

Kwantitatieve risicobeoordeling

op een lokatie in Budel.

Bijlage bij :

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

**Projectnummer : PNB.S01.00
Rapportnummer : CSO.013.92A
Status : Eindrapportage
Opdrachtgever : Provincie Noord-Brabant**

Contactperso(o)n(en) : Ing. M. Biet

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

**CSO Adviesbureau voor Milieuonderzoek
Postbus 30
3734 ZG Den Dolder
telefoon : 030-287847
telefax : 030-291542**

Datum : 30 april 1992

INHOUDSOPGAVE

| | blz. |
|---|------|
| 1. Inleiding | 1 |
| 2. Methode en materialen | 1 |
| 2.1. Toetsingscriteria | 1 |
| 2.2. Berekeningsmethode | 2 |
| 2.2.1. Berekening van de basis-inname | 3 |
| 2.2.2. Berekening van de extra inname | 4 |
| 2.3. Beschikbare gegevens | 5 |
| 2.3.1. Bodem | 5 |
| 2.3.2. Voedsel | 5 |
| 3. Resultaten | 6 |
| 3.1. Basis-inname | 6 |
| 3.2. Extra en totale inname | 7 |
| 3.3. De kansen op overschrijding | 9 |
| 4. Conclusies en aanbevelingen | 9 |
| 5. Literatuur | 10 |

1. Inleiding

In een risico-analyse wordt een schatting gemaakt van de risico's voor de volksgezondheid, die worden veroorzaakt door de aanwezige verontreinigingen. Vaak is deze risico-analyse slechts een kwalitatieve inschatting van de mogelijke risico's voor de volksgezondheid. Er wordt immers alleen aangegeven of risico's aan- of afwezig zijn. Een ander nadeel is dat vaak wordt uitgegaan van een worst-case of normal-case, dat wil zeggen een beperkt aantal mogelijk voorkomende situaties. In het volgende wordt een risicobeoordeling opgesteld voor een lokatie in Budel, naar aanleiding van het door CSO uitgevoerde onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen. Hiervoor wordt een kwantitatieve inschatting gemaakt aan de hand van het model dat is opgesteld door E. Matsers en F. Hendriks (1987), aangevuld met de berekeningsmethode van Leenaers et al. (1991).

2. Methode en materialen

2.1. Toetsingscriteria

De methode van risico-inschatting is gebaseerd op een schatting van de totale hoeveelheid van een stof die mensen via verschillende contactmedia tot zich nemen. Deze hoeveelheid wordt vervolgens vergeleken met een toetsingswaarde. Voor cadmium is dit de TDI-waarde (Tolerable Daily Intake).

Voor de toetsing van de geschatte totale dagelijkse opname van de schadelijke stof aan de TDI wordt de geschatte inname gedeeld door de TDI. Wanneer dit quotiënt groter dan 1 is, neemt de kans op schade voor de volksgezondheid toe. Hoe groot die kans is hangt af van de mate van blootstelling. Bij uitkomsten kleiner dan 1 wordt aangenomen dat het gezondheidsrisico als gevolg van blootstelling aan de beschouwde stof verwaarloosbaar is. Het toetsingsquotiënt geeft een indicatie van het risico voor de gezondheid van een groep van mensen. Bepaalde gedragsvormen, zoals een eenzijdig eetpatroon, medicijngebruik, roken en beroepsblootstelling, kunnen leiden tot verhoogde risico's voor individuen. Hiermee wordt echter geen rekening gehouden bij de inschatting van het risico voor de gehele groep. Bij deze wijze van toetsing moet men zich bovendien realiseren dat de waarde van de TDI gebaseerd is op experimentele gegevens. Bij de berekening van de TDI uit deze gegevens is weliswaar een veiligheidsfactor gebruikt, maar het toetsingsquotiënt geeft geen garantie over het uitblijven van schadelijke effecten bij zeer lange perioden van blootstelling. In bepaalde gevallen wordt een versterking van effecten van verschillende stoffen waargenomen (synergisme). Ook is in de praktijk gebleken dat bepaalde schadelijke effecten soms pas na zeer lange tijd merkbaar zijn. Om deze redenen moet de TDI slechts als richtwaarde beschouwd worden, waaronder het risico voor de volksgezondheid minimaal geacht wordt en waarboven de kans op schade van de volksgezondheid aanwezig is (van den Berg, 1991).

