



EEN OECOTOXICOLOGISCHE RISICO-EVALUATIE VAN  
REFERENTIE-, LAC- EN EEG-WAARDEN VOOR DE  
GEHALTEN VAN ZWARE METALEN IN DE BODEM

*John H M Schobben*  
*Carl A.J Denneman*  
*Nico M van Straalen*  
*E N G Joosse-van Damme*  
*Vrije Universiteit*

EEN OECOTOXICOLOGISCHE RISICO-EVALUATIE VAN  
REFERENTIE-, LAC- EN EEG-WAARDEN VOOR DE  
GEHALTEN VAN ZWARE METALEN IN DE BODEM

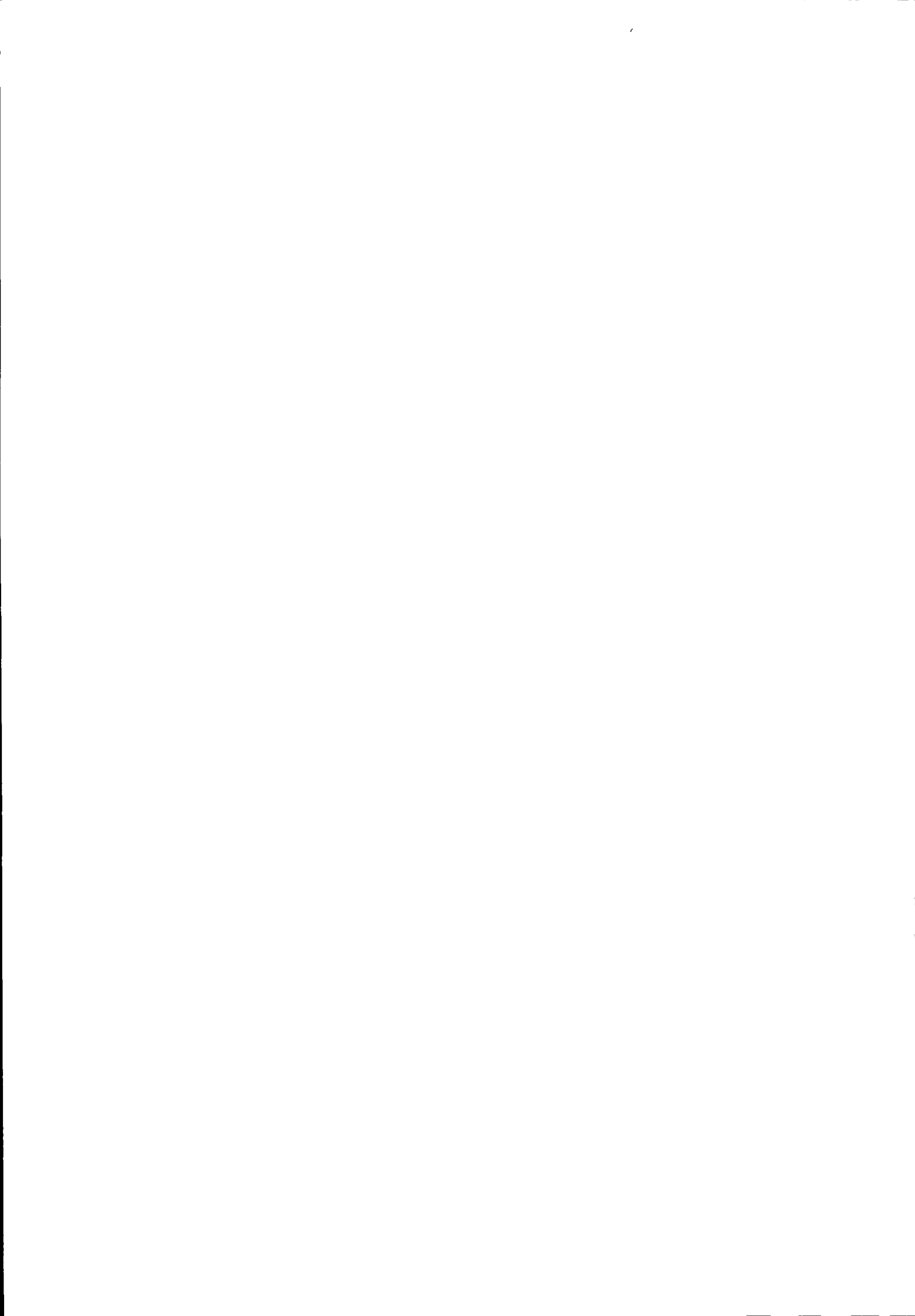
*John H M Schobben*  
*Carl A J Denneman*  
*Nico M van Straalen*  
*E N G Joosse-van Damme*

*Vakgroep Oecologie en*  
*Oecotoxicologie*  
*Vrije Universiteit*  
*De Boelelaan 1087*  
*1081 HV Amsterdam*

TCB A89/04-R

Leidschendam  
maart 1989

Technische commissie bodembescherming, Postbus 450, 2260 MB Leidschendam, telefoon  
070-3174358



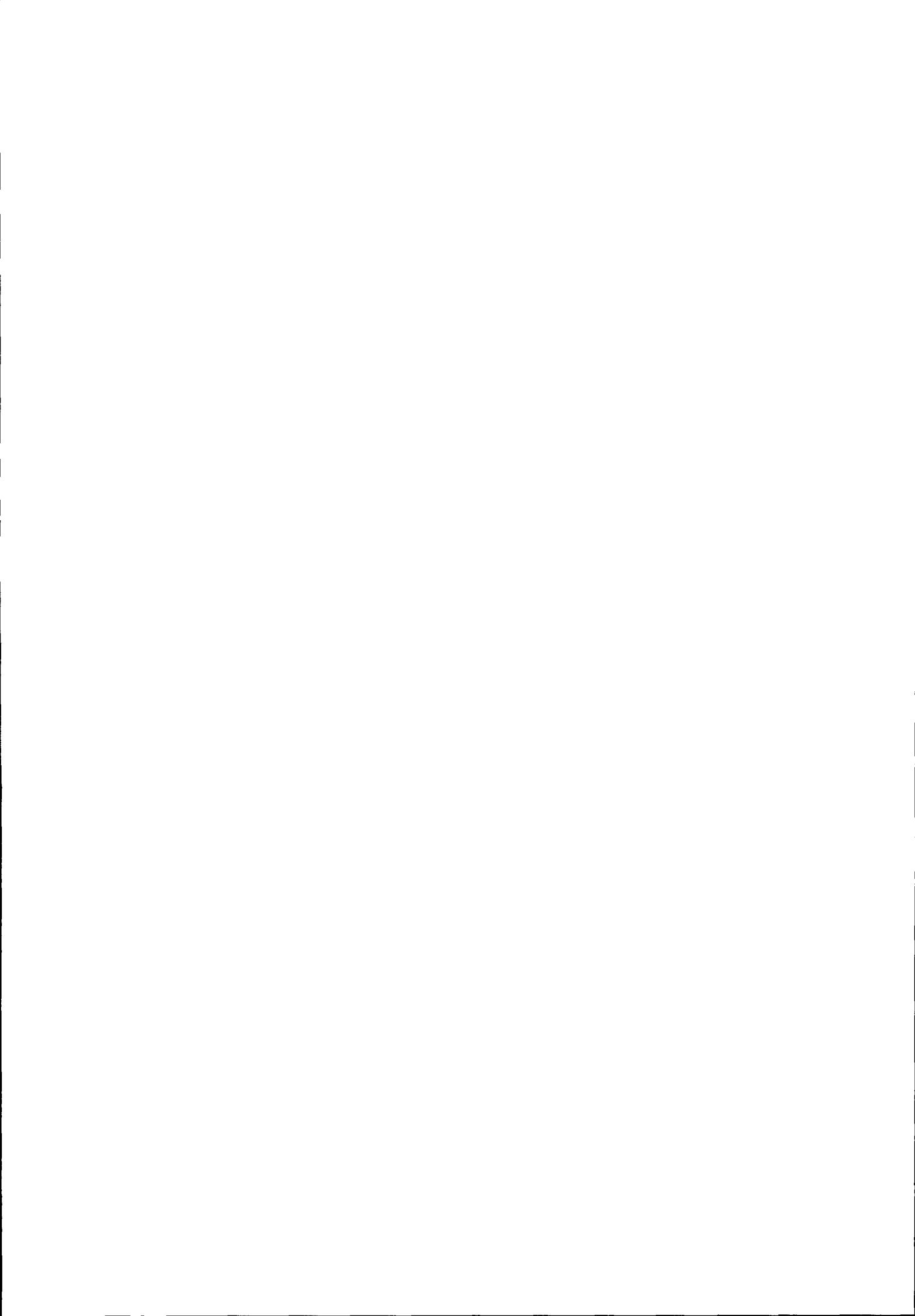
## SAMENVATTING

De Risico-Analyse Bodemverontreiniging methode (RAB-methode) maakt het mogelijk een schatting te maken van het percentage soorten in een levensgemeenschap dat effect ondervindt bij bepaalde concentraties van potentieel toxische stoffen. Met behulp van deze methode zijn referentie-, LAC- en EEG-waarden voor zware metaal- en arseengehaltes in de bodem beoordeeld met betrekking tot de mate van bescherming die deze waarden voor de ongewervelde bodemdieren kunnen bieden. De referentiewaarden die getoetst zijn, zijn afkomstig uit het MPV 88-91. Als LAC-waarden zijn de signaalwaarden voor een "grond, waarop overige akkerbouwteelten, alsmede voedingstuinbouw" gepleegd wordt gebruikt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen zand/dalgrond en klei/veengrond. De EEG-waarden (zowel de hoge als de lage) staan vermeld in het publikatieblad van de EG (nr. L 181/10). De voor de RAB-methode benodigde gegevens zijn uit de literatuur gehaald.

In onderstaande tabel is het percentage onbeschermden soorten bij de verschillende beleidswaarden voor de verschillende metalen samengevat. Hoewel het percentage soorten dat onbeschermd mag zijn uiteindelijk een beleidskeuze is, is duidelijk dat op grond van de Risico-Analyse Bodemverontreiniging voor alle metalen, behalve lood, de beleidswaarden onvoldoende bescherming bieden. Hierbij moet aangemerkt worden dat de schatting voor koper aan de hoge kant is, omdat de gebruikte toxiciteitsgegevens niet representatief zijn. Over de stoffen chroom en arseen kan door het gebrek aan gegevens geen uitspraak m.b.v. de RAB-methode gedaan worden. Wel is het zo dat de enige gevonden bruikbare No Observed Effect Concentration (NOEC) voor chroom (10 µg/g) ver onder de referentiewaarde (100 µg/g) ligt. Dit terwijl de referentiewaarde voor chroom gelijk gesteld is aan de natuurlijke achtergrond.

