uit een boring (z-richting) wordt aselechte bepaald in de eerste (halve) meter vanaf het oppervlak van de partij. De onderlinge afstand tussen de navolgende grepen uit diezelfde boring is constant en conform hetgeen reeds is bepaald.

De grepen worden tijdens de monsterneming in het veld aselekt samengevoegd tot twee mengmonsters van 50 grepen elk. Beide mengmonsters zijn daarmee samengesteld uit 50 grepen die over de *gehele* partij verdeeld zijn genomen.

Voor het bepalen van de monsternemingspunten en de wijze waarop de grepen worden genomen, wordt gebruik gemaakt van de werkwijze zoals beschreven in het onderdeel "Monsterneming in een ruimtelijk coördinaatstelsel" van NVN 7302. Monsterneming volgens het onderdeel "Monsterneming tijdens verplaatsen van de partij, Verplaatsing van de gehele partij" van NVN 7302 is in principe ook toegestaan maar is niet toegesneden op de in deze paragraaf gegeven wijze van monsterneming. Volledig aselechte monsterneming (paragraaf 7.3.4.1) ligt dan meer voor de hand.

Om een probabilistische monsterneming te garanderen is monsterneming volgens de onderdelen "Verplaatsing van een deel van de partij" en "Methodisch afgesproken monsterneming" van NVN 7302 *niet* toegestaan.

7.4 Monsteropslag en -conservering

Monsteropslag en -conservering worden uitgevoerd conform NEN 7310 en NVN 7311. Gelet op de aard van het materiaal en de hierin mogelijk aanwezige stoffen is alleen kortdurende opslag van de mengmonsters toegestaan. De monsters worden luchtdicht verpakt in een verpakkingsmateriaal dat geen licht doorlaat. De monsters worden voor analyse bij circa 4 °C gekoeld opgeslagen voor een periode van ten hoogste 7 dagen.

7.5 Monstervoorbehandeling

De monstervoorbehandeling vindt plaats conform NEN 7310, NVN 7312 en NVN 7313.

Uit de beide uit de monsterneming verkregen mengmonsters worden, indien van toepassing, verschillende analyse- en deelmonsters genomen. Deze analyse- en deelmonsters worden genomen in de volgorde:

- 1 steekmonsters verdeeld over het gehele mengmonster voor het verzamelen van vier analysemonsters voor de bepaling van vluchtige stoffen inclusief vluchtige kwikverbindingen;
- 2 steekmonsters verdeeld over het gehele mengmonster voor het verzamelen van een deelmonster van 250 gram voor de bepaling van matig-vluchtige stoffen inclusief metallisch kwik en niet-vluchtige kwikverbindingen;
- 3 steekmonsters verdeeld over het gehele mengmonster voor het verzamelen van een analysemonster voor de bepaling van het lutum en organisch stof gehalte;
- 4 de volledige resterende hoeveelheid van het mengmonster wordt gebruikt voor het bepalen van anorganische stoffen (exclusief kwik en kwikverbindingen).

7.5.1 Monstervoorbehandeling voor de bepaling van vluchtige stoffen

Bij de toetsing conform het protocol grond worden twee mengmonsters genomen. Elk van deze mengmonsters moet vervolgens op de navolgend omschreven wijze in behandeling worden genomen.

Ten behoeve van de bepaling van vluchtige stoffen worden, door middel van steekmonsters die door het gehele mengmonster heen worden verkregen, vier analysemonsters samengesteld.

De grootte van de analysemonsters is vastgelegd in de voor de betreffende stof geldende norm. Voor vluchtige kwikverbindingen wordt in tegenstelling tot de grootte van het analysemonster zoals gegeven in de norm, analysemonsters samengesteld van 5 tot 10 gram.

De analysemonsters worden direct nadat ze uit het mengmonster zijn gestoken geëxtraheerd / gedestruëerd; zie verder paragraaf 7.7.

7.5.2 Monstervoorbehandeling voor de bepaling van matig-vluchtige stoffen

Indien in het mengmonster tevens vluchtige stoffen (inclusief vluchtige kwikverbindingen) moeten worden bepaald worden eerst de hiervoor noodzakelijke analysemonsters genomen conform paragraaf 7.5.1.