Risicogroepen en toetsingswaarden

De risico-analyse is opgesteld voor twee risicogroepen:

- kinderen in bebouwd gebied met een lichaamsgewicht van 14 kg en een ademvolume van 7.6 m³/dag;
- volwassenen in bebouwd gebied met een lichaamsgewicht van 60 kg en een ademvolume van 20 m³/dag.

De TDI voor cadmium bedraagt 14 µg/dag voor kinderen en 60 µg/dag voor volwassenen.

2.2. Berekeningsmethode

De risico-schatting wordt uitgevoerd in drie stappen:

1. De berekening van de basis-inname.

De basis-inname komt tot stand door de inname van contactmedia die de verontreiniging bevatten onafhankelijk van het feit dat de risicogroep in een verontreinigd gebied verblijft.

2. De berekening van de extra inname.

De som van beide uitkomsten (1 en 2) levert de totale inname onder omstandigheden die bij (2) dienen te worden gespecificeerd en die afhankelijk zijn van de aard van de verontreiniging en de activiteiten van de risico-groep.

3. De bepaling van de kans op overschrijding van de toetsingswaarde m.b.v. Monte Carlo simulaties.

In een 'conventionele' risico-analyse wordt een schatting gemaakt van het risico voor de volksgezondheid door een berekening uit te voeren waarin de extra inname wordt gekwantificeerd met de gemiddelde waarden ('normal-case') en met de maxima of 95-percentielwaarden ('worst-case'). Bij deze berekeningen vindt een toetsing plaats aan een toetsingscriterium, zoals een TDI.

Indien er in de normal-case geen overschrijding van de TDI, kan dit tot de interpretatie leiden dat er geen risico's voor de volksgezondheid hoeven te worden verwacht. Indien er sprake is van het extreme geval dat alle verdelingen symmetrisch zijn en de (gemiddelde) uitkomst net onder het toetsingscriterium valt, is er echter sprake een overschrijdingskans van dit toetsingscriterium van ca. 50%.

Bij de berekening van de worst-case wordt gebruik gemaakt van een opeenstapeling van extreme maxima of 95-percentielwaarden, waardoor er een uitkomst wordt berekend met een zeer lage verwachtingswaarde. Een bezwaar van deze berekeningsmethode is dat de kans op een overschrijding van het toetsingscriterium niet kan worden gekwantificeerd.

In de Monte Carlo berekeningsmethode wordt dit bezwaar ondervangen door niet met één getal te rekenen, maar met de gehele verdeling. Hierdoor wordt alle informatie van de invoergegevens daadwerkelijk gebruikt. De berekening berust erop dat, op basis van een gegenereerd random-getal, waarden uit de ingevoerde verdelingen 'getrokken' worden. Met deze waarden wordt de berekening uitgevoerd. Een dergelijke berekening wordt een simulatie genoemd en iedere trekking een iteratie. Door de simulatie met een ander random-getal en met dus een andere combinatie van waarden een groot aantal maal te herhalen, is het mogelijk om als uitkomst ook een frequentieverdeling te verkrijgen. Aan de hand van dergelijke frequentieverdeling is het mogelijk om een overschrijdingspercentage van het toetsingscriterium vast te stellen.

2.2.1. Berekening van de basis-inname

De basis-inname van de stoffen komt tot stand door de inname via bodemingestie, dermaal contact met de bodem, de inhalatie van luchtstof en de consumptie van het standaardvoedselpakket.

Bodemingestie

De ingestie van bodem door stadskinderen is gesteld op gemiddeld 100.5 mg/dag. De bijbehorende frequentieverdeling kan worden beschreven met 11 percentielwaarden (Clausing et al., 1989). Aangezien er geen literatuur beschikbaar is over bodemingestie door volwassenen, wordt deze buiten beschouwing gelaten. De gehanteerde formule is (Linders, 1990):

$$O_{i,b} = \frac{200 * \text{biol.besch.} * C_b}{1000}$$

waarin

$O_{i,b}$: opname via bodemingestie ($\mu\text{g/dag}$);
 biol.besch. : biologische beschikbaarheid (= 1);
 C_b : concentratie in de bodem (mg/kg).