**Tabel.** Het geschatte percentage diersoorten in een bodemlevensgemeenschap waarbij de No Observed Effect Concentration wordt overschreden als de metaalconcentraties van de bodem gelijk zijn aan één van de vijf beleidswaarden.

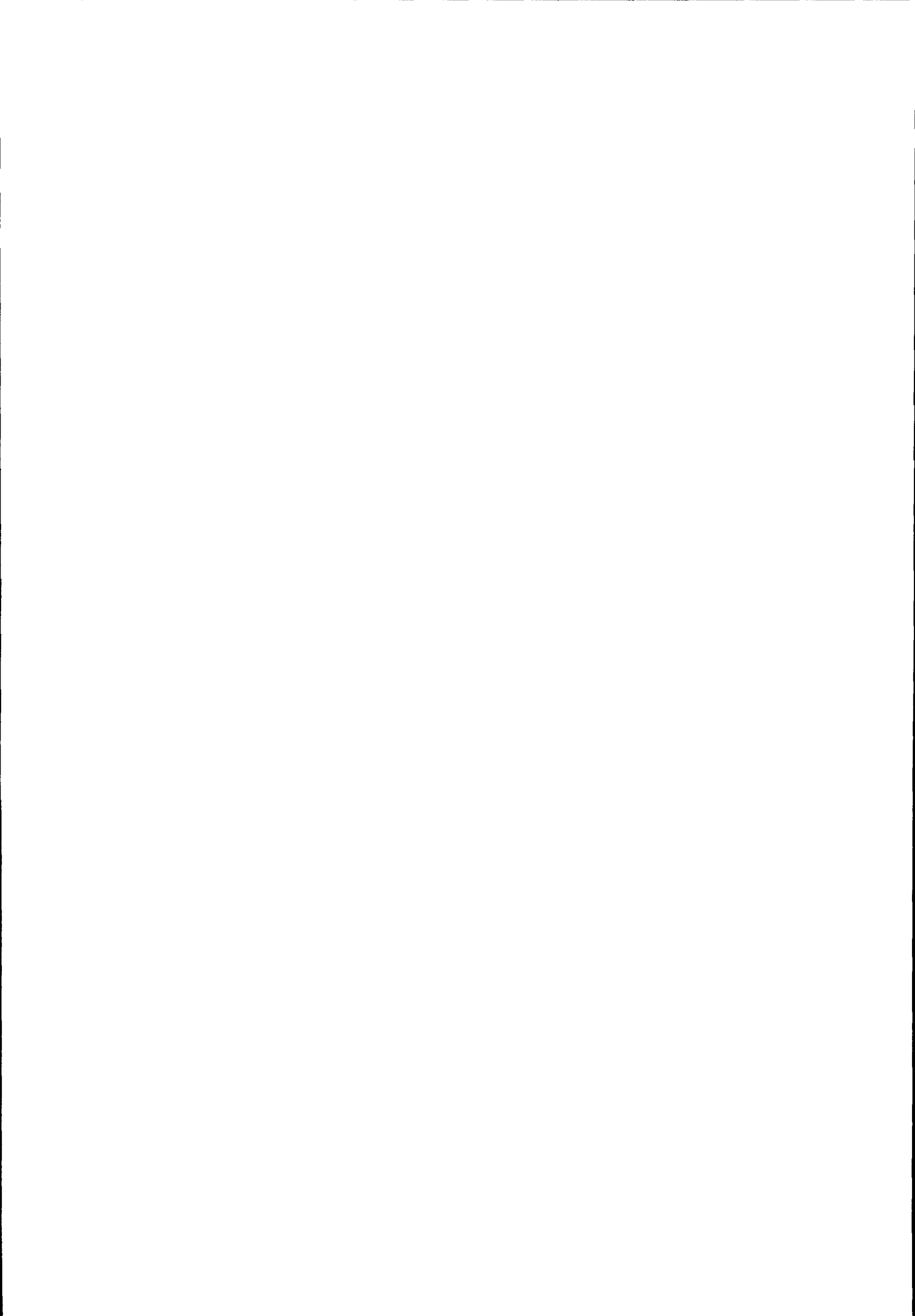
Metaal	Referentie	LAC (zand)	LAC (klei)	EEG (laag)	EEG (hoog)
Cadmium	14.4	10.6	16.4	16.4	30.3
Koper	31.6	36.9	44.9	36.9	54.8
Lood	1.8	2.6	10.0	0.6	20.5
Kwik	27.3	51.0	51.0	41.8	47.1
Zink	37.6	32.3	53.5	38.8	50.8
Nikkel	25.3	-	-	23.2	37.4



---

## INHOUD

<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>Inhoud</b>	<b>2</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2. Aannames bij de berekeningen</b>	<b>5</b>
<b>3. Resultaten</b>	<b>7</b>
3 1 Cadmium	7
3 2 Koper	11
3.3. Lood	15
3 4. Kwik	18
3.5 Zink	20
3 6. Nikkel	22
3.7. Chroom	24
3.8. Arseen	25
<b>4. Conclusies en discussie</b>	<b>26</b>
<b>5. Literatuur</b>	<b>31</b>



## 1. INLEIDING

De Technische Commissie Bodembescherming (TCB) is advies gevraagd over het Besluit gebruik overige organische meststoffen. In dit besluit worden regels gesteld met betrekking tot het gebruik van zuiveringsslib, compost en zwarte grond, als mest. Zwarte grond mag niet meer arseen en zware metalen (cadmium, koper, lood, nikkel, chroom, kwik en zink) bevatten dan de voor het betreffende metaal geldende referentiewaarde. Slib of compost mag niet worden toegepast op gronden met hogere zware metaalgehalten dan de referentiewaarden. Dit - in opdracht van de TCB uitgevoerde - rapport is een oecotoxicologische toetsing van de referentie-, de LAC- en de EEG-waarden m.b.v. de Risico-Analyse Bodemverontreiniging methode (RAB-methode) voor de bodemfauna.

De Risico-Analyse Bodemverontreiniging methode (RAB-Methode) is ontwikkeld door van Straalen en Denneman (1988) en afgeleid van de methode van Kooijman (1987). Met behulp van de RAB-methode kan men de kans berekenen dat een organisme effect ondervindt bij een gegeven concentratie van een potentieel toxische stof in de bodem. Dit komt neer op het schatten van het percentage soorten in een levensgemeenschap dat effect ondervindt bij de betreffende stof-concentratie. Effecten kunnen zowel lethaal als sublethaal (reproductie, groei, enz.) zijn. Op deze manier kunnen beleidswaarden voor gehalten in de bodem op een oecotoxicologische manier getoetst worden.

De RAB-methode gaat uit van in het laboratorium bepaalde No Observed Effect Concentrations (NOEC's) voor verschillende soorten bodemdieren. In dit rapport worden deze NOEC's op basis van literatuurgegevens verzameld. Vervolgens worden bij de berekening drie stappen doorlopen (van Straalen en Denneman, 1988).

1. Eerst moeten de gevonden NOEC's - voor een goede vergelijkbaarheid - omgerekend worden naar dezelfde experimentele condities. Dit houdt in dat gecorrigeerd wordt voor het lutum- en organisch stof gehalte van de gebruikte bodems. Bij deze correctie worden de formules gebruikt die de referentiewaarden voor verschillende typen bodems berekenen (MPV 88-91). De omrekening gaat als volgt:

$$(1) \quad \hat{NOEC} = NOEC(L, H) \frac{R(25, 10)}{R(L, H)}$$

Waarin	$\hat{NOEC}$	= NOEC-waarde voor standaardbodem (25 % lutum en 10 % organische stof)
	NOEC(L, H)	= NOEC bij experimentele lutum- en organisch stof gehalte
	R(25, 10)	= Referentiewaarde voor standaardbodem
	R(L, H)	= Referentiewaarde bij experimenteel lutum- en organisch stofgehalte

2. Aangenomen wordt dat de frequentieverdeling van NOEC's te beschrijven is met een log-logistische verdeling. Door de log-logistische verdeling te schatten uit de experimenteel bepaalde NOEC's kan het percentage soorten, dat effect ondervindt (= onbeschermd is) worden berekend. Dit gebeurt met de volgende formule:

$$(2) \quad u = 100 \left( 1 + \exp \left\{ \frac{\pi^2 (x_m - \ln c)}{3 s_m d_m} \right\} \right)^{-1}$$



---

Waarin	u	= percentage onbeschermden soorten
	$x_m$	= gemiddelde van de ln-getransformeerde $\hat{NOEC}$ -waarden
	$s_m$	= standaarddeviatie van de ln-getransformeerde $\hat{NOEC}$ -waarden
	$d_m$	= factor, afhankelijk van het aantal getoetste soorten (deze waarde wordt ontleend aan tabel I uit Kooijman (1987))
	m	= aantal soorten dat getoetst is
	c	= concentratie van een stof in een standaardbodem

- 3 Als laatste stap moet een correctie gemaakt worden voor de extrapolatie van laboratorium naar veld. Hierover bestaat nog weinig kennis. Daarom is deze stap in dit rapport weggelaten

## 2. AANNAMES BIJ DE BEREKENINGEN

Bij het berekenen van het percentage onbeschermden soorten zijn een aantal aannames gemaakt, die deels voortvloeien uit het model zelf en deels voortvloeien uit een gebrek aan standaardisatie in de opzet van de toxiciteitsgegevens.

