

Onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling
van de cadmiumverontreiniging
in de Kempen

Projectnummer : PNB.S01.00
Rapportnummer : CSO.013.92
Status : Definitieve rapportage
Opdrachtgever : Provincie Noord-Brabant

Contactperso(n)en : Ing. M. Biet

Steller(s) : Ir. M.R. Hoogerwerf
Drs. E.R.V. Busink

94376

CSO Adviesbureau voor Milieuonderzoek

Postbus 30

3734 ZG Den Dolder

telefoon : 030-287847

telefax : 030-291542

Regulering 20
2981 LB Bunnik
03405-94321

Datum : 30 april 1992

INHOUDSOPGAVE

	blz.
Samenvatting en conclusies	1
Inleiding	3
Doelstelling	3
Beperkingen en randvoorwaarden	4
Onderzoeksgebied.	4
Onderzoeksopzet	7
Deelonderzoek diffuus verontreinigd gebied	9
Beschikbare gegevens	9
Bruikbaarheid van de gegevens	9
Inventarisatie en uitval	9
Monstername	10
Extractie- en analysemethoden	11
Detectielimieten en uitbijters	12
Omvangsbepaling (weinig) belaste gebieden	13
Interpolatietechnieken	13
Kwaliteit van de voorspellingen	14
Resultaten	16
Beschrijvende statistiek	16
Overschrijdingen van de richtwaarden	18
Ruimtelijke variabiliteit	18
Kwaliteit van de voorspellingen	21
Omvangsbepaling	21
Tuinen in weinig belaste en belaste gebieden	30
Conclusies en aanbevelingen	31
Deelonderzoek assenwegen	32
Verspreiding van cadmium vanaf assenwegen	32
Beschikbare onderzoeksgegevens	34
DL&V, 1984	34
Vrije Universiteit, Amsterdam 1985	34
LH, 1985	34
Haskoning, 1985	34
Aanvullend onderzoek CSO, 1991	35
Resultaten	36
DL&V, 1984	36
VU-Amsterdam 1985	37
LH-Wageningen, 1985	37
Haskoning, 1985	38

Aanvullend onderzoek CSO, 1991	38
Discussie	41
Conclusies	42
Overstromingsgebieden	44
Inleiding	44
Verspreiding van zware metalen in overstromingsgebieden	44
Beschikbare onderzoeksgegevens	46
DL&V, 1984	46
Nader onderzoek fase II, Haskoning 1985	46
Iwaco, 1986	47
GTD Oost Brabant, 1988	47
Assenberg en Tielen, 1988	47
Resultaten	48
DL&V, 1984	48
Nader onderzoek fase II, Haskoning 1985	49
Iwaco, 1986	50
GTD, 1988	51
Assenberg en Tielen, 1988	52
Cadmiumverontreiniging en de afstand tot de bron	52
Conclusies	54
Aanbevelingen	55
Conclusies	56
Aanbevelingen	56
Literatuur	58
Bijlage I Coderingen KEMPETOT.DBF	64
Bijlage II Herkomst data KEMPETOT.DBF	67
Bijlage III Verwerking detectielimieten	68
Bijlage IV Rosner's test	70
Bijlage V Beschrijvende statistiek	71
Bijlage VI Indicator semivariogrammen	74
Bijlage VII Lokatiebeschrijving veldonderzoek	75
Bijlage VIII Ligging van de raaie aanvullend onderzoek	79
Bijlage IX Analyseresultaten aanvullend veldonderzoek	80
Bijlage X Cd-gehalten beken Kempen (DL&V, 1984)	81
Kaartbijlagen K	82

Lijst van figuren

Figuur 1	Onderzoeksgebied	5
Figuur 2	Semivariogram	13
Figuur 3	Histogrammen cadmiumgehalten diffuus verontreinigd gebied	17
Figuur 4	Nugget, sill en range voor de 11 indicators	20
Figuur 5	Kans op overschrijding van een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg in procenten (boven) en voorspelde cadmiumgehalten in mg/kg (onder) in het onderzoeksgebied (138000, 349000) tot (183000, 376500).	23
Figuur 6	Kanscontour E (gemeente Bergeijk)	24
Figuur 7	Kanscontouren F (Luyksgestel) en G (Bergeijk)	24
Figuur 8	Kanscontour H (Valkenswaard/Bergeijk)	25
Figuur 9	Kanscontour K (Valkenswaard)	26
Figuur 10	Kanscontour L (Leende)	27
Figuur 11	Kanscontour M (Budel)	27
Figuur 12	Kanscontour O (Budel/Weert)	28
Figuur 13	Kanscontour P (Weert)	28
Figuur 14	Kanscontour S (Weert/Nederweert)	29
Figuur 15	Kanscontour T (Weert/Stramproy/Hunsel)	29
Figuur 16	Cadmiumgehalten in relatie tot de afstand tot de weg, raaien A, C, F en H	40
Figuur 17	Cadmiumgehalten in relatie tot de afstand tot de weg, raaien B, D, E en G	40
Figuur 18	Cadmiumgehalten van de bemonsteringen op 30 meter afstand uit de Dommel, uitgezet tegen de afstand tot de grens.	53

Lijst van tabellen

Tabel I	Omvang van belaste en weinig belaste gebieden voor het diffuus verontreinigd gebied, de overstromingsgebieden en de assenwegen. Oppervlakte in km ²	1
Tabel 1	Gemiddelde, mediaan, standaarddeviatie, min, max, scheefheid, voor het diffuus verontreinigde gebied	16
Tabel 2	Richtwaarden in mg/kg d.s.	18
Tabel 3	Overschrijding A-, SA- en C-waarden (%)	18
Tabel 4	Omvang weinig belaste en belaste gebieden (zie ook kaart-bijlage K.2) in het Nederlandse en Belgische deel van de Kempen. Omvang opgegeven in km ²	22
Tabel 5	Gemiddelde, standaarddeviatie, minimaal en maximaal cadmiumgehalte (in mg/kg) op verschillende afstanden van een assenweg (bron: DL&V, 1984)	36
Tabel 6	Cadmiumgehalten in mg/kg langs drie verschillende assenwegen, op diverse afstanden (in meters) van de weg (bron: VU, amsterdam, 1985)	37
Tabel 7	Gemiddelde, standaarddeviatie, minimaal en maximaal cadmiumgehalte (in mg/kg) van vier raaien aan weerszijden van een assenweg (bron: LH, 1985)	38
Tabel 8	Gemiddelde, standaarddeviatie, minimaal en maximaal cadmiumgehalte in mg/kg van acht raaien van een aanvullend veldonderzoek naar de invloed van assenwegen.	39
Tabel 9	Aantal overschrijdingen van de gedefinieerde grenswaarden per afstandsklasse.	41
Tabel 10	Gemiddelde, Standaarddeviatie, variatiecoëfficiënt en maximum cadmiumgehalte op drie afstanden van verschillende beken in de Kempen (bron: Directie Landbouw en voedselvoorziening 1984).	49
Tabel 11	Het gemiddelde, standaarddeviatie, variatiecoëfficiënt en maximaal aangetroffen cadmiumgehalten op afstanden van 5 m en 30 m van drie beken in de Kempen, de Dommel en de Tungelroysche beek (bron: Haskoning, 1985).	50
Tabel 12	Overstromingsfrequentie en cadmiumgehalten in 3 inundatiegebieden (bron: Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, 1988)	51

1 Samenvatting en conclusies

In opdracht van de provincies Noord-Brabant en Limburg is een inventarisatie gemaakt van de beschikbare gegevens over de cadmiumverontreiniging in de Kempen van de bovenste 30 cm van de bodem. Voor een omvangsbepaling is een grenswaarde van 2,5 mg cadmium/kg d.s. gedefinieerd. Weinig belaste gebieden zijn gebieden waar een kans van 2-10% bestaat dat deze grenswaarde wordt overschreden. Belaste gebieden zijn gebieden waar een kans van 10% of meer bestaat op overschrijding van de grenswaarde.

De omvang van weinig belaste en belaste gebieden is bepaald voor het diffuus verontreinigd gebied, de overstromingsgebieden van de Dommel en Tungelroysche beek en voor de assenwegen (tabel I). Op afstanden van meer dan 1 meter aan weerszijde van de assenwegen zijn geen cadmiumgehalten van boven de 2,5 mg/kg aangetroffen. Voor de schatting van de omvang van de belaste gebieden langs assenwegen is gebruik gemaakt van een voorlopige schatting van de totale lengte van de assenwegen van 800 km. De schatting omvat niet het weglichaam zelf. Momenteel wordt onderzoek verricht om te komen tot een definitieve schatting van de totale lengte van de assenwegen.

Tabel I Omvang van belaste en weinig belaste gebieden voor het diffuus verontreinigd gebied, de overstromingsgebieden en de assenwegen. Oppervlakte in km².

Deelonderzoek		Geschat oppervlak (km ²)	
		Belast	Weinig belast
Diffuus verontreinigd gebied	Nederland	35	25
	België	167	45
	Totaal	202	70
Assenwegen	Open	1,6	?
	Begraven	?	?
	Totaal	> 1,6	?
Overstromingsgebieden	Dommel	ca. 9,8	?
	Tungelr. Beek	ca. 0,5	?
	Totaal	ca. 10,3	?

Omdat het, door het ontbreken van voldoende analysegegevens, niet mogelijk is een ruimtelijke differentiatie te maken is in de tabel voor de overstromingsgebieden alleen een schatting gegeven van het oppervlak van de

belaste gebieden.

In de weinig belaste en belaste gebieden van het diffuus verontreinigd gebied wordt het aantal moestuinen geschat op ca. 1500 met een totaal oppervlak van minstens 16 ha. tot meer dan 26 ha. Het aantal siertuinen wordt geschat op 4500 met een totaal oppervlak van minstens 42 ha tot meer dan 69 ha. De gevolgde schattingsmethode leidt waarschijnlijk tot een overschatting van het aantal tuinen in de orde van 15%, zodat de omvang in werkelijkheid geringer zal zijn.

Een beperkte risico-analyse (bijgevoegd als losse bijlage bij dit rapport) toont aan dat in belaste gebieden verhoogde risico's voor de volksgezondheid kunnen optreden als gevolg van de consumptie van, in dat gebied zelf geteelde, groenten. Omdat slechts een beperkt aantal gewasmonsters is geanalyseerd wordt aanbevolen in belaste gebieden een aanvullend onderzoek uit te voeren naar de cadmiumgehalten in groenten.

In de overstromingsgebieden wordt op enkele lokaties de C-waarde overschreden. Deze lokaties moeten nader worden onderzocht. Aanbevolen wordt het landgebruik in de overstromingsgebieden in kaart te brengen zodat saneringsmaatregelen kunnen worden getroffen op de lokaties waar contactmogelijkheden met de cadmiumverontreiniging aanwezig zijn.

2 Inleiding

Als gevolg van de uitstoot van zware metalen door zinkverwerkende fabrieken in de Belgisch-Nederlandse grensstreek is het milieu in de Kempen belast met deze metalen. In 1983 is door de provinciale besturen van Noord-Brabant en Limburg besloten in het kader van de provinciale bodemsaneringsoperatie een gezamenlijk onderzoek op te starten naar de verontreiniging van de bodem en het grondwater in de Kempen.

Inmiddels is een aantal onderzoeken afgerond. De belangrijkste onderzoeken zijn het Nader Onderzoek fase I en II, uitgevoerd door Haskoning (1983 resp. 1985). Op basis van de resultaten van deze onderzoeken en op basis van onderzoeken naar de bodem-gewasrelatie (IB) en een gezondheidskundig onderzoek (RIVM) zijn de mogelijke gezondheidsrisico's geëvalueerd. Hieruit is naar voren gekomen dat, indien de cadmiumgehalten in de bodem hoger zijn dan 0,7 mg/kg, de cadmiumgehalten in de op deze bodem geteelde consumptiegewassen de Warenwetnorm kunnen overschrijden. Bij cadmiumconcentraties hoger dan 2,5 mg/kg moeten, op lokaties die in gebruik zijn voor de teelt van consumptiegewassen, saneringsmaatregelen worden getroffen.

Naar aanleiding van de resultaten van de risico-evaluatie zijn een aantal regionale en in het kader van de Interimwet Bodem Sanering (IBS) tientallen lokale onderzoeken uitgevoerd. Omdat al deze onderzoeken in verschillende kaders zijn verricht en er vele overheden en onderzoeksinstituten bij zijn betrokken, is een grote hoeveelheid gegevens beschikbaar gekomen die echter hun samenhang missen. Hierdoor en door de lange looptijd van het saneringsproject is het moeilijk een totaaloverzicht van de problematiek te krijgen. Dit belemmert het opstellen van een meerjarenplan, waardoor de verdere voortgang van de saneringsoperatie wordt vertraagd.

De provinciale besturen hebben CSO Adviesbureau voor Milieuonderzoek opdracht verleend om, op basis van reeds beschikbare gegevens, onderzoek te verrichten naar de omvang van de cadmiumverontreiniging in de toplaag van de bodems in de Kempen.

3 Doelstelling

Ten behoeve van de verdere voortgang van de saneringsoperatie in de Kempen zal, gezien de omvang van de problematiek, een meerjarenplanning moeten worden opgesteld. In deze meerjarenplanning moeten alle aspecten van de verontreinigingsproblematiek aan de orde komen. Hiervoor is een inzicht nodig in de totale omvang van de verontreiniging in de Kempen, zodat de beschikbare gegevens dusdanig kunnen worden aangewend dat een maximaal milieurendement wordt bereikt.

Dit onderzoek stelt zich tot doel om de gegevens van tot nu toe verrichte onderzoeken te verzamelen en te beoordelen op hun bruikbaarheid, op basis van de bruikbare gegevens een beschrijving te maken van de omvang van de cadmiumverontreiniging in de Kempen en leemten in kennis aan te geven, zodat voldoende informatie beschikbaar is om scenario's op te stellen voor een meerjarenplanning van de saneringsoperatie in de Kempen.

Ten aanzien van de omvangsbepaling worden drie deeldoelstellingen gedefinieerd:

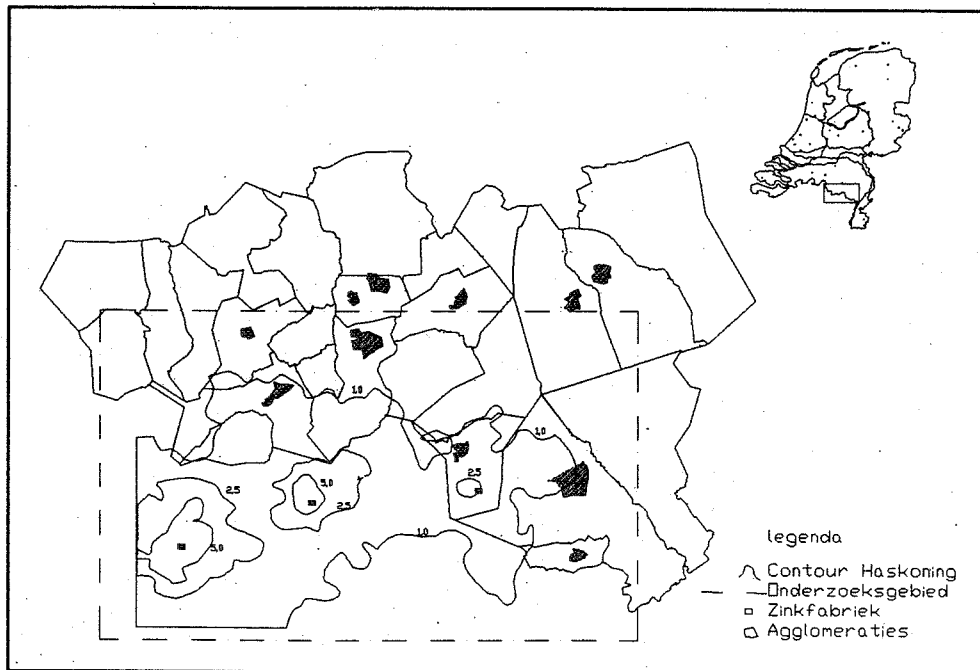
- Het bepalen van de kans op het aantreffen van een cadmiumgehalte in de toplaag van de bodem die de operationeel gedefinieerde grenswaarden (zie verder) overschrijdt;
- Het zo exact mogelijk bepalen van het oppervlak van de belaste en de weinig-belaste gebieden;
- Het schatten van het percentage van het oppervlak van de belaste en weinig-belaste gebieden dat als particuliere tuin in gebruik is.

4 **Beperkingen en randvoorwaarden**

Het onderzoek beperkt zich tot de toplaag van de terrestrische bodem (0-30 cm-mv), met inbegrip van de bodem in de overstromingsgebieden en tot de bodems langs assenwegen. Onderzoek naar de verontreiniging van het grondwater wordt uitgevoerd in een ander kader (TAUW, 1991). Het bedrijfsterrein Budelco en de onderwaterbodems blijven buiten beschouwing. Ook de bodemverontreiniging veroorzaakt door de aanwezigheid van assenerven en assendepots wordt niet onderzocht.

5 **Onderzoeksgebied.**

Het onderzoeksgebied is deels gelegen in de provincies Noord-Brabant en Limburg en deels in België (figuur 1 en kaartbijlage K.1). Voor het onderzoek naar de overstromingsgebieden, assenwegen en de bepaling van het aantal tuinen is de aandacht gericht op het Nederlandse deel. Het Nederlandse deel van het onderzoeksgebied omvat de gemeenten (lijst van gemeenten in Limburg is van vóór de gemeentelijke herindeling) Grathem, Hunsel, Stramproy, Nederweert en Weert in Limburg en Budel, Someren, Asten, Maarheze, Heeze, Leende, Waalre, Valkenswaard, Riethoven, Westerhoven, Bergeijk, Eersel, Bladel, Hoogeloon, Reusel en Luijkgestel in Noord-Brabant. Voor het in kaart brengen van de gebieden waar de operationeel gedefinieerde grenswaarden worden overschreden wordt in het diffuus verontreinigde gebied ook het Belgische deel beschouwd.



Figuur 1 Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied kan worden begrensd op basis van de verschillende verspreidingsroutes van cadmium in het milieu. Cadmium kan langs verschillende wegen vanuit de bron in de toplaag van de bodem terecht komen:

- door atmosferische depositie (diffuse verontreiniging);
- door sedimentatie of deponie van slib, afkomstig van waterlopen die verontreinigd zijn geraakt door (in)directe lozingen;
- door verwaaing van cadmiumhoudend stof en wegspringend of met regenwater afspoelend cadmiumhoudend materiaal vanaf assenwegen, -erven en -depôts.

Deze drie verspreidingsroutes zijn bepalend voor de grootte van het onderzoeksgebied. In het Nader Onderzoek fase II is een diffuus verontreinigd gebied gedefinieerd als een gebied waar de cadmiumgehalten in de toplaag van de bodem als gevolg van atmosferische depositie hoger zijn dan 1 mg/kg. Op basis van de berekende isoconcentratie lijn voor cadmium van 1 mg/kg bedraagt de oppervlakte van dit gebied ca. 488 km² waarvan circa 157 km² in het Nederlandse deel van de Kempen. De tot nu toe genomen monsters beslaan een gebied van ca. 1200 km². Door de wijdverbreide toepassing van zinkslakken als verhardingsmateriaal en het transport van de verontreinigingen door waterlopen strekt het totale onderzoeksgebied zich uit tot een oppervlak van circa 1500 km². Het onderzoek naar de bodems in overstromingsgebieden beperkt zich tot de Dommel en Tungelroysche beek.

Indeling op basis van grenswaarden

De opzet van het onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling vloeit voort uit de aanpak die zal worden gevolgd bij de uitvoering van de uiteindelijke saneringsmaatregelen. Het antwoord op de vraag of en zo ja, welke saneringsmaatregelen zullen worden getroffen is afhankelijk van de cadmiumgehalten in de bodem en het feitelijk gebruik van de grond:

<	0,7	mg/kg	geen maatregelen	
0,7	-	2,5	mg/kg	adviseren over gebruik en bemesting
2,5	-	20	mg/kg	saneren, uitsluitend in (potentiële) moestuinen
>	20	mg/kg	saneren ongeacht het feitelijk bodemgebruik	

Bij gehalten $\geq 0,7$ mg/kg in de bodem kunnen cadmiumgehalten in consumptiegewassen, die op de verontreinigde bodem worden geteeld, de Warenwetnorm overschrijden en moet een gebruiks- en/of bemestingsadvies worden gegeven.

Bij gehalten $\geq 2,5$ mg/kg moeten saneringsmaatregelen worden genomen op lokaties die in gebruik zijn als moestuin of hiervoor in gebruik kunnen worden genomen (potentiële moestuinen). Bij gehalten boven de 20 mg/kg moeten saneringsmaatregelen worden genomen ongeacht het bodemgebruik.

Uit beschikbare onderzoeksresultaten blijkt dat overschrijdingen van de C-norm voor cadmium uitsluitend voorkomen in de overstromingsgebieden van de Dommel, Tungelroyse beek en Neerbeek. Het totale oppervlak van het gebied waar de C-norm mogelijk wordt overschreden is circa 1030 ha: ± 980 ha overstromingsgebied langs de Dommel en ± 50 ha langs de Tungelroyse beek en de Neerbeek.

Cadmium-concentraties tussen 2,5 en 20 mg/kg kunnen op uiteenlopende lokaties worden aangetroffen. In een onderzoek van de Rijksuniversiteit Utrecht naar de achtergrondconcentraties van enkele zware metalen in het Limburgse zandgebied bleek dat 1 à 2% van de cadmium gehalten in de toplaag van de bodem op een niet-belaste lokatie groter was dan 2,5 mg/kg. Als het Limburgse onderzoeksgebied representatief is voor alle niet-belaste lokaties in het Nederlandse zandgebied, betekent dit, dat de kans op het aantreffen van cadmiumconcentraties $> 2,5$ mg/kg in de toplaag van de bodem in dergelijke gebieden tussen de 1 en 2% ligt. Als deze kans groter is dan 10% is er sprake van een belast gebied. Als de kans groter is dan 1 à 2% maar kleiner dan 10% is er sprake van een weinig belast gebied. Mogelijke (weinig) belaste gebieden binnen het onderzoeksgebied zijn:

- het diffuus verontreinigd gebied, globaal begrensd door de berekende cadmium isoconcentratielijn van 1 mg/kg (circa 15700 ha in het Nederlandse deel van de Kempen);
- de overstromingsgebieden en slibdepôts langs de Dommel, Tungelroyse beek en Neerbeek, met een geschat oppervlak van

- 1030 ha;
- nabij assenwegen, -erven en -depôts. De totale lengte aan assenwegen wordt geschat op ruim 800 km (Haskoning, 1985), waarvan circa 100 km binnen het diffuus verontreinigd gebied ligt. Afhankelijk van de afstand tot waarop de invloed van de weg reikt, is het verontreinigd oppervlak meer of minder groot. Het aantal assendepôts wordt geschat op 13. De hoeveelheid assenerven is onbekend.

6 Onderzoeksopzet

Het onderzoek is opgedeeld in drie deelonderzoeken, die ieder gericht zijn op een verspreidingsroute:

- Deelonderzoek Diffuus verontreinigd gebied
- Deelonderzoek Overstromingsgebieden
- Deelonderzoek Assenwegen

Voor alle deelonderzoeken zijn zoveel mogelijk (onderzoeks)rapporten verzameld die van belang zouden kunnen zijn voor de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen. Hiertoe zijn de provincies Noord-Brabant en Limburg, gemeenten, waterschappen en universiteiten benaderd. Alle verkregen rapporten en onderzoeksgegevens zijn vervolgens op bruikbaarheid beoordeeld.

Bruikbaarheid van de onderzoeksrapporten

Voor het onderzoek betreffende de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen is gebruik gemaakt van verschillende rapporten. Niet van alle rapporten met betrekking tot de zware metalen problematiek in de Kempen is gebruik gemaakt. Onderzoeksrapporten die geen betrekking hadden op de opdracht zoals geformuleerd door Provincie Noord-Brabant en Provincie Limburg of die geen bruikbare gegevens bevatten, zijn buiten beschouwing gelaten. Dit zijn o.a. onderzoeken die zijn uitgevoerd op het bedrijfsterrein van Budelco B.V., onderzoeken naar de verontreiniging van het grondwater en naar de verontreiniging van de onderwaterbodems en onderzoeken naar het uitloggedrag van zinkassen en onderzoeken naar de detectiemogelijkheden van assenwegen waarbij alleen geanalyseerd is op zink en ijzer (TAUW, 1990).

Rapporten die analysesresultaten van bodemmonsters bevatten en rapporten die bij globale beschouwing mogelijkerwijs analysesresultaten konden bevatten zijn in de literatuurlijst opgenomen.

Bruikbaarheid van gegevens

De resultaten van diverse onderzoeken zijn bekeken op hun bruikbaarheid. Hiervoor zijn de volgende criteria gehanteerd:

1. gegevens hebben betrekking op de opdracht, d.w.z. bodemonsters van 0-30 cm-mv.
2. bemonsterde punten zijn voorzien van coördinaten of er is de mogelijkheid deze te bepalen
3. het totaalgehalte aan cadmium is bepaald
4. de gegevens zijn vergelijkbaar, dus:
 - a. monsternamen moeten ongeveer gelijk zijn (d.i. mengmonsters representatief over een gelijk oppervlak)
 - b. gelijke extractiemethode (gebruikelijke methode is extractie m.b.v. koningswater of geconcentreerd salpeterzuur)
 - c. gelijke analysemethode

Diffuus verontreinigd gebied

Voor het deelonderzoek diffuus verontreinigd gebied is met een stochastische interpolatietechniek op basis van de bruikbare onderzoeksgegevens een omvangsbepaling gemaakt van de weinig belaste en belaste gebieden. Voor één lokatie in Budel is een gezondheidkundige risicobeoordeling gemaakt. Deze risicobeoordeling is opgenomen als een aparte bijlage bij dit onderzoek (Hoogerwerf, 1992).

Assenwegen

Voor het deelonderzoek assenwegen is op basis van de beschikbare gegevens nagegaan hoever de (verontreinigende) invloed van assenwegen reikt. Vanwege het beperkte aantal beschikbare gegevens is hiervoor ook aanvullend veldwerk verricht waarbij 70 monsters zijn genomen.

Overstromingsgebieden

Voor het deelonderzoek overstromingsgebieden is op basis van beschikbare gegevens nagegaan, wat de relatie is tussen overstromingsfrequentie en cadmiumgehalte in de Kempen. Indien voor de bestaande inundatiegebieden langs de beken een indeling in overstromingsfrequentie-klassen kan worden gemaakt en vervolgens kan worden bepaald hoe het cadmium-gehalte zich verhoudt tot de frequentie van overstroming, dan kunnen de resultaten dienen als basis voor de omvangsbepaling van de cadmium-verontreiniging in overstromingsgebieden. Indien immers de overstromingsfrequentie-klassen bekend zijn én de relatie tussen cadmium-gehalte en overstromingsfrequentie, dan kunnen de puntwaarnemingen worden geïnterpoleerd naar vlakken en kan vervolgens voor het totale oppervlak aan overstromingsgebieden de verontreinigingssituatie worden gemodelleerd.