Dermaal contact

Voor de berekening van de basisopname door de huid heen als gevolg van spelen met grond of regelmatig tuinwerk, is gebruik gemaakt van de volgende formule (Linders, 1990):

$$O_{d,b} = f * C_b$$

waarin

$O_{d,b}$: dermale opname via de bodem ($\mu\text{g/dag}$);
 C_b : concentratie in de bodem (mg/kg);
 f : vermenigvuldigingsfactor
 voor kinderen: 0.0193 kg grond/dag;
 voor volwassenen: 0.0275 kg grond/dag.

Inhalatie van gas en stofdeeltjes

Voor de berekening van de inname via inhalatie is uitgegaan van een ademvolume van 7.6 m³/dag voor kinderen en 20 m³/dag voor volwassenen. De absorptiefactor is voor beide stoffen op 75 % gesteld (Linders, 1990). De gehanteerde formule is als volgt:

$$O_{i,l} = \text{admvol.} * \text{abs.fact.} * C_l$$

waarin

$O_{i,l}$: opname via inhalatie van lucht ($\mu\text{g/dag}$);
 abs. fact. : absorptie factor (= 0.75);
 C_l : concentratie van gas of stofdeeltjes in de lucht ($\mu\text{g/m}^3$);
 admvol. : ademvolume (m³/dag).

Standaard voedselpakket

Voor de berekening van de basisinname door de consumptie van voedsel en drinkwater is er van uitgegaan dat de ingenomen hoeveelheid voor 100% wordt geabsorbeerd. De concentratie gevonden in onderzoeken naar 24-uurs duplicaatvoedingen is dus gelijk aan de opgenomen hoeveelheid.

Gehanteerde verdelingen

Voor de bovengenoemde berekeningen van de basis-inname is gebruik gemaakt van, uit literatuurstudie afkomstige, achtergrondconcentraties in de bodem en lucht en concentraties zoals gevonden zijn in 24-uurs duplicaatvoeding onderzoeken. Hierbij is getracht, indien de aard van de gegevens het toeliet, een beschrijving te maken in de vorm van een verdeling. In tabel 1 is van de aangetroffen verontreinigingen de aard van de verdeling, de gemiddelde waarde en referentie opgenomen.

Tabel 1 Gehanteerde achtergrondconcentraties en concentraties van cadmium in het standaardvoedingspakket voor volwassenen.

| medium | type verdeling | gemiddelde | ref. |
|---------|-----------------------------|-------------------------------|------------|
| bodem | cumulatief | 0.55 mg/kg | IB, 1988 |
| lucht | cumulatief, 4 perc.-waarden | 0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | RIVM, 1990 |
| voeding | lognormaal | 10 $\mu\text{g}/\text{dag}$ | RIVM, 1987 |

2.2.2. Berekening van de extra inname

De extra inname komt tot stand als gevolg van contact mogelijkheden, zogenaamde blootstellingsroutes, met de verontreiniging. Welke blootstellingsroutes relevant zijn, is sterk afhankelijk van de (toekomstige) activiteiten die in het gebied plaatsvinden en de gebruiksfunctie. Voor de extra inname als gevolg van de verontreinigingen in de Kempen worden de volgende blootstellingsroutes relevant geacht:

- Bodem- en stofdeeltjes
 - ingestie via hand-mond contact door kinderen;
 - ingestie van deeltjes aan onvoldoende gewassen, zelfgeteelde groente;
 - opname via de huid door contact met verontreinigde bodem als gevolg van spelen met grond of tuinwerk;
- voedsel
 - consumptie van zelfgeteelde groente verbouwd op verontreinigde bodem.
- lucht
 - inhalatie van stofdeeltjes in de lucht op een verontreinigde lokatie.

De extra inname wordt berekend uit het verschil tussen de verhoogde concentratie van het betreffende contactmedium in het verontreinigde gebied en de achtergrondwaarden in Nederland. In het model komt de extra inname tot stand door de ingestie van bodem, dermale opname als gevolg van intensief contact met bodemmateriaal, de verhoogde cadmiumconcentratie van stofdeeltjes in de Brabantse lucht, en de opname van cadmium door voedingsgewassen groeiende op bodems in Budel.