- Niet bij alle in de literatuur gevonden dosis-effect experimenten is het lutum- en/of organisch stofgehalte vermeld. Aangenomen is dat voedsel en mest (als de blootstelling via één van deze media verloopt) uit 95% organische stof en 0% lutum bestaat. Indien een laag grond met daarboven een laag mest als bodem is gebruikt (zoals bij Neuhauser et al., 1984), werd het organisch stofgehalte en lutumgehalte van beide gemiddeld. Onderzoeken met een homogene bodem kregen echter de voorkeur.
- Indien is getoetst onder verschillende experimentele omstandigheden (bijvoorbeeld verschillende pH's, zoals bij Bengtsson et al., 1986) is gekozen voor de meest optimale omstandigheden voor wat betreft de controle. Dit vloeit voort uit het idee dat de te toetsen stof de enige stress voor het organisme moet zijn.
- Het is twijfelachtig of bij het gebruik van verschillende parameters de NOEC's een log-logistische verdeling volgen. Het verdient daarom de voorkeur om voor iedere soort dezelfde parameter te gebruiken. Een geschikte parameter is reproductie, omdat deze relevant is voor het voortbestaan van de populatie en over het algemeen gevoeliger is dan overleving. Er zijn echter alleen voor cadmium genoeg NOEC's voor reproductie gevonden om de verdeling alleen op basis van reproductie te schatten. Daarom zijn voor de andere metalen de laagst beschikbare NOEC's gebruikt (dus de gevoeligste parameter die getoetst is).
- In sommige onderzoeken zijn zelfs bij de hoogste concentraties geen significant nadelige effecten gevonden. In die gevallen is de hoogst gebruikte concentratie tot NOEC verheven.
- De kans op een verkeerde beoordeling door steekproeffouten ( $\delta_2$ ) is op 0,05 gesteld. Deze kans komt tot uiting in de grootte van  $d_m$ .
- De referentiewaarden die getoetst zijn, zijn afkomstig uit het MPV 88-91. Als LAC-waarden zijn de signaalwaarden voor een "grond, waarop overige akkerbouwteelten, alsmede voedingstuinbouw" gepleegd wordt gebruikt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen zand/dalgrond en klei/veengrond. Alleen de waarde voor klei/veengrond is in de figuren aangegeven, omdat die grond beter overeenkomt met een standaard bodem dan een zand/dalgrond. De EEG-waarden (zowel de hoge als de lage) staan vermeld in het publikatieblad van de EG (nr. L 181/10). Zie voor de invulling van de verschillende beleidswaarden tabel 2.1.
- De in dit rapport genoemde concentraties hebben betrekking op drooggewichten van grond, mest of voedsel. De concentraties zijn op basis van metalen berekend en niet op basis van de toegevoegde stof (zo is bijvoorbeeld chloride van cadmiumchloride niet in de concentratie meegenomen).

**Tabel 2.1.** De verschillende beleidswaarden ( $\mu\text{g/g}$ ) voor de zware metalen in de bodem

Metaal	Referentie	LAC (zand)	LAC (klei)	EEG (laag)	EEG (hoog)
Cadmium	0.8	0.5	1.0	1.0	3.0
Koper	36	50	80	50	140
Lood	85	100	200	50	300
Kwik	0.3	2.0	2.0	1.0	1.5
Zink	140	100	350	150	300
Nikkel	35	-	-	30	75
Chroom	100	-	-	-	-
Arseen	29	-	-	-	-

### 3. RESULTATEN

In het nu volgende zijn per stof de gevonden NOEC's (zowel de bruikbare als de niet bruikbare) vermeld, gevolgd door de berekeningen. Bij de berekeningen zijn niet alleen de beleidswaarden vermeld, maar ook de concentraties waarbij respectievelijk 5 % en 1 % van de soorten onbeschermde is. Deze waarden (HC5 en HC1) worden door ons als oecologisch relevant beschouwd.

#### 3.1. Cadmium

##### 3.1.1 Bruikbare NOEC's

Auteur	Bengtsson et al (1986)
Soort	<i>Dendrobaena rubida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	3 maanden
Stof	Cadmiumnitraat
Blootstelling	Via de bodem, org stof 57 %, lutum 0 %
NOEC coconproductie	101 µg/g
NOECstandaard	155.5 µg/g
Concentratierreeks	0.0, 14 en 101 µg/g
Auteur:	van Capelleveen (1987)
Soort	<i>Porcellio scaber</i> (Isopoda)
Blootstellingsduur	67 dagen
Stof	cadmiumnitraat
Blootstelling	Via voedsel (mix van wortels en aardappels), org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC broedselgrootte	10.1 µg/g
NOECstandaard	3.38 µg/g
Concentratierreeks	1.12, 2.25, 10.1 en 30.4 µg/g
Opmerking	Andere parameters
	NOECconsumptie 2.25 µg/g
	NOECstandaard 0.75 µg/g
	NOECgroiefficiency 2.25 µg/g
	NOECstandaard 0.75 µg/g
	NOECsuccesvolle zwangerschappen 10.1 µg/g
	NOECstandaard 3.38 µg/g
	NOEContwikkelingstijd 10.1 µg/g
	NOECstandaard 3.38 µg/g
Auteur	Ma (1982)
Soort	<i>Lumbricus rubellus</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	12 weken
Stof	Cadmiumchloride
Blootstelling	Via zavelgrond, org stof 34 %, lutum 17 %
NOEC coconproductie	10 µg/g
NOECstandaard	13.6 µg/g

Concentratiereeks.	Niet gegeven
Opmerking	De hier vermelde NOEC wordt door Ma als NEL gegeven
Auteur	Malecki et al. (1982)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	8 weken
Stof	Cadmiumacetaat
Blootstelling	100 g gecontamineerde mest bovenop 90 g schone grond, org stof 50 %, lutum 0 %
NOEC coconproductie	25 µg/g
NOECstandaard	13.8 µg/g
Concentratiereeks	0, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 500 en 1000 µg/g mest
Opmerking	Andere parameters NOEC <sub>groei</sub> 50 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 27.6 µg/g
Auteur	Russel et al (1981)
Soort	<i>Helix aspersa</i> (Gastropoda)
Blootstellingsduur.	30 dagen
Stof:	Cadmiumchloride
Blootstelling	90 % knaagdiervoedsel met 10 % calciumcarbonaat, org. stof 85.5 %, lutum 0 %
NOEC reproductie akt	10 µg/g
NOECstandaard	3.64 µg/g
Concentratiereeks	0, 10, 25, 50, 100, 300 en 1000 µg/g
Auteur	van Straalen et al (1989)
Soort	<i>Orchesella cincta</i> (Collembola)
Blootstellingsduur	9 weken
Stof	Cadmiumsulfaat
Blootstelling	Algensuspensie van pleurococen, org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC reproductie	56 µg/g
NOECstandaard	18.8 µg/g
Concentratiereeks	1.01, 1.24, 2.25, 4.72, 14.2, 56.1 en 206 µg/g
Opmerking	Andere parameters: NOEC <sub>sterfte</sub> 56.1 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 18.8 µg/g NOEC <sub>consumptie</sub> 56.1 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 18.8 µg/g NOEC <sub>groei</sub> 4.72 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 1.58 µg/g
Auteur	van Straalen et al (1989)
Soort:	<i>Platynothrus peltifer</i> (Oribatida)
Blootstellingsduur	12 weken
Stof	Cadmiumsulfaat
Blootstelling	Algensuspensie van pleurococen, org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC reproductie	2.9 µg/g
NOECstandaard	0.97 µg/g

Concentratiereeks	1 35, 2 92, 8 65, 27 3, 117 en 437 µg/g
Opmerking	Andere parameters
	NOEC <sub>sterfte</sub> 117 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 39 1 µg/g
	NOEC <sub>consumptie</sub> 27 3 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 9 12 µg/g

### 3 1.2 Niet bruikbare NOEC's

Auteur	van Dis et al (1988)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	12 weken
Stof.	cadmiumchloride
Blootstelling	Via grond vermengd met mest (1 %), org. stof 8 %, lutum 10 %
NOEC <sub>groei</sub>	10 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	10 5 µg/g
Concentratiereeks	0, 10, 32, 100, 320 en 1000 µg/g
Opmerking	Andere parameters
	NOEC <sub>geslachtelijke ontwikkeling</sub> 0 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 0 µg/g
Auteur	Hartenstein et al (1981)
Soort.	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	8 weken
Stof.	Cadmiumsulfaat
Blootstelling	50 g gecontamineerd slib op 50 g schone grond, org stof en lutum niet gegeven
NOEC <sub>groei</sub>	2900 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	berekenen niet mogelijk
Concentratiereeks	290, 2900, 14500 en 2900 µg/g slib
Opmerking	De zeer hoge NOEC wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de laag schone grond (ontwijken van het metaal) en de grote bindingscapaciteit van slib

---

### 3.1.3 Conclusies

Met de gevonden (bruikbare) NOEC's kan het volgende berekend worden

Gemiddelde van de ln-getransformeerde $\widehat{NOEC}$ -waarden ( $x_m$ )	2.25
Standaarddeviatie van de ln-getransformeerde $\widehat{NOEC}$ -waarden ( $S_m$ )	1.61
Correctiefactor voor het aantal getoetste soorten ( $d_m$ )	2.82
Concentratie waarbij 5 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC5)	0.16 $\mu\text{g/g}$
Concentratie waarbij 1 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC1)	0.016 $\mu\text{g/g}$
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de referentiewaarde (0.8 $\mu\text{g/g}$ )	14.4 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de LAC-waarde voor zand (0.5 $\mu\text{g/g}$ )	10.6 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de LAC-waarde voor klei (1.0 $\mu\text{g/g}$ )	16.4 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de EEG-waarde (laag) (1.0 $\mu\text{g/g}$ )	16.4 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de EEG-waarde (hoog) (3.0 $\mu\text{g/g}$ )	30.3 %

## 3.2. Koper

### 3.2.1 Bruikbare NOEC's

Auteur	Bengtsson et al (1983)
Soort	<i>Onychurus armatus</i> (Collembola)
Blootstellingsduur	17 weken
Stof	Kopernitraat
Blootstelling	Schimmels als voedsel, org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC groei	2608 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	1304 µg/g
Concentratiereeks	95, 1296, 2608 en 3245 µg/g
Auteur	Bengtsson et al (1986)
Soort	<i>Dendrobaena rubida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	3 maanden
Stof	Kopernitraat
Blootstelling	Via de bodem (mix van zand en mest in de verhouding 1 : 2), org stof 5.7 %, lutum 0%
NOEC coconproductie	122 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	238 µg/g
Concentratiereeks	1.3, 122 en 456 µg/g
Auteur	Van Gestel et al (1988)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	1 week
Stof	Koperchloride
Blootstelling	Via grond met een kultje mest, org stof 8 %, lutum 10 %
NOEC coconproductie	60 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	83.7 µg/g
Concentratiereeks	0, 60, 120, 180, 240 en 300 µg/g
Opmerking	Andere parameters: NOEC <sub>uitkomstpercentage</sub> 300 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> : 330 µg/g
Auteur	Ma (1982)
Soort	<i>Lumbricus rubellus</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	12 weken
Stof	Koperchloride
Blootstelling	Zavelgrond; org stof 3.4 %, lutum 17 %
NOEC coconproductie	30 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	39.6 µg/g
Concentratiereeks	Niet gegeven
Opmerking	De NOEC is door Ma als NEL gegeven
Auteur	Marigomez et al (1986)
Soort	<i>Arion ater</i> (Gastropoda)
Blootstellingsduur	27 dagen
Stof	Kopersulfaat



