

Bijlage 1 De TRIADE-benadering

TRIADE-benadering (achtergrondinformatie)

Kader en onderzoeksvragen

Per 1-1-2006 is de nieuwe circulaire bodemsanering van kracht geworden. Als geconcludeerd kan worden in eerder bodemonderzoek dat er sprake is van actueel ecologisch risico, terwijl men het idee heeft dat er in de werkelijkheid geen sprake is van onaanvaardbare risico's kan locatiespecifiek bodemonderzoek gedaan worden (stap 3; Circulaire bodemsanering, 2006).

Aandacht voor **directe en indirecte risico's** speelt een grote rol in de uiteindelijke opzet van het onderzoek, zoals bij de keuze van de parameters en de interpretatie gegevens.

Het uitvoeren van een dergelijk onderzoek kan bestaan uit aanvullende modelberekeningen en/of aanvullende metingen om uit te zoeken of er is sprake is van onaanvaardbare risico's indien bij het huidige of voorgenomen gebruik. Vragen zijn dan of:

- A) de biodiversiteit wordt aangetast (direct risico), ter bescherming van soorten
- B) kringloopfuncties worden verstoord (direct risico), ter bescherming processen
- C) of bioaccumulatie en doorvergiftiging kan plaatsvinden (indirect risico).

Al deze drie aspecten zullen daarom in de parameterkeuze terugkomen met informatie van veld, chemische analyse en bioassays. Gestreefd wordt naar parameters waarbij meerdere van bovengenoemde aspecten tegelijkertijd kunnen worden onderzocht.

Uitvoering

Het locatiespecifiek onderzoek in het Dommeldal volgt de TRIADE-benadering. De TRIADE benadering gaat uit van drie componenten met elk specifieke informatie bij het vaststellen van de ecologische risico's;

1. **Chemische analyse** (inclusief gehalten in organismen; verklaarbaarheid effecten bioassays en biologische beschikbaarheid; indirecte risico's op doorvergiftiging). Chemische analyses geven aan welke verontreinigingen verantwoordelijk kunnen zijn voor de toxiciteit (*direct risico*). Chemische analyses zijn dus van belang om oorzaak-gevolg relaties vast te kunnen stellen. Het meten van de opname van stoffen in organismen (bioaccumulatie) geeft inzicht in de biologische beschikbaarheid van de verontreinigingen en de doorvergiftigingsrisico's naar organismen hoger in de voedselketen zoals zoogdieren en vogels (*indirect risico*).
2. **Veldinventarisatie** (bepaling effecten onder veldomstandigheden, waarbij verontreiniging slechts één van de stressfactoren is). Veldinventarisaties van aantallen en soortensamenstelling van planten en/of bodemorganismen geven aan wat de effecten onder veldomstandigheden zijn (*direct risico*). Rekening moet gehouden worden met het feit dat populaties in het veld, behalve door verontreiniging, ook beïnvloed worden door verdroging, vermesting, verstoring, onderlinge concurrentie enzovoorts.
3. **Bioassays** (bepaling directe toxiciteit in het laboratorium, ter ondersteuning van de veldwaarnemingen). Bioassays geven inzicht in de gecombineerde toxiciteit van alle aanwezige, biologisch beschikbare verontreinigingen en zijn dus handig bij het onderbouwen van oorzaak-gevolg. De bioassays in dit onderzoek zijn zowel chronische als acute testen, om een zo duidelijk mogelijk beeld te krijgen van de mogelijke risico's die er zijn door verontreiniging met Cd en Zn.

Door deze informatie te integreren is een locatiespecifieke inschatting van het daadwerkelijke ecologische risico mogelijk en beter dan op basis van elk van de componenten afzonderlijk.

Bijlage 2 Veldwerkaantekeningen

VELDWERKAANTEKENINGEN BEMONSTERING IN HET OVERSTROMINGS- GEBIED VAN DE DOMMEL

Uitgevoerd in de periode 10 t/m 17 juli 2007 door Grontmij\AquaSense in het kader van TRIADE-onderzoek

ALGEMEEN

De locaties zijn genummerd in volgorde van monsternamen. Er is geen verband met het verontreinigingsniveau. De in de toekomst meest voorkomende natuurtypen, nat schraalgrasland en bloemrijk grasland, zijn in achtevoud bemonsterd, moeras en elzenbroekbos in zevenvoud. Ook binnen de natuurtypen is nog een ruime variatie, met name in het natuurtype moeras.