7 Deelonderzoek diffuus verontreinigd gebied

7.1 Beschikbare gegevens

Bij het opzetten van het gegevensbestand voor het diffuus verontreinigd gebied is uitgegaan van een gegevensbestand van Haskoning. Dit bestand bevatte de tot juli 1985 verzamelde gegevens. Haskoning heeft een begin gemaakt met het systematisch verzamelen van data in 1983, toen het bureau opdracht kreeg van de Provincies Noord-Brabant en Limburg een inventariserend onderzoek uit te voeren (Nader Onderzoek fase I). Volgens dit inventarisatierapport zijn de gegevens van ongeveer 1072 monsters verzameld.

In oktober 1985 is het onderzoeksrapport Nader Onderzoek fase II verschenen, dat vier deelprojecten omvat. Dit onderzoek is door Haskoning uitgevoerd in opdracht van de Provincies Noord-Brabant en Limburg. In deelproject II (Onderzoek naar de diffuse verontreiniging van bodem en grondwater met cadmium en zink) wordt gebruik gemaakt van een gedeelte van de in 1983 geïnventariseerde gegevens, maar er wordt ook aanvullend bemonsterd (ongeveer 160 monsters). Tevens zijn er door het LISEC (België) ongeveer 200 gegevens ter beschikking gesteld. Deze gegevens zijn opgenomen in het gegevensbestand van Haskoning.

De verzamelde gegevens zijn ingevoerd in een gegevensbestand, dat is opgezet met behulp van Dbase IV. De structuur van het gegevensbestand is opgenomen in bijlage I. In het bestand zijn naast de meest relevante gegevens als cadmiumgehalte, diepte ten opzichte van maaiveld, x- en y-coördinaten en landgebruik ook voor dit onderzoek minder relevante gegevens opgenomen. Hierbij gaat het om gegevens als land en gemeente waarin het monsterpunt gelegen is, bodemtype, gehalten aan andere zware metalen etcetera. Door de brede opzet van de dataset is het mogelijk deze voor meerdere doeleinden te gebruiken. De herkomst van de gegevens is vermeld in bijlage II.

7.2 Bruikbaarheid van de gegevens

7.2.1 Inventarisatie en uitval

Uit de conceptrapportage Saneringplan fase 1A (Haskoning, 1987) zijn gegevens overgenomen. Dit saneringsonderzoek omvat onderzoek in clusters in Budel-Dorplein en Budel-Schoot, Bergeijk, Valkenswaard en Weert. Hierbij zijn de clusters in Budel-Dorplein en Budel-Schoot buiten beschouwing gelaten, evenals de vervolgonderzoeken in Budel-Dorplein die op het clusteronderzoek volgden (Haskoning, 1989). Het is noodzakelijk de invloed van de assenwegen en van de waterlopen te minimaliseren. Juist in Budel-Dorplein zal er een storende invloed zijn vanwege de aanwezigheid van veel assenwegen. Bovendien is de gemeente Budel al uitgebreid onderzocht, o.a. een moestuinonderzoek (Oranjewoud, 1990).

In het algemeen liggen de monsterpunten uit de clusteronderzoeken in tuinen. De coördinaten van deze punten moesten nog worden ingemeten. Hiervoor is gebruik gemaakt van de bij de conceptrapportage (1987) behorende overzichtskaartjes en situatieschetsen. Bij vergelijking van de kaartjes uit de conceptrapportage en uit de eindrapportage (Saneringsonderzoek Saneringsgebied fase 1A, 1989), blijkt de ligging van de lokaties dusdanig van elkaar te verschillen, dat een keuze moet worden gemaakt. In het Saneringsonderzoek Saneringsgebied fase 1A (1989, eindrapport) is de boerderij Voorhoeve waar een monster is genomen verwisseld met de boerderij Janshoeve, zo'n 750 m ten zuidwesten van de Voorhoeve. Bovendien bevat de schets een oostpijl, die als noordpijl is bedoeld. Het kaartje uit het conceptrapport uit 1987 komt betrouwbaarder over. Om die reden is gekozen om uit te gaan van de conceptrapportage.

In 1989 zijn vrijwel alle moestuinen in de gemeenten Budel en Weert bemonsterd (Oranjewoud, 1989). Hierbij is in ieder geval de toplaag (tot 30 cm.) bemonsterd en in een aantal gevallen ook de onderlaag (30-60 cm-mv). Het totaalgehalte aan cadmium en zink is bepaald. De coördinaten zijn na digitalisering van de monsterpunten vastgesteld op de mm. Het bureau vermeldt hierbij dat de onnauwkeurigheid op 5 tot 30 m geschat moet worden. De gesuggereerde nauwkeurigheid op de mm is zeer onwaarschijnlijk. Daarom zijn de coördinaten van de Oranjewoud-gegevens in het bestand opgenomen met een nauwkeurigheid van één meter. De ruim 2000 toplaag-monstergegevens zijn opgenomen in het gegevensbestand.

7.2.2 Monstername

Het is onbekend of de monsters uit Nader Onderzoek fase I mengmonsters zijn. Tevens is onbekend over welk oppervlak eventuele mengmonsters representatief worden geacht.

De monsters die afkomstig zijn uit de aanvullende bemonstering van het deelproject II uit het Nader Onderzoek fase II gegevensbestand van Haskoning zijn mengmonsters van 10 à 15 steken tot 30 cm. genomen over een oppervlak van 100 m² (z.g. landbouwbemonsteringen).

Afhankelijk van het landgebruik zijn de mengmonsters genomen in de volgende dichtheden:

- 1 mengmonster per 2 km² in agrarische- en drinkwatergebieden,
- 2 mengmonsters per 1 km² in stedelijke gebieden,
- 1 mengmonster per 4 km² in natuur- en bosgebieden.

Hoewel de monstergegevens naar alle waarschijnlijkheid zijn opgenomen in het totale gegevensbestand van Haskoning (d.i. alle gegevens tot juli 1985) is bovenstaande informatie niet bruikbaar, omdat het onbekend is om welke monsters het in het bestand gaat.

De monsters uit het onderzoek Saneringsplan fase 1A (1987) zijn mengmonsters samengesteld uit 10 boringen tot 30 cm-mv. Per voor- en achtertuin is één mengmonster samengesteld.

De bemonstering van de moestuinen in Budel en Weert is uitgevoerd m.b.v. steekgutsen. Per moestuin is een mengmonster samengesteld uit, afhankelijk van het oppervlak van de tuin 10, 15 of 20 steken tot 30 cm-mv.

Concluderend kan worden gesteld dat van een groot aantal monsters onbekend is of het mengmonsters zijn, uit hoeveel steken ze zijn samengesteld en over welk oppervlak ze representatief zijn gesteld. Het criterium dat alle monsters op vergelijkbare manier zijn genomen of samengesteld, is hierdoor moeilijk te hanteren. Daarom is besloten dit criterium te laten vallen.

7.2.3 Extractie- en analysemethoden

Van de monsters, waarvan de analysegegevens in 1983 verzameld zijn in het kader van Nader Onderzoek fase I, is bekend dat de extractiemethode berust op 80-100% destructie. Dit is gebeurd m.b.v. 0.5 N HNO₃ (80-100% destructie) en met een overmaat zuur (100% destructie). Van deze monsters is bekend dat het totaalgehalte aan cadmium is bepaald, maar is onbekend hoe ze geanalyseerd zijn.

Van de monsters genomen in het kader van het Saneringsplan fase 1A (1987), het clusteronderzoek, is zowel de extractiemethode als de analysemethode onbekend. In de vervolgonderzoeken op het clusteronderzoek zijn wel de extractie- en analysemethode beschreven, nl. ontsluiting d.m.v. koningswater en analyse m.b.v. de AAS- of ICP-methode.

Zoals eerder vermeld zijn de coördinaten en analysegegevens van de monsters genomen in het kader van het Saneringsonderzoek Saneringsgebied fase 1A overgenomen uit het conceptrapport uit 1987. In dit rapport staat echter niet precies vermeld hoe de monsters geanalyseerd zijn, maar waarschijnlijk met de AAS- vlam- of grafietoventechniek.

Een deel van de monsters in het tuinenonderzoek in Budel en Weert is geanalyseerd m.b.v. de AAS-vlamtechniek en bij een cadmiumgehalte kleiner dan 1 mg/kg m.b.v. de AAS-grafietoventechniek. Een ander deel is geanalyseerd m.b.v. de AES-ICP-techniek. Deze methode geeft systematisch hogere waarden. Er is niet aan te geven welke monsters op welke wijze zijn geanalyseerd.

De wijze waarop een grondmonster wordt geëxtraheerd is meer bepalend voor het meten van een gehalte dan de wijze waarop er gemeten wordt. In principe geven de AAS- en ICP-methode een zelfde waarde. Systematische verschillen zoals hierboven beschreven zijn eerder toe te schrijven aan de ijking van de apparatuur dan aan de analysemethode.

De analyseresultaten die afkomstig zijn uit bovengenoemde rapporten zijn verkregen m.b.v. hetzelfde extractiemiddel. Er is uitgegaan van 80-100% destructie van het bodemmateriaal.

7.2.4 Detectielimieten en uitbijters

Er zijn verschillende manieren om de detectielimieten aan te geven in een dataset. Er kan een minteken voor het nog te detecteren gehalte worden gezet, of er kan een nulwaarde worden ingevuld. Oranjewoud heeft de detectielimiet aangegeven d.m.v. een minteken. De waarde van deze detectielimiet was 0.4 mg/kg d.s. Een aantal gegevens afkomstig uit andere onderzoeken bleken nog onder deze waarde te liggen. In de dataset is dus sprake van meerdere detectielimieten, het is echter onbekend welke dit zijn, afgezien van de 0.4 mg/kg d.s.

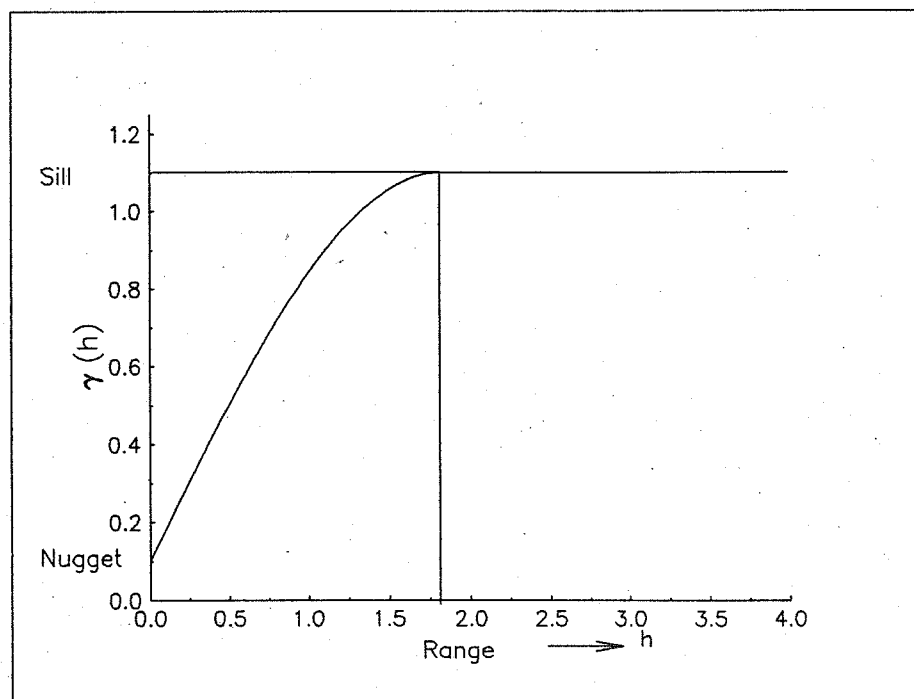
Detectielimieten worden niet uit het gegevensbestand verwijderd. Ze verschaffen wel degelijk informatie. De waarde van de gegevens onder de detectielimiet zijn gereconstrueerd volgens de in bijlage III beschreven methode. Omdat er in het gebied onder de hoogste (bekende) detectielimiet veel onzekerheden zijn, is om pragmatische redenen besloten alle waarnemingen gelijk aan en onder die detectielimiet te vervangen door de helft van de waarde van de hoogste detectielimiet: 0.2 mg/kg d.s. Twee waarnemingen bevatten de waarde 0.00. Deze zijn uit het gegevensbestand verwijderd, omdat onbekend is of dit op een detectielimiet sloeg of dat hier het cadmiumgehalte niet bepaald was.

Uitbijters zijn verwijderd m.b.v. Rosner's test voor uitbijters (zie bijlage IV). Op basis van Rosner's test bevat het bestand 5 uitbijters. Deze uitbijters zijn weggelaten bij het berekenen van de beschrijvende statistiek.

7.3 Omvangsbepaling (weinig) belaste gebieden

7.3.1 Interpolatietechnieken

Voor de omvangsbepaling van de belaste en weinig belaste gebieden is gebruik gemaakt van Ordinary Kriging (OK) en Multiple Indicator Kriging (MIK). OK en MIK zijn stochastische interpolatie technieken die zijn gebaseerd op de theorie van de geregionaliseerde variabelen (Journel en Huijbregts, 1978; Isaaks en Srivastava, 1989, Stein en Corsten, 1991). In het volgende wordt volstaan met het beschrijven van enkele basisbegrippen. Zowel OK als MIK gebruiken de ruimtelijke afhankelijkheid tussen waarnemingspunten voor het doen van voorspellingen. Deze ruimtelijke afhankelijkheid kan worden beschreven door een zg. semivariogram (figuur 2), waarin de variabiliteit (uitgedrukt in de semivariantie $\gamma(h)$) wordt uitgezet tegen de afstand tussen waarnemingspunten. Waarnemingen die dicht bij elkaar zijn gelegen lijken meer op elkaar dan waarnemingen die verder van elkaar zijn verwijderd.



Figuur 2 Semivariogram

Het semivariogram heeft enkele belangrijke kenmerken :

De **nugget** is een discontinuïteit aan de oorsprong en een maat voor de variabiliteit op zeer korte afstand (i.e. afstanden kleiner dan de kleinste onderlinge afstand tussen waarnemingen). Bij toenemende afstanden tussen

waarnemingspunten neemt de variabiliteit toe (de waarnemingspunten lijken steeds minder op elkaar) tot een bepaalde afstand, waarna een toename van de afstand geen stijging van de variabiliteit meer tot gevolg heeft. Deze afstand wordt de **range** genoemd. De variantie die hoort bij deze afstand heet de **sill**. De sill komt overeen met de totale variantie in het onderzoeksgebied.

Voor het gebruik van OK wordt eerst een experimenteel variogram berekend. Voor dit experimentele variogram wordt een functie gemodelleerd die het variogram goed beschrijft. Vervolgens wordt het model gebruikt in de voorspellingen. OK voorspelt op basis van verrichte waarnemingen de waarde (in dit geval het cadmiumgehalte) op lokaties die niet zijn bezocht.

In tegenstelling tot OK geeft MIK geen voorspelling van een waarde op een lokatie maar voorspelt een frequentieverdeling van waarden op een lokatie. Aan de hand van deze frequentieverdeling wordt vervolgens de kans berekend dat een bepaalde waarde (**cutoff**) wordt overschreden. Vaak is dit een waarde die is gekozen als richtwaarde voor het nemen van bepaalde maatregelen. In dit onderzoek wordt de aandacht gericht op 1 cutoff, namelijk de operationeel gedefinieerde grenswaarde van 2,5 mg/kg.

MIK maakt gebruik van meerdere indicator variogrammen; dit zijn variogrammen die de ruimtelijke relatie weergeven van de waarnemingen met gehalten lager dan een indicator waarde. In dit onderzoek zijn semivariogrammen gemodelleerd voor de indicator waarden 0,5 mg/kg, 0,6 mg/kg, 0,7 mg/kg, 0,8 mg/kg, 1,0 mg/kg, 1,1 mg/kg, 1,3 mg/kg, 1,6 mg/kg, 2,5 mg/kg en 5,0 mg/kg.

Voor de omvangsbepaling zijn aan de hand van het totale gegevensbestand kaarten vervaardigd die bestaan uit voorspellingen voor blokken van 500 x 500 meter. Deze blok grootte is gekozen uit praktische overwegingen. Bij kleinere blokken neemt de rekentijd te veel toe en worden de gegevensbestanden te groot voor een efficiënte verwerking van de resultaten.

7.3.2 Kwaliteit van de voorspellingen

Om een indruk te krijgen van de betrouwbaarheid van de voorspellingen zijn uit het gegevensbestand van alle waarnemingen aselect 225 waarnemingen verwijderd die fungeren als test set. Deze waarnemingen zijn dus niet gebruikt om voorspellingen te doen (voor de uiteindelijke omvangsbepaling zijn wel alle waarnemingen gebruikt). Vervolgens zijn met de overgebleven waarnemingen voorspellingen uitgevoerd voor de 225 waarnemingen in de test set. Voor de 225 test data zijn de voorspelde waarden vergeleken met de werkelijk gemeten waarde. De Gemiddelde Standaardafwijking van de Voorspelling (GSV), is een maat voor de kwaliteit van de voorspellingen die wordt bepaald volgens (1).

$$GSV = \frac{1}{225} \sqrt{\sum_{i=1}^{225} (t_i - y_i)^2} \quad (1)$$

waarin t_i de voorspelling voor het i -de testpunt en y_i de gemeten waarde voor het i -de test punt. Hoe lager de GSV, des te betrouwbaarder de voorspellingen.

7.4 Resultaten

7.4.1 Beschrijvende statistiek

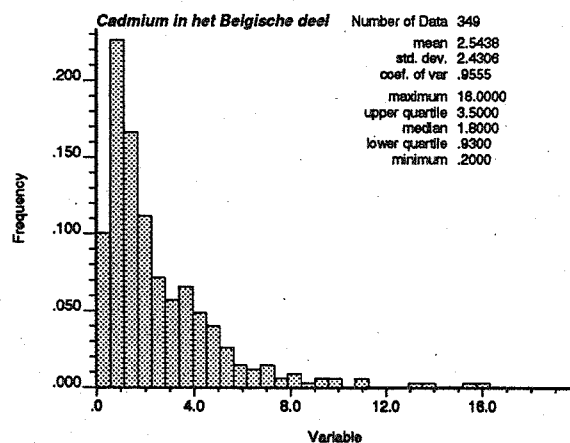
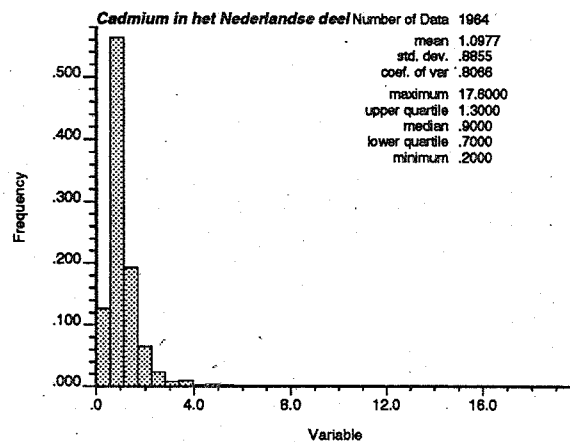
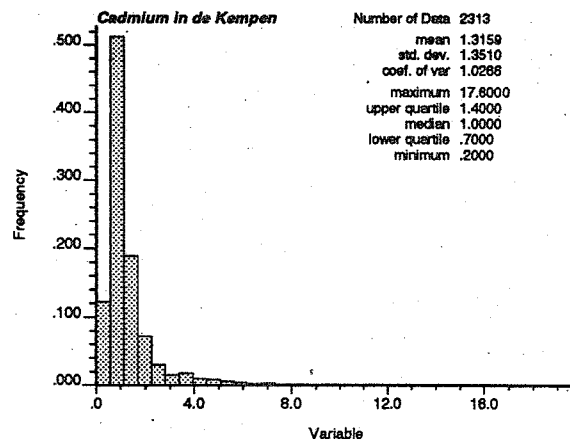
De cadmiumgehalten in het diffuus verontreinigd gebied in zowel België als Nederland zijn lognormaal verdeeld (figuur 3). De belangrijkste statistische parameters voor het gehele diffuus verontreinigde gebied, en voor het Nederlandse en Belgische deel afzonderlijk, zijn opgenomen in tabel 1. In bijlage V is een verklaring van deze parameters opgenomen.

Tabel 1 Gemiddelde, mediaan, standaarddeviatie, min, max, scheefheid, voor het diffuus verontreinigde gebied

parameter	totale dataset	Nederland	België
omvang	2313 2318*	1964	349
gemiddelde	1,3	1,1	2,5
mediaan	1,0	0,9	1,8
modus	1,0	0,7	0,8
variantie	1,8	0,8	5,9
standaard deviatie	1,4	0,9	2,4
Variatie Coëfficiënt (%)	104	81	96
standaard fout	0,03	0,02	0,1
minimum	0,2	0,2	0,2
maximum	17,6 206,0*	17,6 206,0*	16,0 23,5*
25%-kwartiel	0,7	0,7	0,9
75%-kwartiel	1,4	1,3	3,5
scheefheid	5,2	8,0	2,3

* = Met uitbijters.

De gemiddelde cadmiumgehalten en de variabiliteit zijn in België hoger dan in Nederland. Dit is te verklaren door het feit dat in België twee zinkverwerkende fabrieken zijn gevestigd die verantwoordelijk zijn voor een diffuse verspreiding van cadmium.



Figuur 3 Histogrammen cadmiumgehalten diffuus verontreinigd gebied

7.4.2 Overschrijdingen van de richtwaarden

Voor de Kempen wordt een saneringswaarde (SA-waarde) voor tuinen gehanteerd van 2,5 mg/kg in plaats van de B-waarde van 5,0 mg/kg uit de toetsingstabel in de Leidraad Bodembescherming (tabel 2). Voor het gehele diffuus verontreinigde gebied en voor het Nederlandse en Belgische deel afzonderlijk zijn in tabel 3 de overschrijdingen van de richtwaarden weergegeven. het grootste deel van de waarnemingen ligt in Nederland beneden de A-waarde, terwijl in België het grootste deel tussen de A-waarde en de C-waarde ligt.

Tabel 2 Richtwaarden in mg/kg d.s.

element	A-waarde	SA-waarde	C-waarde
cadmium	1,0	2,5	20,0

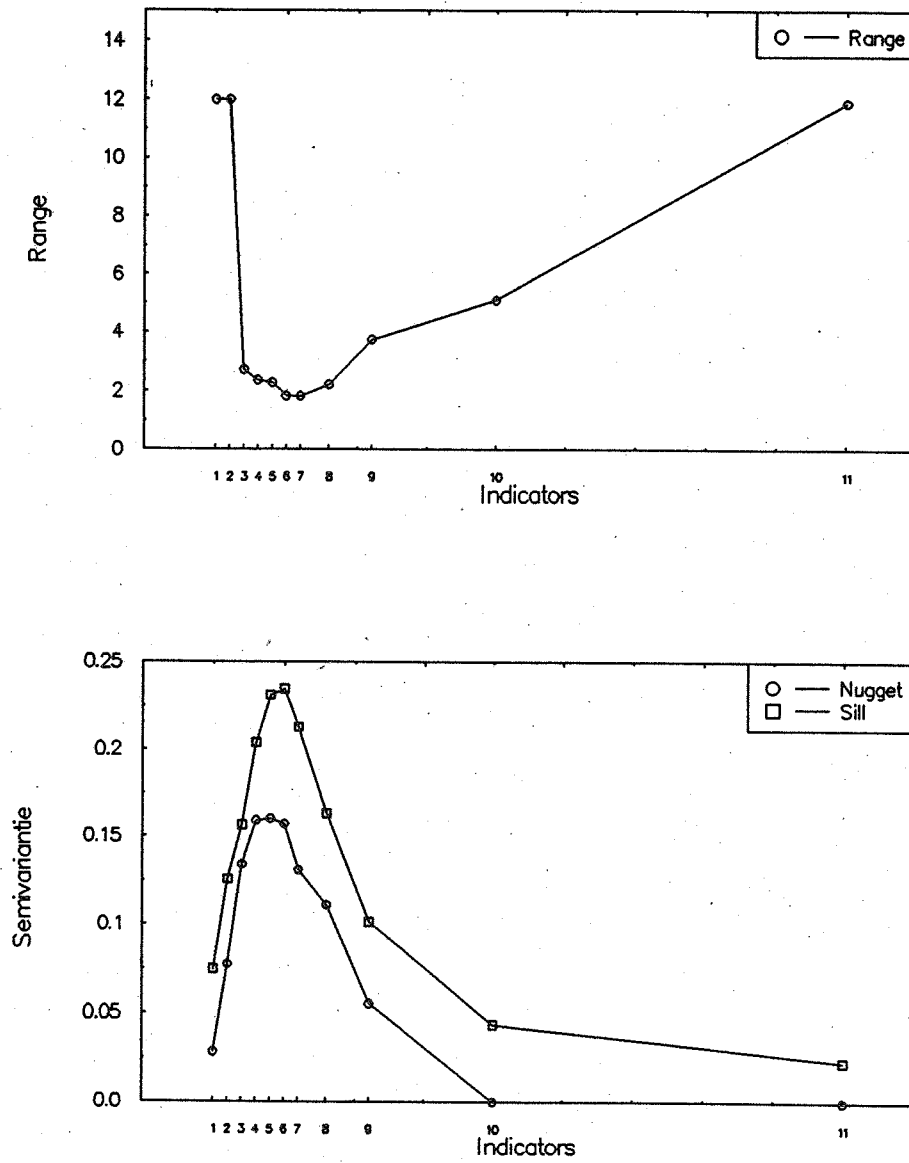
Tabel 3 Overschrijding A-, SA- en C-waarden (%)

	$\leq A$	A-SA	SA-C	$\geq C$
Diffuus ver. gebied	57,1	34,4	8,5	0,0
Nederlands deel	61,9	34,3	3,8	0,0
Belgisch deel	29,8	25,0	35,2	0,0

7.4.3 Ruimtelijke variabiliteit

De semivariogrammen voor de gehanteerde cutoffs zijn opgenomen in bijlage VI. In figuur 4 is de relatie weergegeven tussen de de hoogte van de nugget, sill en range en de hoogte van de cutoffs. De nugget en sill nemen toe tot aan de indicator waarde 0,9 mg/kg en nemen vervolgens weer af. De range neemt af tot aan de indicator waarde 0,9 mg/kg en neemt vervolgens weer toe. Voor de lage indicators is dus weinig ruimtelijke variabiliteit (lage nugget en sill) aanwezig met weinig structuur (grote range). Bij hogere gehalten neemt de variabiliteit toe en wordt ook een structuur zichtbaar. Dit wordt veroorzaakt door de invloed van de zinkverwerkende fabrieken. Bij nog hogere waarden neemt de variabiliteit weer af en verdwijnt de ruimtelijke structuur. De hoge cadmiumgehalten worden voornamelijk rond de drie verontreinigingsbronnen aangetroffen waarbij op korte afstand weinig variatie

aanwezig is.