Blootstelling:	Via voedsel (equiproportionele maling van sla, appel, wortels en pompoen met 1.5 % agar oplossing), org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC consumptie:	25 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub> :	12.5 µg/g
Concentratiereeks:	0, 10, 25, 50, 100, 300 en 1000 µg/g
Auteur:	Martin (1986)
Soort:	<i>Allolobophora caliginosa</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur:	14 dagen
Stof:	Kopersulfaat
Blootstelling:	Zandgrond vermengd met een beetje gras ( $\pm 1$ %), org. stof 1 %, lutum 0 %
NOEC geprod. eikapsels:	50 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub> :	115.4 µg/g
Concentratiereeks:	0, 5, 10, 50, 100, 500 en 1000 µg/g
Opmerking:	Andere parameters:
	NOEC <sub>sterfte</sub> 500 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 1154 µg/g
	NOEC <sub>groei</sub> 100 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 231 µg/g

### 3.2.2 Niet bruikbare NOEC's.

Auteur:	Van Dis et al (1988)
Soort:	<i>Eisenia foenda</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur:	12 weken
Stof:	Koperchloride
Blootstelling:	Grond vermengd met mest (2 %), org stof 8 %, lutum 10 %
NOEC <sub>groei</sub> :	56 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub> :	61.7 µg/g
Concentratiereeks:	0, 10, 18, 32, 56 en 100 µg/g
Opmerking:	Andere parameters:
	NOEC <sub>gesl ontwikkeling</sub> : 100 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 110 µg/g
	De voorkeur is gegaan naar de parameter coconproductie (zie van Gestel, 1988)
Auteur:	Hartenstein et al (1981)
Soort:	<i>Eisenia foenda</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur:	8 weken
Stof:	Kopersulfaat
Blootstelling:	50 g grond met daarbovenop 50 g gecontamineerd slib; org stof en lutum niet gegeven
NOEC <sub>groei</sub> :	1700 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub> :	Berekenen niet mogelijk
Concentratiereeks:	170, 1700, 8500 en 17000 µg/g slib
Opmerking:	Zeer hoge NOEC vergeleken met van Dis et al (1988), waarschijnlijk veroorzaakt door de laag schone grond en de grote bindingscapaciteit van slib

Auteur	Ma (1984)
Soort	<i>Lumbricus rubellus</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	6 weken
Stof:	Koperchloride
Blootstelling.	Zavelgrond; org. stof 3.4 %, lutum 17%
NOEC coconproductie:	13 µg/g
NOECstandaard	17.2 µg/g
Concentratiereeks	13, 63, 136 en 373 µg/g
Opmerking:	Andere parameters: NOECbladafbraak: 63 µg/g NOECstandaard: 83.3 µg/g NOECgroei: 373 µg/g NOECstandaard: 493 µg/g Voor de NOECcoconproductie van Ma (1982) is gekozen, omdat deze tussen de controle en de daaropvolgende behandeling zit
Auteur	Malecki et al. (1982)
Soort	<i>Eisenia foenda</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	20 weken
Stof	Koperacetaat
Blootstelling	100 g gecontamineerde mest bovenop 90 g schone grond
NOEC coconproductie	500 µg/g
NOECstandaard	400 µg/g
Concentratiereeks	0, 250, 500, 1000 en 2000 µg/g
Opmerking	Andere parameters, NOECgroei: 500 µg/g NOECstandaard: 400 µg/g De homogeen gecontamineerde grond die van Gestel (1988) gebruikt heeft de voorkeur, omdat het in die opstelling niet mogelijk is dat wormen het metaal ontwijken
Auteur:	Neuhauser et al (1984)
Soort	<i>Eisenia foenda</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	6 weken
Stof:	4 metaalvormen gemengd, acetaat, chloride, nitraat en sulfaat
Blootstelling:	20 g gecontamineerde mest op 30 g schone grond, 38 % org. stof, lutum 0 %
NOEC coconproductie	1000 µg/g
NOECstandaard	952 µg/g
Concentratiereeks	0, 500, 1000, 2000 en 4000 µg/g
Opmerking	Andere parameters NOECgroei: 1000 µg/g NOECstandaard: 4000 µg/g De homogeen gecontamineerde grond die van Gestel (1988) gebruikt heeft de voorkeur

---

### 3 2 3 Conclusies.

Met de gevonden (bruikbare) NOEC's kan het volgende berekend worden

Gemiddelde van de ln-getransformeerde $\widehat{NOEC}$ -waarden ( $x_m$ )	4.67
Standaarddeviatie van de ln-getransformeerde $\widehat{NOEC}$ -waarden ( $S_m$ )	1.58
Correctiefactor voor het aantal getoetste soorten ( $d_m$ )	2.93
Concentratie waarbij 5 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC5)	1.68 $\mu\text{g/g}$
Concentratie waarbij 1 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC1)	0.16 $\mu\text{g/g}$
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de referentiewaarde (36 $\mu\text{g/g}$ )	31.6 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de LAC-waarde voor zand (50 $\mu\text{g/g}$ )	36.9 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de LAC-waarde voor klei (80 $\mu\text{g/g}$ )	44.9 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de EEG-waarde (laag) (50 $\mu\text{g/g}$ )	36.9 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de EEG-waarde (hoog) (140 $\mu\text{g/g}$ )	54.8 %

### 3.3. Lood

#### 3.3.1 Bruikbare NOEC's

Auteur	Bengtsson et al (1985)
Soort:	<i>Onychurus armatus</i> (Collembola)
Blootstellingsduur:	17 weken
Stof	Loodnitraat
Blootstelling	Schimmels als voedsel, org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC <sub>eiproductie</sub>	1096 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	642.5 µg/g
Concentratiereeks	8, 1068, 1096 en 3089 µg/g
Auteur	Bengtsson et al (1986)
Soort	<i>Dendrobaena rubida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur:	3 maanden
Stof	Loodnitraat
Blootstelling	Mix van zand en mest in de verhouding van 1 : 2, org stof 5.7 %, lutum 0 %
NOEC <sub>coconproductie</sub>	560 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	854.6 µg/g
Concentratiereeks	3.0, 152 en 560 µg/g
Auteur	Ma (1982)
Soort:	<i>Lumbricus rubellus</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	12 weken
Stof	Loodchloride
Blootstelling	Zavelgrond, org stof 3.4 %, lutum 17 %
NOEC <sub>coconproductie</sub>	200 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	241.5 µg/g
Concentratiereeks:	Niet gegeven
Opmerking	De hier genoemde NOEC wordt door Ma als NEL gegeven
Auteur	Malecki et al (1982)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	20 weken
Stof	Loodacetaat
Blootstelling	100 g gecontamineerde mest op 90 g schone grond, org. stof 50 %, lutum 0 %
NOEC <sub>coconproductie</sub>	1000 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	850 µg/g
Concentratiereeks	0, 500, 1000, 5000 en 10000 µg/g
Opmerking	Andere parameters. NOEC <sub>groei</sub> 1000 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 850 µg/g

Auteur	Marigomez et al (1986)
Soort	<i>Arion ater</i> (1986)
Blootstellingsduur	27 dagen
Stof	Loodnitraat
Blootstelling	Via voedsel (equiproportionele maling van sla, appel, wortel en pompoen met 15 % agar opl), org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC consumptie	1000 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	586,2 µg/g
Concentratiereeks	0, 10, 25, 50, 100, 300 en 1000 µg/g

### 3.3.2 Niet bruikbare NOEC's

Auteur	Bengtsson et al (1983)
Soort	<i>Onychurus armatus</i> (Collembola)
Blootstellingsduur	17 weken
Stof	Loodnitraat
Blootstelling	Schimmels als voedsel, org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC groei	1096 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	642,5 µg/g
Concentratiereeks	8, 1068, 1096 en 3089 µg/g
Opmerking	De NOEC <sub>eiproduktie</sub> (Bengtsson et al, 1985) heeft de voorkeur

Auteur	Hartenstein et al (1981)
Soort	<i>Eisenia foenda</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	8 weken
Stof	Loodacetaat
Blootstelling	50 g gecontamineerd slib op 50 g schone grond, org stof en lutum onbekend
NOEC groei	36000 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	berekening niet mogelijk
Concentratiereeks	360, 3600, 18000 en 36000 µg/g
Opmerking	De hoge waarde van de NOEC wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hoge bindingscapaciteit van slib en de schone onderlaag.