Bemonsteringswijze insecten:

Met een sleepnet, driehoekvormig, 45 bij 40 bij 40 cm. Per locatie vijf minuten door en over de vegetatie gehaald in een zigzagbeweging. De insecten zijn gedood in een stikpot met diethyl-ether (de aanbevolen ether of ethylacetaat was niet beschikbaar). De stikpot bestond uit een jampot met op de bodem gips. Op dit gips werd ethylether gegoten. Na de vangst werden de insecten in het onderste deel van het net verzameld. Dit werd in de stikpot gehangen. Na enige tijd werden ze overgebracht in de stikpot zelf. Na geheel stikken werden ze overgebracht in het monsterpotje en koel bewaard / ingevroren (zie ook laatste waarneming hieronder).

Waarnemingen bemonstering insecten:

- Bemonstering van elzenbroekbos met een omgekeerde paraplu leverde niet het gewenste resultaat op, d.w.z. de vangst was zeer laag.
- Bij bloemrijk grasland en in mindere mate bij nat schraalgrasland kwamen veel graszaden mee. Bij elzenbroekbos kwam veel brandnetelblad en andere bladeren mee.
- De opbrengst bij moeras was zeer laag. Dit is eerder een gevolg van het niet aanwezig zijn van insecten dan van een mogelijk niet geschikte bemonsteringswijze. De opbrengst in elzenbroekbos was ook niet erg hoog, maar waarschijnlijk wel voldoende.
- Soms komen schijnbaar dode insecten weer bij; de monsters zijn daarom vanuit de koeling naar de vriezer overgebracht.

Per monsterpunt is genoteerd:

- XY-coördinaten
- (soms ook hoogtemeters, meting onbetrouwbaar)
- Voorkomende (bodem)beesten
- Voorkomende planten (niet volledig, alleen opvallende soorten)
- Meestal (maar niet altijd) zijn ook foto's gemaakt

WAARNEMINGEN PER LOCATIE

(waargenomen afwijkingen van de natuurtypen zoals die op de GIS-kaarten zijn vermeld, zijn cursief weergegeven)

10-7: VS1 (162000 – 397315; 7m), Moerkuilen bij St. Oedenrode
Goed ontwikkeld, vochtig maar nog net niet bovenstaand water.
Fazanten, torenvalk, buizerd, andere roofvogels, houtduiven, haas, kikker, regenwormen.

10-7: BG1 (162268 – 396988), Moerkuilen bij St. Oedenrode
Niet begraasd. Fazant, hommels (foto), lieveheersbeestjes, sprinkhanen, barnsteenslakken, spin met eieren (foto), koolwitjes, pissebed (mospissebed?), regenwormen, keverlarve (foto), duizendpoot, potworm.

(Elzenbroek Moerkuilen (162318 – 397283) moeilijk te betreden wegens diepe sloot rondom)

10-7: BG2 (162529 – 396393), referentie niet overstroomd, nabij Moerkuilen.
Mogelijk recent uit productie genomen? Lijkt niet heel erg bloemrijk.
Veel sprinkhanen, hommels, spinnen, worm (*A. chlorotica*). Gras = struisgras.

10-7: EB1 (162599 - 397030; 21m), Moerkuilen bij St. Oedenrode
Vrij vochtig (plassen / sloten met water), kwelsituatie.
Wormen, bruine kikker, veel muggen.

11-7: MO1 (146845 – 396006), langs Beerze, referentie
Riet tot ongeveer het middel, 10-20 cm water.
Libellen, waterjuffers, spinnen (wespenspin, met wit zigzagweb)

(Elzenbroek bij MO1 is geen elzenbroekbos, veel andere boomsoorten o.a. wilg, lijsterbes, nauwelijks els)

11-7: BG3 (146693 – 395972; 7m), langs Beerze, referentie
Geen bodembeesten aangetroffen. Kleine pad (foto). Begraasd geweest door koeien en paarden (te zien aan de mest). Bemonstering insecten niet ideaal door wind en motregen.

11-7: EB2 (146506 - 395139), langs Beerze, referentie
Route naar EB2 moeilijk begaanbaar door vele en hoge brandnetels (>manshoog).
Veel wormen, o.a. *Lumbricus rubellus*, veel potwormen, kikkers.

11-7: VS2 (143627 – 399414, 14m), langs Reusel, referentie
Goed ontwikkeld, nat (overal bovenstaand water), kwelsituatie.
Kikkers, spinnen (wespenspin, met wit zigzag web, zie foto), sprinkhanen. Buizerd.
Nabij spinnen met 'trechterweb' (foto).

12-7: EB3 (159366 – 367721), bij Borkel
Bruine en groene kikkers (klein), géén wormen of bodembeestjes.
Strooisellaag overal ca. 5 cm.