Figuur 4 Nugget, sill en range voor de 11 indicatoren

7.4.4 Kwaliteit van de voorspellingen

Voor zowel OK als MIK is op basis van de voorspellingen voor de punten in de testset de GSV berekend. De GSV voor OK bedraagt 1,61 mg/kg en voor MIK 1,23 mg/kg. Het gemiddelde cadmiumgehalte voor alle voorspelde blokken m.b.v. MIK bedraagt 1,26 mg/kg en m.b.v. OK 1,22 mg/kg. Vergelijking met het gemiddelde van de waarnemingen in het gehele onderzoeksgebied (1,31 mg/kg), laat zien dat de voorspellingen m.b.v. MIK beter zijn dan met OK. Op grond van deze gegevens is de kaart met gemiddelde gehalten voor blokken van 500 x 500 m met MIK vervaardigd.

7.4.5 Omvangsbepaling

In figuur 5 en kaartbijlage K.2 zijn voorspelde cadmiumgehalten en de kansen op overschrijding van een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg weergegeven. De voorspelde cadmiumgehalten en de kans op overschrijding van een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg zijn ook weergegeven op 3 aparte kaartbladen, schaal 1:50 000 (kaartbijlagen K.4, K.5 en K.6). Deze kaartbijlagen zijn afgedrukt op calquepapier zodat ze over de topografische kaarten Blad 57 West, Blad 57 Oost en Blad 58 West kunnen worden gelegd. Duidelijk zichtbaar zijn de verhoogde kansen in de omgeving van de drie zinkverwerkende fabrieken. Eén van die fabrieken staat in Nederland, dicht bij de Belgische grens, dit is Budelco b.v./K.Z.M. De twee andere fabrieken liggen net over de Belgische grens in Overpelt en Balen en zijn eigendom van Vieille Montagne. De coördinaten (Nederlands coördinatenstelsel, in m) van de fabrieken zijn de volgende:

- Budelco b.v.	: 169500, 361500
- V.M. Overpelt	: 155500, 360500
- V.M. Balen	: 144700, 356800

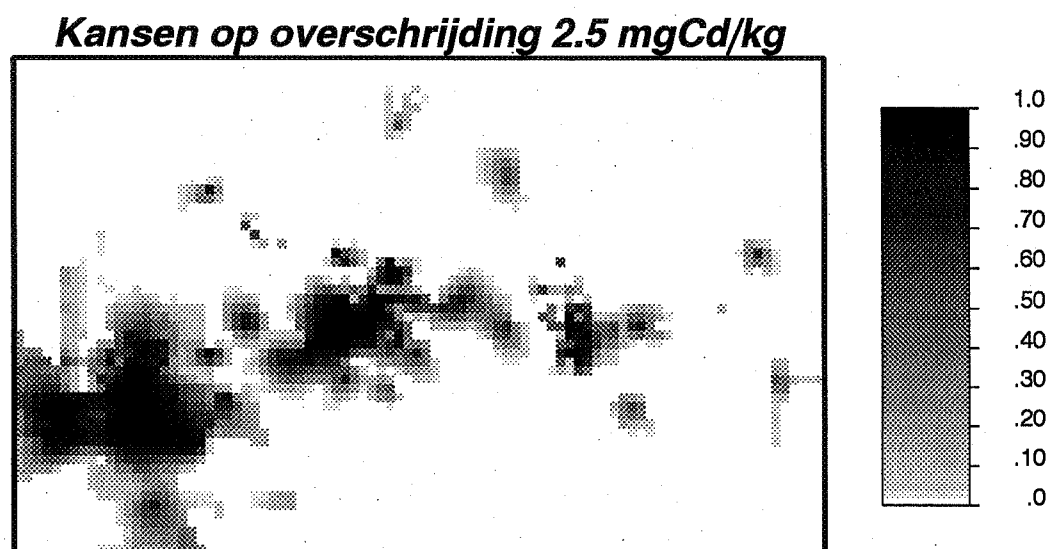
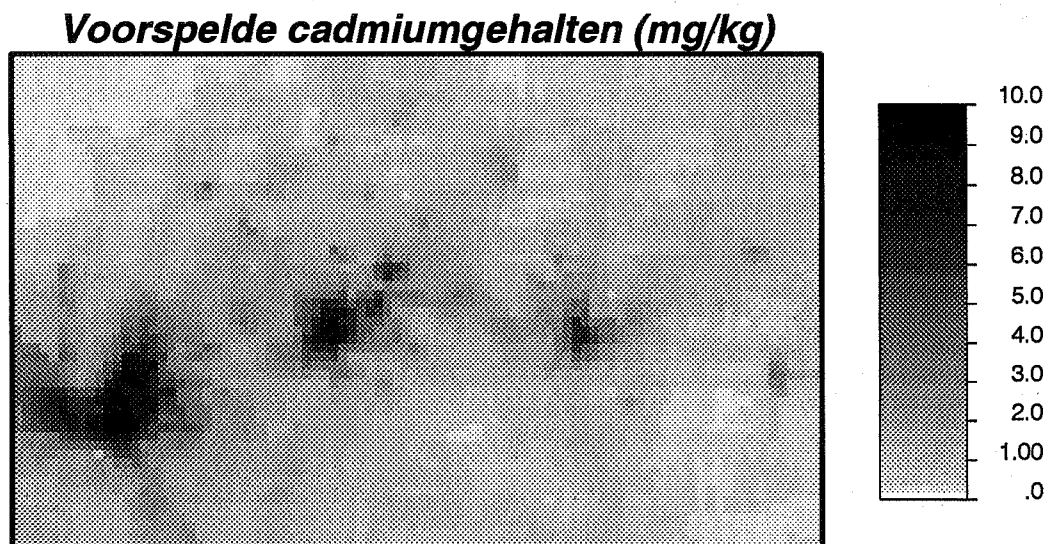
Op basis van de kaart met overschrijdingskansen voor de cutoff van 2,5 mg/kg is de omvang bepaald van weinig belaste en belaste gebieden (tabel 4). Het totale belaste gebied in Nederland beslaat een oppervlak van ca 35 km². Het totale belaste gebied in België beslaat een oppervlak van ca. 167 km². In deze gebieden moeten saneringsmaatregelen worden genomen indien een perceel in gebruik is als moestuin. De belaste gebieden in Nederland liggen in Budel, Bergeijk, Luyksgestel, Waalre, Leende, Weert, Nederweert, Hunsel en Stramproy. Het weinig belaste gebied beslaat in Nederland een oppervlak van ca. 27 km² en in België ca. 45 km². De kanscontouren hebben dezelfde vorm als de contouren van Haskoning. De kanscontouren omsluiten de contour voor het gehalte van 2,5 mg/kg. De kanscontouren C, E, F, G, K, L, M, N, P, R en S bevatten geen 2,5 mg/kg contour. De figuren 6 t/m 15 laten voor de Nederlandse kanscontouren zien dat deze kanscontouren zijn gebaseerd op slechts enkele verhoogde waarnemingen. De vreemde vorm van de contouren K en T wordt veroorzaakt door de interpolatie en contouring procedure. Hiervoor is geen fysische verklaring te geven. Om deze reden kan worden getwijfeld aan de exacte vorm en het oppervlak van deze twee

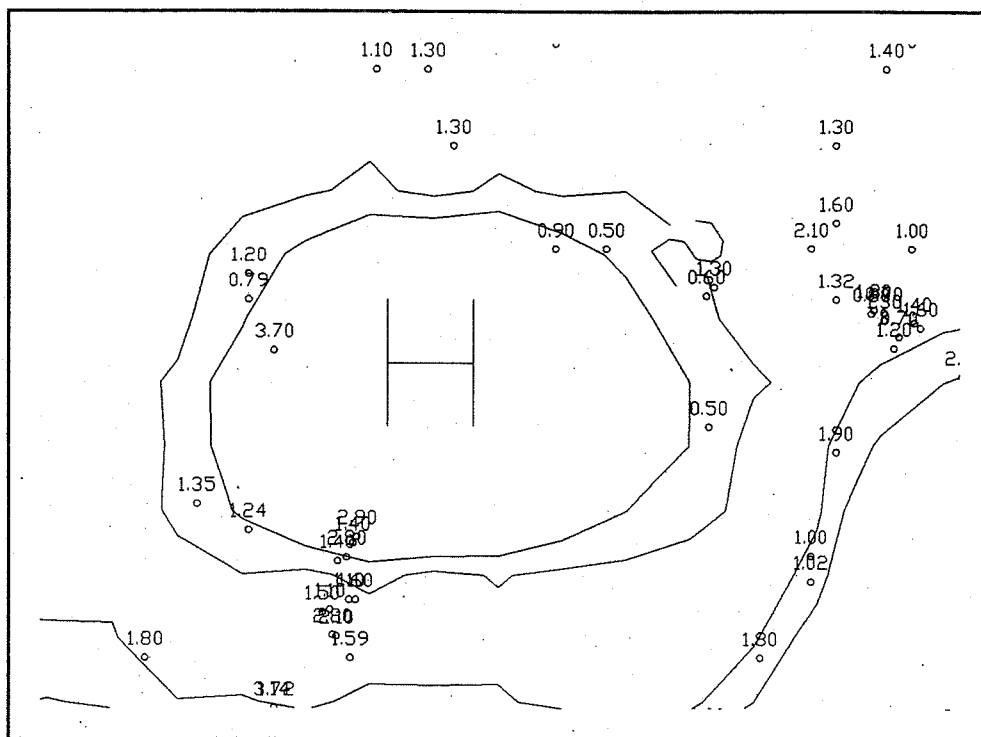
contouren.

Tabel 4 Omvang weinig belaste en belaste gebieden (zie ook kaartbijlage K.2) in het Nederlandse en Belgische deel van de Kempen. Omvang opgegeven in km²

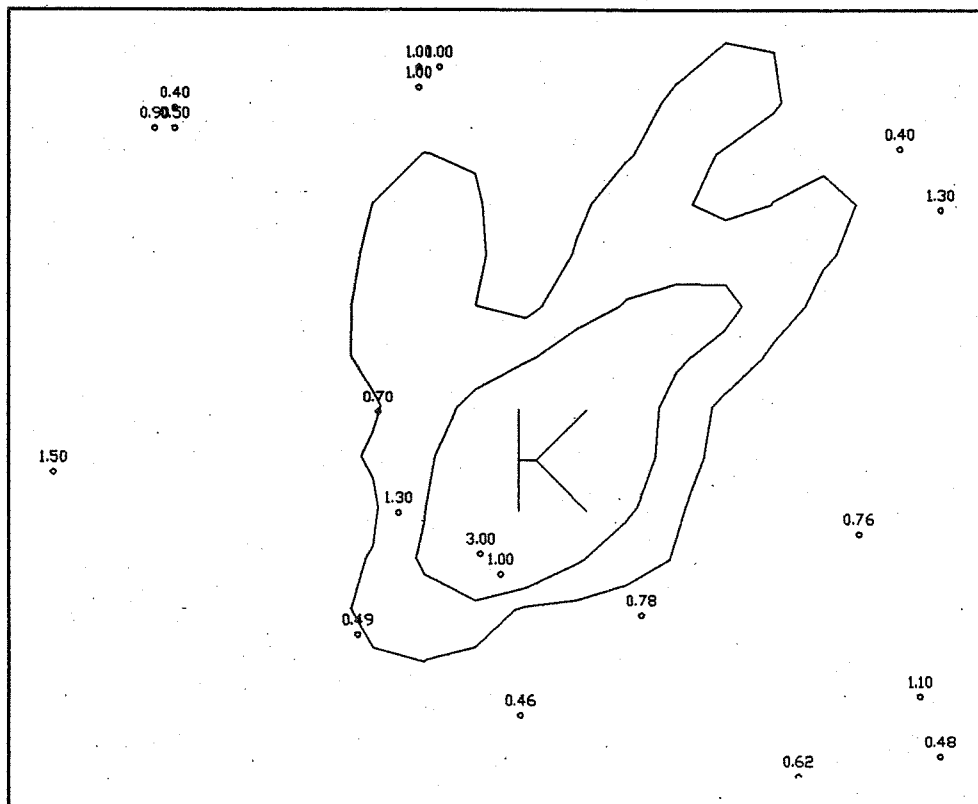
Land	Gebied	Belast	Weinig belast
Nederland	E <i>Bergijk</i>	1,6	1,3
	F <i>Luisbiedde</i>	1,2	1,0
	G <i>Belgijk</i>	0,1	0,5
	H <i>Vwaarc</i>	2,0	1,1
	K <i>Wkwaarc</i>	1,3	2,8
	L <i>Leerd</i>	3,7	3,2
	M <i>Budell</i>	0,5	0,4
	N <i>B-Waer</i>	0,9	Zie O
	OB <i>Waer</i>	17,3	8,1
	P <i>Waer</i>	2,6	1,9
	R	0,02	0,58
	S <i>Waer Waer</i>	2,0	1,7
	T <i>Stambrooy</i>	2,0	4,1
België	A	1,8	Zie B
	B	100,7	25,4
	C	0,7	1,9
	D	4,7	Zie I
	I	57,5	18,1
	J	1,7	Zie I
Totaal		202,3	72,1
Nederland		35,2	26,7
België		167,1	45,4

Figuur 5 Kans op overschrijding van een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg in procenten (boven) en voorspelde cadmiumgehalten in mg/kg (onder) in het onderzoeksgebied (138000, 349000) tot (183000, 376500).

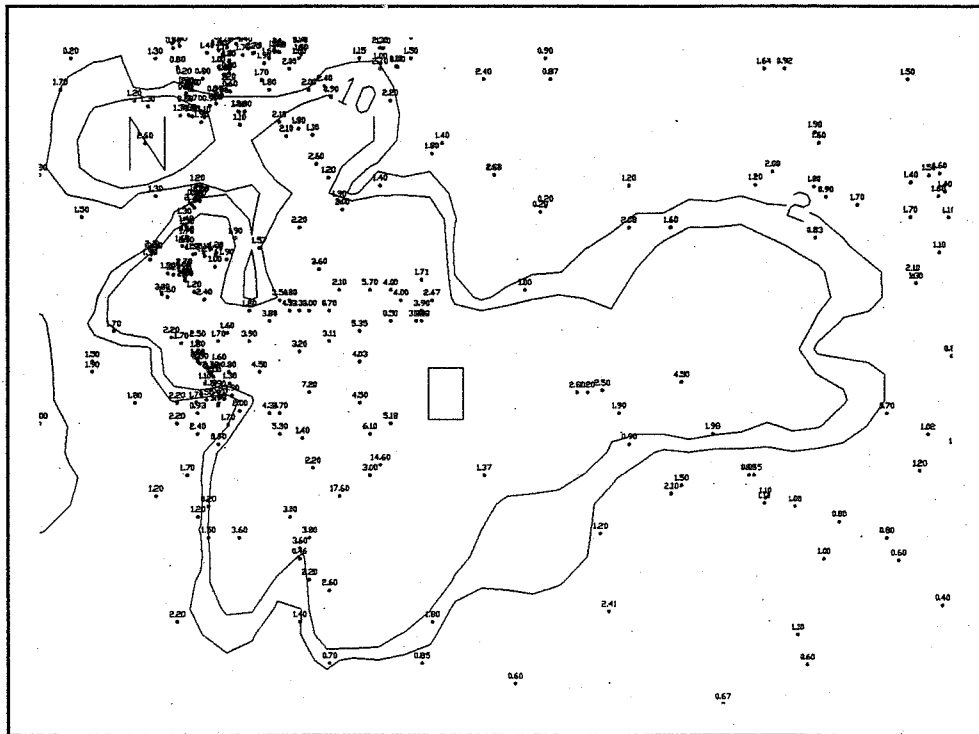




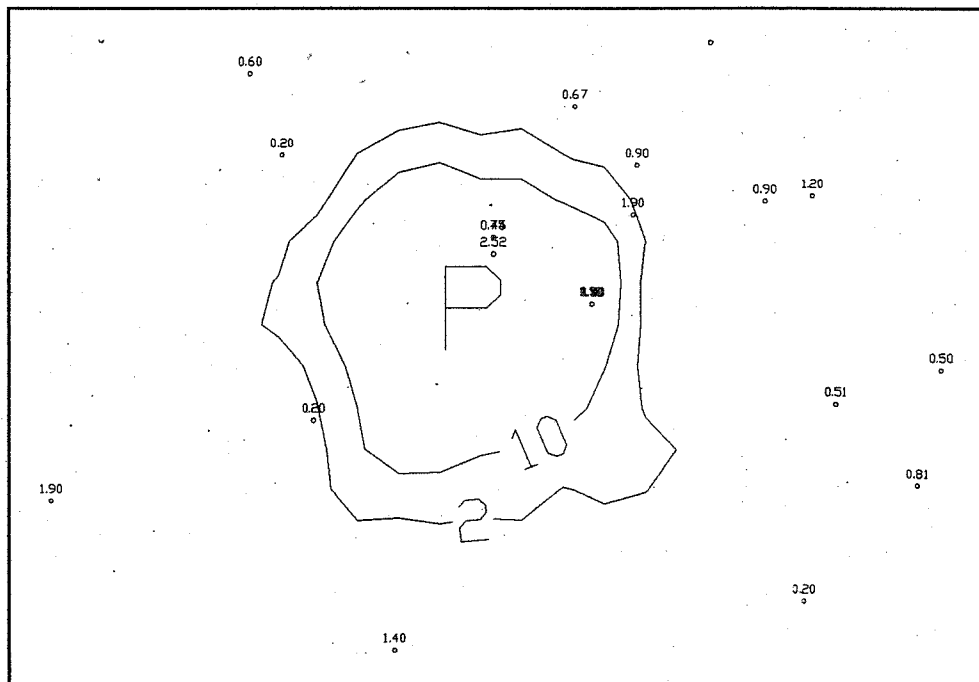
Figuur 8 Kanscontour H (Valkenswaard/Bergeijk)



Figuur 9 Kanscontour K (Valkenswaard)



Figuur 12 Kanscontour O (Budel/Weert)



Figuur 13 Kanscontour P (Weert)

7.4.6 Tuinen in weinig belaste en belaste gebieden

Het aantal tuinen in de weinig belaste en belaste gebieden is geschat op basis van de aanwezigheid van bebouwing in deze gebieden en schatting van het gemiddelde percentage tuinen dat bij deze bebouwing aanwezig is (modelinge mededeling Provincie Noord-Brabant). Het aantal tuinen wordt geschat op 25% van het aantal woningen. Het bebouwde oppervlak in de belaste gebieden is bepaald op basis van de gescande topografische kaarten Blad 57 West, Blad 57 Oost en Blad 58 West. In de gemeente Budel is vervolgens het aantal inwoners per vierkante kilometer bebouwd oppervlak bepaald. Deze bewonersdichtheid wordt representatief gesteld voor alle belaste gebieden. De bewonersdichtheid bedraagt 3465 inwoners per vierkante kilometer bebouwd oppervlak. Verder wordt aangenomen dat het gemiddelde gezin uit 2,6 personen bestaat (CBS, 1991) en dat 25% van de gezinnen een moestuin heeft. Dit betekent dat er 333 moestuinen per vierkante kilometer bebouwd oppervlak voorkomen.

Op basis van deze gegevens wordt het aantal moestuinen in de gemeente Budel geschat op 1333. Uit de enquête van Oranjewoud bleken er in de gemeente Budel 649 moestuinen aanwezig te zijn. Dit aantal is echter gebaseerd op een enquête en een respons van 34%. Het werkelijke aantal moestuinen zal daarom hoger zijn.

De hier gebruikte schattingsmethode geeft een overschatting van het aantal moestuinen omdat bij de bepaling van het bebouwd oppervlak ook fabrieken, kantoren, kazernes, etc. zijn meegenomen. In de woonkernen is bovendien geen rekening gehouden met de aanwezigheid van stegen tussen de huizen en straten die te smal zijn om op de gebruikte schaal weer te geven. Het aantal woningen per 1 januari 1991 in de gemeente Budel bedraagt 4592 (CBS, 1991). Op basis van de CBS gegevens bedraagt het aantal moestuinen $0,25 \times 4592 = 1148$. De schattingsmethode op basis van de gescande kaarten geeft dus een overschatting van 14%.

In de weinig belaste en belaste gebieden komt een bebouwd oppervlak van totaal $4,5 \text{ km}^2$ voor. Het aantal moestuinen in deze gebieden wordt dus geschat op $4,5 \times 333 = 1499 \approx 1500$. Het aantal tuinen dat niet in gebruik is als moestuin wordt geschat op ca. 4500.

In de omgeving van Budel en Weert zijn in het weinig belaste en belaste gebied gegevens bekend over het oppervlak dat wordt ingenomen door tuinen (Oranjewoud, 1990). In de omgeving van Budel en Weert heeft 21% van de moestuinen een oppervlak van 0-50 m², 20% een oppervlak van 50-100 m², 29% een oppervlak van 100-250m² en 28% een oppervlak van meer dan 250m². Voor de siertuinen zijn de verhoudingen respectievelijk 28%, 26%, 22% en 23%.

Wanneer deze verhoudingen worden toegepast op het geschatte aantal tuinen bedraagt het totale oppervlak, dat de moestuinen in weinig belaste en

belaste gebieden innemen, minstens 16 ha tot meer dan 26 ha en het totale oppervlak, dat de siertuinen in de weinig belaste en belaste gebieden innemen, minstens 42 ha tot meer dan 69 ha.

7.5 Conclusies en aanbevelingen

Het grootste deel van gebieden waar de overschrijdingskans van een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg in de bovenste 30 cm van de bodem groter is dan 10% (belaste gebieden), is gelegen in het Belgische deel van de Kempen. De weinig belaste gebieden (i.e. gebieden met een kans van 2%-10% op overschrijding van een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg) in Nederland beslaan een gebied van ca. 27 km². De belaste gebieden in Nederland beslaan een gebied van ca. 35 km², waarvan het grootste deel in de omgeving van Budel voorkomt. De omgrenzing van deze gebieden is op grond van de beschikbare gegevens slechts ten dele mogelijk omdat in een aantal gevallen onvoldoende onderzoeksgegevens voorhanden zijn.

In de weinig belaste en belaste gebieden wordt het aantal tuinen, die in aanmerking komen voor het nemen van saneringsmaatregelen, geschat op ca. 6000 waarvan 1500 moestuinen met een totaal oppervlak van minstens 16 ha tot meer dan 26 ha en 4500 siertuinen met een totaal oppervlak van minstens 42 ha tot meer dan 69 ha. De gevolgde schattingsmethode leidt waarschijnlijk tot een overschatting in de orde van 15% van het aantal tuinen, zodat de omvang in werkelijkheid geringer zal zijn.

8 Deelonderzoek assenwegen

8.1 Verspreiding van cadmium vanaf assenwegen

As is één van de restprodukten van de metallurgische industrie. De assen van de zinkverwerkende industrie zijn rijk aan zware metalen, o.a. zink, koper, lood, arseen, antimoon en cadmium (Nieuwkoop, 1989). In het verleden zijn deze assen onder meer gebruikt als verhardingsmateriaal voor wegen, fietspaden en erven.

Diverse factoren kunnen van invloed zijn op de verspreiding van cadmium en andere zware metalen vanaf assenwegen.

1. De gehalten in het restprodukt.
2. De structuur van de gestorte assen.
Het is te verwachten dat assen die een korrelige structuur hebben en makkelijk uit elkaar vallen, een meer verontreinigende invloed hebben op de omgeving omdat het fijne stof makkelijker door de wind getransporteerd kan worden en eerder zal opstuiven bij het berijden van de weg.
3. De intensiteit van het gebruik van de weg.
Meer materiaal wordt verstoven bij intensiever gebruik. Mogelijk zijn aanwezige sloten en greppels ook van invloed op het verspreidingspatroon.
4. Tijd.
Hoe langer een weg aanwezig is des te langer de verspreiding heeft plaatsgevonden, resulterend in een hogere accumulatie in de stroken langs de weg.
5. Type assenweg.
Voor de verspreiding is het ook van belang onderscheid te maken in type assenweg. Onder een **open** assenweg wordt een weg verstaan waar de sintels aan het oppervlak liggen en niet zijn afgedekt door een ander wegverhardingsmateriaal. Is er wel ander verhardingsmateriaal aanwezig, bijvoorbeeld in de vorm van asfalt of baksteen, dan is er sprake van een **begraven** assenweg. Bij dit type weg vindt geen verspreiding via verwaaiing plaats. Dit geldt ook voor de zg. **voormalige** assenwegen. Dit zijn assenwegen waarvan de assen bij aanleg van een nieuwe weg of bij veranderde bestemming van een terrein zijn verwijderd. Voor de twee laatstgenoemde typen assenwegen geldt uiteraard dat er nog wel sprake kan zijn van een verontreinigde situatie.

6. Het landgebruik aan weerszijden van de weg.

Wegen die aan de zuidwestelijke zijde worden begrensd door grote, min of meer vlakke, gebieden zoals heidevelden of landbouwgronden, ondervinden (vanwege de overheersende ZW-windrichting) meer invloed van de wind dan wegen die volledig in bosgebieden liggen. Vermoedelijk is dan ook in het eerste geval van een grotere beïnvloedingszone sprake dan in het tweede geval. Het landgebruik is ook op indirecte wijze van invloed op de cadmiumgehalten in de strook aangrenzend aan assenwegen. Dicht begroeide vegetaties hebben in het algemeen een grotere invangcapaciteit voor stoffen, die door wind en water worden meegevoerd, dan vegetaties met een open structuur. Een mogelijk gevolg hiervan is dat op plaatsen waar assenwegen grenzen aan gebieden met dichtbegroeide vegetaties hogere cadmiumgehalten in de strook langs de weg worden gevonden. Op die plaatsen is echter de breedte van de beïnvloedingszone vermoedelijk minder groot is.
7. Landbewerking.

Akkers worden meermalen per jaar intensief bewerkt, waarbij de eerste tientallen centimeters van de bodem goed worden gemengd. Verschillen in cadmium-gehalten op korte afstand zijn hierdoor vermoedelijk minder groot als gevolg van de goede menging van de grond. Het kunnen constateren van een relatie tussen de gehalten en de afstand tot de weg hangt vermoedelijk ook af van de richting van ploegen (loodrecht op de weg of parallel aan de weg).

Op grond van bovenstaande overwegingen wordt verondersteld dat die plaatsen waar de oriëntatie van de weg zuid-oost/noord-west is en de weg aan de zuidwestelijke zijde wordt begrensd door een open landschap en aan de noordoostelijke zijde door een relatief dichte begroeiing die niet bewerkt wordt, potentieel de grootste vervuiling aanwezig is in de toplaag van de bodem aan de noordoostelijke zijde van de weg. Openliggende assenwegen met de hoogste ouderdom zullen onder vergelijkbare omstandigheden de grootste belasting hebben veroorzaakt ten opzichte van andere type wegen.

Omdat een assenweg als bron fungeert is in het algemeen te verwachten dat het gehalte afneemt met de afstand tot de weg tot het niveau waarop een achtergrondwaarde wordt bereikt. In de hierna volgende bespreking van de beschikbare onderzoeksgegevens is, wanneer het mogelijk was deze gegevens te achterhalen, aangegeven welke van de bovengenoemde factoren een rol kunnen spelen. Informatie over de tijd en de structuur van de sintels is in meeste gevallen niet voorhanden.