Auteur	Neuhauser et al (1984)
Soort	<i>Eisenia foenda</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	6 weken
Stof	Resultaten van vier metaalvormen gemeng, acetaat, chloride, nitraat en sulfaat
Blootstelling	20 g gecontamineerde mest op 30 g schone grond; org. stof 38 %, lutum 0 %
NOEC coconproductie	0 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	0 µg/g
Concentratiereeks	0, 5000, 10000, 20000 en 40000 µg/g
Opmerking	Andere parameters. NOEC <sub>groei</sub> 20000 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 19300 µg/g Gekozen is voor de kleinere concentratie-intervallen van Malecki et al (1982)

---

### 3.3.3 Conclusies

Met de gevonden (bruikbare) NOEC's kan het volgende berekend worden

Gemiddelde van de ln-getransformeerde $\widehat{NOEC}$ -waarden ( $x_m$ )	6.36
Standaarddeviatie van de ln-getransformeerde $\widehat{NOEC}$ -waarden ( $S_m$ )	0.52
Correctiefactor voor het aantal getoetste soorten ( $d_m$ )	3.06
Concentratie waarbij 5 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC5)	140.5 $\mu\text{g/g}$
Concentratie waarbij 1 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC1)	63.4 $\mu\text{g/g}$
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de referentiewaarde (85 $\mu\text{g/g}$ )	1.8 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de LAC-waarde voor zand (100 $\mu\text{g/g}$ )	2.6 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de LAC-waarde voor klei (200 $\mu\text{g/g}$ )	10.0 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de EEG-waarde (laag) (50 $\mu\text{g/g}$ )	0.6 %
Percentage onbeschermdde diersoorten bij de EEG-waarde (hoog) (300 $\mu\text{g/g}$ )	20.5 %

### 3.4. Kwik

#### 3.4.1. Bruikbare NOEC's

Auteur	Abassi en Soni (1983)
Soort	<i>Octochaetus pattoni</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	60 dagen
Stof	Kwikchloride
Blootstelling	Grond vermengd met mest, org stof en lutum niet gegeven, aangenomen dat ze gelijk zijn aan een standaardbodem
NOEC <sub>sterfte</sub>	0 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	0.25 µg/g
Concentratiereeks	0.0, 0.5, 1.0, 2.0 en 5.0 µg/g
Opmerking	De NOEC <sub>standaard</sub> is het gemiddelde van 0.0 en 0.5 µg/g

Auteur	Beyer et al (1985)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	12 weken
Stof	Methyلكwikchloride
Blootstelling	Potgrond, org stof en lutum niet gegeven, wordt gelijk gesteld aan veengrond, org stof 59 %, lutum 3 % (VTCB-rapport 'Advies Bodemkwaliteit')
NOEC <sub>regeneratie</sub>	3.25 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	3.14 µg/g
Concentratiereeks	1.58, 3.25 en 9.5 µg/g
Opmerking	Regeneratie = aantal segmenten dat aangroeid na afsnijden van het lichaam na het 50e segment

Auteur	Marigomez et al (1986)
Soort	<i>Arion ater</i> (Gastropoda)
Blootstellingsduur	27 dagen
Stof	Kwikchloride
Blootstelling	Via voedsel (equiproportionele maling van sla, appel, wortel en pompoen met een 1.5 % agar oplossing), org stof 95 %, lutum 0 %
NOEC <sub>consumptie</sub>	10 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	8.30 µg/g
Concentratiereeks	0, 10, 25, 50, 100, 300 en 3000 µg/g

#### 3.4.2 Niet bruikbare NOEC's.

Auteur	Hartenstein et al (1981)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	8 weken
Stof	Kwikacetaat
Blootstelling	50 g gecontamineerde slib op 50 g schone grond, org stof en lutum niet gegeven
NOEC <sub>groei</sub>	520 µg/g

---

NOEC <sub>standaard</sub>	Berekenen niet mogelijk
Concentratiereeks	520, 5200, 26000 en 52000 µg/g slib
Opmerking	De hoge waarde van de NOEC wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de grote bindingscapaciteit van slib en de schone onderlaag

### 3 4 3 Conclusies

Met de gevonden (bruikbare) NOEC's kan het volgende berekend worden:

Gemiddelde van de ln-getransformeerde $\hat{NOEC}$ -waarden ( $x_m$ )	0.62
Standaarddeviatie van de ln-getransformeerde $\hat{NOEC}$ -waarden ( $S_m$ )	1.81
Correctiefactor voor het aantal getoetste soorten ( $d_m$ )	3.4
Concentratie waarbij 5 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC5)	0.008 µg/g
Concentratie waarbij 1 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC1)	0.0003 µg/g
Percentage onbeschermden diersoorten bij de referentiewaarde (0.3 µg/g)	27.3 %
Percentage onbeschermden diersoorten bij de LAC-waarde voor zand (2 µg/g)	51.0 %
Percentage onbeschermden diersoorten bij de LAC-waarde voor klei (2 µg/g)	51.0 %
Percentage onbeschermden diersoorten bij de EEG-waarde (laag) (1 µg/g)	41.8 %
Percentage onbeschermden diersoorten bij de EEG-waarde (hoog) (1.5 µg/g)	47.1 %



### 3.5. Zink

#### 3 5 1 Bruikbare NOEC's

Auteur	van Capelleveen (1987)
Soort	<i>Porcellio scaber</i> (Isopoda)
Blootstellingsduur.	67 dagen
Stof	Zinknitraat
Blootstelling:	Via voedsel (mix van wortels en aardappels), org stof 95 %, lutum 0%
NOEC groeiefficiency	398 µg/g
NOECstandaard	289.5 µg/g
Concentratiereeks.	389, 1000, 2000 en 4000 µg/g
Opmerking	Andere parameters
	NOEC <sub>consumptie</sub> 1000 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 727.3 µg/g
	NOEC <sub>zwangerschappen</sub> 2000 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 1456 µg/g
	NOEC <sub>broedselgrootte</sub> 2000 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 1456 µg/g
	NOEC <sub>ontwikkelingstijd</sub> 4000 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 2909 µg/g
Auteur	Malecki et al. (1982)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur.	20 weken
Stof	Zinkacetaat
Blootstelling:	100 g gecontamineerde mest op 90 g schone grond, org stof 50 %, lutum 0 %
NOEC coconproductie	1000 µg/g
NOECstandaard	1120 µg/g
Concentratiereeks	0, 500, 1000, 2500 en 5000 µg/g
Opmerking	Andere parameters:
	NOEC <sub>groei</sub> 5000 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 5600 µg/g
Auteur	Mangomez et al (1986)
Soort	<i>Arion ater</i> (Gastropoda)
Blootstellingsduur	27 dagen
Stof	Zinkchloride
Blootstelling	Via voedsel (equiproportionele maling van sla, appel, wortel en pompoen met 1.5 % agar oplossing), org stof 95 %, lutum 0%
NOEC consumptie	100 µg/g
NOECstandaard	72.7 µg/g
Concentratiereeks	0, 10, 25, 50, 100, 300 en 1000 µg/g

## 3.5.3 Niet bruikbare NOEC's

Auteur	Hartenstein et al (1981)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	8 weken
Stof	Zinksulfaat
Blootstelling	50 g gecontamineerd slib op 50 g schone grond, org stof en lutum niet gegeven
NOEC <sub>groei</sub>	2400 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	Berekenen niet mogelijk
Concentratiereeks	240, 2400, 12000 en 24000 µg/g
Opmerking	Gekozen is voor de de parameter coconproductie van Malecki et al (1982)
Auteur	Neuhauser et al (1984)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	6 weken
Stof	De resultaten van 4 metaalvormen zijn gemeng, acetaat, chloride, nitraat en sulfaat
Blootstelling	20 g gecontamineerde mest op 20 g grond, org stof 38 %, lutum 0 %
NOEC <sub>coconproductie</sub>	1000 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	1308 µg/g
Concentratiereeks	0, 1000, 2500, 5000 en 10000 µg/g
Opmerking	Andere parameters: NOEC <sub>groei</sub> 2500 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 3271 µg/g

## 3.5.3 Conclusies

Met de gevonden (bruikbare) NOEC's kan het volgende berekend worden:

Gemiddelde van de ln-getransformeerde $\hat{NOEC}$ -waarden ( $x_m$ )	5.66
Standaarddeviatie van de ln-getransformeerde $\hat{NOEC}$ -waarden ( $S_m$ )	1.38
Correctiefactor voor het aantal getoetste soorten ( $d_m$ )	3.4
Concentratie waarbij 5 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC5)	4.47 µg/g
Concentratie waarbij 1 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC1)	0.43 µg/g
Percentage onbeschermdediersoorten bij de referentiewaarde (140 µg/g)	37.6 %
Percentage onbeschermdediersoorten bij de LAC-waarde voor zand (100 µg/g)	32.3 %
Percentage onbeschermdediersoorten bij de LAC-waarde voor klei (350 µg/g)	53.5 %
Percentage onbeschermdediersoorten bij de EEG-waarde (laag) (150 µg/g)	38.8 %
Percentage onbeschermdediersoorten bij de EEG-waarde (hoog) (300 µg/g)	50.8 %

### 3.6. Nikkel

#### 3.6.1 Bruikbare NOEC's

Auteur	Ma (1982)
Soort	<i>Lumbricus rubellus</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	12 weken
Stof	Nikkelchloride
Blootstelling	Zavelgrond, org stof 34 %, lutum 17 %
NOEC coconproductie	50 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	648 µg/g
Concentratiereeks	Niet gegeven
Opmerking	De hier vermelde NOEC wordt door Ma als NEL gegeven

Auteur	Malecki et al (1982)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	20 weken
Stof	Nikkelacetaat
Blootstelling	100 g gecontamineerde mest op 90 g schone grond
NOEC coconproductie	100 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	350 µg/g
Concentratiereeks	0, 50, 100, 200 en 400 µg/g
Opmerking	Andere parameters NOEC <sub>groei</sub> 400 µg/g NOEC <sub>standaard</sub> 1400 µg/g

#### 3.6.2 Niet bruikbare NOEC's

Auteur	Hartenstein et al (1981)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	8 weken
Stof	Nikkelsulfaat
Blootstelling	50 g gecontamineerd slib op 50 g schone grond; org stof en lutum niet gegeven
NOEC <sub>groei</sub>	159 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	Berekening niet mogelijk
Concentratiereeks	150, 1500, 7500 en 15000 µg/g
Opmerking	Gekozen is voor de NOEC <sub>coconproductie</sub> van Malecki et al (1982)

Auteur	Neuhauser et al (1984)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	6 weken
Stof	Resultaat van 4 metaalvormen gemengd, acetaat, chloride, nitraat en sulfaat
Blootstelling	20 g gecontamineerde mest op 20 g schone grond, org stof 38 %, lutum 0 %
NOEC coconproductie	0 µg/g

---

NOEC <sub>standaard</sub>	0 µg/g
Concentratiereeks	0, 250, 500, 1000 en 2000 µg/g
Opmerking	Andere parameters
	NOEC <sub>groei</sub> 250 µg/g
	NOEC <sub>standaard</sub> 875 µg/g
	Gekozen is voor de NOEC <sub>coconproductie</sub> van Malecki et al (1982)