2.3. Beschikbare gegevens

2.3.1. Bodem

Er is gebruik gemaakt van de, m.b.v. een stochastische interpolatie techniek (Multiple Indicator Kriging, zie ook: Hoogerwerf, 1992) voorspelde, cumulatieve frequentieverdelingen op een lokatie in Budel (168000,361000), met een voorspeld cadmiumgehalte van 2,2 mg/kg d.s. en een kans van 29 % dat de concentratie Cd groter is dan 2,5 mg/kg d.s. De concentraties Cd in de bodem op deze lokatie zijn ingevoerd als een cumulatieve verdeling met 11 waarnemingen.

2.3.2. Voedsel

De cadmiuminname door de consumptie van een aantal groenten geteeld op grond uit de gemeente van Budel is gebruikt als extra inname a.g.v. voedselconsumptie. De gebruikte cadmiumgehalten zijn afkomstig van een beperkt aantal analyses voor een beperkt aantal groenten in de gemeente Budel. De Cd-gehalten van de groenten zijn vergeleken met de gemiddelde Cd-gehalten van groenten in Nederland. Het verschil in Cd-concentraties van groenten uit Budel en groenten uit de rest van Nederland, vermenigvuldigd met de gemiddelde groenteconsumptie is de 'extra inname'. Uit het gemiddeld voedselpakket zijn de groenten prei, spruitjes en boerenkool vervangen door dezelfde groenten geteeld in Budel, voor de groenten van de rest van het standaardvoedselpakket is uitgegaan van groenten met een gemiddelde Cd-concentratie (zie tabel 2). De gegevens zijn ingevoerd in de vorm van een discrete verdeling.

Tabel 2 De gemiddelde cadmiumconcentraties van 3 groentensoorten in Budel in mg/kg vers gewicht.

| groente | gemiddelde [Cd] | aantal data |
|------------|-----------------|-------------|
| prei | 0,3 | 4 |
| boerenkool | 0,3 | 5 |
| spruitjes | 0,2 | 4 |