8.2 Beschikbare onderzoeksgegevens

8.2.1 DL&V, 1984

De direktie landbouw en voedselvoorziening heeft een deelonderzoek uitgevoerd naar de invloed van assenwegen. Alle monsters zijn genomen op landbouw- of tuinbouwpercelen, omdat deze direktie met name geïnteresseerd was in de risico's met betrekking tot consumptie-gewassen. Monsters zijn genomen van de bovenste 25 cm van de bodem op 1.5, 10 en 25 meter uit de weg.

8.2.2 Vrije Universiteit, Amsterdam 1985

Het onderzoek van Endedijk en Klein-Ikkink heeft zich met name gericht op de invloed van assenwegen op bermvegetaties. In het kader van dit onderzoek zijn drie assenwegen onderzocht en zijn drie in de nabijheid liggende zandwegen als referentiepunt gebruikt. De onderzochte wegen liggen in Budel-Dorplein, Soerendonk en Sterksel. Hoewel de aandacht met name was gericht op de vegetaties, zijn er ook grondmonsters genomen op verschillende afstanden van de weg.

8.2.3 LH, 1985

De Landbouw-Hogeschool heeft drie assenwegen bemonsterd waarbij bij één weg twee raaien zijn bemonsterd. In totaal zijn er dus gegevens van vier raaien. Er is bemonsterd op de wegen zelf en aan beide zijden van de weg op 1.5, 5, 10, 25 en 50 meter afstand van de weg. Het totale aantal monsters per afstandsklasse bedraagt dus 8. Raai A is uitgezet op een weg die aan beide zijden wordt begrensd door een greppel en de naastliggende percelen waren in gebruik als weiland. Deze weilanden zijn begin jaren zeventig bij een ruilverkaveling gediëpploegd tot 60 à 70 cm. Raai B en C zijn uitgezet op één en dezelfde weg. Aan beide zijden liggen bouwlanden en aan één zijde is een greppel aanwezig. Raai D is uitgezet op een weg zonder aangrenzende greppels. Aan beide zijden komen bouwlanden voor.

8.2.4 Haskoning, 1985

In het kader van Nader Onderzoek fase II heeft Haskoning een inventarisatie uitgevoerd naar het voorkomen van voormalige, begraven en openliggende assenwegen in alle gemeentes in de Kempen. De inventarisatie is uitgevoerd op basis van een schriftelijke enquête in alle gemeentes en aangevuld met een aantal bezoeken aan die gemeentes waar de meeste assenwegen in liggen. Haskoning geeft zelf aan dat de inventarisatie vermoedelijk niet volledig is.

Tevens zijn een aantal bemonsteringen op twee verschillende afstanden van assenwegen uitgevoerd, te weten op 6 meter en op 30 meter vanaf het *midden* van de weg.

8.2.5 Aanvullend onderzoek CSO, 1991

Het aanvullend veldwerk heeft als doel de beïnvloedingszone langs assenwegen nauwkeuriger vast te stellen. Om op eenvoudige wijze met zekerheid te bepalen of er van een assenweg sprake is, zijn uitsluitend open assenwegen of wegen met een verharding van losgestort materiaal bemonsterd. Tijdens de veldbezoeken waarbij de kaarten van Haskoning als uitgangspunt hebben gediend, is gebleken dat de informatie op de kaarten hetzij onvolledig, hetzij verouderd was. Een aantal als open assenwegen aangeduide wegen bevat geen assen (meer). Veelal was geen enkele vorm van verharding aanwezig. Met name in de gemeente Bergeijk blijkt het bij een aantal als assenweg aangeduide wegen om gewone zandwegen te gaan. Op andere plaatsen zijn de wegen soms van een andere deklaag voorzien, zoals asfalt. Omdat in deze gevallen niet op eenvoudige wijze kan worden bepaald of er daadwerkelijk sprake is van een assenweg, zijn deze lokaties afgefallen. Uiteindelijk is op een zestal plaatsen een lokatie gekozen waar aanvullende monsters zijn verzameld. Op twee lokaties is een raai aan weerszijden van de weg uitgezet, op de overige vier lokaties is slechts aan één zijde van de weg bemonsterd. In alle gevallen is het los gestorte verhardingsmateriaal doorgraven tot op de zandlaag onder de weg. In de meeste gevallen is van een werkelijk open assenweg geen sprake meer, omdat de assen inmiddels worden bedekt door een andere laag, bestaande uit bouwpuin vermengd met zand. Alleen op de lokatie van de raaien E en F liggen de assen nog direkt aan het oppervlak. De raaien A,B,C en D liggen buiten het diffuus verontreinigde gebied, de raaien E,F,G en H liggen binnen het diffuus verontreinigde gebied (zie Kaartbijlage K.1). Op elke raai zijn 8 mengmonsters genomen, op 1, 2, 3, 4, 5, 7,5, 10 en 15 meter afstand vanaf de rand van de weg. De mengmonsters zijn samengesteld uit 3 puntmonsters die 1 meter uit elkaar liggen (loodrecht op de richting van de raai) In de beschrijvingen van de verschillende raaien wordt aangegeven hoe die wegrand is gedefinieerd. Ook de sintels op de weg zijn bemonsterd, zodat het totaal aantal genomen monsters op 8 raaien x 8 monsters + 6 sintel-bemonsteringen = 70 bedraagt. Alle monsters zijn geanalyseerd op droge stof en cadmium-gehalte.

Een volledige beschrijving van de lokaties waar de raaien zijn uitgezet en bemonsterd, is opgenomen in bijlage VII In bijlage VIII is de ligging van de raaien aangegeven. De analyse-resultaten zijn opgenomen in bijlage IX.

8.3 Resultaten

8.3.1 DL&V, 1984

Bij de statistische analyse zijn de gegevens van de Burgemeester Aartsiaan weggelaten omdat de gehalten hier vermoedelijk, zoals DL&V aangeeft, meer beïnvloed zijn door een beek in de nabijheid dan door de assenweg. De sterk verhoogde cadmium-gehalten op deze lokatie zouden het gemiddelde sterk beïnvloeden en zijn derhalve niet bij de berekening betrokken. De overige analyseresultaten zijn gebruikt om het gemiddelde, de standaarddeviatie en het minimum en maximum cadmium-gehalte per afstandsklasse te berekenen. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 5.

Tabel 5 Gemiddelde, standaarddeviatie, minimaal en maximaal cadmiumgehalte (in mg/kg) op verschillende afstanden van een assenweg (bron: DL&V, 1984)

Afstand tot de weg	Gem.	StD	V.C (%)	Min	Max	N
1,5 meter	0,72	0,14	19	0,52	1,04	11
10 meter	0,56	0,13	23	0,32	0,86	11
25 meter	0,63	0,16	25	0,41	0,98	11
50 meter	0,61	0,13	21	0,46	0,91	11

Alle cadmiumgehalten zijn significant lager dan 2,5 mg/kg. Op 1,5 meter vanaf de assenweg is het cadmium-gehalte significant hoger dan 0,7 mg/kg. Vanaf 10 meter is het cadmium-gehalte significant lager dan 0,7 mg/kg. Van de waarneming op de Burgemeester Aartsiaan, die niet in de berekening is meegenomen, kan opgemerkt worden dat ondanks de invloed van de beek op deze lokatie de trend in de cadmiumgehalten op identieke wijze aanwezig is als bij de andere wegen: op 1,5 meter afstand van de weg zijn de gehalten duidelijk hoger dan op verder af gelegen delen, namelijk 2,4 mg Cd/kg op 1,5 meter tegen 1,3 mg Cd/kg op 10 meter afstand en verder. Dit betekent dat ondanks de verhoogde achtergrondwaarden in dit terrein als gevolg van de beïnvloeding door de beek, er toch een invloed bestaat van de aanwezigheid van de assenweg.

8.3.2 VU-Amsterdam 1985

Niet bij elke weg zijn dezelfde afstanden gebruikt, wat combinatie van de gegevens in dit geval moeilijk maakt. In tabel 6 is een samenvattend overzicht gegeven van alle afzonderlijke waarnemingen. Langs alle drie de assenwegen is een sloot of greppel aanwezig. De wegen in Budel-Dorplein en Soerendonk worden begrensd door bouwland, de weg in Sterksel grenst aan een weiland. Op 6,5 meter van de weg in Budel-Dorplein is het cadmium-gehalte hoger dan op de andere afstanden en hoger dan 2,5 mg/kg. Mogelijk is hier sprake van een andere invloed of de aanwezigheid van een sintel op die afstand. De andere resultaten laten zien dat de cadmiumgehalten afnemen met de afstand tot de weg. De afname van de cadmiumgehalten is echter niet zo groot als in het vorige onderzoek: ook op 5 meter komen nog steeds cadmiumgehalten van boven de 1,0 mg/kg voor. Deels kan dit worden verklaard

Tabel 6 Cadmiumgehalten in mg/kg langs drie verschillende assenwegen, op diverse afstanden (in meters) van de weg (bron: VU, amsterdam, 1985)

Gemeente	0	1	3	4	5	6,5
Budel-Dorpl.	4,5	2,3	2,3		2,1	3,4
Soerendonk	2,3	1,1	1,1	1,1		
Sterksel	5,6	3,4	1,1		1,1	

door hogere achtergrondwaarden, zeker in Budel-Dorplein dat vlakbij de fabriek ligt. Toch is het op basis van deze gegevens niet met zekerheid te zeggen waar de invloed van de assenweg ophoudt. Wanneer de waarneming op 6,5 meter buiten beschouwing wordt gelaten komen gehalten groter dan 2,5 mg/kg alleen voor tot de eerste meter vanaf de weg.

8.3.3 LH-Wageningen, 1985

In tabel 7 zijn enkele statistische parameters per afstandsklasse weergegeven. Op alle afstanden zijn de gehalten significant lager dan 2,5 mg/kg. Alleen op de weg komen gehalten van meer dan 2,5 mg/kg voor. De cadmiumgehalten op 5 meter zijn significant (bij $\alpha=0,10$) lager dan de gehalten op de weg.

Tabel 7 Gemiddelde, standaarddeviatie, minimaal en maximaal cadmiumgehalte (in mg/kg) van vier raaien aan weerszijden van een assenweg (bron: LH, 1985)

Afstand tot de weg	Gem.	StD	V.C (%)	Min	Max	N
0 meter	1,3	0,1	8	0,5	3,1	8
1,5 meter	0,9	0,4	44	0,2	1,5	8
5 meter	0,6	0,2	33	0,4	1,0	8
10 meter	0,6	0,2	33	0,3	1,1	8
25 meter	0,6	0,2	33	0,4	1,1	8
50 meter	0,5	0,2	40	0,3	0,8	8

8.3.4 Haskoning, 1985

De resultaten van Haskoning sluiten niet aan op de eerdere onderzoeken. Omdat slechts twee afstanden zijn bemonsterd draagt de informatie niet goed bij aan het beeld van de invloed van assenwegen op hun omgeving. Hoewel op sommige plaatsen verhoogde cadmiumgehalten worden gevonden is een verband op basis van twee waarnemingen moeilijk aan te tonen dan wel uit te sluiten. Haskoning gaat er in het rapport vanuit, onder verwijzing naar de in het voorgaande besproken rapporten, dat de invloed van assenwegen tot anderhalve meter uit de weg merkbaar is.

8.3.5 Aanvullend onderzoek CSO, 1991

De resultaten zijn weergegeven in tabel 8. Bij de berekening voor de afstandsklasse 1 meter zijn slechts 7 in plaats van 8 monsters gebruikt. Reden hiervoor is dat in desbetreffend monster van raai H een aanzienlijke hoeveelheid sintels is aangetroffen. Blijkens de analyse bevat dit monster 18 mg Cd/kg. Het is dus zeer waarschijnlijk dat hier de sintellaag zelf is bemonsterd en geen zone die beïnvloed is door afspoeling dan wel verwaaïing.

Het gemiddeld cadmium-gehalte op assenwegen overschrijdt de grenswaarde van 2,5 mg Cd/kg en de B-waarde ruimschoots. Dat het cadmium-gehalte in de assenwegen zelf hoog kan zijn is reeds in eerdere onderzoeken aangetoond. Op 1 meter afstand uit de weg is gemiddeld nog een cadmium-gehalte aanwezig van 0,7 mg Cd/kg. Op 2 meter afstand uit de weg is het gemiddelde gehalte afgenomen tot 0,6 mg Cd/kg en zijn de gehalten significant lager dan 0,7 mg/kg. Op grotere afstand van de weg varieert het gemiddelde Cadmium-gehalte tussen de 0,4 en de 0,5 mg Cd/kg. Door de grote variabiliteit op 0 meter kan geen significant (bij $\alpha=0,10$) verschil worden aangetoond tussen

de het gehalte op 0 meter en de gehalten op grotere afstand van de weg. Vanaf 1 meter komen geen cadmiumgehalten hoger dan 2,5 mg/kg voor. Indien deze resultaten worden vergeleken met de eerder besproken onderzoeken, is het redelijk om ervan uit te gaan dat rond een assenweg een zone van 1 meter voor kan komen waarin nog licht verhoogde cadmium-gehalten aanwezig zijn.

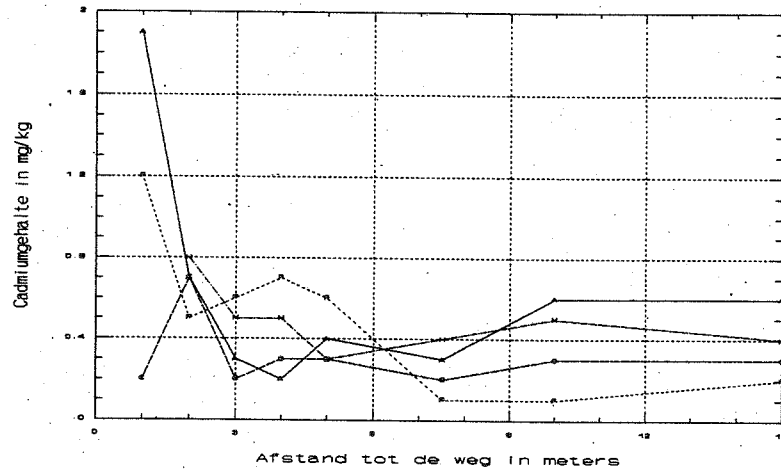
Tabel 8 Gemiddelde, standaarddeviatie, minimaal en maximaal cadmiumgehalte in mg/kg van acht raaien van een aanvullend veldonderzoek naar de invloed van assenwegen.

Afstand tot de weg	Gem.	STD	V.C (%)	MIN	MAX	N
0 meter	8,9	10,7	120	0,5	25,0	8
1 meter	0,7	0,6	86	0,2	1,9	7*
2 meter	0,6	0,2	33	0,3	0,8	8
3 meter	0,4	0,2	50	0,2	0,7	8
4 meter	0,5	0,3	60	0,2	1,2	8
5 meter	0,5	0,2	40	0,3	0,9	8
7,5 meter	0,5	0,4	80	0,1	1,2	8
10 meter	0,4	0,3	75	0,1	0,8	8
15 meter	0,5	0,2	40	0,2	0,9	8

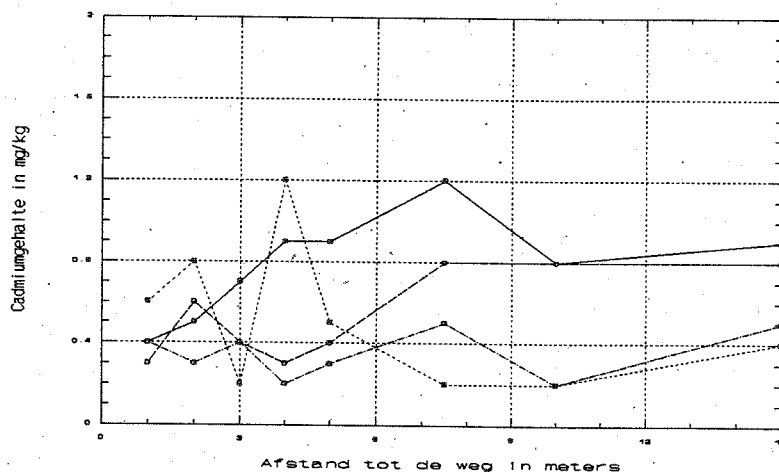
* : Het 1-meter monster van raai H is niet in de berekening opgenomen

Bij een nadere beschouwing van de gegevens, waarbij is gekeken naar de resultaten van de individuele assenwegen, zijn de gegevens minder eenduidig dan wordt gesuggereerd door de gemiddelden. In de helft van de gevallen is een relatie zichtbaar tussen het cadmium-gehalte en de afstand tot de weg van de bemonsteringsplaats. Bij de overige vier raaien is het verloop van het cadmium-gehalte met de afstand tot de weg grillig en niet volgens een vast patroon. In figuur 16 is het cadmiumgehalte uitgezet tegen de afstand tot de weg voor de vier raaien waarbij een relatie wel zichtbaar is, in figuur 20 is het cadmiumgehalte uitgezet tegen de afstand tot de weg voor de vier raaien waarbij een relatie niet zichtbaar is.

Op die plaatsen waar een relatie is te zien tussen het cadmium-gehalte en de afstand tot de weg, zijn de gehalten na 2 meter minder dan 0,7 mg/kg. Tevens blijkt uit de figuur dat slechts in twee van de vier gevallen sprake is van een licht verhoogd cadmium-gehalte op 1 meter uit de weg. Op die plaatsen waar geen relatie zichtbaar is (figuur 17), variëren de cadmiumgehalten tussen de 0,2 en de 1,2 mg Cd/kg. Er is geen patroon te vinden in het verloop van de gehalten. Bij raai B hebben de vijf monsters op de grootste afstand de hoogste cadmium-gehalten.



Figuur 16 Cadmiumgehalten in relatie tot de afstand tot de weg, raaien A, C, F en H



Figuur 17 Cadmiumgehalten in relatie tot de afstand tot de weg, raaien B, D, E en G

In tabel 9 is weergegeven hoeveel monsters per afstandklasse één van de gedefinieerde grenswaarden overschrijdt. Uit deze tabel blijkt dat de kans op een relatief hoog cadmium-gehalte niet samenhangt met de afstand tot de weg, uitgezonderd de bemonstering op de weg zelf.

Tabel 9 Aantal overschrijdingen van de gedefinieerde grenswaarden per afstandsklasse.

Afstand tot de weg	Aantal monsters Cd \geq 2.5 mg/kg	Aantal monsters Cd \geq 0.7 mg/kg	N totaal
0 meter	3	7	8
1 meter	1 *	3 *	8
2 meter	0	4	8
3 meter	0	1	8
4 meter	0	3	8
5 meter	0	1	8
7.5 meter	0	2	8
10 meter	0	2	8
15 meter	0	2	8

*: inclusief de (sintel)bemonstering in raai H op 1 meter uit de weg

8.4 Discussie

Op die plaatsen met een relatie tussen het cadmium-gehalte en de afstand tot een assenweg, wordt deze relatie met name bepaald door het monster dat genomen is op één meter afstand uit de weg. In het geval van raai A, waar verreweg het duidelijkste beeld bestaat, is dit monster genomen op het weglichaam. Hoewel geen sintels zijn waargenomen bij de bemonstering, is het wel mogelijk dat dit punt door de ligging in het weglichaam in sterkere mate is beïnvloed dan bij bemonstering naast het weglichaam. Het grillige verloop in met name de eerste meters bij raai E is mogelijk het gevolg van de op deze lokatie zeer lastig te bepalen begrenzing van de weg. Mogelijk is ook de recente aanleg van een fietspad de oorzaak van het verloop. Vanaf 4 meter lijkt er een relatie te bestaan tussen het waargenomen cadmium-gehalte en de afstand tot de weg. Het weinig fluctuerende patroon van raai G, waar tevens zeer lage cadmium-gehalten worden aangetroffen, is mogelijk het gevolg van de aanleg van drainage greppels op korte afstand van elkaar in het bemonsterde perceel. Intensief grondverzet en afvoer dan wel menging van de grond zijn mogelijke oorzaken van het ontbreken van een patroon. Voor het verloop van raai B kan geen bevredigende verklaring worden gegeven anders dan dat dit patroon toevallig is ontstaan. Echter, gezien het feit dat de bemonstering ver buiten het diffuus verontreinigde gebied heeft plaatsgevonden zijn de gevonden cadmium-gehalten in deze raai hoger dan men zou verwachten. Des te opvallender is dat bij deze raai geen duidelijke laag assen in de weg is aangetroffen, maar slechts verspreid waargenomen sintels. Hoewel het mogelijk is dat de weg is bemonsterd in kuilen die later zijn opgevuld, waardoor een mogelijke sintellaag niet is gevonden, zijn de

resultaten niet eenduidig te verklaren. Een ander opvallend punt is dat, zoals ook blijkt uit de figuren en uit de analyseresultaten, er geen significant ($\alpha=0,10$) verschil is tussen monsters binnen en buiten het diffuus verontreinigd gebied.

Aangezien het onbekend is hoelang desbetreffende wegen reeds assenwegen zijn en onbekend is hoelang ze als open assenweg in gebruik zijn geweest, kan niet worden uitgesloten dat eventuele verschillen op basis van historische gegevens verklaard kunnen worden. Omdat deze kennis niet of slechts in geringe mate voorhanden is, kan hierover in dit onderzoek geen uitspraak worden gedaan.

In het bovenstaande is alleen de invloed van **fysische** processen besproken. Door antropogene invloeden kunnen assen, met de daarin aanwezige verontreiniging, natuurlijk wel over grote afstanden zijn verplaatst.

8.5 Conclusies

Beschikbare literatuur

Uit de onderzoeken van de DL&V, VU en LH blijkt dat op 1,5 meter uit een assenweg verhoogde cadmium-gehalten worden aangetroffen. Het onderzoek van de DL&V geeft aan dat op 10 meter deze invloed in ieder geval verdwenen is. De resultaten van de LH suggeren dat er op 5 meter vanaf de weg geen invloed meer merkbaar is. De gegevens van de VU geven geen duidelijk beeld. Toch lijken op basis van dat onderzoek op 5 meter nog verhoogde gehalten aanwezig te zijn, maar zeker is dit niet. De resultaten van deze verschillende onderzoeken zijn echter alle gebaseerd op onderzoek in bouwlanden, een landgebruiksvorm waarbij bewerking en menging van de grond regelmatig plaatsvindt. Hierdoor kunnen sommige effecten teniet worden gedaan of minder duidelijk naar voren komen. Op basis van de huidige gegevens kan geen duidelijke zone worden afgebakend waarbinnen een invloed van een assenweg nog te verwachten is. Hoewel vele factoren een rol spelen in de mate waarin cadmium-gehalten langs een assenweg verhoogd kunnen raken, kan wel de voorlopige conclusie worden getrokken dat die invloed ergens tussen de 1,5 en de 10 meter ophoudt en vermoedelijk binnen de vijf meter.

Aanvullend onderzoek

Op grond van de resultaten van de in een eerder stadium verrichte onderzoeken en de resultaten van het aanvullende onderzoek kan worden geconcludeerd dat in de meeste gevallen rond assenwegen sprake is van een beïnvloedingszone waarin licht verhoogde cadmium-gehalten kunnen voorkomen. Deze zone strekt zich uit tot 1 á 2 meter uit de weg, gemeten vanaf de wegrand. Vermoedelijk komt deze zone niet langs elke assenweg voor, en zijn vele andere factoren van belang. Hierbij kan onder meer gedacht worden aan de historie van de weg, de tijdsduur dat er assen aan het oppervlak hebben gelegen, het bodemgebruik, de mate van bewerking, de aan- of afwezigheid van greppels langs de weg en de overheersende windrichting. Op die plaatsen waar een aanzienlijke hoeveelheid assen als verhardingsmateriaal aanwezig is in de wegverharding, kan het cadmium-gehalte in desbetreffende lagen van de weg oplopen tot ver boven de 2,5 mg Cd/kg. De meest directe en omvangrijkste dreiging gaat dan ook uit van de assenweg zelf en niet zozeer van de omliggende gronden. Bij eventuele verwijdering van de assen op een assenweg kan veiligheidshalve het gehele weglichaam worden aangehouden, alsmede een zone van circa 1 meter buiten die wegranden.

9 Overstromingsgebieden

9.1 Inleiding

Vanaf het moment dat de zinkverwerkende industrie zich vestigde in zowel het Nederlandse als het Belgische deel van de Kempen, tegen het eind van de vorige eeuw, zijn verschillende waterlopen in dit gebied belast met zware metalen als gevolg van directe en indirecte lozingen van proces- en afvalwater op deze waterlopen. Met name de Dommel, de Tungelroyse beek en de Neerbeek zijn jarenlang belast met aanzienlijke hoeveelheden zware metalen. Als gevolg van verbeterde produktietechnieken en veranderende inzichten met betrekking tot het milieu, zijn dergelijke lozingen tegenwoordig in de meeste gevallen geminimaliseerd en soms helemaal gestopt. Voor de waterfase leidt een dergelijke verandering al snel tot verbetering van de waterkwaliteit omdat de aanwezige verontreiniging snel wordt afgevoerd en er van nieuwe aanvoer in principe geen sprake is. Voor zowel de onderwaterbodem als voor de gebieden die regelmatig overstromd zijn of worden geldt niet dat de reductie van de aanvoer leidt tot verbetering van de kwaliteit, omdat hier immers geen afvoercomponent aanwezig is waarmee de verontreiniging verdwijnt. Zowel de onderwaterbodem als de bodem in de overstromingsgebieden is in het verleden in belangrijke mate belast met zware metalen als gevolg van de contaminatie van deze zware metalen aan het gesuspendeerde slib, dat vervolgens op de onderwaterbodem en in de overstromingsgebieden is afgezet. Uit eerdere onderzoeken blijkt dat zowel in de onderwaterbodem als in de overstromingsgebieden de C-waarde voor cadmium en zink regelmatig wordt overschreden. In onderstaande wordt ingegaan op de problematiek van de omvangsbepaling van de verontreiniging in overstromingsgebieden.

9.2 Verspreiding van zware metalen in overstromingsgebieden

Hoewel de hechting van zware metalen aan bodem- en/of slibdeeltjes door verschillende factoren wordt bepaald, kan worden gesteld dat de hechting van zware metalen aan dergelijke deeltjes over het algemeen goed is. Hierdoor is de verontreiniging van de bodems in overstromingsgebieden direct gerelateerd aan de hoeveelheden bodemmateriaal die bij het buiten de oevers treden van de verschillende beken in de overstromingsgebieden worden afgezet. Daar waar het meeste bodemmateriaal is afgezet worden in het algemeen de sterkste verontreinigingen aangetroffen. De hoeveelheden bodemmateriaal die worden afgezet bij overstromingen, zijn op hun beurt weer gecorreleerd met de overstromingsfrequentie van een gebied en daarmee met de relatieve hoogteligging van een lokatie ten opzichte van het beekniveau (Rang et al., 1986; Leenaers, 1989). Indien voor de betrokken beken in dit onderzoek de overstromingsgebieden kunnen worden vastgesteld alsmede de overstromingsfrequentieclassen, kan een goede omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging met behulp van mathematische en statistische methoden worden gemodelleerd, waarbij de overstromingsfrequentieclassen en de geconstateerde cadmiumgehalten als uitgangspunt dienen.