Ten behoeve van de bepaling van matig vluchtige stoffen inclusief metallisch kwik en niet-vluchtige kwikverbindingen wordt, door middel van steekmonsters die door het gehele mengmonster heen worden verkregen, een deelmonster samengesteld van 250 gram. Dit deelmonster wordt verder opgewerkt conform NVN 7313 "7.4.3 Verkleinen tot deeltjes kleiner dan 1 mm". Dit betekent dat de volgende stappen moeten worden doorlopen:

- chemische drogen van het deelmonster met 200 gram natriumsulfaat en 50 gram talk onder gekoelde omstandigheden (4 ± 2 °C) gedurende 12 tot 16 uur conform NVN 5730 "8.2 Matig vluchtige verbindingen";
- cryogeen koelen van het monster conform NVN 5730 "8.2 Matig vluchtige verbindingen";
- cryogeen malen van het monster conform NVN 7313 "7.4.3 Verkleinen tot deeltjes kleiner dan 1 mm" en NVN 5730 "8.2 Matig vluchtige verbindingen" met een kruisslagmolen met een zeef van 1 mm;
- steken van een analysemonster direct na het cryogeen malen conform NVN 5730 "8.2 Matig vluchtige verbindingen"

De grootte van de analysemonsters is vastgelegd in de voor de betreffende stof geldende norm. Voor de bepaling van kwik wordt in tegenstelling tot de grootte van het analysemonster zoals gegeven in de norm, een analysemonsters genomen van 5 tot 10 gram.

Direct na het steken van het analysemonster wordt dit geëxtraheerd / gedestruëerd; zie verder paragraaf 7.7.

7.5.3 Monstervoorbehandeling voor de bepaling van lutum organisch stof en droge stof gehalte

Indien in het mengmonster tevens vluchtige stoffen (inclusief vluchtige kwikverbindingen) moeten worden bepaald worden eerst de hiervoor noodzakelijke analysemonsters genomen conform paragraaf 7.5.1.

Indien in het mengmonster tevens matig-vluchtige stoffen (inclusief metallisch kwik en niet-vluchtige kwikverbindingen) moeten worden bepaald wordt eerst het hiervoor noodzakelijke deelmonsters genomen conform paragraaf 7.5.2.

Ten behoeve van de bepaling van het gehalte aan lutum en organisch stof en de bepaling van het droge stof gehalte worden, door middel van steekmonsters die door het gehele mengmonster heen worden verkregen, analysemonsters samengesteld. Voor elke bepaling wordt één analysemonster samengesteld. Zie verder paragraaf 7.6.

7.5.4 Monstervoorbehandeling voor de bepaling van niet-vluchtige stoffen

Indien in het mengmonster tevens vluchtige stoffen (inclusief vluchtige kwikverbindingen) moeten worden bepaald worden eerst de hiervoor noodzakelijke analysemonsters genomen conform paragraaf 7.5.1.

Indien in het mengmonster tevens matig-vluchtige stoffen (inclusief metallisch kwik en niet-vluchtige kwikverbindingen) moeten worden bepaald wordt eerst het hiervoor noodzakelijke deelmonsters genomen conform paragraaf 7.5.2.

Ten behoeve van de bepaling van het lutum en organisch stof gehalte worden eerst de hiervoor noodzakelijke analysemonsters genomen conform paragraaf 7.5.3.

Het volledige mengmonster (van circa 9 kg) of het daarvan resterende deel na het nemen van analyse-en deelmonsters volgens paragraaf 7.5.1 tot en met 7.5.3 wordt gedroogd bij 40 °C conform NVN 7312 het onderdeel "7.4 Drogen bij 40 °C".

Na het drogen wordt het volledige monster vernalen tot een maximale deeltjesgrootte van 500 µm. Hierbij wordt de werkwijze van NVN 7312 toegepast volgens het onderdeel "7.6.3 Verkleinen tot deeltjes kleiner dan 125 µm". In verband met de grote hoeveelheid materiaal vindt deze verkleining plaats met een kruisslagmolen waarbij in plaats van een zeef van 125 µm een zeef van 500 µm wordt toegepast.