### 3 6 3 Conclusies

Met de gevonden (bruikbare) NOEC's kan het volgende berekend worden

Gemiddelde van de ln-getransformeerde NOEC-waarden ( $\bar{x}_m$ )	5.01
Standaarddeviatie van de ln-getransformeerde NOEC-waarden ( $S_m$ )	1.19
Correctiefactor voor het aantal getoetste soorten ( $d_m$ )	3.72
Concentratie waarbij 5 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC5)	2.84 µg/g
Concentratie waarbij 1 % van de bodemdiersoorten onbeschermd is (HC1)	0.31 µg/g
Percentage onbeschermden diersoorten bij de referentiewaarde (35 µg/g)	25.3 %
Percentage onbeschermden diersoorten bij de LAC-waarde (niet gegeven)	
Percentage onbeschermden diersoorten bij de EEG-waarde (laag) (30 µg/g)	23.2 %
Percentage onbeschermden diersoorten bij de EEG-waarde (hoog) (75 µg/g)	37.4 %

### 3.7. Chroom

#### 3.7.1 Bruikbare NOEC's

Auteur:	Abassi en Soni (1983)
Soort:	<i>Octochaetus pattoni</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	60 dagen
Stof:	Kaliumdichromaat
Blootstelling	Grond vermengd met mest; org stof en lutum niet geven, aangenomen dat het een standaardbodem is
NOEC sterfte	0 0 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	1 0 µg/g
Concentratierreeks	0 0, 2 0, 10 en 20 µg/g
Opmerking	De NOEC <sub>standaard</sub> is het gemiddelde van 0 0 en 2 0 µg/g

#### 3.7.2. Niet bruikbare NOEC's

Auteur:	Hartenstein et al (1981)
Soort	<i>Eisenia foetida</i> (Oligochaeta)
Blootstellingsduur	8 weken
Stof	Chroomoxide
Blootstelling	50 g gecontamineerd slib op 50 g schone grond, org stof en lutum niet gegeven
NOEC groei	46000 µg/g
NOEC <sub>standaard</sub>	Berekenen niet mogelijk
Concentratierreeks	460, 4600, 23000 en 46000 µg/g
Opmerking	De hoge NOEC-waarde wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de grote bindingscapaciteit van slib en de schone laag grond. Bovendien is driewaardig chroom (zoals in chroomoxide) minder toxisch dan zeswaardig chroom (zoals kaliumdichromaat)

#### 3.7.3 Conclusies

Aangezien er maar één bruikbare NOEC is kan de RAB-methode niet toegepast worden. Wel kan geconcludeerd worden dat de gevonden NOEC (10 µg/g) veel lager is dan de referentiewaarde (100 µg/g). LAC- en EEG-waarden zijn niet gegeven voor chroom.

---

### 3.8. Arseen

Van arseen zijn geen NOEC's voor ongewervelde bodemdieren in de literatuur gevonden.

#### 4. CONCLUSIES EN DISCUSSIE

In tabel 4.1 zijn de gevonden bruikbare NOEC's samengevat

**Tabel 4.1** Uit publicaties afgeleide NOEC's ( $\mu\text{g/g}$  grond) en daaruit berekende NOEC's voor een standaardbodem ( $\mu\text{g/g}$  grond), bepaald aan ongewervelde bodemdieren

Metaal	NOEC	NOEC <sub>standaard</sub>	Organisme	Referentie
Cadmium	101	155.5	<i>Dendrobaena rubida</i>	Bengtsson et al. (1986)
	10.1	3.38	<i>Porcellio scaber</i>	van Capelleveen (1987)
	10	13.6	<i>Lumbricus rubellus</i>	Ma (1982)
	25	13.8	<i>Eisenia foetida</i>	Malecki et al. (1982)
	10	3.64	<i>Helix aspersa</i>	Russell et al. (1981)
	56	18.8	<i>Orchesella cincta</i>	van Straalen et al. (1989)
	2.9	0.97	<i>Platynothrus peltifer</i>	van Straalen et al. (1989)
Koper	2608	1304	<i>Onychiurus armatus</i>	Bengtsson et al. (1983)
	122	238	<i>Dendrobaena rubida</i>	Bengtsson et al. (1986)
	60	83.7	<i>Eisenia foetida</i>	van Gestel et al. (1988)
	30	39.6	<i>Lumbricus rubellus</i>	Ma (1982)
	25	12.5	<i>Anon ater</i>	Marigomez et al. (1986)
	50	115.4	<i>Allolobophora caliginosa</i>	Martin (1986)
	Lood	1096	642.5	<i>Onychiurus armatus</i>
560		854.6	<i>Dendrobaena rubida</i>	Bengtsson et al. (1986)
200		241.5	<i>Lumbricus rubellus</i>	Ma (1982)
1000		586.2	<i>Anon ater</i>	Marigomez et al. (1986)
Kwik	0.25	0.25	<i>Octochaetes pattoni</i>	Abassi en Soni (1983)
	3.25	3.14	<i>Eisenia foetida</i>	Berger et al. (1985)
	10	8.30	<i>Anon ater</i>	Marigomez et al. (1986)
Zink	398	289.5	<i>Porcellio scaber</i>	van Capelleveen (1987)
	1000	1120	<i>Eisenia foetida</i>	Malecki et al. (1982)
	100	72.7	<i>Anon ater</i>	Marigomez (1986)
Nikkel	50	64.8	<i>Lumbricus rubellus</i>	Ma (1982)
	100	350	<i>Eisenia foetida</i>	Malecki et al. (1982)
Chroom	1.0	1.0	<i>Octochaetes pattoni</i>	Abassi en Soni (1983)

In tabel 4.2 zijn de percentages onbeschermden soorten bij de verschillende beleidswaarden voor de verschillende metalen samengevat. In sommige gevallen is bij meer dan de helft van de bodemdiersoorten effect te verwachten als bepaalde beleidswaarden bereikt worden. Hoewel het geschatte percentage soorten dat onbeschermd mag zijn uiteindelijk een beleidskeuze is, is duidelijk dat op grond van de Risico-Analyse Bodemverontreiniging alle metalen, behalve lood, de

beleidswaarden onvoldoende bescherming bieden aan ongewervelde bodemdieren. Ook het feit dat niet bekend is hoe groot het effect op de onbeschermde soorten is doet hier niets aan af. Aan de andere kant moeten de getallen niet geïnterpreteerd worden alsof de geschatte percentages diersoorten volledig stoppen met reproduceren, groeien, enz.

**Tabel. 4.2.** Het geschatte percentage diersoorten in een bodemlevensgemeenschap waarbij de No Observed Effect Concentration wordt overschreden als de metaalconcentraties van de bodem gelijk zijn aan één van de vijf beleidswaarden

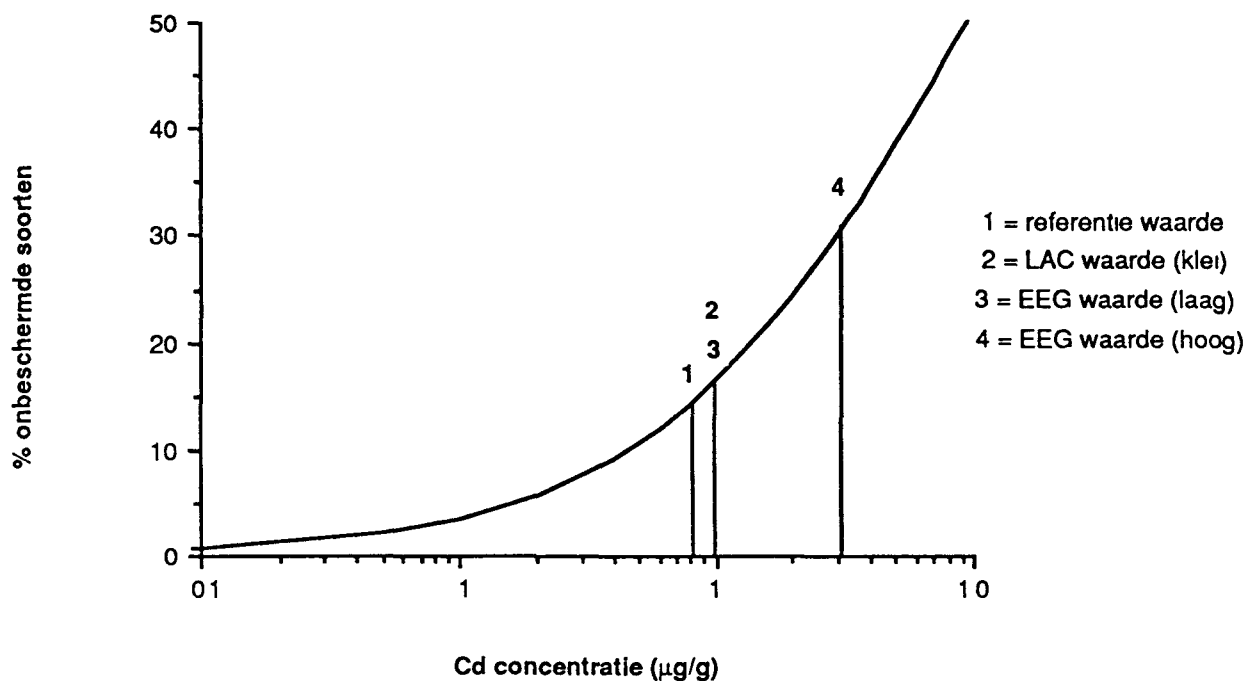
Metaal	Referentie	LAC (zand)	LAC (klei)	EEG (laag)	EEG (hoog)
Cadmium	14.4	10.6	16.4	16.4	30.3
Koper	31.6	36.9	44.9	36.9	54.8
Lood	1.8	2.6	10.0	0.6	20.5
Kwik	27.3	51.0	51.0	41.8	47.1
Zink	37.6	32.3	53.5	38.8	50.8
Nikkel	25.3	-	-	23.2	37.4

Alleen voor koper geldt dat de beleidswaarden onrealistisch laag moeten zijn om slechts een paar procent van de bodemorganismen onbeschermd te laten (zie de figuren op de volgende pagina's). Deze lage waarden voor koper wordt veroorzaakt doordat 5 van de 6 getoetste soorten wormen of slakken zijn. Deze dieren zijn erg gevoelig voor koper en worden dan ook bestreden met kopersulfaat. De grote variatie is het gevolg van de aanwezigheid van een ongevoelige springstaart soort. De "steekproef" voldoet op deze manier niet aan de voorwaarde van random gekozen toetsdieren. Bovendien is de RAB-methode moeilijk toepasbaar voor micronutriënten (zoals koper), doordat de dosis-effect relatie van die stoffen volgens een optimum verloopt is het moeilijk om een NOEC af te lezen.