De overstromingsfrequentie is in eerste instantie afhankelijk van de relatieve hoogteligging van een bepaald punt ten opzichte van het dichtstbijzijnde inlaatpunt van het beekwater van waaruit de lokatie kan worden bereikt. Daarbij moet echter rekening worden gehouden met alle eventuele obstakels die de doorstroom van beekwater naar de lokatie kunnen blokkeren. Hierbij valt te denken aan plaatselijke reliëfverschillen of weglichamen die als drempels kunnen fungeren. Ondanks een bekende relatieve hoogteligging van een bepaald punt ten opzichte van het inlaatpunt zal in deze gevallen het water het punt niet overstromen voor de drempel is overschreden.

Aangezien de verontreiniging van de overstromingsgebieden gedurende 100 jaar heeft plaatsgevonden moet, alvorens de relatie met de huidige geconstateerde verontreinigingen te bepalen, bij het vaststellen van de overstromingsfrequenties rekening worden gehouden met zowel de huidige overstromingsfrequenties als de overstromingsfrequenties in het verleden. Het normaliseren van (gedeeltes van) beeklopen en aanleg van dijken en weglichamen kunnen de situatie in de loop der tijd ingrijpend hebben gewijzigd.

Navraag bij het waterschap Midden-Limburg heeft uitgewezen dat geen overstromingsfrequentie-kaarten van de Tungelroyse beek en de Neerbeek zijn vervaardigd. Dit betekent dat voor dit beekdal slechts een globale indicatie van de ligging en de omvang van de overstromingsgebieden kon worden gegeven door medewerkers van het waterschap, die op grond van hun kennis en ervaring in staat zijn globaal aan te geven welke gebieden langs de beek nog wel overstromen. Met name de begrenzing van deze overstromingsgebieden is moeilijk, waardoor correlatie van data met overstromingsfrequenties voor de Tungelroyse beek niet mogelijk is.

Het waterschap Dommel heeft voor een gedeelte van deze beek wel overstromingsfrequentie-kaarten geproduceerd op schaal 1 : 10 000. Zij heeft deze kaarten ter beschikking gesteld maar vermeldt hierbij dat de betrouwbaarheid van de kaarten niet groot is. Voornaamste reden hiervoor is dat de kaarten voor het laatst zijn bijgewerkt in 1969. Sinds die tijd zijn er grote veranderingen in het veld geweest, zoals normalisering van de beeklopen, ophoging van terreingedeeltes met opgebaggerd slib, en aanleg van wegen en andere verhoogde terreinelementen. Dit betekent dat die kaarten alleen geschikt zijn als historisch beeld van de overstromingssituatie voor dit deel van het beekdal en niet voor de huidige situatie. Daarnaast is het gebied in slechts drie klassen ingedeeld, waarbij soms twijfel bestaat over de juistheid van de gegevens en de begrenzingen. Gegevens van na 1969 zijn niet aanwezig, zodat voor de periode na vervaardiging van de kaarten evenals bij de Tungelroyse beek uitsluitend kan worden uitgegaan van mondelinge mededelingen van medewerkers van het waterschap.

Ondanks het feit dat de lozingen sinds 1973 sterk zijn gereduceerd, toen de Kempense Zinkmaatschappij overging in Budelco en een nieuwe fabriek is gesticht waarin volledig nieuwe produktiemethoden worden gebruikt, zijn de gegevens met betrekking tot de overstromingssituatie van na 1973 tot heden van groot belang voor de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de overstromingsgebieden. Door sterk verhoogde waterafvoeren, bijvoorbeeld bij hevige regenval, kan het verontreinigde bodemslib opnieuw in suspensie gaan en worden getransporteerd en vervolgens opnieuw afgezet op de bodems in de overstromingsgebieden. Deze aanvoer van zware metalen is een belangrijke secundaire bron die langdurig voor nalevering van zware metalen kan zorgen (Leenaers 1989). Overigens geldt in dergelijke situaties dat ook de gehalten in het oppervlaktewater tijdelijk sterk kunnen toenemen.

9.3 Beschikbare onderzoeksgegevens

9.3.1 DL&V, 1984

In 1984 heeft de Directie Landbouw en Voedselvoorziening naar aanleiding van een eerder onderzoek van het I.B. te Haren (Luit en Smilde, 1982) geprobeerd een eerste omvangsbepaling van de verontreiniging te maken en een analyse van de verschillende verontreinigingsbronnen te geven. Binnen dit onderzoek zijn ook overstromingsgebieden van een aantal beken bemonsterd. De bemonstering heeft plaatsgevonden op drie verschillende afstanden van de beekloop, te weten een zone A van 1-3 meter evenwijdig aan de beek met een lengte van 20 - 30 meter, een zone B van 20 bij 15 meter op 15 meter van de beek en een zone C van 10 x 10 meter op grotere afstand van de beek (100 - 400 meter) welke volgens opgave van de directie landbouw en voedselvoorziening duidelijk hoger lag dan de beekloop. De beeklopen in Limburg zijn slechts op twee plaatsen bemonsterd, een hoog en een laag gedeelte.

9.3.2 Nader onderzoek fase II, Haskoning 1985

In het nader onderzoek fase II dat Haskoning in 1985 (Haskoning, 1985) heeft uitgevoerd is de nadruk vooral gelegd op de problematiek van de oppervlaktewaterverontreiniging en de onderwaterbodemverontreiniging en in veel mindere mate op de problematiek van de verontreiniging van de bodem in overstromingsgebieden. Langs de Dommel, de Neerbeek en de Tungelroyse beek zijn met behulp van informatie van de twee waterschappen een aantal overstromingsgebieden vastgesteld. In elk van deze overstromingsgebieden zijn twee monsters genomen, één op 5 meter afstand van de beek en één op ca. 30 meter uit de beek in het gebied dat door Haskoning als lager gelegen overstromingsgebied wordt aangeduid (zie tabel 3.7, rapp. deelproj. 4, N.O. fase II okt. 85). Elk van de in totaal 32 monsters bestaat uit een mengmonster samengesteld uit 10 steken van de bovenste 25 cm van de bodem, verspreid genomen over een oppervlak van 10 x 10 meter. De

coördinaten van de bemonsterde punten zijn in de rapportage slechts met een nauwkeurigheid van 100 meter weergegeven, waarbij beide punten van een bemonsteringslokatie met dezelfde coördinaten zijn vastgelegd. Hierdoor wordt de terugkoppeling van de data naar het veld erg moeilijk. Tevens is gebleken dat terugkoppeling van de gegevens naar de bestaande overstromingsfrequentie-kaarten door de wijze van lokatie-bepaling niet op een eenduidige wijze mogelijk is. De bruikbaarheid van deze gegevens wordt hierdoor beperkt.

9.3.3 Iwaco, 1986

Iwaco heeft in de periode 1986 t/m 1989 een nader onderzoek en een saneringsonderzoek uitgevoerd op een woningbouwlokatie in de gemeente Boxtel. Het gebied is gelegen in Boxtel-Oost aan de noordzijde van de Dommel en is circa 7,5 hectare groot. Gezien het totale oppervlak van overstromingsgebieden in de Kempen is dit onderzoek van Iwaco te kleinschalig om de onderzoeksgegevens bruikbaar te maken voor de omvangsbepaling van de cadmium-verontreiniging in overstromingsgebieden. Bovendien is de genoemde lokatie inmiddels gesaneerd en is ter plekke geen sprake meer van een verontreiniging. Desondanks staat in dit onderzoek wel relevante informatie met betrekking tot deze problematiek.

9.3.4 GTD Oost Brabant, 1988

Een rapport van deze dienst (GTD, 1988) is opgenomen in een verzameling Annexen van cadmium-gegevens in de Dommelbodem. De meeste gegevens bestaan ook hier uit resultaten van slib-bemonsteringen, maar er zijn ook enkele gegevens opgenomen over een detailonderzoek in 3 verschillende inundatiegebieden waarbij rekening is gehouden met de hoogteligging. De overstromingsfrequentie is aan de hand van de hoogtegegevens onderverdeeld in hoog, midden en laag. Per inundatiegebied zijn 3 mengmonsters samengesteld, per overstromingsfrequentie één. Tevens is de hoogte van de waterinlaat en de lokaties nauwkeurig ingemeten. Daarnaast is in elk inundatiegebied een referentiepunt bemonsterd waarvan bekend is dat het buiten de overstromingsvlakte ligt. Het is niet bekend op welke afstand van de Dommel de monsters zijn genomen, zodat geen indeling in zones kan worden gemaakt.

9.3.5 Assenberg en Tielen, 1988

In hun onderzoek naar de belasting van inundatiegebieden van de Tungelroyse beek met zware metalen proberen Assenberg en Tielen meer inzicht te geven in de verontreinigingsgraad van de overstromingsgebieden van de Tungelroyse beek. Hiertoe zijn op 38 plaatsen monsters van oppervlakkige afzettingen verzameld en geanalyseerd. In een vlak van 5 x 5 meter zijn daarvoor 10 monsters van de bovenste 5 cm gestoken en gemengd. De monsters zijn voornamelijk op geringe afstand (1 - 10 meter) van de beek genomen. Slechts op twee plaatsen is op dezelfde lokatie bemonsterd in een

laag gelegen deel en in een hoog gelegen deel.

9.4 Resultaten

9.4.1 DL&V, 1984

In bijlage VIII is een kopie van de bijlage uit het rapport van directie landbouw en voedselvoorziening weergegeven, waarin onder meer de cadmiumgehalten en de afstandsklassen zijn gepresenteerd. Uit deze bijlage blijkt dat een aantal extreme waarden in de zone direct langs de beekvoorkomt. Op twee plaatsen langs de Dommel zijn cadmiumgehalten van meer dan 70 mg/kg waargenomen. Dit is meer dan het drievoudige van de C-waarde uit de leidraad bodemsanering. Het blijkt dat de variatie aan cadmiumgehalten in de zone direct langs de beek groot is (zie tabel 10). Het gemiddeld cadmiumgehalte in deze zone wordt in sterke mate beïnvloed door de extreme waarnemingen. Overigens vergelijkt de directie Landbouw en voedselvoorziening in haar eigen onderzoek ook alleen de zone b, die door haar als laag gelegen overstromingsgebied wordt aangemerkt en de hoger gelegen zone c. De vergelijkbaarheid van de waarnemingen is alleen te waarborgen indien van beide zônes een cadmiumgehalte bekend is. Derhalve zijn bij het berekenen van de gemiddelde cadmiumgehalten een aantal waarnemingen niet meegenomen. In bijlage VIII is aangegeven welke gegevens gebruikt zijn voor berekening van het gemiddelde.

De afstandsklasse a is voor de volledigheid opgenomen in de tabel maar om reeds aangegeven redenen moeilijk te vergelijken met de klasse b en c. Bij vergelijking van klassen b en c blijkt de bodem in laag gelegen overstromingsgebieden (klasse b) bij $\alpha=0,10$ significant zwaarder belast te zijn met zware metalen dan de hoger gelegen gronden (klasse c). Ook als de waarde van 27,05 mg/kg uit klasse b wordt weggelaten omdat die waarde als uitbijter is te beschouwen blijft het gemiddeld gehalte substantieel hoger dan op hoger gelegen gronden, namelijk gemiddeld 2,0 mg/kg.

Tabel 10 Gemiddelde, Standaarddeviatie, variatiecoëfficiënt en maximum cadmiumgehalte op drie afstanden van verschillende beken in de Kempen (bron: Directie Landbouw en voedselvoorziening 1984).

Afstands-klasse	Gem	StD	V.C (%)	Max	N
A (1-3m)	12.2	23.7	194	78.5	18
B (15 m)	3.3	6.1	185	27.1	19
C (+100m)	0.9	0.4	44	1.5	19

9.4.2 Nader onderzoek fase II, Haskoning 1985

Bij nadere bestudering van de data van Haskoning is gebleken dat een aantal waarnemingen niet afkomstig zijn van nieuw bemonsterde punten maar overgenomen zijn uit het hierboven besproken rapport van de Directie Landbouw en Voedselvoorziening. De twee extreme waarnemingen van de Dommel (nrs. 9 en 10) komen overeen met de extreme waarnemingen van Directie Landbouw en Voedselvoorziening (nrs. 9 en 6). Ook de gegevens van Haskoning nr. 1 en DL&V nr. To 1,2,3 komen overeen. Andere gegevens van DL&V zijn niet overgenomen. De interpreteerbaarheid van de waarnemingen wordt op deze manier erg moeilijk. Ondanks de onduidelikheden die er op sommige punten bestaat met betrekking tot de bestaande data, is voor de twee afstandsklassen het gemiddelde, de standaarddeviatie en het maximaal waargenomen cadmium-gehalte berekend voor alle onderzochte beken in de Kempen, voor de Dommel en voor de Tungelroysche beek (tabel 11). De afstandsklasse 5 meter is gelegen in een gebied dat door DL&V zone A wordt genoemd. De afstandsklasse 30 meter is gelegen in een gebied dat door DL&V zone B wordt genoemd.

De gemiddelde gehalten voor alle beken zijn op beide afstanden significant ($\alpha=0,10$) hoger dan 2,5 mg/kg. Bij onderverdeling van de gegevens naar beek, waar overigens alleen de Dommel en de Tungelroyse beek voor in aanmerking komen omdat langs de Neerbeek slechts twee monsters zijn genomen, blijkt dat bij de Tungelroysche beek de gemiddelde gehalten juist op een afstand van 30 meter het hoogst zijn. De maximum waargenomen gehalten bij de twee beken zijn erg hoog, ze overschrijden de C-waarde ruimschoots. Hoewel geen zekerheid kan worden verkregen over de oorzaak van deze extreem hoge gehalten, moet het niet uitgesloten worden dat deze boringen gezet zijn in gedeelten waar in vroeger tijden opgebaggerd verontreinigd slib is gebruikt om land op te hogen. Deze plaatsen zijn bij geen van de beheersorganisaties goed bekend en zijn niet altijd in het veld te herkennen. Zekerheid hierover valt derhalve niet te geven.

Tabel 11 Het gemiddelde, standaarddeviatie, variatiecoëfficiënt en maximaal aangetroffen cadmiumgehalten op afstanden van 5 m en 30 m van drie beken in de Kempen, de Dommel en de Tun-gelroysche beek (bron: Haskoning, 1985).

Afst. tot de beek	Gem		StD		V.C (%)		Max		N	
	5	30	5	30	5	30	5	30	5	30
Kempen	14,6	13,3	23,6	17,9	162	135	78,5	60,0	16	16
Dommel	19,6	6,5	28,6	6,8	146	105	78,5	20,0	10	10
T.B	6,1	27,4	3,4	25,1	56	92	12,2	60,0	5	5

9.4.3 Iwaco, 1986

In het historisch onderzoek wordt aangegeven dat de Dommel in het verleden diverse malen is uitgebaggerd op desbetreffende lokatie. De bagger bestond voor circa 50% uit rivierzand en voor circa 50% uit bodemslib gecontamineerd met zware metalen. Oorspronkelijk is dit slib als dijk op de oever afgezet, in een later stadium is deze dijk landinwaarts afgevlakt. Ook zijn onbekende hoeveelheden naar elders afgevoerd. In een vooronderzoek is door Iwaco nagegaan of er een correlatie te vinden is tussen diverse landschappelijke kenmerken en cadmiumgehalten. Voor de landschappelijke kenmerken heeft Iwaco gekozen voor lithologie, kleurverschillen op luchtfoto's, de vegetatie en de afstand van bemonsteringspunten tot de Dommel. Uit dit vooronderzoek bleek dat er alleen een relatie bestond tussen cadmiumgehalten en afstand tot de beek. Uit de kaarten die bij dit onderzoek zijn gevoegd en waarop isoconcentratie-lijnen zijn weergegeven, is af te leiden dat de sterkst verontreinigde gedeelten (> C-waarde) zich nabij de oever van de Dommel bevinden en dat gehalten duidelijk afnemen naarmate de afstand tot de beekloop groter wordt.

9.4.4 GTD, 1988

Een overzicht van de resultaten van dit detailonderzoek is weergegeven in tabel 12.

Tabel 12 Overstromingsfrequentie en cadmiumgehalten in 3 inundatiegebieden (bron: Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, 1988)

Inundatiegebied	Bemonsteringspunt	Hoogteligging tov. inlaat	Overstr. frequentie	Cadmium in mg/kg
I	1.1 t/m 1.3	-0.07m	hoog	8.0
I	2.1 t/m 2.4	+0.38m	middel	10.0
I	3.1 t/m 3.3	+1.05m	laag	< 0.5
I	referentie	+1.22m	niet	< 0.5
II	1.1 t/m 1.3	-0.04m	hoog	6.0
II	2.1 t/m 2.3	+0.42m	middel	5.0
II	3.1 t/m 3.3	+0.37m	laag	4.0
II	referentie	+0.66m	niet	< 0.5
III	1.1 t/m 1.3	-0.36m	hoog	16.0
III	2.1 t/m 2.3	-0.14m	middel	28.0
III	3.1 t/m 3.3	+0.80m	laag	4.0
III	referentie	+1.37m	niet	< 0.5

De cadmiumgehalten op de drie lokaties met middelmatige en hoge overstromingsfrequentie zijn 1,5 tot 20 keer hoger dan die op de drie lokaties met een lage overstromingsfrequentie. Tevens lijkt een verschil te bestaan tussen lokaties met een lage overstromingsfrequentie en de lokaties die als referentiepunt gediend hebben. Het verschil tussen een lokatie met een hoge overstromingsfrequentie en een lokatie met een middelmatige overstromingsfrequentie is niet duidelijk. In één geval heeft het punt met de hoogste overstromingsfrequentie een hoger cadmiumgehalte, in twee gevallen is het andersom. Bij inundatiegebied III is het verschil erg groot (12 mg/kg). Een oorzaak hiervoor is op grond van de beschikbare resultaten niet te geven.

9.4.5 Assenberg en Tielen, 1988

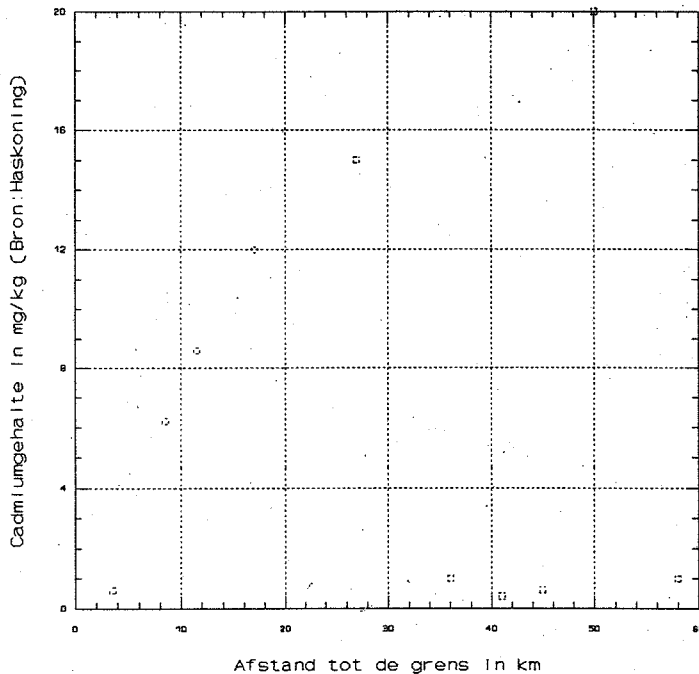
De analysesresultaten van deze twee lokaties geven twee verschillende resultaten. Ter plaatse van het ene monsterpunt is het cadmiumgehalte in het lager gelegen deel een hoger dan in het hoger gelegen deel (29.6 tegen 10.8 mg Cd/kg), terwijl ter plekke van het andere monsterpunt in het hoger gelegen deel de hoogste cadmium-concentratie is aangetroffen (74.8 tegen 48.6 mg Cd/kg). Een verklaring hiervoor wordt niet gegeven. Voor de andere punten is een overstromingsfrequentie vastgesteld op basis van informatie van het Waterschap Midden-Limburg. Deze informatie is in het veld getoetst op basis van visuele kenmerken zoals de aanwezigheid van sediment en op basis van gesprekken met plaatselijke bewoners. Uit deze veld-ervaringen blijkt de opgave van het waterschap vaak onnauwkeurig te zijn. Zowel de overstromingsfrequentie als de begrenzing van de inundatiegebied lijken niet te kloppen met de waarnemingen in het veld. Hierdoor is het moeilijk de analyse-resultaten van de meest individueel genomen monsters te correleren met een overstromingsfrequentie.

9.5 Cadmiumverontreiniging en de afstand tot de bron

In het onderzoek naar vervuiling van de Geuldalbodem (Leenaers, 1988) wordt vastgesteld dat de gehalten van de diverse zware metalen afnemen met de afstand tot de bron. Hoewel het hele dal van de Geul duidelijk vervuild is met zware metalen, worden de hoogste waarden voornamelijk het dichtst bij de bron gevonden. In het Geuldal is dus een negatieve correlatie tussen het gehalte zware metalen en de afstand tot de vervuilingsbron geconstateerd.

Voor de drie, in het voorgaande besproken, gegevensbestanden is nagegaan of er een relatie kan worden aangetoond tussen de cadmium-gehalten in de bodem en de afstand tot de bron van verontreiniging. Hiertoe is voor de bemonsteringspunten de afstand tot de grens en het cadmiumgehalte grafisch uitgezet. In de meeste gevallen is er geen relatie tussen de cadmiumgehalten en de afstand tot de bron. In het geval van de Tungelroyse beek zijn alleen uit het onderzoek van Assenberg en Tielen voldoende gegevens beschikbaar om het cadmium-gehalte tegen de afstand uit te zetten. Dat er op grond van deze gegevens geen relatie kan worden geconstateerd kan een aantal oorzaken hebben. Allereerst is het mogelijk dat de relatie wordt verstoord door de relatief korte afstand waarover de beek stroomt, waardoor het differentiatie-proces niet erg uitgesproken is. Een andere mogelijkheid, die ook wordt genoemd Assenberg en Tielen, is dat verhoogde afvoeren van de Maas ervoor kunnen zorgen dat juist in het benedenstroomse deel van de Tungelroyse beek relatief veel overstromingen voorkomen als gevolg van de stuwende werking van het Maas-water. Hierdoor komen in dit benedenstroomse deel mogelijk meer overstromingen voor, waardoor de cadmiumgehalten als gevolg van de meer frequente overstromingen hoger kunnen liggen en de relatie teniet wordt gedaan of omdraait. Het feit dat de bemonsteringen alle plaats hebben gevonden in de eerste tien meter naast de beek kan

ook een versturende werking hebben, omdat onder meer uit onderzoek van Iwaco en Haskoning blijkt dat juist in deze eerste zone de variabiliteit van de zware metalen hoog is. Voor geen van de drie onderscheiden afstandsklassen uit het onderzoek van de Gemeenschappelijke Technologische Dienst kan een relatie worden aangetoond tussen het cadmiumgehalte en de afstand tot de bron. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat deze dienst veel verschillende (zij)beken heeft bemonsterd, waardoor de relatie minder eenduidig naar voren komt of afwezig is.



Figuur 18 Cadmiumgehalten van de bemonsteringen op 30 meter afstand uit de Dommel, uitgezet tegen de afstand tot de grens.

Voor de bemonsteringspunten van Haskoning, die zijn genomen op 30 meter uit de beek, lijkt wel een relatie aanwezig (figuur 18). In de eerste 30 kilometer neemt het cadmiumgehalte met de afstand tot de grens duidelijk toe. Hierna vindt een scherpe terugval plaats naar veel lagere cadmiumgehalten, met uitzondering van één punt op 50 km van de grens. De scherpe terugval op 30 km is te verklaren door het feit dat tussen de monsterpunten waar de terugval voorkomt, de kleine Dommel aansluiting vindt op de Dommel. Een grote hoeveelheid water komt hiermee bij het Dommelwater en zorgt hiermee voor een grote verdunningsfactor. Voor de uitschieter van 20 mg Cd/kg na dit punt zou kunnen gelden dat dit op een punt genomen is waar slib is gestort. Duidelijkheid hierover is echter moeilijk te krijgen op grond van de huidige gegevens. De reden dat het cadmiumgehalte wellicht positief gecorreleerd is met de afstand tot de bron, is mogelijkkerwijs te verklaren door de relatief hoge mobiliteit van cadmium in vergelijking met andere zware metalen. Door remobilisatie van met cadmium vervuuld bodem-

slib en hernieuwde afzetting hiervan is het mogelijk dat, sinds de reductie van de lozingen, de cadmiumvervuiling zich als het ware langzaam als een golf stroomafwaarts door het beekdal begeeft. Dit heeft dan tot gevolg dat juist in de toplaag bovenstrooms inmiddels relatief schoon sediment wordt afgezet op de vervuilde bodems, terwijl benedenstrooms relatief vervuild bodemslib opnieuw wordt afgezet op de toplaag in de overstromingsgebieden.

9.6 Conclusies

In de overstromingsgebieden is vrijwel overal sprake van een matige tot sterke verontreiniging met zware metalen. Gemiddeld komen de cadmiumgehalten ruim boven de grens van 2,5 mg/kg en ook cadmiumgehalten boven de C-norm van 20 mg/kg zijn geen uitzondering.

Op basis van de voor handen zijnde gegevens met betrekking tot de verontreiniging in overstromingsgebieden kunnen de overstromingsvlakten in globaal drie zônes worden verdeeld.

De eerste zone betreft de hoogliggende strook direkt naast de beek met een breedte van enkele meters. Uit onderzoek van onder meer Haskoning, Iwaco en de direktie Landbouw en Voedselvoorziening blijkt dat de gehalten aan zware metalen in deze strook sterk variëren. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk gelegen in het feit dat bij uitbaggeringswerkzaamheden de bagger in eerste instantie als een dijk direkt langs de beek is gestort en in een later stadium ofwel naar elders is getransporteerd ofwel landinwaarts is uitgevlakt. Omdat stortplaatsen en baggeringswerkzaamheden niet goed zijn geadmistreerd door de waterschappen is het zeer moeilijk een beeld te verkrijgen van de verontreinigingssituatie in deze zone langs de beek. Het is gebleken dat het niet meer te achterhalen is met welke frequentie er in het verleden is gebaggerd en waar de bagger is gebleven. Het is op basis van de voorliggende onderzoeken aannemelijk dat op vele plaatsen in deze eerste zone in ieder geval nog resten van al of niet sterk verontreinigd opgebaggerd slib aanwezig zijn, waardoor de cadmiumgehalten lokaal erg hoog kunnen zijn.

De tweede zone die kan worden onderscheiden is een strook met variabele breedte, die globaal kan worden aangegeven als de lager gelegen overstromingsvlakte. Deze zône wordt aan de beekzijde begrensd door de hoger gelegen beekoever (de eerste zône) en wordt landinwaarts begrensd door de hoger gelegen gronden, die nog wel overstromd worden maar als gevolg van de hoogteligging minder frequent dan de gronden in de tweede zone.

De hoger gelegen gronden vormen de derde zone die ophoudt waar geen overstromingen meer plaatsvinden.