Nadat het monster is vermalen wordt het door middel van roterend verdelen conform NVN 7312 het onderdeel "7.7.2 Roterende spleetverdeler", in enkele stappen verdeeld tot een analysemonster van de gewenste grootte¹. Voor de metaalanalyses wordt hierbij, in tegenstelling tot wat gebruikelijk is, een analysemonster van 5 tot 10 gram aangehouden. Het is niet toegestaan om uit een deelmonster dat in dit proces vrijkomt handmatig een analysemonster van de gewenste grootte te nemen. Het verkregen analysemonster wordt vervolgens in zijn geheel met behulp van een kogelmolen (of gelijkwaardig verkleinapparaat) volgens NVN 7312 "7.6.3 Verkleinen tot deeltjes kleiner dan 125 µm" verder verkleind tot een deeltjesgrootte van $95 \% < 125 \mu\text{m}$.

Voor de bepaling van metalen moet, door het op dezelfde wijze als het monster voorbehandelen en opwerken van gewassen grind worden vastgesteld hoe groot mogelijke emissies van metalen uit de maalapparatuur zijn. Ter vergelijking wordt hetzelfde materiaal ook verkleind met behulp van een mortier of kogelmolen met agaat binnenwerk; de gehalten in het via deze laatste wijze van verkleinen verkregen monster gelden als oorspronkelijk gehalte.

7.6 Bepaling lutum, organisch stof en droge stof gehalte

Voor elke bepaling is één analysemonster beschikbaar; zie paragraaf 7.5.3.

Het lutum gehalte wordt bepaald conform NEN 5753.

Het organisch stof gehalte wordt bepaald conform NEN 5754.

Het droge stof gehalte wordt, indien noodzakelijk, bepaald conform NVN 7312, het onderdeel "7.5 Bepaling droge stof gehalte bij 105 °C".

7.7 Opwerking en analyse

De opwerking en analyse wordt uitgevoerd volgens de voor de te bepalen stof vigerende NEN, NVN of ontwerpen daarvan. Slechts in die gevallen waarin nog geen definitieve (of ontwerp) NEN of NVN beschikbaar is, wordt gebruik gemaakt van onderstaande alternatieven, in de volgende prioriteitsvolgorde:

¹ Voor een oorspronkelijk mengmonster van 9 kilo, met een droge stof gehalte van 80 % en een massaverlies bij het malen van 5 % en bij het verdelen van 2 % betekent dit, wanneer de roterende verdeler is voorzien van 8 opvangpotjes:
9 kilo → drogen → 7200 gram → malen over 500 µm → 6840 gram → eerste verdeelstap over 8 potten → deelmonster van 838 gram → tweede verdeelstap over 8 potten → deelmonster van 103 gram → derde verdeelstap over 8 potten → deelmonster van 12 gram
Dit deelmonster kan eventueel direct worden gebruikt voor de analyse op metalen, is echter een kleiner analysemonster gewenst dan worden 6 van de 8 deelmonsters samengevoegd en vervolgens in een laatste verdeelstap over 8 potten verdeeld naar een analysemonster van 9 gram.

1. voorlopige praktijkrichtlijnen (VPR's), zoals beschreven in deel 55B van de Reeks Bodembescherming, Ministerie van VROM, 1986 (ISBN 90 12 05364 1);
 2. een interim-voorschrift, op basis van de GCMS-techniek voor vluchtige en matig-vluchtige organische stoffen;
 3. het onderzoeksprotocol "Bouwstoffenbesluit onderdeel grond".
- Bij de opwerking dient in alle gevallen het *volledige* uit de monstervoorbehandeling verkregen analysemonster in behandeling te worden genomen.

7.7.1 Opwerking en analyse van vluchtige stoffen

Voor de bepaling van vluchtige stoffen worden vier afzonderlijke analysemonsters genomen, zie 7.5.1. De extractie / destructie dient onmiddellijk na het nemen van de analysemonsters plaats te vinden.