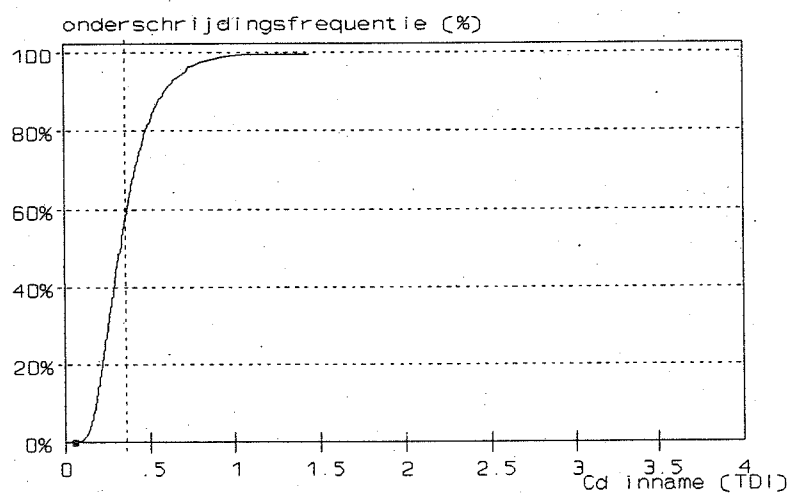
3. Resultaten

3.1. Basis-inname

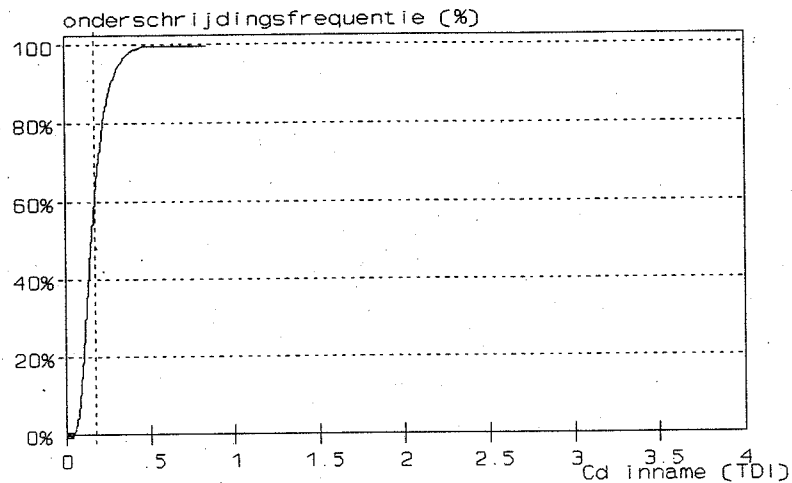
In tabel 3 zijn de gemiddelde basis-innamen door kinderen en volwassenen opgenomen. Deze totale uitkomsten zijn getoetst aan de TDI voor cadmium. In figuren 1 en 2 zijn de berekende basisinnamen voor kinderen en volwassenen grafisch weergegeven.

Tabel 3 De gemiddelde basis-inname voor cadmium door kinderen en volwassenen, tevens getoetst aan de toetsingscriteria (inname in $\mu\text{g}/\text{dag}$).

| | kinderen | volwassenen |
|------------------|----------|-------------|
| gem. basisinname | 5.10 | 10.15 |
| toetsing (TDI) | 0.36 | 0.17 |



Figuur 1 Berekende basisinname van cadmium voor kinderen.



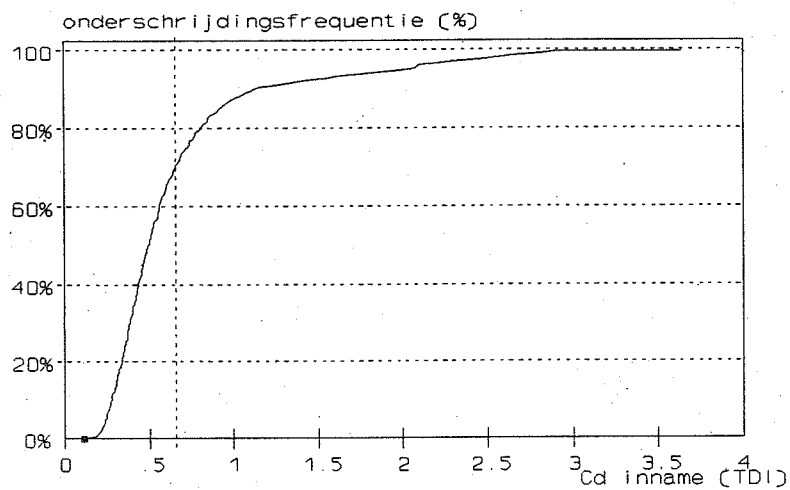
Figuur 2 Berekende basisinname van cadmium voor volwassenen.

3.2. Extra en totale inname

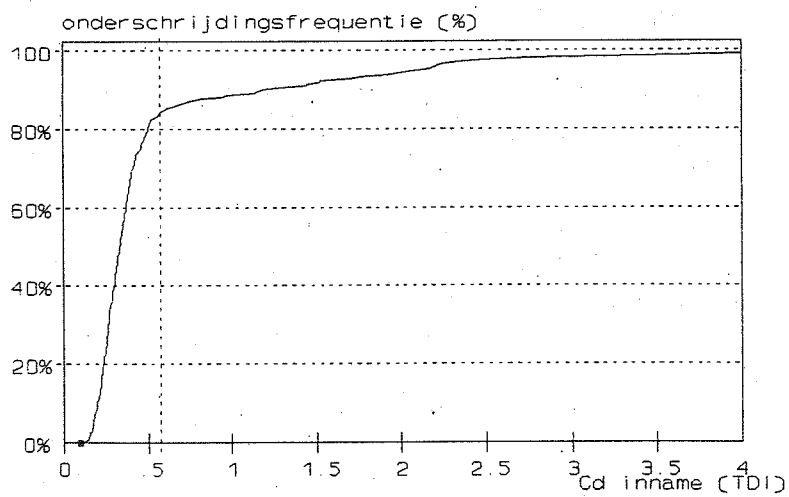
In tabel 4 is de gemiddelde extra inname en de totale inname van kinderen en volwassenen opgenomen. De totale inname is getoetst aan de TDI's. In figuur 3 en 4 zijn de berekende totale inname voor kinderen en volwassenen weergegeven. De verticale stippellijn geeft de 'gemiddelde' situatie aan.