Op grond van de onderzoeken van de Gemeenschappelijke Technologische Dienst en de Direktie Landbouw en Voedselvoorziening kan geconcludeerd worden dat de cadmiumgehalten in de lagere delen hoger zijn dan de

cadmium-gehalten in de hogere delen van de overstromingsgebieden. Dit verschil hangt samen met de overstromingsfrequentie. De gronden die vaker worden overstroomd zijn meer vervuild dan de gronden die minder vaak worden overstroomd. Op basis van de huidige gegevens kan deze relatie niet verder worden uitgewerkt voor de overstromingsgebieden in de Kempen, omdat de overstromingsfrequenties van de inundatiegebieden niet voldoende bekend zijn en te weinig analysegegevens voorhanden zijn.

9.7 Aanbevelingen

Uit onderzoeken in andere beekdalen is gebleken dat er een relatie bestaat tussen het zware-metalengehalte en de overstromingsfrequentie in een gebied. De beschikbare gegevens in de Kempen suggereren dat ook voor deze overstromingsgebieden een relatie bestaat tussen het cadmium-gehalte en de overstromingsfrequentie.

Indien de inundatiegebieden en de begrenzing van deze gebieden worden vastgesteld, alsmede de overstromingsfrequenties in die gebieden, kan door middel van een proefonderzoek de relatie tussen het cadmium-gehalte en de overstromingsfrequentie worden uitgewerkt. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van een verband tussen het cadmiumgehalte en de afstand tot de bron van een bepaalde lokatie. Indien beide relaties voldoende nauwkeurig worden vastgesteld met behulp van een proefonderzoek, is het vervolgens mogelijk de resultaten te gebruiken om te komen tot een omvangsbepaling van de weinig belaste en belaste gebieden in de overstromingsgebieden.

10 Conclusies

In het diffuus verontreinigde gebied komen in het Nederlandse deel in de Kempen gebieden met een totaal oppervlak van ca. 35 km² in aanmerking voor het nemen van saneringsmaatregelen op percelen die in gebruik zijn als moestuin. In een gebied van 25 km² moet een gebruiks en/of bemestingsadvies worden gegeven voor percelen die in gebruik zijn als moestuin.

Een voorlopige risico-analyse wijst uit vooral de consumptie van groenten die zijn geteeld op met cadmium verontreinigde grond leidt tot een grote toename van de kans op nadelige gevolgen voor de volksgezondheid.

Het aantal tuinen in de belaste en weinig belaste gebieden wordt geschat op 6000 waarvan 1500 moestuinen en 4500 siertuinen. Het geschatte oppervlak voor de moestuinen bedraagt minstens 16 ha. tot meer dan 26 ha. Het geschatte oppervlak voor de siertuinen bedraagt minstens 42 ha tot meer dan 69 ha. De gevolgde schattingsmethode leidt waarschijnlijk tot een overschatting van het aantal tuinen in de orde van 15%, zodat de omvang in werkelijkheid geringer zal zijn.

Tot op ca. 1 meter langs assenwegen komen licht verhoogde cadmiumgehalten voor die het gevolg kunnen zijn van verspreiding van cadmium vanaf de assenweg via uitloging, verwaaiing of afspoeling. De hoogste cadmiumgehalten worden voornamelijk in het weglichaam geconstateerd.

In de overstromingsgebieden kunnen globaal drie inundatie zones worden onderscheiden. In de lager gelegen zones komen de hoogste cadmiumgehalten voor en wordt ook de grootste variatie van cadmiumgehalten geconstateerd. Door het gering aantal beschikbare gegevens is het niet mogelijk te komen tot een ruimtelijke differentiatie van belaste en weinig belaste gebieden in de overstromingsgebieden.

11 Aanbevelingen

Diffuus verontreinigd gebied

Aanbevolen wordt om de belaste gebieden in het diffuus verontreinigde gebied die slechts door enkele waarnemingen worden gestaafd nader te onderzoeken. Ook wordt aanbevolen in de belaste gebieden gewasmonsters te nemen zodat uitspraken kunnen worden gedaan over de risico's voor de volksgezondheid door de consumptie van zelfgeteelde groenten in die gebieden. Op basis van de resultaten van een risico-analyse en de resultaten van dit onderzoek kunnen prioriteiten worden gesteld voor te nemen saneringsmaatregelen.

Overstromingsgebieden

Vanwege de zeer hoge cadmiumgehalten in de overstromingsgebieden wordt aanbevolen het landgebruik in de overstromingsgebieden in kaart te brengen

en een gezondheidkundige risico-analyse uit te voeren.

Ook wordt aanbevolen om in de overstromingsgebieden een nader onderzoek uit te voeren om de overstromingsfrequenties en de daaraan gerelateerde cadmiumgehalten in kaart te brengen. Met name voor de overstromingsgebieden van de Neerbeek moeten aanvullende gegevens worden verzameld.

Assenwegen

Voor een definitieve omvangsbepaling van de belaste gebieden langs assenwegen moeten de resultaten van het nog in uitvoering zijnde onderzoek naar de lengte van de assenwegen worden afgewacht.

Vanwege de geringe beïnvloedingszone langs de assenwegen zijn de risico's voor de volksgezondheid van ondergeschikt belang. Wel moeten de risico's voor het milieu, door bijvoorbeeld uitloging van cadmium naar het grondwater, nader worden onderzocht.

12 **Literatuur**

Anonymus, 1983: Leidraad bodemsanering. Ministerie Vrom, Staatsuitgeverij, Den Haag.

Assenberg en Tielen, 1988: Onderzoek naar de belasting van inundatiegebieden van de Tungelroyse beek door enkele zware metalen. Verslag van een post-doctorale stage, uitgevoerd bij CSO Adviesbureau voor milieuonderzoek.

Beltman c.s., jan. 1985, Onderzoek naar de horizontale en verticale verspreiding van zink en cadmium rond een zinkassenweg. Onderzoekverslag voor het vak milieuprobleemanalyse, Landbouw Hogeschool Wageningen.

Berg, R.v.d., 1991: Nieuwe C-waarden; De beoordeling van de risico's van bodemverontreiniging, Bodem, p 113-119.

Centraal Bodemkundig Bureau Deventer, 1984, Cadmium, lood, zink rond Luijkgestel, Bergeijk en omgeving.

Centrum voor Bosbiologisch Onderzoek Bokrijk (België), 1982, Onderzoek van zware metalen in de bodem in de omgeving van non-ferrobedrijven in de noordelijke Kempen; L. Baeyens.

Clausing, P., B. Brunekreef, J.H. van Wijnen, 1989: Een schatting van de ingestie van bodem- en stofdeeltjes door jonge kinderen, Verslag van de Vakgroep Gezondheidsleer, LU Wageningen, 1989-384, 73 p.

Consulentschap voor Akker- en Tuinbouw, Directie Landbouw en Voedselvoorziening Tilburg, mrt. 1984, Onderzoek cadmiumverontreiniging in de Kempen; P. van Velde.

CSO Adviesbureau voor milieuonderzoek Den Dolder, sept. 1989, Voorstel tot onderzoek naar de verspreiding van zware metalen in het dal van de Tungelroyse beek en de Neerbeek, alsmede naar de risico's voor de volksgezondheid die hieruit voortvloeien. Rapportnummer CSO.89.050.

Direktie Landbouw en Voedselvoorziening, 1984: Onderzoek cadmiumverontreiniging in de Kempen, Tilburg.

Cultuurtechnische dienst, Provinciale directie Noord-Brabant (Ministerie van Landbouw en Visserij), sept. 1969, Omvang van de inundatie en te geringe drooglegging in het Dommelgebied (stroomopwaarts van Boxtel). Rapportnummer 69-36-U-Versp.

Endedijk, G. en Klein Ikkink, E., jan. 1985, Ecotoxicologische effecten van assenwegen in de Brabantse Kempen. Doktoraalverslag van de werkgroep plantencologie, Vrije Universiteit Amsterdam.

Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, 1988: Inventarisatie cadmium gegevens Dommelbodem, Annexen. GTD nr. 88.4316/Wo/LP.

Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant, jan. 1989, Project sanering Dommelbodem; inventarisatie cadmiumgegevens Dommelbodem. Rapportnummer 89-KB-016/LP.

GRONTMIJ n.v., Advies- en Ingenieursbureau De Bilt, nov. 1985, De Dommel van Eindhoven tot Boxtel, probleemverkenning inzake de verbetering van de waterkwaliteit.

HASKONING, Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau Nijmegen en TAUW Infra Consult b.v. Deventer, okt. 1988, Zware metalen verontreiniging in de Kempen, Nader saneringsonderzoek saneringsgebied fase 1A, conceptrapportage. Rapportnummer 88/1478.47.08/1k.

HASKONING, Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau Nijmegen en TAUW Infra Consult b.v. Deventer, feb. 1989, Zware metalenverontreiniging in de Kempen, Saneringsonderzoek saneringsgebied fase 1A. Rapportnummer 88/1478.47.08/1K.

HASKONING, Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau Nijmegen en TAUW Infra Consult b.v. Deventer, jun. 1987, Zware metalen verontreiniging in de Kempen, Saneringsplan fase 1A, conceptrapportage. Rapportnummer 1478.47.08.

HASKONING, Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau Nijmegen, jan. 1987, Rapportage van de aanvullende inventarisatie van assenwegen, -erven en -depôts en van de overstromingsgebieden van een aantal door zware metalen verontreinigde waterlopen in Noord-Brabant en Limburg. Rapportnummer 87/1478.45/3k.

HASKONING, Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau Nijmegen, mrt. 1984, Bodemverontreiniging in de Kempen en een aangrenzend gedeelte van de provincie Limburg, Nader onderzoek fase I: Inventarisatie. Rapportnummer 84/1659.06/2K.

HASKONING, Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau Nijmegen, okt. 1985, De zware metalenverontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en van Limburg, Nader onderzoek fase 2, vier deelprojecten. Rapportnummers deelproject I: 85/1478.14.01/8K, deelproject II: 85/1478.14.02/6K, deelproject III: 85/1478.14.03/6K, deelproject IV: 85/1478.14.04/7K.

Hoogerwerf, M.R., 1992, Kwantitatieve risicobeoordeling op een lokatie in Budel. Bijlage bij : Onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen, rapport CSO.013.92A, Den Dolder.

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, 1988, rapportnr.8. Haren (Gr).

INPIJN-BLOKPOEL SON b.v., Raadgevend Ingenieursbureau Son en Breugel, aug. 1988, Oriënterend milieu-onderzoek op de lokatie Laag Strijp, Witte Poort, Volkstuinen en P. van de Elsenstraat te Aarle-Rixtel. Opdrachtnummer VS-6199.

Isaaks, E.H., en R.M. Srivastava, 1989, An introduction to applied Geostatistics, Oxford University Press, New York.

IWACO, Adviesbureau voor water en milieu Boxtel, jun. 1989, Evaluatie grondsanering Dommeldal Boxtel. Rapportnummer 30.9450.

IWACO, Adviesbureau voor water en milieu Boxtel, feb. 1990, Saneringsplan fase 1A Budel.

IWACO, Adviesbureau voor water en milieu Boxtel, okt. 1987, Saneringsonderzoek Dommeldalgebied te Boxtel. Rapportnummer 30.550.

IWACO, Adviesbureau voor water en milieu Boxtel, sept. 1986, Nader onderzoek Dommeldalgebied te Boxtel, voorlopig rapport. Projectnummer 30.328.

Journel, A.G., en Ch. J. Huijbregts, 1978, Mining Geostatistics, Academic Press, London.

Kieviet, F. en van de Hout, R., okt. 1988, Onderzoek naar verontreiniging van het erf Neunense Dijk 10 Mierlo met zware metalen. Rapport Chemie-winkel (aanvraagnummer 986), Wetenschapswinkel, Technische Universiteit Eindhoven.

Leenaers, 1989: The dispersal of metal mining wastes in the catchment of the River Geul (Belgium - The Netherlands). Proefschrift, Geografisch Instituut, Rijksuniversiteit Utrecht.

Leenaers, H., M.C.Rang, D.M.C.Rang, 1991: Omgaan met onzekerheid: Nieuw model voor het beoordelen van gezondheidkundige risico's bij bodemverontreiniging, Bodem, p 65-70.

Linders, J.B.H.J., 1990: Risicobeoordeling voor de mens bij blootstelling aan stoffen. Uitgangspunten en veronderstellingen, RIVM, rapportnummer 725201003.

LISEC, studiecentrum voor ecologie en bosbouw v.z.w. Bokrijk-Genk (België), werkgroep zware metalen in Noord-Limburg, subgroep water, jun. 1986, De verontreiniging van het grondwater door cadmium en zink in de gemeenten Lommel, Overpelt en Dilsen. Rapport over de activiteiten van 1983-1986.

LISEC, studiecetrum voor ecologie en bosbouw v.z.w. Bokrijk-Genk (België), werkgroep zware metalen in de Kempen, subgroep bodem en vegetatie, aug. 1985, Inventariserend onderzoek inzake de verontreiniging met zware metalen in de Kempen.

LISEC, studiecetrum voor ecologie en bosbouw v.z.w. Bokrijk-Genk (België), werkgroep zware metalen in de Kempen, okt. 1984, Inventariserend onderzoek inzake de verontreiniging met zware metalen in de Kempen.

Matsers, E., F. Hendriks, 1987: Gezondheidsrisico's bij bodemverontreiniging; handleiding voor de beoordeling van het gezondheidsrisico, Nederland Gifvrij, Utrecht, Wetenschapswinkel Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.

Luit, B. van en K.W. Smilde, 1982: Onderzoek naar de verontreiniging met cadmium en zink van grond en gewas in de omgeving van zinkfabrieken. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren.

Nieuwkoop, J., 1989, Bedrijfsactiviteiten en bodemverontreiniging in het verleden in Noord-Brabant, TU Eindhoven.

Oh, K.M.M. en Okx, J.P., jul. 1987, Atmosferische depositie van zware metalen, een geostatistisch onderzoek naar de ruimtelijke variatie in het zware metalengehalte in de bodems in de omgeving van de Zinkwit Nederland B.V. te Eijsden. Doktoraalverslag van de vakgroep fysische geografie, Rijksuniversiteit Utrecht.

ORANJEWOUDE Oosterhout, mrt. 1990, Onderzoek moestuinen in de gemeenten Budel en Weert. Projectnummer 77-40078.

Provincie Noord-Brabant Milieumetingen, Onderzoek naar cadmium rondom Budelco b.v., Interne notitie PWS. Rapportnummer 82-010, bijlage 1.

Provincie Noord-Brabant Milieumetingen, (betreft waterkwaliteitsmetingen en slibmonsters). Rapportnummer 82-025, 82-029, 83-001, 83-007.

Provincie Noord-Brabant Milieudienst Eindhoven, jan. 1988, Indicatief onderzoek naar bodemverontreiniging, terrein Bleyenhoek 16 gemeente Bladel. Rapportnummer nRA239.

Provincie Noord-Brabant Milieudienst Eindhoven, diverse Indicatieve en Nadere Bodemonderzoeken.

Rang, M.C., C.E. Kleijn en C.J. Schouten, 1986: Mapping of soil pollution by application of classical geomorphological and pedological field techniques. International Geomorphology 1986, Part 1, Edited by V. Gardiner.

Rijkskeuringsdienst van Waren Den Bosch, okt. 1987, Lood en cadmium in grond en gewas van volkstuin De Koppel te Aarle-Rixtel.

Rijkskeuringsdienst van Waren Den Bosch, mrt. 1983, Het cadmiumgehalte van een aantal "winterse" gewassen in de Brabantse Kempen.

RIVM, 1980: Enkele aspecten van de macro- en microsamenstelling van duplicaten van 24-uursvoeding; resultaten van de campagne januari-maart 1978 mede in vergelijking met die uit de periode mei-juni 1976. Rapportnummer 647801001.

RIVM, 1987: Luchtkwaliteit jaarverslag 1987. Rapportnummer 228702009.

RIVM, 1990: Arseen, ijzer, seleen en tin opname per persoon en per dag, bepaald via analyse van duplicaat 24-uurs voedingen bemonsterd in 1984/1985, rapportnummer 388474006.

Staritsky, I.G., en Stein, A., 1990, Cadmiumverontreiniging in Budel en Weert; een geostatistische studie, Vakgroep Bodemkunde en Geologie, Wageningen.

Stein, A. en L.C.A. Corsten, 1991, Universal Kriging and Cokriging as a Regression Procedure, *Biometrics* 47, 575-587.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, okt. 1989, Saneringsmethoden voor assenwegen in de Kempen. Rapportnummer 3105962/RO-01.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, dec. 1988, Cadmium Kempen; beïnvloeding grondwaterkwaliteit op Limburgs grondgebied (4e fase). Projectnummer 51584.61.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, nov. 1988, Saneringsonderzoek assenwegen in de Kempen -fase 1-, conceptrapportage. Rapportnummer 51463.52/RO-01.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, jan. 1990, Onderzoek naar de identificatie van zinkassenwegen m.b.v. geofysische technieken, conceptrapportage. Rapportnummer 3106683.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, okt. 1987, Effecten van assenwegen op de grondwaterkwaliteit in de Kempen -Addendum-. Rapportnummer 51584.08.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, aug. 1987, Effecten van assenwegen op de grondwaterkwaliteit in de Kempen -Addendum-. Rapportnummer 51584.08.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, mrt. 1988, Effekten van assenwegen op de grondwaterkwaliteit in de Kempen. Rapportnummer 51584.08/RO-01.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, feb. 1990, Samenstellingsonderzoek bermmaterialen in de omgeving Budel-Dorplein. Projectnummer 3131793.

TAUW Infra Consult b.v. Deventer, 1991, Aanvullend onderzoek diffuse verontreiniging van het grondwater in de Kempen.

VROM, 1989: Voorlopige inspectie richtlijn blootstellingsrisico bij bodemverontreiniging.

Wetenschapswinkel, Vrije Universiteit Amsterdam, nov. 1986, Cadmium in de Dommel, effecten van cadmium op ecosystemen in de beek en in overstromingsgebieden langs de beek, implicaties van saneringsmaatregelen op natuurwaarden. Rapport Biologiewinkel 8701.

WVC, 1988: Wat eet Nederland ?; resultaten van de voedselconsumptiepeiling 1987/1988. Staatsuitgeverij. Bijlage x.

Bijlage I Coderingen KEMPETOT.DBF

1.	NUM_NIEUW	ch 5	
2.	NUM_OUD	ch 7	nummer uit bronrapport
3.	BRON	ch 4	BRONRAPPORT HK : Haskoning totaalbestand (t/m 7-85) HK88: Haskoning "Nader saneringsonderzoek saneringsgebied fase 1A" (10-88) OW : Oranjewoud "Onderzoek moestuinen in de gemeenten Budel en Weert" (3-90)
4.	X_COORD	nu10	
5.	Y_COORD	nu10	
6.	LAND	ch 1	N: Nederland B: België
7.	GEMEENTE	ch 5	
8.	ADRES	ch 30	
9.	LANDGEBR	nu 2	LANDGEBRUIK 0: niet ingevoerd 1: industriegebied 2: woongebied 3: bosgebied 4: agrarisch gebied met natuurwaarde 5: natuurgebied 6: agrarisch gebied 7: moestuin 8: tuin (geen moestuin)
10.	CONTOUR_HK	nu3,1	ISOLIJNEN HASKONING 1985 1 : Cd-gehalte in de bodem =< 1.0 mg/kg d.s. 2.5: Cd-gehalte in de bodem > 1.0 en =< 2.5 mg/kg d.s. 5 : Cd-gehalte in de bodem > 2.5 en =< 5.0 mg/kg d.s.
11.	MONSTERTYP	nu 2	MONSTERTYPE 1: gewasmonster 2: bodemmonster 3: grondwatermonster 4: oppervlaktewatermonster

12.	JAAR	nu 2	jaar van monstername, indien onbekend dan jaar van verschijnen rapport
13.	DIEPTE	nu 4	diepte in cm.
14.	BODEMTYPE	nu 2	BODEMTYPE 0: niet ingevoerd 1: zand/zandig 2: slib 3: lemig 4: licht lemig 5: grof zand 6: zand/leem 7: leem 8: veen/venig 9: grindig zand
15.	MENGMONSTE	ch 4	MENGMONSTER,AANTAL STEKEN J : ja N: nee
16.	OPPERVLAK	nu 1	OPPERVLAK WAAROVER MENGMONSTERS ZIJN GENOMEN 0: onbekend 1: 0-50 m ² 2: 50-100 m ² 3: 100-250 m ² 4: > 250 m ²
17.	GEWASTYPE	ch 6	naam van gewas
18.	PH_METHODE	nu 1	METHODE PH-BEPALING 1: pH-water 2: pH-KCl 3: pH-CaCl ₂
19.	PH		
20.	CD		CADMIUMGEHALTE totaalgehalte in mg/kg d.s.
21.	ZN		ZINKGEHALTE totaalgehalte in mg/kg d.s.
22.	PB		LOODGEHALTE totaalgehalte in mg/kg d.s.
23.	AS		ARSEENGEHALTE totaalgehalte in mg/kg d.s.

24.	CU		KOPERGEHALTE totaalgehalte in mg/kg d.s.
25.	ORGST	nu4,1	
26.	SINTELS	ch 1	ORGANOLEPTISCHE BEPALING SINTELS 1: niet 2: wel
27.	VERONTVORM	ch 3	<p>VERONTREINIGINGSVORM</p> <p>OWD/SLD: oppervlaktewater Dommel/slib Dommelbodem</p> <p>OWT/SLT: oppervlaktewater Tungelroysche beek/slib Tungelroysche beekbodem</p> <p>OWB/SLB: oppervlaktewater Boschloop/slib Boschloopbodem</p> <p>OWN/SLN: oppervlaktewater Neerbeek/slib Neerbeekbodem</p> <p>AW : assenwegen **d : diffuus verontreinigd gebied GW* : grondwater GS* : gewas BO* : bodem</p>

Bijlage II Herkomst data KEMPETOT.DBF

DATANRS.	TITEL RAPPORT
1-34	13. HASKONING en TAUW , jun. 1987, Saneringsplan fase 1A, conceptrapportage.
35-2053	27. ORANJEWOUDE Oosterhout , mrt. 1990, Onderzoek moestuinen in de gemeenten Budel en Weert.
2054-3940	10. HASKONING , mrt. 1984, Nader onderzoek fase I: Inventarisatie. 11. HASKONING , okt. 1985, Nader onderzoek fase 2, vier deelprojecten. 12. HASKONING , jan. 1987, Rapportage van de aanvullende inventarisatie van assenwegen, -erven en -depôts en van de overstromingsgebieden van een aantal door zware metalen verontreinigde waterlopen in Noord-Brabant en Limburg.
3941-3962	2. Consulentschap voor Akker- en Tuinbouw, Directie Landbouw en Voedselvoorziening Tilburg , mrt. 1984, Onderzoek cadmiumverontreiniging in de Kempen; P. van Velde.
3963-3977	28. Provincie Noord-Brabant Milieudienst Eindhoven , diverse Indicatieve en Nadere Bodemonderzoeken.
3978-3980	27. Provincie Noord-Brabant Milieudienst Eindhoven , jan. 1988, Indicatief onderzoek naar bodemverontreiniging, terrein Bleyenhoek 16 gemeente Bladel.

Bijlage III Verwerking detectielimieten

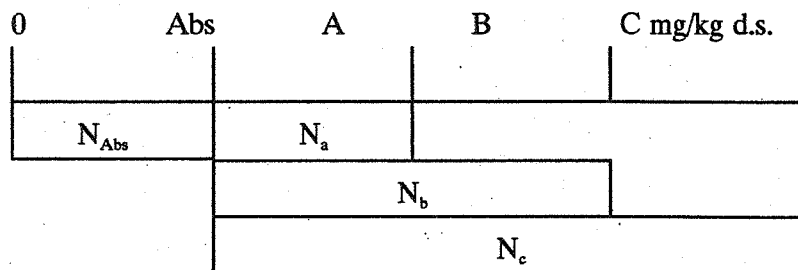
Inleiding

Zeer vaak bevatten grondmonsters cadmium in concentraties die niet meetbaar zijn. Er is sprake van een detectielimiet. Afhankelijk van de gehanteerde analyse methode en het gebruikte extractiemiddel varieert de waarde van deze limiet. De uitslag van de analyse luidt steeds: de concentratie is kleiner dan de detectielimiet.

In de statistiek is het vaak niet mogelijk te werken met "kleiner-dan-waardes". Bij de interpretatie van gegevens geven detectielimieten echter belangrijke informatie. Ze moeten daarom worden meegenomen bij de dataverwerking. Hiertoe worden de detectielimieten omgezet in waarden waarmee kan worden gerekend.

Als sprake is van een detectielimiet DL varieert de werkelijke concentratie tussen 0.0 en DL mg/kg d.s. Uit frequentiehistogrammen blijkt dat de verdeling van de cadmiumconcentratie lognormaal is. Vervanging van DL door de helft van de limietwaarde betekent een overschatting van de concentratie. Indien sprake is van één detectielimiet, is het niet mogelijk een vervangende waarde te berekenen die de werkelijke waarde beter benadert dan 0.5DL. Er wordt dan volstaan met halvering van de limietwaarde. Als er sprake is van meerdere detectielimieten, geldt bovenstaande ook voor de absolute (= laagste) limiet Abs.

Voor de hogere limieten kunnen, op basis van wel gedetecteerde concentraties, vervangende waarden worden berekend die de werkelijke waarden benaderen.



Abs is de absolute limiet. Tussen Abs en limiet A liggen N_a gegevens waarvan de cadmium-concentraties zijn gemeten. Op basis van deze gegevens en op basis van de gegevens met een concentratie $< \text{Abs}$ wordt een vervangende waarde A_v berekend voor detectielimiet A:

met: X = gemeten concentratie van monsters met $\text{Abs} < \text{cadmium} < A$

Op gelijke wijze worden vervangende waarden berekend voor de detectielimieten B en C.

$$A_v = \frac{N_{Abs} * 0.5 * Abs + \sum_{Abs}^A X}{N_{Abs} + N_A}$$

Assenwegen

Met betrekking tot de assenproblematiek is sprake van vier detectielimieten: 0.1 (11x), 0.15 (87x), 0.5 (10x) en 2 mg/kg d.s. (3x). De absolute limiet 0.1 wordt vervangen door de helft: 0.05 mg/kg d.s. Voor de overige limieten is een vervangende waarde berekend volgens bovenstaande formule. Tabel 1 geeft een overzicht van de waarden waardoor de detectielimieten worden vervangen.

Diffuus verontreinigd gebied

In de gegevens met betrekking tot het diffuus verontreinigd gebied komt slechts één detectielimiet voor: < 0.40 mg/kg d.s. (28x). Conform bovenstaande wordt de detectielimiet vervangen door de gehalveerde waarde: 0.2 mg/kg d.s. (tabel 1).

Overstromingsgebied

In de gegevens met betrekking tot het overstromingsgebied komt uitsluitend de detectielimiet 0.5 mg/kg d.s. (1x) voor. Deze wordt eveneens vervangen door de helft, in dit geval 0.25 mg/kg d.s. (tabel 1).