Voor de bepaling van vluchtige kwikverbindingen worden de analysemonsters (5 tot 10 gram elk) individueel gedestruëerd volgens NEN 6465 of NVN 5770. Na de destructie worden de vier destruatensamengevoegd voor analyse.

Voor de bepaling van vluchtige aromatische en/of gehalogeneerde koolwaterstoffen worden de vier analysemonsters individueel geëxtraheerd volgens NVN 5732. Na de extractie worden de vier extracten samengevoegd voor analyse conform NVN 7313.

Het gevonden gehalte dient te worden gecorrigeerd voor het volgens paragraaf 7.6 gevonden droge stof gehalte. De uitkomsten boven de bepalingsgrens worden afgerond volgens NPR 6598.

7.7.2 Opwerking en analyse van matig-vluchtige stoffen inclusief metallisch kwik en niet-vluchtige kwikverbindingen

Voor de bepaling van matig-vluchtige stoffen inclusief metallisch kwik en niet-vluchtige kwikverbindingen wordt verdeeld over het gehele mengmonster een deelmonster van 250 gram genomen dat na chemisch drogen onder cryogene condities wordt vernalen. Van het vernalen monster wordt een analysemonster genomen, zie 7.5.2.

De grootte van de analysemonsters is vastgelegd in de voor de betreffende stof geldende norm. Voor vluchtige kwikverbindingen wordt in tegenstelling tot de grootte van het analysemonster zoals gegeven in de norm, analysemonsters samengesteld van 5 tot 10 gram.

De extractie / destructie dient onmiddellijk na het nemen van het analysemonster plaats te vinden volgens de voor de te bepalen stof vigerende norm. Het extract wordt, na eventuele verdere opwerking, geanalyseerd.

Het aldus bepaalde gehalte dient te worden gecorrigeerd voor de aanwezige toelagstoffen volgens NVN 5730. Het gevonden gehalte dient eveneens te worden gecorrigeerd voor het volgens paragraaf 7.6 gevonden droge stof gehalte. De uitkomsten boven de bepalingsgrens worden afgerond volgens NPR 6598.

7.7.3 Opwerking en analyse van niet-vluchtige stoffen

Voor de bepaling van niet-vluchtige stoffen wordt het volledige (resterende) mengmonster gedroogd, vermalen en verdeeld tot een analysemonster, zie 7.5.4.

Voor de bepaling van metalen wordt het volledige analysemonster, verkregen na het verdelen van het monster, opgewerkt volgens NEN 6465 of NVN 5770. In afwijking op deze normen is het te destrueren monster niet tussen 1 en 2 g groot zijn maar tussen 5 en 10 gram groot. De opwerking en de analyse vindt verder plaats conform de voor het betreffende metaal vigerende norm.

Voor de bepaling van andere niet-vluchtige stoffen wordt het volledige analysemonster, verkregen na het verdelen van het monster, opgewerkt en geanalyseerd conform de voor de betreffende stof vigerende norm.

De concentraties worden *niet* gecorrigeerd voor het droge stof gehalte. De uitkomsten boven de bepalingsgrens worden afgerond volgens NPR 6598.

7.8 Vaststelling gemiddelde meetwaarde en verhouding tussen de meetwaarden

De gemiddelde meetwaarde wordt vastgesteld door:

- 1 vaststelling van de meetwaarden x_1 en x_2 uit de monsters (uitgedrukt in mg/kg ds), en
- 2 bepaling van het rekenkundig gemiddelde $\bar{x}$ van de meetwaarden x_1 en x_2 .