12-7: MO2 (158602 - 366083), onder Borkel
Hoog riet, kwelsituatie, heel klein beetje bovenstaand water, veel brandnetels, geen bodembeestjes. Gewone tuinslak (rood, foto), waterjuffers, grote groene sabelsprinkhaan met lange vleugels.

(Elzenbroekbos nabij MO2 is geen elzenbroekbos. Er staan eiken, berken en slechts af en toe elzen, te droog voor broekbos).

12-7: BG4 (157380 – 363536, 34m), in Hageven, vlak bij Lommelschoor (brug)
Volgens Gaby Bolle circa 5 jaar uit agrarisch gebruik. Sommige stukken erg vochtig, daar 'blauw gras'. Gele kikker groot (?), pitrus, sprinkhanen, wormen vooral op droge stukken, kat-

tenstaart, koninginnekruid. (Rietland ten westen van BG4 is erg zandig en niet erg vochtig. Overstroomt mogelijk niet of niet vaak, daarom niet meegenomen.)

12-7: MO3 (157344 – 363999), in Hageven, vlak bij Lommelschoor (brug)

Pitrus, riet, gras, kattenstaart (?).

Redelijk zandig. Lijkt niet heel erg op moeras in de klassieke zin, wel erg vochtig en overstroomd waarschijnlijk regelmatig.

12-7: BG5 (159631 – 368439), boven Borkel, Malpiebeemden

NB zou volgens de kaart Nat Schraalgrasland moeten zijn, maar wordt op het oog als Bloemrijk Grasland geclassificeerd.

Extensief begraasd (twee koeien). Hoog gras tot ca. 1,30m. Redelijk kleiig, ook wat zandigere stukken, niet erg vochtig. Vrij veel brandnetel, ook kattenstaart (?) her en der.

Fazant, weinig regenwormen.

13-7: VS3 (160022 – 369200, 27m), Malpiebeemden

Er staat een peilbuis in het veld.

Niet erg vochtig, wel zeer bloemrijk, o.a. pitrus, distel, diverse bloemen (zie foto's).

Af en toe een worm, fazant, libellen, vlinders.

Diepere laag (>15 cm) zandig, bovenlaag vrij kleiig.

13-7: EB4 (159924 – 369192, 33m), Malpiebeemden

NB beoordeeld als witte els, maar onjuist. Wel een broekbos.

Watermunt (foto), diverse foto's, veel brandnetels. Weinig insecten gevangen.

13-7: VS4 (159806 – 369243, 27m), Malpiebeemden

Niet erg vochtig, monster genomen op de grens van pitrus en gras.

Veel zuring, diverse grassoorten, soms ook 'blauwgras', ook riet. Minder bloemrijk dan VS3.

Enkele regenwormen.

Vanaf 5-7 cm-mv kleiig, daarboven wat losser en organisch stof rijk.

13-7: VS5 (159718 – 369276), Malpiebeemden

In zelfde veld als VS4 maar lager gelegen, vlak langs Dommel.

Monster genomen op de grens van pitrus en gras. Ook niet erg vochtig. Kleiig.

Begroeiing van het gras opvallend laag.

Enkele regenwormen. Veel sprinkhanen, dazen en muggen.

13-7: MO4 (159787 – 369333), Malpiebeemden

Vochtig maar nauwelijks bovenstaand water. Kleiig, maar niet heel zwaar.

Bloemrijk riet, diverse planten (zie foto's).

Nabij peilbuis (159780 – 369319).

13-7: BG6 (159500 – 369063; 17m), Malpiebeemden, ten westen van Dommel

Zeer pitrus rijk. Weinig bloemen. Onder de plekken met gras vanaf >15cm-mv zandig.

Enkele regenwormen. Jong hert (witte vlekken) gezien in pitrus.

(Het op de kaart aangegeven elzenbroekbos bestaat uit witte els?, met aan de verhoogde randen eiken. Het op de kaart aangegeven moeras ten zuiden van het elzenbroekbos is rietland.

Het nat schraalgrasland is nauwelijks anders dan het bloemrijk grasland, slechts een klein beetje vochtiger. De scheidslijn die op de kaart getrokken is, is in het veld niet waarneembaar.

In het westelijk deel van het bloemrijk grasland zijn vele overgangen in vegetatie, ook een stuk met brandnetels en distels.

Het op de kaart aangegeven agrarisch land langs de Dommel verschilt op het oog slechts doordat er geen pitrus groeit.)

16-7: MO5 (159114 – 371757, 24m), Malpie
Hoog riet met bloemen (foto's). Niet erg vochtig, ligt relatief hoog.
Bodem zeer heterogeen, soms vrij zandig, soms met bruine verkleuringen.
Nauwelijks insecten gevangen.