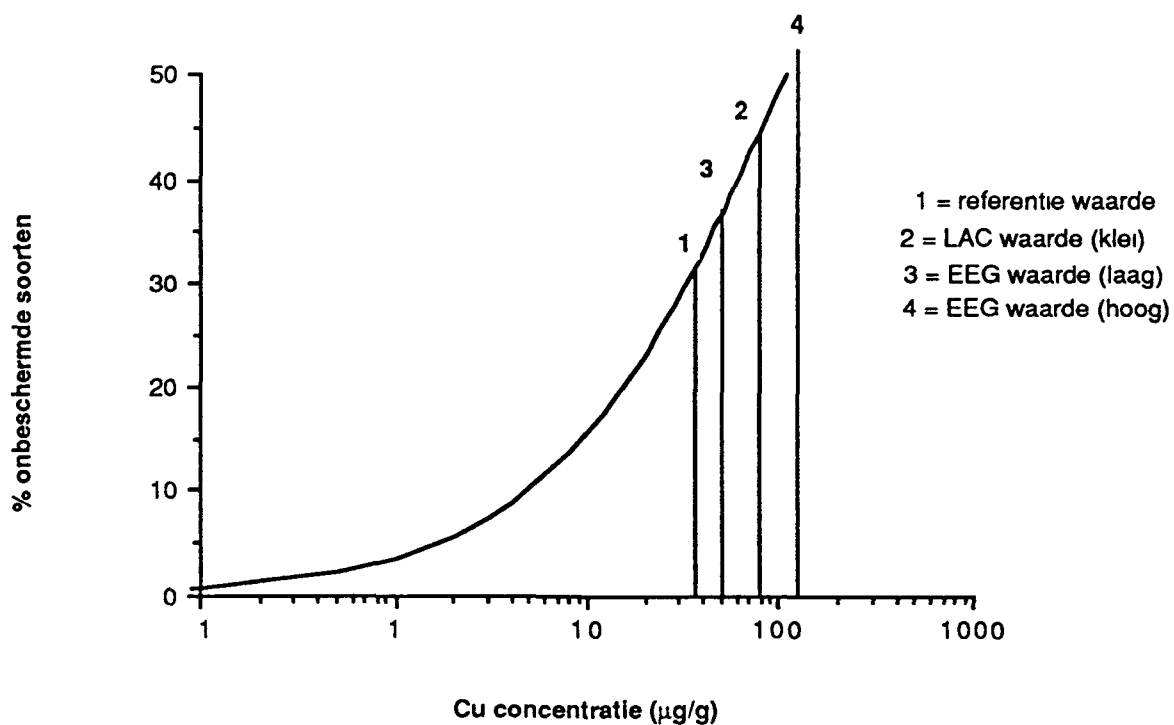
Over de stoffen chroom en arseen kan door gebrek aan gegevens geen uitspraak m.b.v. de RAB-methode gedaan worden. Wel is het zo dat de enige gevonden bruikbare NOEC voor chroom (10 µg/l) ver onder de referentie waarde (100 µg/l) ligt. Dit terwijl de referentiewaarde voor chroom gelijk gesteld is aan de natuurlijke achtergrond. Ook voor andere metalen geldt dat de aanwezige oecologische kennis nog gering is en door een grote diversiteit in onderzoeksmethoden zijn de resultaten vaak moeilijk vergelijkbaar. Standaardisering van toxiciteitsexperimenten met ongewervelde dieren is daarom gewenst. Een aanzet hiertoe is gegeven door Traas et al (1988).

Als laatste moet vermeld worden dat de beleidswaarden alleen getoetst zijn voor ongewervelde bodemdieren. De bodemgemeenschap bevat echter meer organismen dan deze groep dieren. Het zou aanbeveling verdienen ook voor de microflora en de planten de RAB-methode toe te passen.

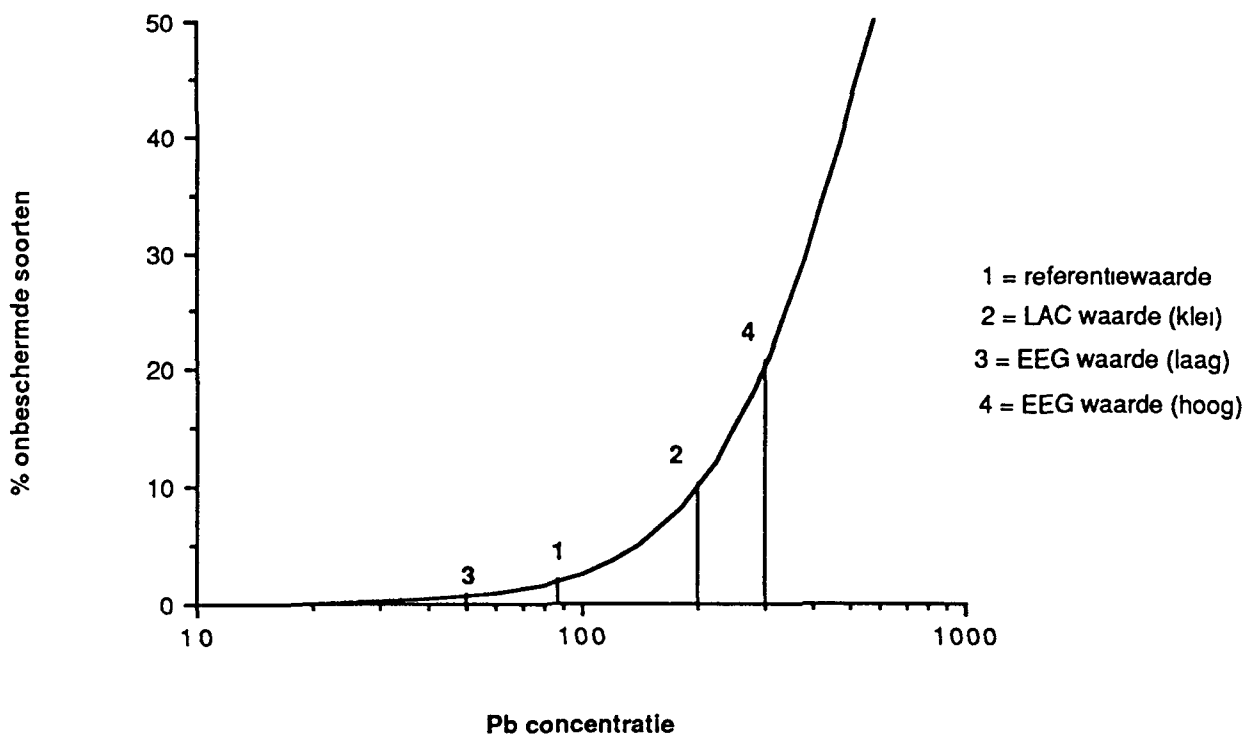




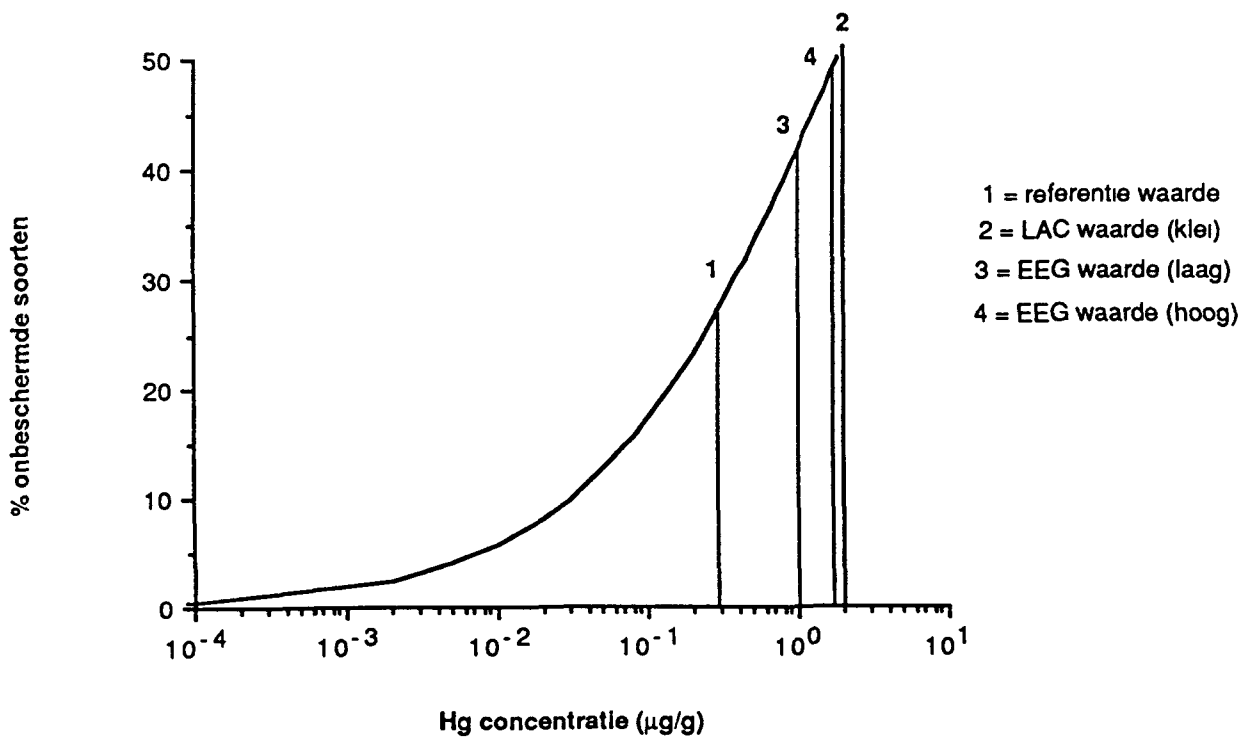
**Figuur 4.1** Percentage onbeschermden soorten als functie van de cadmiumconcentratie in een standaardbodem