De verhouding tussen de meetwaarden wordt vastgesteld door:

- 1 vaststelling van de hoogste meetwaarde (x_h) en de laagste meetwaarde (x_l) van de meetwaarden x_1 en x_2 , en
- 2 bepaling van de verhouding tussen de meetwaarden volgens:

$$\text{verhouding } x_1, x_2 = \frac{x_h}{x_l}$$

Indien geldt dat de verhouding van de beide meetwaarden groter is dan 2,5, dient te worden nagegaan of er in de uitgevoerde procedure (monsterneming, monster-voorbehandeling, analyse) geen fouten zijn gemaakt. Indien er sprake is van (het vermoeden van) fouten dient de betreffende stap, tezamen met de daar op volgende stappen te worden over gedaan. Mag worden aangenomen dat er geen fouten zijn

gemaakt, dan mag worden aangenomen dat er in de partij sprake is van een grote mate van heterogeniteit.

7.9 Rapportage van het onderzoek

Er wordt een rapport van het onderzoek opgesteld waarin ten minste de volgende gegevens zijn opgenomen:

- a) een verwijzing naar dit protocol en de NEN's of NVN's die zijn gebruikt;
- b) de datum van de monsterneming en de analyse;
- c) indien van toepassing: het volledig ingevulde monsternemingsformulier of een kopie daarvan;
- d) de stoffen die zijn geanalyseerd;
- e) het resultaat van de analyses in mg/kg;
- f) de bepaling van de gemiddelde meetwaarde en de verhouding tussen de meetwaarden inclusief de daaruit getrokken conclusie ten aanzien van de uitgevoerde handelingen;
- g) een beschrijving van eventuele, met redenen omkleedde, afwijkingen van één van de voorgeschreven normen of methoden die het analyseresultaat kunnen beïnvloeden.

7.10 Toetsing ter vaststelling van een overschrijding

Indien $\frac{\bar{x}}{1,14} > \text{toetsingswaarde}$, wordt de grond geacht de samenstellingswaarden genoemd in bijlage 1 van het bouwstoffenbesluit te overschrijden.

Als toetsingswaarden worden gehanteerd:

1. de samenstellingswaarden in bijlage 1 van het bouwstoffenbesluit;
2. indien de desbetreffende samenstellingswaarde onder de bepalingsgrens ligt de bepalingsgrens;
3. indien in bijlage 1 van het bouwstoffenbesluit voor de desbetreffende samenstellingswaarde een α staat vermeld: de aantoonbaarheidsgrens.

8. Conclusies

In dit hoofdstuk worden slechts enkele in het oog springende conclusies weergegeven. Voor meer gedetailleerde conclusies wordt verwezen naar de samenvatting (hoofdstuk 0), paragraaf 3.10 met betrekking tot de modelmatige toetsing van monsternemingsstrategieën en paragraaf 4.6 met betrekking tot de praktijkevaluatie.

In dit onderzoek zijn door middel van een modelmatige benadering verschillende monsternemingsstrategieën met elkaar vergeleken.

Deze vergelijking was gebaseerd op het vaststellen van een monsternemingsstrategie die:

- gericht is op de bepaling van het gemiddelde gehalte van een partij (vermoedelijk) schone grond;
- leidt tot een evenwichtige afstemming van de variatiebijdragen van monsterneming enerzijds en monstervoorbehandeling en analyse anderzijds;
- niet duurder en/of ingewikkelder is dan de in het interim-protocol grond voorgestelde monsternemingsprocedure;

Op basis van deze uitgangspunten wordt geconcludeerd dat:

- In overleg met de begeleidingscommissie en het deskundigenoverleg deelprojectteam 3 MRBB, een monsternemingsprocedure is vastgesteld die inhoudt dat er 100 grepen van een partij worden genomen, waarbij, onder voorwaarden, meerdere grepen per boring mogen worden genomen met een onderlinge afstand van 0,5 tot 1,0 m;
- Een dergelijke monsternemingsprocedure eenzelfde betrouwbaarheid levert als het interim-protocol grond, mits er in de partij geen sprake is van grootschalige heterogeniteit (ruimtelijke correlatie);
- Voor partijen grond met concentraties op of onder de streefwaarde vermoedelijk mag worden aangenomen dat dergelijke grootschalige heterogeniteit niet of nauwelijks aanwezig is;
- De werkelijke betrouwbaarheid waarmee uitspraken worden gedaan over de gemiddelde concentratie van de partij afhankelijk is van de heterogeniteit binnen de partij op de schaalgrootte van de grepen (kleinschalige heterogeniteit);
- Deze kleinschalige heterogeniteit voor een specifiek te toetsen partij (uiteeraard) onbekend is, maar dat ook meer in zijn algemeenheid geldt dat hierover geen of nauwelijks informatie beschikbaar is;