Tabel 4 De extra inname en de totale inname (basis en extra inname) van kinderen en volwassenen in de Kempen (inname in $\mu\text{g}/\text{dag}$), en de toetsing aan de TDI's.

| | Extra inname | Toetsing | Totale inname | Toetsing |
|-------------|--------------|----------|---------------|----------|
| Kinderen | 2.69 | 0.19 | 7.79 | 0.65 |
| Volwassenen | 8.75 | 0.15 | 18.89 | 0.57 |



Figuur 3 Berekende totale inname van cadmium voor kinderen.



Figuur 4 Berekende totale inname van cadmium voor volwassenen.

3.3. De kansen op overschrijding

In tabel 5 is voor kinderen en volwassenen in de Kempen de kans op overschrijding van de TDI weergegeven. Tevens is hier de factor waarmee de kans op overschrijding van de TDI a.g.v. de totale inname toeneemt ten opzichte van de kans als gevolg van de basis-inname opgenomen. Voor zowel de risicogroep kinderen als voor volwassenen neemt de kans op een overschrijding van de TDI als gevolg van de extra opname met meer dan een factor 10 toe.

Tabel 5 De kansen op een overschrijding van de TDI in procenten bij een basis- en een totale inname van cadmium bij kinderen en volwassenen.

| | P[I>TDI] | |
|---------------|----------|-------------|
| | kinderen | volwassenen |
| Basisinname | 0,9% | 0,0% |
| Totale inname | 12,6% | 11,4% |
| Totaal/Basis | 14 | ∞ |

4. Conclusies en aanbevelingen

Een risico-berekening op een lokatie in een belast gebied laat zien dat op deze lokatie de kans op overschrijding van de Toelaatbare Dagelijkse Inname voor cadmium met een factor 10 toeneemt. Deze toename wordt voornamelijk veroorzaakt door hoge cadmiumgehalten in een aantal voedselgewassen in de omgeving van Budel.

De gevolgde methodiek van risicobeoordeling maakt het mogelijk om de toegenomen kansen op een overschrijding van de TDI te kwantificeren. Hierdoor zijn bij een risicobeoordeling in de Kempen, op basis van de grootte van de toename, prioriteiten te stellen voor het wegnemen van de risico's voor de volksgezondheid als gevolg van de aanwezigheid van een cadmiumverontreiniging van de bovengrond.

Omdat de verhoogde kansen voornamelijk worden veroorzaakt door de inname van groenten en slechts weinig gegevens over de cadmiumgehalten in groentegewassen in de Kempen bekend zijn, wordt aanbevolen de cadmiumgehalten in groenten, die worden geteeld op bodems in weinig belaste en belaste gebieden, nader te onderzoeken.

Op basis van een gewasonderzoek en de reeds vervaardigde kanskaarten waarop de kansen op overschrijding van een cadmiumgehalte in de bodem van 2,5 mg/kg is aangegeven, kan een kaart worden vervaardigd waarop de kansen op overschrijding van de TDI zijn aangegeven. Deze kaart kan worden vervaardigd door voor ieder punt van de rasterkaart op de in deze bijlage beschreven wijze een risicobeoordeling uit te voeren. Zo ontstaat een kaart waarop de kans op overschrijding van de TDI is aangegeven. Deze kaart kan worden gebruikt om de prioriteiten van te nemen saneringsmaatregelen vast te stellen.

5. Literatuur

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

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 Lijksgestel, Bergeijk en omgeving.

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.

Endedijk, G. en Klein Ikkink, E., jan. 1985, Ecotoxicologische effecten van assenwe- gen in de Brabantse Kempen. Doktoraalverslag van de werkgroep plantenecologie, Vrije Universiteit Amsterdam.

Hoogerwerf, M.R., 1992, Onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen, rapport CSO.013.92, Den Dolder.

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

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

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

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.

VROM, 1989: Voorlopige inspectie richtlijn blootstellingsrisico bij bodemverontreiniging.

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