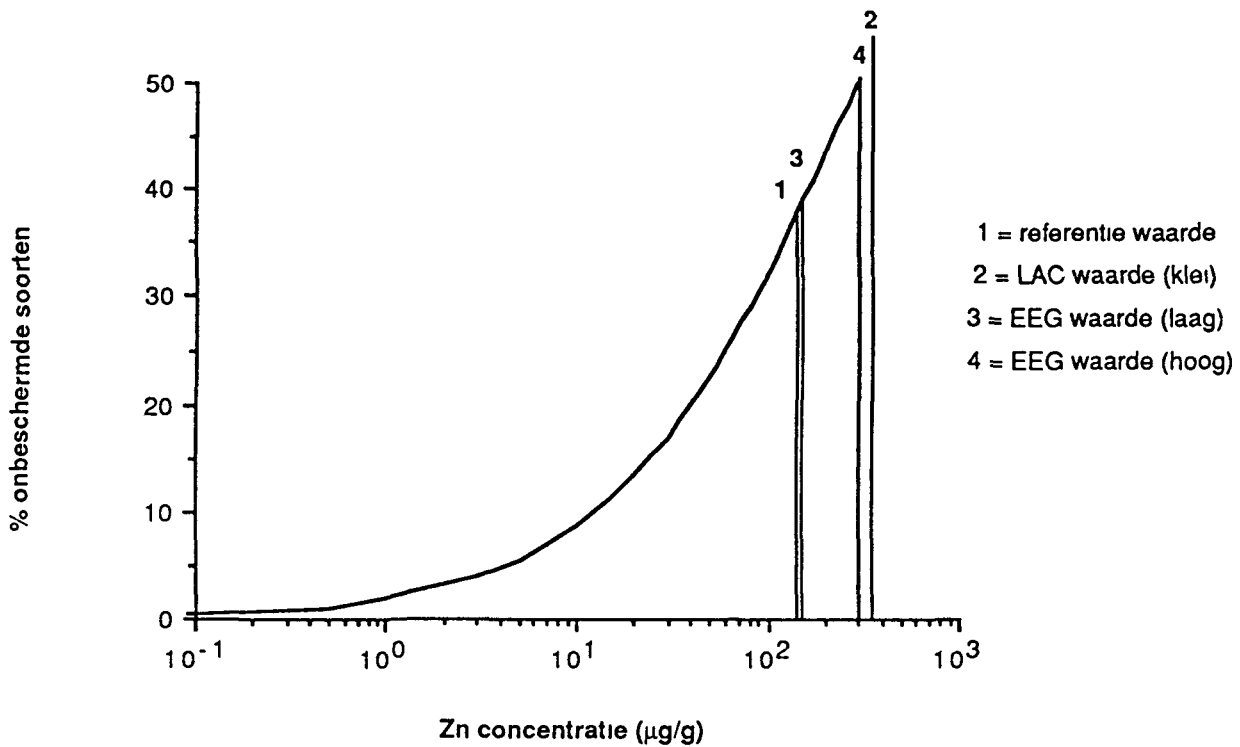
**Figuur 4.2** Percentage onbeschermden soorten als functie van de koperconcentratie in een standaardbodem



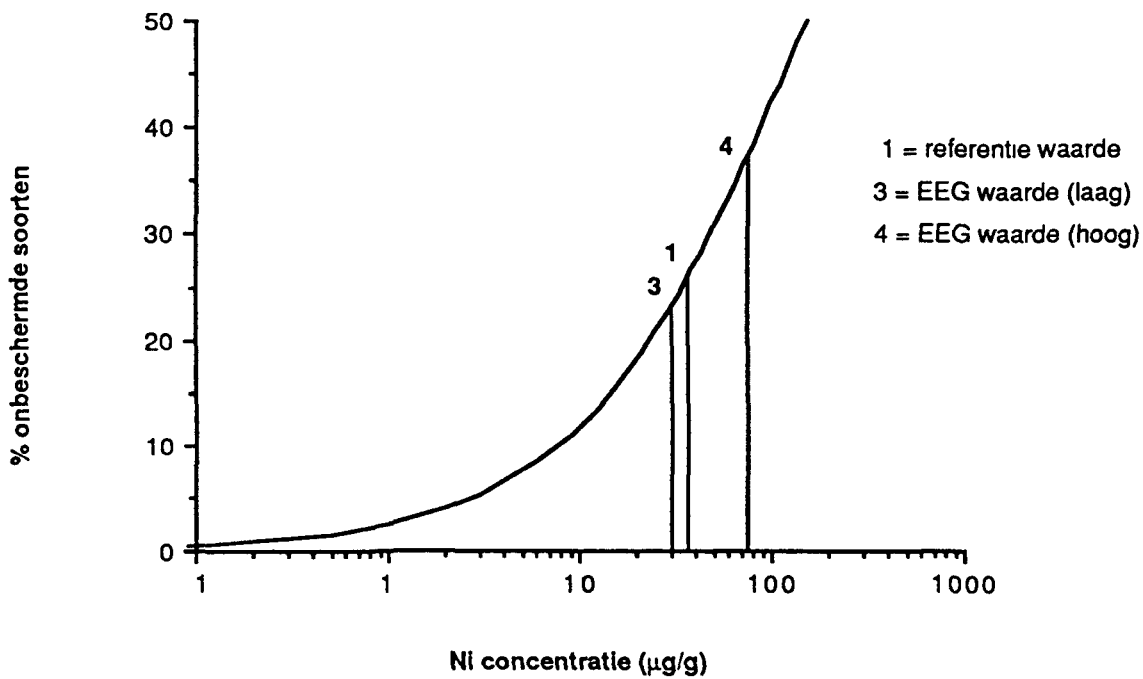
**Figuur 4.3** Percentage onbeschermden soorten als functie van de loodconcentratie in een standaardbodem



**Figuur 4.4** Percentage onbeschermden soorten als functie van de kwikconcentratie in een standaardbodem.



**Figuur 4.5** Percentage onbeschermden soorten als functie van de zinkconcentratie in een standaardbodem



**Figuur 4.6** Percentage onbeschermden soorten als functie van de nikkelconcentratie in een standaardbodem

---

## 5. LITERATUURLIJST.

- Abassi, S.A. en Soni, R. (1983) Stress-induced enhancement of reproduction in earthworm *Octochaetus pattoni* exposed to chromium (VI) and mercury (II) - implications in environmental management Intern J Environmental Studies 22: 43 - 47.
- Bengtsson, G., Gunnarsson, T. en Rundgren, S. (1983) Growth changes caused by metal uptake in a population of *Onychiurus armatus* (Collembola) feeding on metal polluted fungi Oikos 40 216 - 225
- Bengtsson, G., Gunnarsson, T. en Rundgren, S. (1985) Influence of metals on reproduction, mortality and population growth in *Onychiurus armatus* (Collembola) Journal of Applied Ecology 22 967 - 978
- Bengtsson, G., Gunnarsson, T. en Rundgren, S. (1986) Effects of metal pollution on the earthworm *Dendrobaena rubida* (Sav.) in acidified soils Water, Air and Soil Pollution 28 361 - 383
- Beyer, W. N., Cromartie, E. en Moment, G. B. (1985) Accumulation of methylmercury in the earthworm, *Eisenia foetida*, and its effect on regeneration Bull. Environ Contam Toxicol 35 157 - 162
- Capelleveen, H. E. van (1987) Ecotoxicity of heavy metals for terrestrial isopods Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam
- Dis, W. A. van, Gestel, C. A. M. van en Sparenburg, P. M. (1988) Ontwikkeling van een toets ter bepaling van sublethale effecten van chemische stoffen op regenwormen. I. Effecten van cadmium en koper op de groei en geslachtelijke ontwikkeling van *Eisenia andrei* RIVM, rapportnr 718480002
- Gestel, C. A. M. van, Dis, W. A. van, Breemen, E. M. en Sparenburg, P. M. (1988) Development of a standardized reproduction toxicity test with the earthworm species *Eisenia foetida andrei*. Paper presented on the 1st European Conference on Ecotoxicology 17 - 19 October 1988, Kopenhagen
- Hartenstein, R., Neuhauser, E. F. en Narahara, A. (1981) Effects of heavy metal and other elemental additives to activated sludge on growth of *Eisenia foetida* J. Environ. Qual 10(3). 372 - 376
- Kooijman, S. A. L. M. (1987) A safety factor for LC50 values allowing for differences in sensitivity among species Water Res 21 269 - 276
- LAC-bijlage BRZ 87 - 29; Signaalwaarden voor de gehalten van milieukritische stoffen in grond met het oog op landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van verontreinigende bodems LAC nr. 86.1
- Ma, W. C. (1982) Regenwormen als bioindicatoren van bodemverontreiniging. Bodembeschermingsreeks VROM, nr 15 Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Ma, W. C. (1984) Sublethal toxic effects of copper on growth, reproduction and litter breakdown activity in the earthworm *Lumbricus rubellus*, with observations on the influence of temperature and soil pH Environmental pollution 33: 207 - 219

- 
- Malecki, M. R., Neuhauser, E. F. en Loehr, R. C.** (1982) The effect of metals on the growth and reproduction of *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) *Pedobiologia* 24 129 - 137.
- Marigomez, J. A., Angulo, E. en Saez, V.** (1986) Feeding and growth responses to copper, zinc, mercury and lead in the terrestrial gastropod *Arion ater* (Linne) *J. Moll Stud* 52 68 - 78.
- Martin, N. A.** (1986) Toxicity of pesticides to *Allolobophora caliginosa* (Oligochaeta Lumbricidae) *New Zealand Journal of Agricultural Research* 29 699 - 706.
- Milieuprogramma 1988-1991 Voortgangsrapportage.** 202020, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage
- Milieuprogramma 1989-1992 Voortgangsrapportage** 20803, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage
- Neuhauser, E. F., Malecki, M. R. en Loehr, R. C.** (1984) Growth and reproduction of the earthworm *Eisenia fetida* after exposure to sublethal concentrations of metals *Pedobiologia* 27. 89 - 97
- Russell, L. K., DeHaven, J. I. en Botts, R. P.** (1981) Toxic effects of cadmium on the garden snail (*Helix aspersa*) *Bull Environm Contam Toxicol* 26 634 - 640.
- Straalen, N. M. van en Denneman, C. A. J.** (1988) Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria *Ecotoxicology and Environmental Safety* (in press)
- Straalen, N. M. van, Schobben, J. H. M. en Goede, R. G. M. de** (1989) Population consequences of cadmium toxicity in soil microarthropods *Ecotox Environm Saf* (in press)
- Traas, T. P., Denneman, C. A. J., Joosse-van Damme, E. N. G. en Straalen, N. M. van** (1988) Oecotoxicologische evaluatie van referentiewaarden voor gehalten van bestrijdingsmiddelen in de bodem *Vrije Universiteit Amsterdam*