- Daarom geen uitspraken kunnen worden gedaan over de betrouwbaarheid waarmee het protocol grond uitspraken doet over de gemiddelde concentratie van een partij grond;
- Het toetsen van (veel) verschillende partijen met behulp van het protocol grond deze informatie ook niet levert, zodat deze informatie alleen wordt verkregen als hiernaar gericht onderzoek zou worden gedaan (per partij een relatief groot aantal individueel te analyseren monsters nemen);
- De praktijkevaluatie heeft aangetoond dat de modelstudie een redelijk goed beeld van de werkelijkheid geeft;
- De praktijkevaluatie echter slechts is gebaseerd op twee partijen en drie metalen en dat daarmee slechts een beperkte "validatie" van het model heeft plaatsgevonden;
- Er voor veel stoffen een (groot) gebrek bestaat aan relevante informatie en dat daarmee uitspraken over niet-onderzochte stoffen niet kunnen worden onderbouwd, anders dan "met gevoel voor";
- Het voorgestelde protocol goed uitvoerbaar is en de kosten van het protocol aanvaardbaar zijn;
- Er ten aanzien van de monstervoorbehandeling nog vragen zijn met betrekking tot kwik. In project 108/109 van het Actieprogramma Normalisatie en Validatie van Milieumeetmethoden dient expliciet aandacht aan deze problematiek te worden geschonken;
- De in dit onderzoek gebruikte modelstudie tevens als belangrijk hulpmiddel kan worden toegepast voor het onderzoeken van andere monsternemingsproblemen (onder andere andere vraagstellingen, andere toetsingscriteria, andere matrices).

9. Referenties

- [1] Voortman, A.G.W., F.P.J. Lamé, Het project bodem-grond-bodem, TNO rapport MW-R 94/143, juni 1994
- [2] Lamé, F.P.J., Een interim-protocol voor de toetsing van partijen grond, TNO rapport MW-R 94/207, augustus 1994
- [3] Raad, J.S., Verslag van de workshop "van een interim- naar een definitief protocol voor grond" gehouden op 10 november 1994, bij brief van VROM-DGM d.d. 23 december 1994
- [4] Voortman, A.G.W., F.P.J. Lamé, G.B. Derksen, Een beschrijving van foutenbronnen bij de monsterneming van partijen grond- of steenachtige bouwmaterialen of afvalstoffen, TNO rapport MW-R 94/165, juli 1994
- [5] Aalbers, Th.G., G.B. Derksen, Toetsen van bouwmaterialen aan normen en eisen, RIVM rapport 771402010, oktober 1995
- [6] NEN 7300, Uitloogkarakteristieken van grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen -- Monsterneming -- Algemene werkwijze, NNI, Ontwerp NEN 7300, mei 1995
- [7] NVN 7301, Uitloogkarakteristieken van grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen -- Monsterneming -- Monsterneming uit materiaalstromen van korrelvormige grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen, NNI, Ontwerp NVN 7301, mei 1995
- [8] NVN 7302, Uitloogkarakteristieken van grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen -- Monsterneming -- Monsterneming uit statische partijen van korrelvormige grond- en steenachtige bouwmaterialen en afvalstoffen, NNI, Ontwerp NVN 7302, mei 1995
- [9] Kroes, P.J., Notulen van de bijeenkomst van de begeleidingscommissie "Protocol schone grond" d.d. 10 mei 1995, bij brief IWACO PKr/EHer-1052850/1305 d.d. 18 mei 1995
- [10] Edelman, Th., Achtergrondgehalten van stoffen in de bodem, Reeks Bodembescherming 34, Sdu 1984, ISBN 90 12 04690 4
- [11] Lamé, F.P.J., Derksen, G.B., Toetsen van natuurgronden: Effecten van toetsing op meerdere parameters en rekening houden met heterogeniteit in het interim-protocol grond, TNO rapport MW-R 95/026, februari 1995
- [12] Bosman, R., J.W. de Kwaadsteniet, F.P.J. Lamé, C.W. Versluijs, Een keuringsmethode voor procesmatig gereinigde grond, Reeks Bodembescherming 79, Sdu 1990, ISBN 90 120 6466 x
- [13] Pieters, G.A.M., Modelmatig testen van monsternemingsstrategieën, stageverslag, april 1995
- [14] Lamé, F.P.J., Voorstudie monsterneming van bouwmaterialen en vaste afvalstoffen, TNO rapport IMW-R 94/009, januari 1994
- [15] Gy, P.M., Sampling of particulate materials, theory and practice, Developments in geomathematics 4, Elsevier Amsterdam, 1982, ISBN 0-444-42079-7