Tabel 1: Vervangende waarden voor detectielimieten van gegevens

	Detectielimiet (mg/kg d.s.)	Vervanging (mg/kg d.s.)
Assen wegen	0.1	0.05
	0.15	0.06
	0.5	0.16
	2	0.46
Diffuus	0.40	0.20
Overstroming	0.5	0.25

Bijlage IV Rosner's test

De Rosner's test is een tweezijdige procedure waarmee maximaal 10 uitbijters gedetecteerd kunnen worden. Om deze test toe te mogen passen is een normale verdeling vereist. Teneinde deze verdeling te verkrijgen is het noodzakelijk de data lognormaal te transformeren. Deze transformatie is een natuurlijk logaritmische. Door de manier van behandelen van de detectielimiet hebben 87 waarnemingen de waarde 0.2 gekregen. Hiermee is er een sprong ontstaan tussen de gehalveerde detectielimietwaarde (0.2) en de waarde het eerste boven de detectielimiet (0.41). Het heeft geen zin naar de laagste uitbijters te kijken, omdat de gereconstrueerde detectielimiet waarschijnlijk als uitbijter gedetecteerd zal worden.

Het voordeel van de Rosner's test is dat uitbijters elkaar niet kunnen maskeren, dit is het geval als twee uitbijters dicht bij elkaar liggen. Het principe van de test berust op het berekenen van de zogenaamde Rosner's-coëfficiënt telkens na het verwijderen van een uitbijter. In dit geval wordt telkens de hoogste uitbijter verwijderd. De Rosner's-coëfficiënt wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$R_{i+1} = |x^{(i)} - [x^{(i)}]| / s^{(i)}$$

waarin: $x^{(i)}$ de hoogste waarde is na het verwijderen van de hoogste uitbijter
 $[x^{(i)}]$ het rekenkundig gemiddelde is van de waarnemingen na het verwijderen van de hoogste uitbijter
 $s^{(i)}$ de standaarddeviatie van de waarnemingen na het verwijderen van de hoogste uitbijter.

De berekende R_{i+1} wordt vergeleken met een kritische waarde, die afhankelijk is van de steekproefgrootte.

Bijlage V Beschrijvende statistiek

Beschrijvende statistiek geeft inzicht in de verdeling van de onderzoekspopulatie door het aan de hand van de onderzoeksgegevens (steekproef) schatten van parameters van een onderliggende kansverdeling. Een kansverdeling kan worden gekarakteriseerd aan de hand van centrum- en spreidingsmaten.

Centrum-maten

In de statistiek worden verschillende schatters voor centrum-maten gebruikt : het rekenkundig gemiddelde, de mediaan, het harmonisch gemiddelde en het geometrisch gemiddelde. De laatste twee worden zelden gebruikt en worden daarom hier niet behandeld.

Het rekenkundig gemiddelde

Het rekenkundig gemiddelde is hoewel niet altijd het meest geschikte, de meest gebruikte centrummaat en wordt berekend als de som van alle waarnemingen gedeeld door het aantal waarnemingen, in formule :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dus van de volgende reeks waarnemingen :

17 21 18 16 23

is het rekenkundig gemiddelde :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{5} = \frac{17+21+18+16+23}{5} = 19$$

De mediaan

De mediaan (aangegeven met m) is de waarde van de middelste van de gerangordende waarnemingen oftewel de waarde waar de helft van de waarnemingen onder ligt en de andere helft boven ligt. De volgende reeks waarnemingen :

17 21 18 16 23

wordt na rangordenen :

16 17 18 21 23

De mediaan is nu de middelste van deze waarnemingen en bedraagt in dit geval 18. Bij een even aantal waarnemingen is de mediaan het gemiddelde van de twee middelste waarnemingen.

Eigenschappen van de mediaan en het rekenkundig gemiddelde.

Voor het bepalen van het rekenkundig gemiddelde worden de waarnemingen zelf gebruikt terwijl voor de mediaan alleen de relatieve posities van de waarnemingen worden gebruikt. Dit maakt de mediaan minder gevoelig voor uitschieters dan het rekenkundig gemiddelde. Immers, wanneer de bovenstaande reeks wordt vervangen door de volgende :

16 17 18 21 243

zal het rekenkundig gemiddelde veranderen van 19 naar 63 terwijl de mediaan gelijk blijft.

Spreadingsmaten

Spreadingsmaten zijn een maat voor de spreiding van de kansverdeling rondom het gemiddelde of mediaan. Een aantal veelvuldig gebruikte maten zijn :

- Variantie
- Standaard afwijking van het gemiddelde
- Variatie coëfficiënt
- Interkwartiel afstand

De eerste drie zijn een maat voor de spreiding rond het gemiddelde en de laatste iets voor de spreiding rond de mediaan. De variantie is lastig te interpreteren omdat deze wordt opgegeven in het kwadraat van de gebruikte eenheden. Daarom wordt in plaats van de variantie vaak de standaardafwijking van het gemiddelde gegeven.

Standaard afwijking van het gemiddelde.

De standaard afwijking van het gemiddelde (ook wel standard deviatie) is de wortel uit de variantie die op zijn beurt de som van gekwadraterde verschillen van de waarnemingen met het gemiddelde, gedeeld door het aantal waarnemingen bedraagt. In formule geschreven :

Bijlage VI Indicator semivariogrammen

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}\right)^2}$$

Variatie coëfficiënt

De variatie coëfficiënt (V.C) wordt gebruikt om de mate van variabiliteit van verschillende variabelen te vergelijken door de standaardafwijking uit te drukken ten opzichte van het gemiddelde. Dus :

$$V.C. = \frac{s}{\bar{x}}$$

Zo kan bijvoorbeeld de variabiliteit van gegevens worden vergeleken die niet in dezelfde eenheden worden uitgedrukt of zeer afwijkende gemiddelden en standaardafwijkingen vertonen.

Interkwartiel afstand

De waarde waar 25% van alle waarnemingen beneden ligt en 75% van de waarnemingen boven heet het 1^e kwartiel (ook wel : 25 percentiel waarde) en wordt meestal aangegeven met Q1. De waarde waar 75% van de waarnemingen onder ligt en 25% boven en heet het 3^e kwartiel (ook wel : 75 percentiel waarde), aangegeven met Q3. De mediaan wordt ook het 2^e kwartiel genoemd. De interkwartiel afstand geeft het verschil aan tussen Q1 en Q3 gedeeld door 2 zodat een beeld wordt verkregen van de spreiding rond de mediaan.

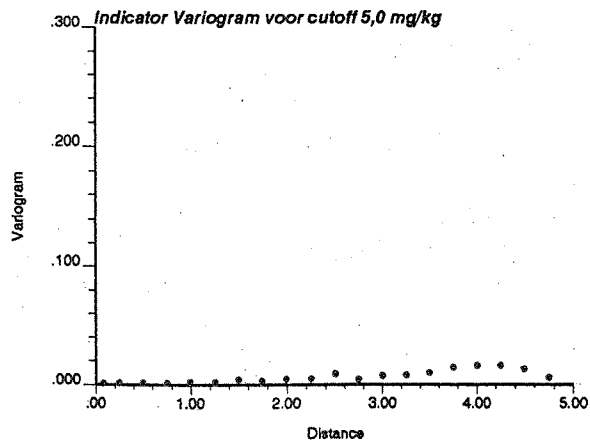
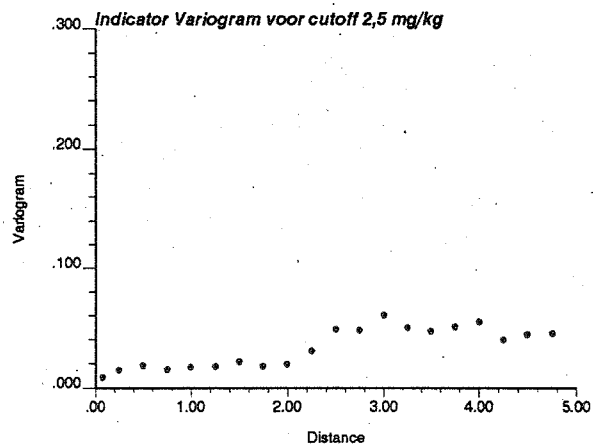
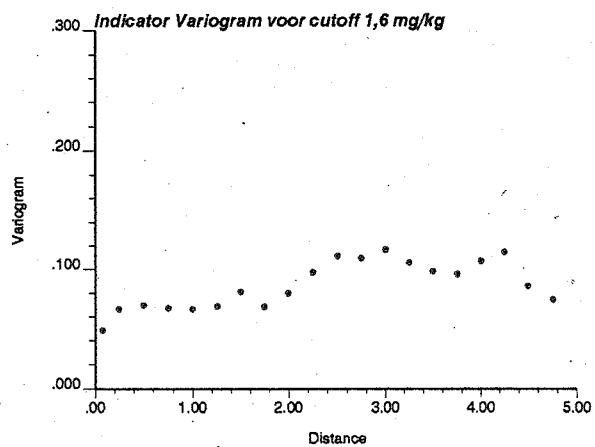
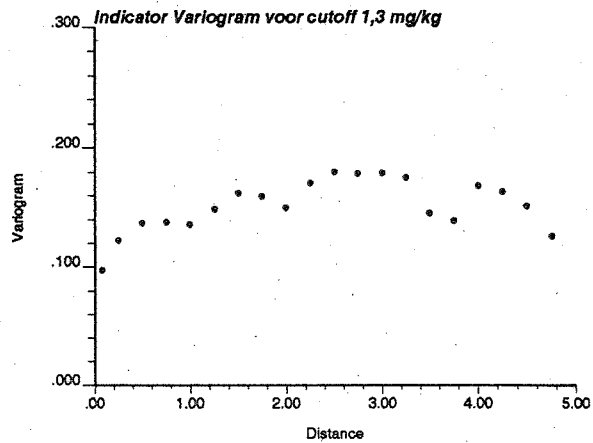
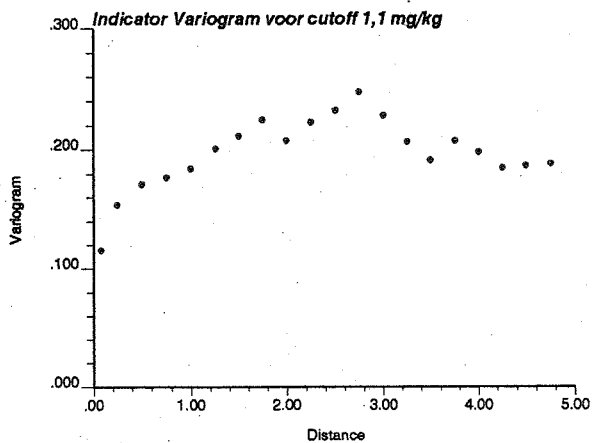
In formule :

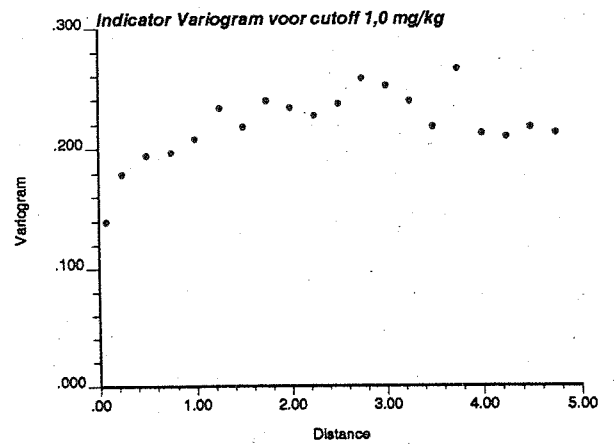
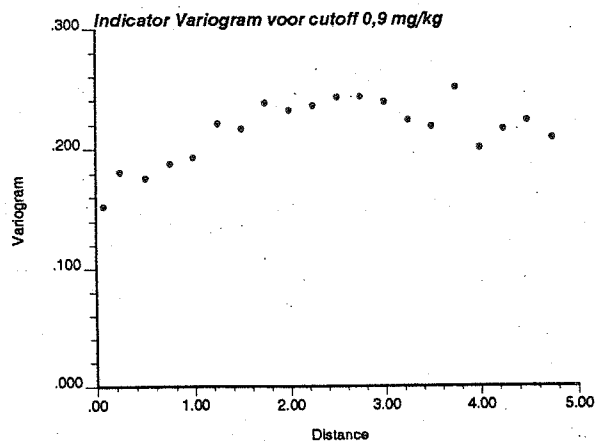
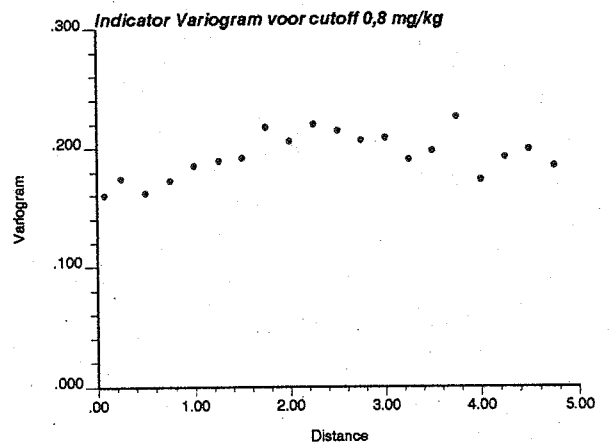
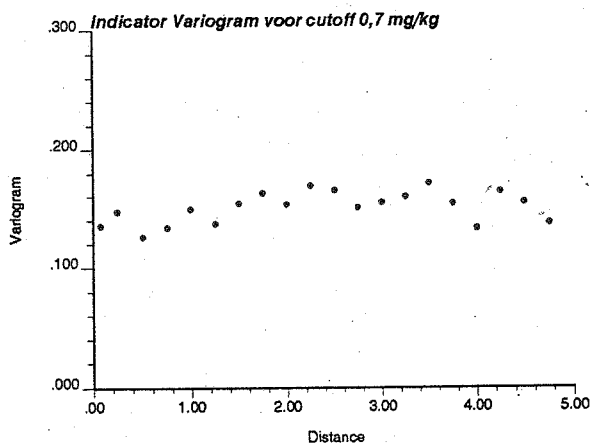
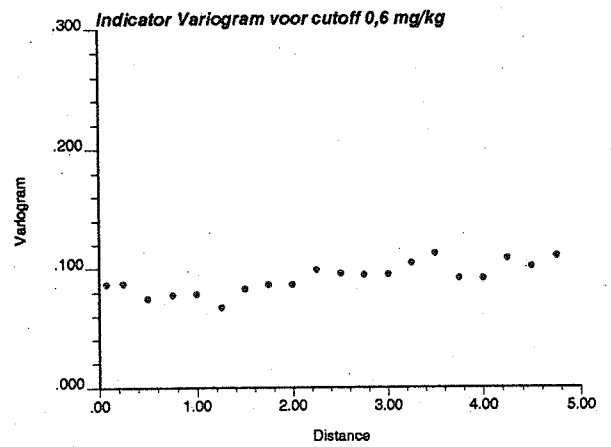
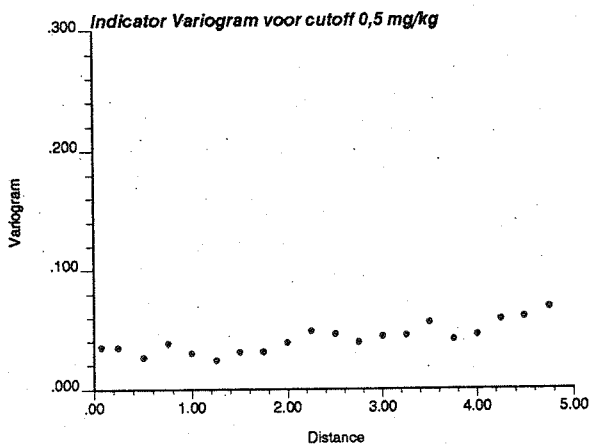
$$Q = \frac{(Q3 - Q1)}{2}$$

Scheefheid van de verdeling.

Wanneer een verdeling symmetrisch is vallen gemiddelde en mediaan samen. Bij een scheve verdeling liggen zijn mediaan en gemiddelde niet meer hetzelfde. De scheefheid (Engels : skewness) van de verdeling wordt berekend als :

$$Skewness = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3$$





Bijlage VII Lokatiebeschrijving veldonderzoek

Raai A

X-coördinaat: 167.950
Y-coördinaat: 390.250
Gemeente:
Buiten het diffuus verontreinigd gebied

Bemonsterd aan de noordzijde van de weg (Merellaan 1), in een particuliere tuin, bomen op bosgrond. Geen verstoringen van de bovengrond waargenomen. De eerste 10 cm van het verhardingsmateriaal bestaat uit bouwpuin. Sporadisch komen er ook sintels in voor. Onder deze laag komt een duidelijke laag assen voor van ongeveer 5 cm dikte. Huidige verspreiding door verwaaiing of afspoeling is niet waarschijnlijk, uitspoeling naar het grondwater is vermoedelijk wel mogelijk. De rand van de weg is bij deze raai genomen op de rand van de bereden weg. Het eerste monster uit deze raai bevindt zich op een verhoogd gedeelte en is dus nog op het weglichaam genomen. Er zijn geen sintels aangetroffen bij deze boring. Aan de zuidzijde van de weg ligt ook bos.

Raai B

X-coördinaat: 168.000
Y-coördinaat: 390.600
Gemeente:
Buiten het diffuus verontreinigd gebied

Bemonsterd aan de zuidzijde van de weg, 10 meter ten oosten van de oprit van het tweede huis. Evenals bij A is er sprake van een bosgrond met bomen, in particulier bezit. De weg is bedekt door een laag bouwpuin van 10-20cm. In deze laag worden verspreid sintels aangetroffen. Er is geen echte laag met assen aangetroffen. De raai is uitgezet vanaf de rand van de bereden weg. Ook aan de noordzijde van de weg ligt een bosperceel.

Raai C

X-coördinaat: 168.320

Y-coördinaat: 387.400

Gemeente:

Buiten het diffuus verontreinigd gebied

Bemonsterd aan de noordoostelijke zijde van de weg. Bij het kruispunt is een duidelijk verhoogd terreingedeelte aanwezig, waar dit ophoudt is het bosperceel vlakker en ligt circa 50 cm lager dan de weg. In dit vlakke gedeelte is de raai uitgezet vanaf de rand van de bereden weg. Het boorpunt op drie meter is iets dichterbij het verhoogde terreingedeelte toe bemonsterd omdat een greppel aanwezig was. De eerste 10-15cm van de weg bestaat uit bouwpuin met hier en daar sintelachtig materiaal. Onder deze laag is een dunne laag (circa 3cm) assen aanwezig. Aan de zuidwestelijke zijde van de weg ligt een bosperceel waarop onlangs gekapt is en nieuwe beplanting is aangebracht.

Raai D

X-coördinaat: 168.580

Y-coördinaat: 382.525

Gemeente: Nuenen

Buiten het diffuus verontreinigd gebied

Bemonsterd aan de noordoostelijke zijde van de weg, in een omheind bosperceel. De rand van de bereden weg is als startpunt voor de raai genomen. De wegverharding bestaat uit een laag van 20-25cm bouwpuin, waarin veelvuldig assen voorkomen. Ze vormen echter geen aparte laag. Aan de zuidwestelijke zijde van de weg ligt een akker, waardoor de wind redelijk vrij spel heeft op de weg.

Raai E/F

X-coördinaat: 165.750
Y-coördinaat: 366.950
Gemeente: Maarheze
Binnen het diffuus verontreinigd gebied

Aan beide zijden van de weg is een raai uitgezet, raai E in noordoostelijke richting en raai F in zuid-westelijke richting. Op het nabijgelegen kruispunt gaat de verharde weg over in een aantal onverharde wegen. Op de kaarten van Haskoning wordt de weg over de volle lengte van het bosperceel als assenweg aangeduid. In het veld is gebleken dat alleen de eerste tientallen meters voorbij het kruispunt nog verhard zijn met assen, daarna wordt het een onverharde zandweg. Het is niet duidelijk geworden of onder de asfaltlaag van de op het kruispunt uitkomende verharde weg ook assen aanwezig zijn. Dit is de enige lokatie waar de assen nog direkt aan het oppervlak liggen zonder enig andere deklaag eroverheen. Op het punt waar nog assen aanwezig zijn is naar beide zijden een raai uitgezet. De noordoostelijke zijde van de weg wordt begrensd door een bosperceel, aan de zuidwestelijke zijde ligt de Gastelsche Heide. Er mag een grote invloed van de wind worden verondersteld omdat de heide een zeer uitgestrekt open terrein is. De weg zelf is erg breed (ca. 15 meter) en slechts een deel van de weg is met assen bedekt. De begrenzing van de weg is hierdoor zeer arbitrair, er is zoveel mogelijk aan de rand van de bereden weg begonnen, dus **niet** vanaf de rand van de assen. Aan de noordoostelijke zijde van de weg ligt een zeer recent aangelegd fietspad. Bij de bemonstering is de grindlaag en de opgebrachte zandlaag verwijderd en derhalve de oorspronkelijke bodem bemonsterd.

Raai G/H

X-coördinaat: 169.510
Y-coördinaat: 367.155
Gemeente: Budel
Binnen het diffuus verontreinigde gebied

Ook deze weg is aan beide zijden bemonsterd. Aan de oostelijke zijde is raai H uitgezet, aan de westelijke zijde is raai G uitgezet. In beide gevallen betreft het een bosperceel. Aan de westelijke zijde zijn in het bosperceel om de 10 à 15 meter greppels gegraven loodrecht op de weg. In welke mate hier een versturende werking van uitgaat is niet duidelijk. Aan de westelijke zijde is een fietspad aanwezig en aan beide zijden van de weg een greppel. Raai H is uitgezet vanaf de rand van de bereden weg. Hoewel monster nummer 1 in de berm (nog voor de greppel) is genomen, bevat het wel sintels. Het monsternummer op 2 meter afstand ligt exact op de bodem van de greppel. Hoewel ook hier dus sprake is van een versturende invloed, is ook dit monster wel

genomen en geanalyseerd. De overige monsters liggen op een op het oog onverstord gedeelte van het perceel. Omdat bij raai G ook sprake was van verstorende invloeden (sintels in de berm, fietspad en een greppel) is hier de raai vanaf de westelijke rand van de greppel uitgezet.

Bijlage VIII Ligging van de raaien aanvullend onderzoek

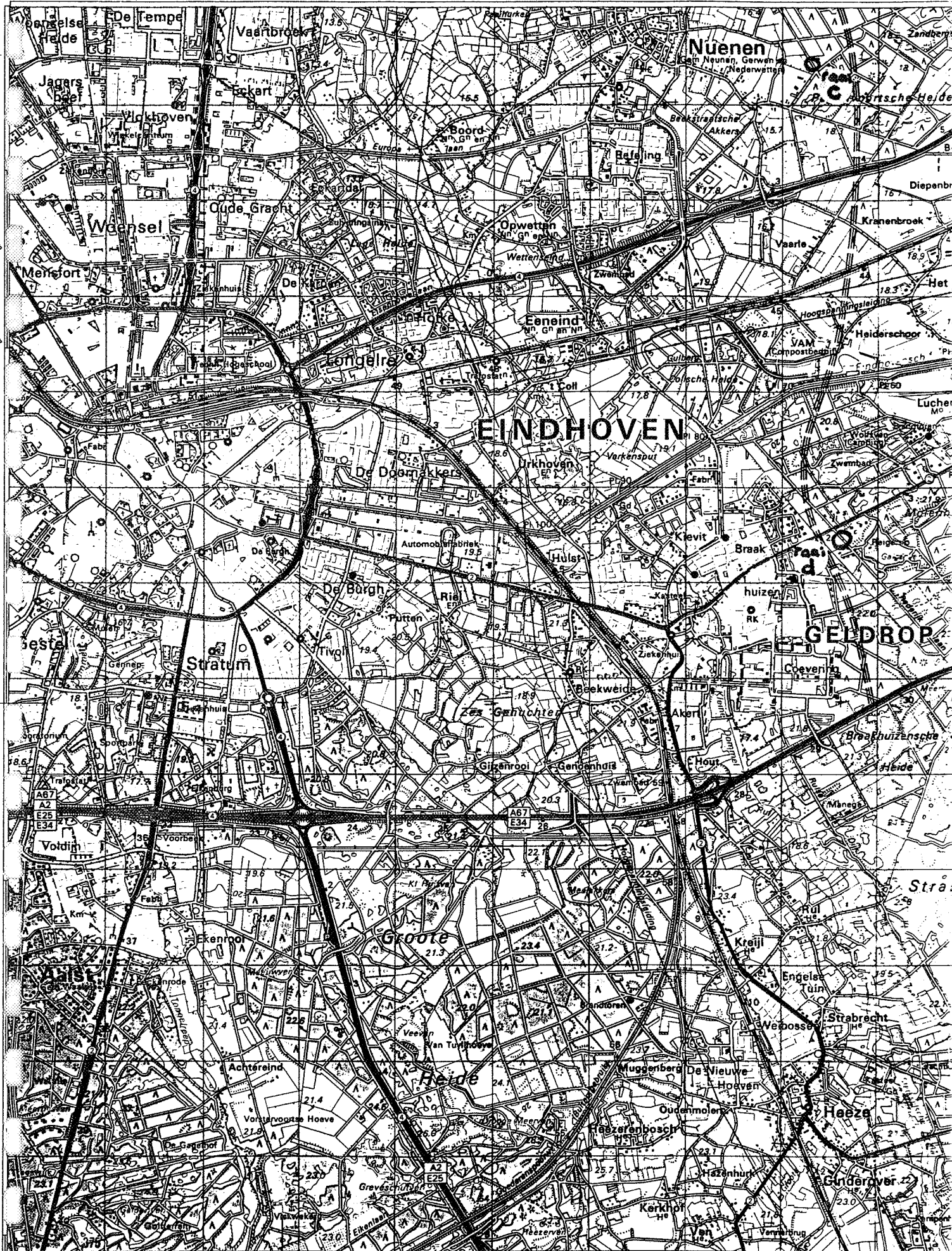


Eindhoven, Mierlo, Someren



50 161 162 163 164 165 166 167 168 169

South 4 km



50 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170

South 4 km

South 4 km

South 4 km

South 4 km



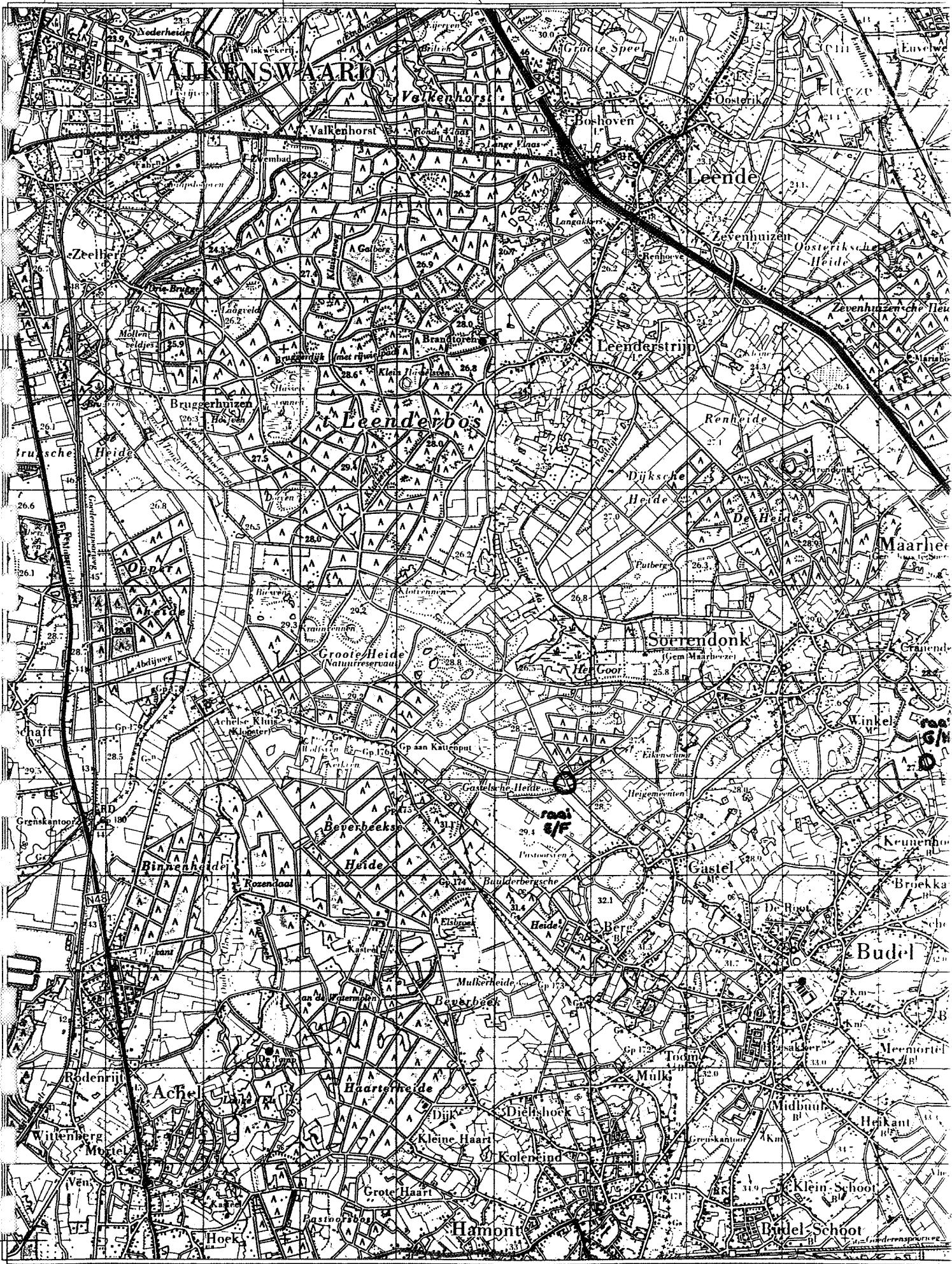
Valkenswaard, Budel, Someren-Eind, Weert