- [16] Journell, A.G., Ch. Huijbregts, Mining geostatistics, Academic Press, 1978
- [17] Kroes, P.J., Notulen van de bijeenkomst van de begeleidingscommissie "Protocol schone grond", d.d. 9 juni 1995
- [18] Deutsch, C.V., A.G. Journell, GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, 1992, ISBN 0-19-507392-4
- [19] Gy, P.M., persoonlijke mededeling, juli 1995
- [20] Brief van Th.H.M. Maas (SCG) aan F.P.J. Lamé (TNO) d.d. 27 juni 1995
- [21] Technische Commissie Bodembescherming, Advies ministeriële regeling Bouwstoffenbesluit, deelproject 3, TCB S114(1994), 10 november 1994
- [22] Kroes, P.J., Notulen van de bijeenkomst van de begeleidingscommissie "Protocol schone grond", d.d. 23 augustus 1995 ten kantore van SCG te Utrecht
- [23] Fax van Th.H.M. Maas (SCG) aan F.P.J. Lamé (TNO) d.d. 19 september 1995, kenmerk FUP/THM/95.00
- [24] Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Geotechniek en Milieu, Rapport 1995-0108, "Heterogeniteit in de milieuhygiënische kwaliteit van partijen grond", augustus 1995
- [25] NVN 5740, Bodem, Onderzoeksstrategie bij verkennend bodemonderzoek, NNI, september 1991
- [26] Raad, J.S., Deskundigenoverleg en begeleidingscommissie m.b.t. toetsingsprotocol schone grond, Verslag van de vergadering van 7 november 1995 (DPT 95.031)
- [27] Broer, W., Validatieonderzoek van de bepaling van kwik in grond in het kader van het accreditatie-programma "Bouwstoffenbesluit onderdeel: grond; samenstelling", IWACO rapport 9437000.112, september 1995

Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Directoraat Generaal Milieubeheer
Directie Bodem / 625
Drs. E.P.Th. Ruwiel
Postbus 30945
2500 GX Den Haag

Namen en functies van de medewerkers

TNO-MEP	F.P.J. Lamé	Algemeen Projectleider
	G.A.M. Pieters	
	G.R. van Manen	
TNO-TPD	P.R. Defize	
IWACO	P.J. Kroes	Projectleider IWACO
	G. Frapporti	
	P.S.H. Ouboter	

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

TNO Milieuwetenschappen
Afdeling Milieuchemie
Postbus 6011
2600 JA Delft

TNO Technisch Fysische Dienst
Afdeling Toegepaste Statistiek
Postbus 155
2600 AD Delft

IWACO
Postbus 8520
3009 AM Rotterdam

Periode waarin het onderzoek werd uitgevoerd

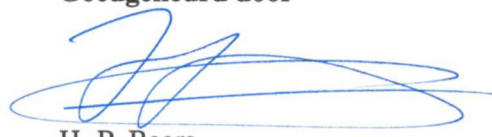
maart 1995 - november 1995

Ondertekening



F.P.J. lamé
Projectleider
Datum: 02/02/96

Goedgekeurd door



H.-P. Baars
Afdelingshoofd Milieukwaliteit en -risico's
Datum: 2/2/96