82

Eindhoven 8 km

Eindhoven 9 km

60 161 162 163 164 165 166 167 168 169 5° 30' 5° 35'



60 161 162 163 164 165 166 167 168 169 1

St-Haibrechts-Lille 2.5 km

Bocholt 9 km

106

Bijlage IX Analyseresultaten aanvullend veldonderzoek



Opdrachtgever : CSO Den Dolder
 Kontaktpersoon : R. Busink
 Projektnummer : PNB.S01.00
 Omschrijving :
 Aankomst monsters: 5.12.1991

IGF MAASTRICHT B.V.
 Postbus 3106
 6202 NC Maastricht
 telefoon 043-638686
 telefax 043-638252

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	A0	A1	A2	A3	A4	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	87.8	86.9	86.7	92.1	89.6			
ZWARE METALEN cadmium	17	1.9	0.7	0.3	0.2	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	A5	A7.5	A10	A15	B0	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	83.1	87.5	86.4	88.3	91.2			
ZWARE METALEN cadmium	0.4	0.3	0.6	0.6	0.5	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	B1	B2	B3	B4	B5	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	91.7	86.0	75.8	83.8	85.0			
ZWARE METALEN cadmium	0.4	0.5	0.7	0.9	0.9	0.8	5	20

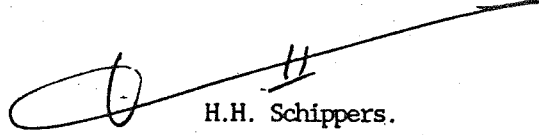
Noot: resultaten in mg/kg ds; n.a. = niet aantoonbaar
 * referentiewaarden standaardbodem gehanteerd

Blad 1 van 5

Namens het lab

Hoofd Laboratorium


 J.H. Raemaekers


 H.H. Schippers.



Opdrachtgever : CSO Den Dolder
 Kontaktpersoon : R. Busink
 Projektnummer : PNB.S01.00
 Omschrijving :
 Aankomst monsters: 5.12.1991

ICF MAASTRICHT B.V.
 Postbus 3106
 6202 NC Maastricht
 telefoon 043-638686
 telefax 043-638252

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	B7,5	B10	B15	C0	C1	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	81.1	86.9	82.1	95.9	93.6			
ZWARE METALEN cadmium	1.2	0.8	0.9	0.8	0.2	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	C2	C3	C4	C5	C7,5	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	90.9	90.0	90.3	87.9	92.5			
ZWARE METALEN cadmium	0.7	0.2	0.3	0.3	0.2	0.8	5	20


GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	C10	C15	D0	D1	D2	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	90.9	90.1	95.0	91.0	75.5			
ZWARE METALEN cadmium	0.3	0.3	1.4	0.3	0.6	0.8	5	20

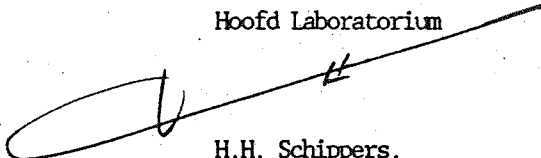
Noot: resultaten in mg/kg ds; n.a. = niet aantoonbaar
 * referentiewaarden standaardbodem gehanteerd

Blad 2 van 5

Namens het lab

Hoofd Laboratorium


 J.H. Raemaekers


 H.H. Schippers.



Opdrachtgever : CSO Den Dolder
 Kontaktpersoon : R. Busink
 Projektnummer : FNB.S01.00
 Omschrijving :
 Aankomst monsters: 5.12.1991

IGF MAASTRICHT B.V.
 Postbus 3106
 6202 NC Maastricht
 telefoon 043-638686
 telefax 043-638252

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	D3	D4	D5	D7,5	D10	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	89.7	91.2	89.8	82.0	85.4			
ZWARE METALEN cadmium	0.4	0.3	0.4	0.8	0.8	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	D15	E1	E2	E3	E4	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	81.4	93.7	92.4	92.4	94.4			
ZWARE METALEN cadmium	0.8	0.6	0.8	0.2	1.2	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	E5	E7,5	E10	E15	E/FO	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	94.0	95.1	92.4	91.9	95.0			
ZWARE METALEN cadmium	0.5	0.2	0.2	0.4	0.7	0.8	5	20

Noot: resultaten in mg/kg ds; n.a. = niet aantoonbaar
 * referentiewaarden standaardbodem gehanteerd

Blad 3 van 5

Namens het lab

Hoofd Laboratorium


 J.H. Raemaekers


 H.H. Schippers.



Opdrachtgever : CSO Den Dolder
 Kontaktpersoon : R. Busink
 Projektnummer : FNB.S01.00
 Omschrijving :
 Aankomst monsters: 5.12.1991

IGF MAASTRICHT B.V.
 Postbus 3106
 6202 NC Maastricht
 telefoon 043-638686
 telefax 043-638252

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	F1	F2	F3	F4	F5	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	91.7	91.2	91.8	92.0	88.9			
ZWARE METALEN cadmium	1.2	0.5	0.6	0.7	0.6	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	F7,5	F10	F15	G1	G2	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	93.8	94.0	94.3	88.1	86.5			
ZWARE METALEN cadmium	0.1	0.1	0.2	0.4	0.3	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	G3	G4	G5	G7,5	G10	Referentiewaarden VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	84.2	87.0	85.0	83.5	86.3			
ZWARE METALEN cadmium	0.4	0.2	0.3	0.5	0.2	0.8	5	20

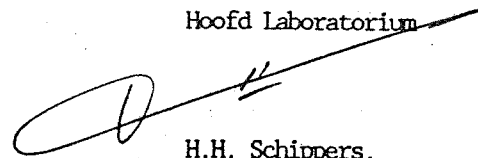
Noot: resultaten in mg/kg ds; n.a. = niet aantoonbaar
 * referentiewaarden standaardbodem gehanteerd

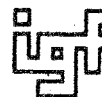
Blad 4 van 5

Namens het lab

Hoofd Laboratorium


 J.H. Raemaekers


 H.H. Schippers.



Opdrachtgever : CSO Den Dolder
 Kontaktpersoon : R. Busink
 Projektnummer : PNB.S01.00
 Omschrijving :
 Aankomst monsters: 5.12.1991

ICF MAASTRICHT B.V.
 Postbus 3106
 6202 NC Maastricht
 telefoon 043-638686
 telefax 043-638252

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	G15	G/H-0	H1	H2	H3	Referentiewaarden		
						VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	82.2	86.7	83.4	61.7	78.7			
ZWARE METALEN cadmium	0.5	25	18	0.8	0.5	0.8	5	20

GROND								
Boring nr Monster nr Diepte m-mv	H4	H5	H7,5	H10	H15	Referentiewaarden		
						VROM		
						A*	B	C
droge stof (%)	78.2	82.6	80.3	82.5	83.8			
ZWARE METALEN cadmium	0.5	0.3	0.4	0.5	0.4	0.8	5	20

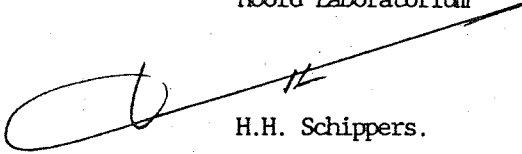
Noot: resultaten in mg/kg ds; n.a. = niet aantoonbaar
 * referentiewaarden standaardbodem gehanteerd

Blad 5 van 5

Namens het lab

Hoofd Laboratorium


 J.H. Raemaekers


 H.H. Schippers.

Bijlage X Cd-gehalten beken Kempen (DL&V, 1984)

Bijlage 13: Cadmium-, zink- en organische stofgehalten in een aantal beeklopen lopend in het onderzoeksgebied.

** Beek	Cadmium			Zink			Org. stof			Afstand tot grens in km
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
1. Bosserweijerloop	3,25	3,11	1,49	240	211	118	9,13	5,95	4,97	1
2. Fortjeswaterloop	1,26	1,69	1,32	75	118	85	5,03	4,61	3,55	1½
3. Keersop	1,44	1,34	1,46	106	109	104	7,17	6,90	8,08	5
4. Keersop	1,67	1,30	1,42	120	103	109	8,45	9,19	8,04	5,2
5. Keersop	--	0,90	0,54	--	62	35	--	5,96	4,27	13
5a Keersop	0,96	0,66	0,39	82	50	25	6,91	5,06	3,29	13,1
6. Dommel	73,3	6,22	1,30	1621	241	66	9,33	9,11	4,43	3
7. Dommel	1,30	0,19	0,49	85	27	38	5,51	1,69	3,79	3,7
8. Dommel	--	3,02	0,97	--	93	62	--	5,75	5,38	7,1
9. Dommel	78,5	8,59	1,32	1310	253	56	11,96	8,86	4,53	8,3
10. Dommel	--	1,02	1,03	--	51	70	--	4,35	5,03	9,2
11. Dommel	13,50	3,32	0,69	303	94	42	7,19	4,53	3,60	10,2
12. Tongelreep	0,63	0,49	0,85	56	44	57	3,18	3,17	4,89	2,7
13. Buudler Aa	1,40	0,62	1,29	155	59	114	6,43	5,75	6,55	2,0
14. Kleine Aa	1,06	0,97	0,64	121	88	63	4,33	4,86	5,11	4,7
15. Groote Aa	0,99	0,79	0,50	74	62	34	4,56	4,25	3,61	10,0
16. Rakerloop	1,91	0,90	0,80	277	43,4	46,3	3,39	3,58	4,28	--
										<u>lengte beekloop in km</u>
Tongelrooische beek										
To - 1,2,3 afstand	0-10m	45-55m	--	0-10m	45-55m	--	0-10m	45-55m	--	2
0-25 cm	12,21	0,39*		327	24*		5,14	2,56*		
25-50 cm		16,81			952			37,0		
To - 4	9,01			184			7,11			3
T 1 afstand	0-10m	80-90m	180-190	0-10m	80-90m	180-190	0-10m	80-90m	180-190	7,2
0-25 cm	8,49	0,61	0,47	126	33	27	5,7	3,2	2,8	
T 2 afstand	10-20m	10-20m	40-50	10-20m	10-20m	40-50	10-20m	10-20m	40-50	13
0-25 cm	13,98	27,05	1,06	207	348	76	5,61	5,97	5,2	
25-50 cm	9,57	25,72		258	606		8,22	14,67		
T 3 afstand	20-30m		170-180	20-30m		170-180	20-30m		170-180	20
0-25 cm	2,83		0,40	116		32	5,90		3,55	

* bovengrond bezand.

** nummering korrespondeert met nummering weergegeven in bijlage 11 met symbool *

Kaartbijlagen K

K.1 : Lokatie onderzoeksgebied

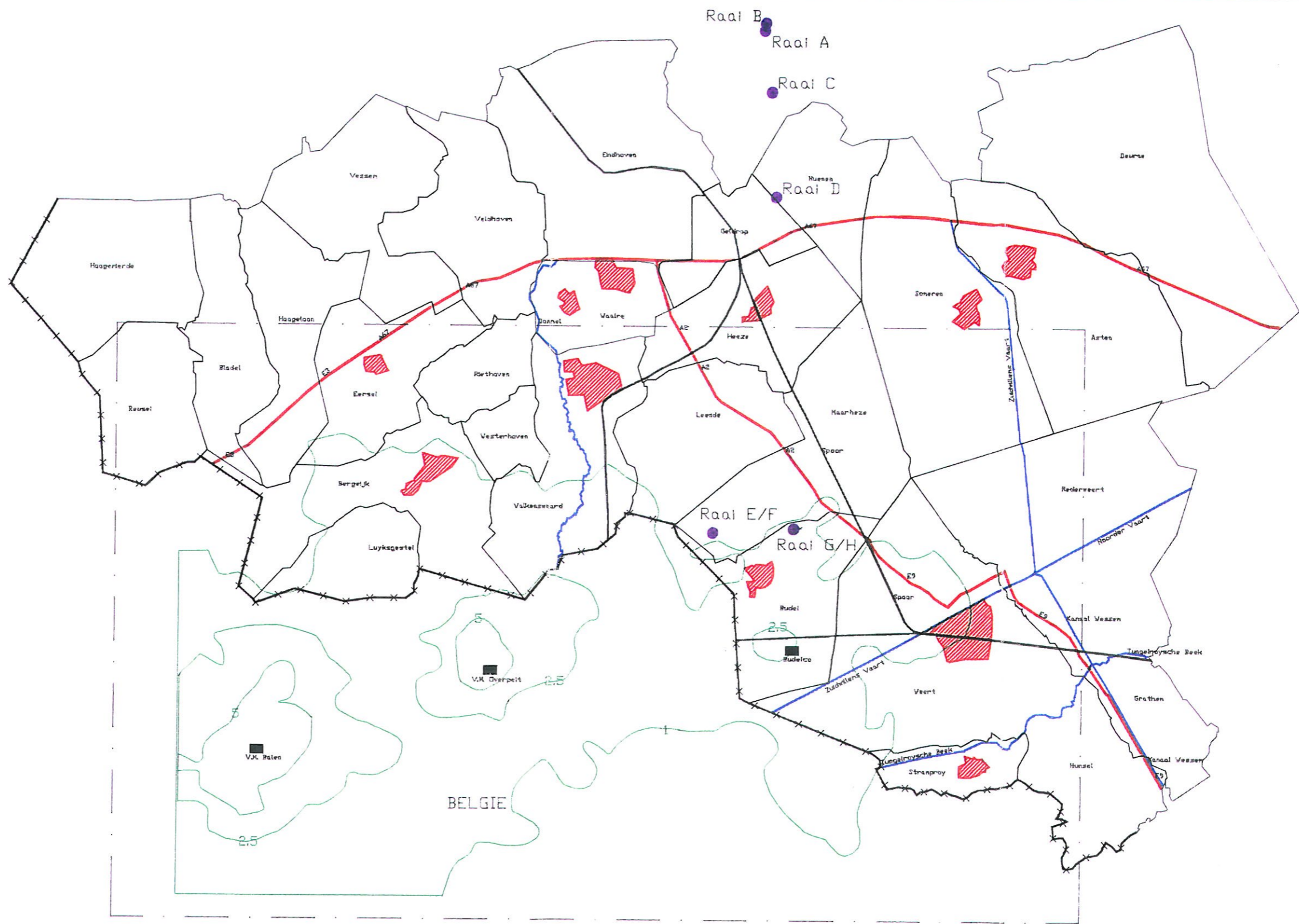
K.2 : Belaste en weinig belaste gebieden

K.3 : Moestuinen in weinig belaste en belaste gebieden









K.4 : Belaste en weinig belaste gebieden Blad 57 West (1:50 000)

K.5 : Belaste en weinig belaste gebieden Blad 57 Oost (1:50 000)

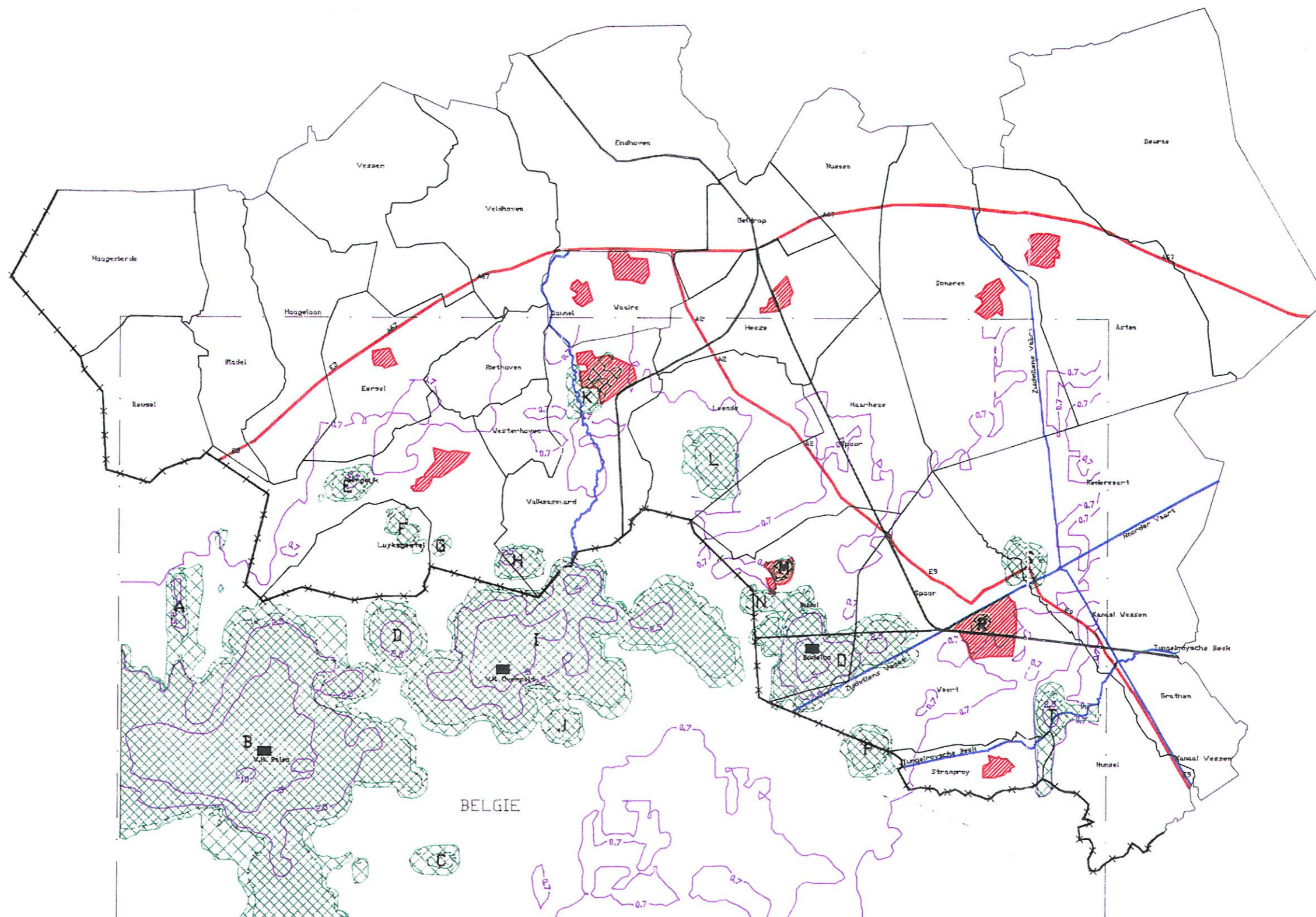
K.6 : Belaste en weinig belaste gebieden Blad 58 West (1:50 000)



LEGENDA :


-  Agglomeratie
-  Zinkfabriek
-  Raaien assenwegen onderzoek
-  Contour Haskoning
-  Wegen
-  Spoorlijn
-  Waterweg
-  Landsgrens

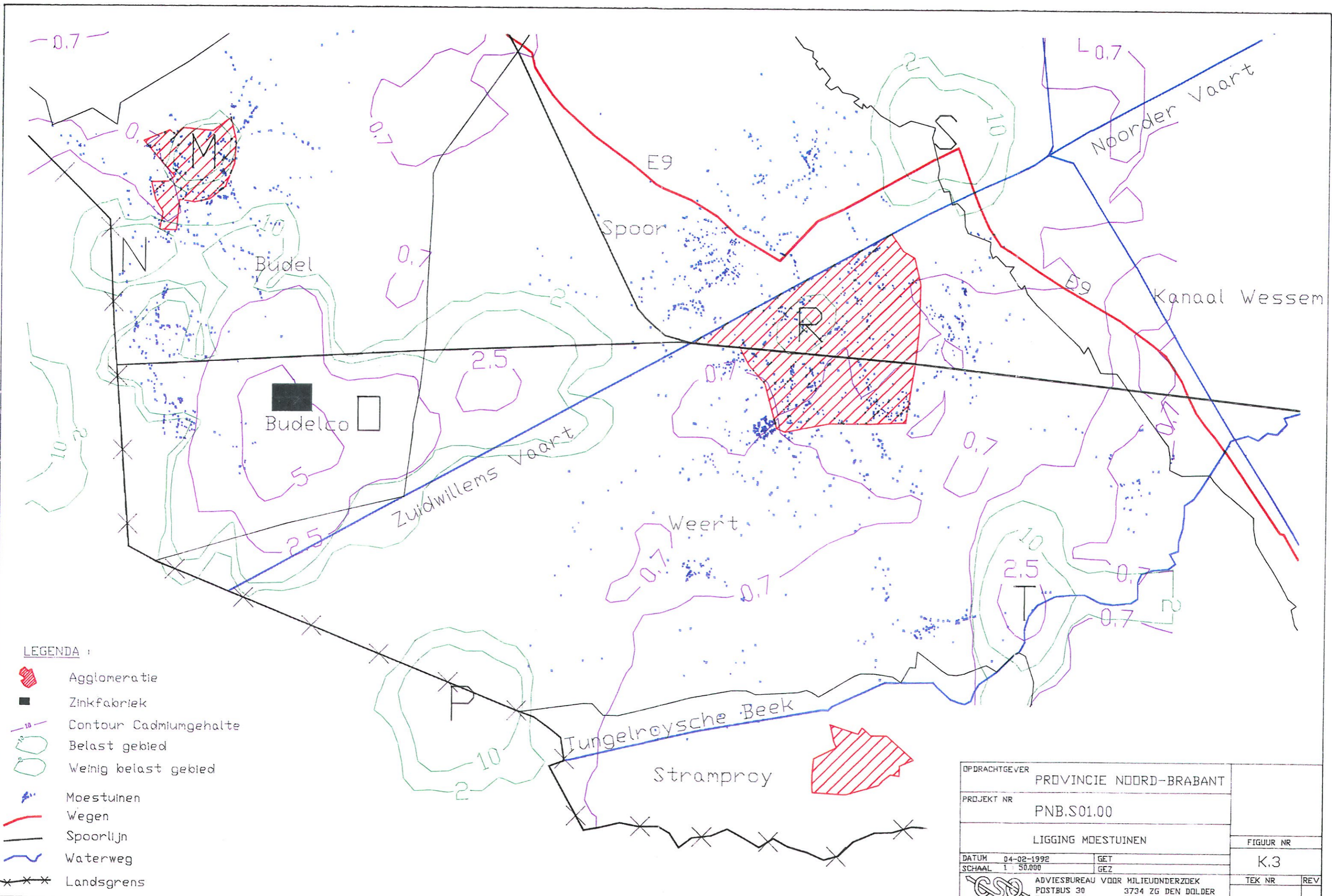
OPDRACHTGEVER		PROVINCIE NOORD-BRABANT		FIGUUR NR
PROJECT NR		PNB.S01.00		
LOKATIE ONDERZOEKSGBIED				K.1
datum	04-02-1992	GET		
SCHAAL	1:200.000	GEZ		
 ADVIESBUREAU VOOR MILIEUDONDERZOEK POSTBUS 30 3734 ZG DEN DOLDER TEL NR 030-287847 FAXNR 030- 291542				TEK NR
				REV



LEGENDA :

-  Agglomeratie
-  Zinkfabriek
-  Contour Cadmiumgehalte
-  Belast gebied
-  Weinig belast gebied
-  Wegen
-  Spoorlijn
-  Waterweg
-  Landsgrens

OPDRACHTGEVER		PROVINCIE NOORD-BRABANT		FIGUUR NR
PROJECT NR		PNB.S01.00		
CADMIUMGEHALTEN EN KANS [CD] > 2,5 mg/kg				K.2
DATUM	04-02-1992	GET		
SCHAAL	1 : 200.000	GEZ		
 ADVIESBUREAU VOOR MILIEUDONDERZOEK POSTBUS 30 3734 ZG DEN DOLDER TEL NR 030-287847 FAXNR 030- 291542				TEK NR
				REV



- LEGENDA :**
- Agglomeratie
 - Zinkfabriek
 - Contour Cadmiumgehalte
 - Belast gebied
 - Weinig belast gebied
 - Moestuinen
 - Wegen
 - Spoorlijn
 - Waterweg
 - Landsgrens

OPDRACHTGEVER		PROVINCIE NOORD-BRABANT		FIGUUR NR
PROJECT NR		PNB.S01.00		
LIGGING MOESTUINEN				K.3
DATUM		04-02-1992		
SCHAAL		1 : 50.000		TEK NR
ADVIESBUREAU VOOR MILIEUONDERZEK		POSTBUS 30		REV
TEL NR 030-287847		3734 ZG DEN DOLDER		
FAXNR 030- 291542				