(In nabijheid heeft vroeger bos gestaan, nu gekapt en tot rietland omgevormd. Oriëntatie in veld lastig omdat kaartje niet meer helemaal klopt.)

16-7: MO6 (159344 – 371325, 7m), Malpie
Zeer bloemrijk rietland (zie foto's). Slecht één regenworm.
Lisdodde, watermunt, diverse andere planten (zie ook foto's), diverse soorten libellen.

(In nabijheid geen goed elzenbroekbos kunnen vinden. In de nabijheid van MO6 ligt wel een mooi bloemrijk graslandje. Lang de Dommel een ijsvogeltje gezien.)

16-7: EB5 (159850 - 368994), Malpiebeemden, vlak boven Borkel
Zwarte els, ook eik en wilg, brandnetel, riet en varens. In de nabijheid ligt een dood beest (op reuk afgaande) maar niet gevonden.
Op sommige plekken zand vanaf >15 cm-mv. Enkele regenwormen.

16-7: VS6 (157633 – 376075), bij Waalre, samenkomst met Keersop
Kwelsituatie. Bloemrijk. In laagste stuk bemonsterd. Rietgras, pitrus, diverse andere bloemen (zie foto's). Omliggend nat schraalgrasland niet erg vochtig en minder goed ontwikkeld.

(Elzenbroek, moeras en bloemrijk grasland nabij Waalre wordt niet als zodanig herkend in het veld; met name het bloemrijk grasland niet, dit wordt zeer intensief begraasd.)

17-7: MO7 (163535 – 388278), noordoost Eindhoven
(Zou volgens de kaart bos en/of bloemrijk grasland moeten zijn. Er liggen gekapte bodem in.)
Hoog rietland. Vochtig, kwelsituatie, her en der net bovenstaand water, matig kleiig.
Brandnetel (weinig), riet, rietgras, munt, kleine witte, wildeachtige plant, kleeftkruid, aan de rand pitrus.

(Nabij MO7: buizerd, braakballen, waarschijnlijk van een bosuil, fazant.)

17-7: BG7 (163407 – 388123), noordoost Eindhoven
Net over de sloot in westelijke richting is een zeer vochtig plekje kwel, gelijkend op nat schraalgrasland maar minder soortenrijk.
Kleiig met vanaf 15 cm-mv een roestlaag die wat zandiger is.
Pitrus, vele soorten gras, distel, wilgen, waterkruiskruid.
Veel regenwormen, potwormen. Spitsmuis. In de buurt een waterhoen en een reiger.

17-7: EB6 (163594 – 388045), noordoost Eindhoven
Mooi ontwikkeld bron/broekbos, voornamelijk zwarte els, ook een enkele eik en lijsterbes.
Kwelsituatie. Vochtig maar nauwelijks tot geen bovenstaand water.
Op sommige plekken vanaf 15 cm-mv verkleuringen (grijs en roestbruin).
Els, brandnetel, gele lis, diverse foto's van planten.
Sporen van grote grazers (herten). Enkele wormen.

17-7: VS7 (163641 – 388109), noordoost Eindhoven
Klein veldje in vochtig (broek)bos. Sporen (mest, wildwissels, rustplekken) van grote grazers (herten). Grote pad (foto).
Vochtig maar geen bovenstaand water. Kwelsituatie. Niet heel erg bloemrijk. Klein wit bloemetje, riet (weinig), diverse grassen, boterbloemachtige (zie ook foto's).

17-7: EB7 (162143 – 393791, 12m), boven Son
Humusrijk, soms vanaf 15 cm-mv zand. Enkele regenwormen. Els, brandnetel, wilg (verschillende soorten), vlier, lijsterbes, enkele eik, varen, gele lis, braam.

17-7: VS8 (162307 – 393812, 6m), boven Son

Redelijk vochtig, sommige plekken een beetje bovenstaand water. Kwelsituatie.

Tot tenminste 50 cm diepte veenachtig. Geen regenwormen.

Begraasd door dikbilkoeien (en stier) van SBB (foto).

Onder andere witbol, blauwgras, holpijp, distel, gele leeuwenbekachtige, windeachtige plant, iets rietgrasserigs, pitrus (diverse foto's).

17-7: BG8 (162152 – 396116, 8m), nabij Moerkuilen

Volgens kaart agrarisch land, door monsternemer visueel als bloemrijk grasland beoordeeld.

Direct aan de Dommel gelegen, bij de brug, laagste deel van het weiland bemonsterd.

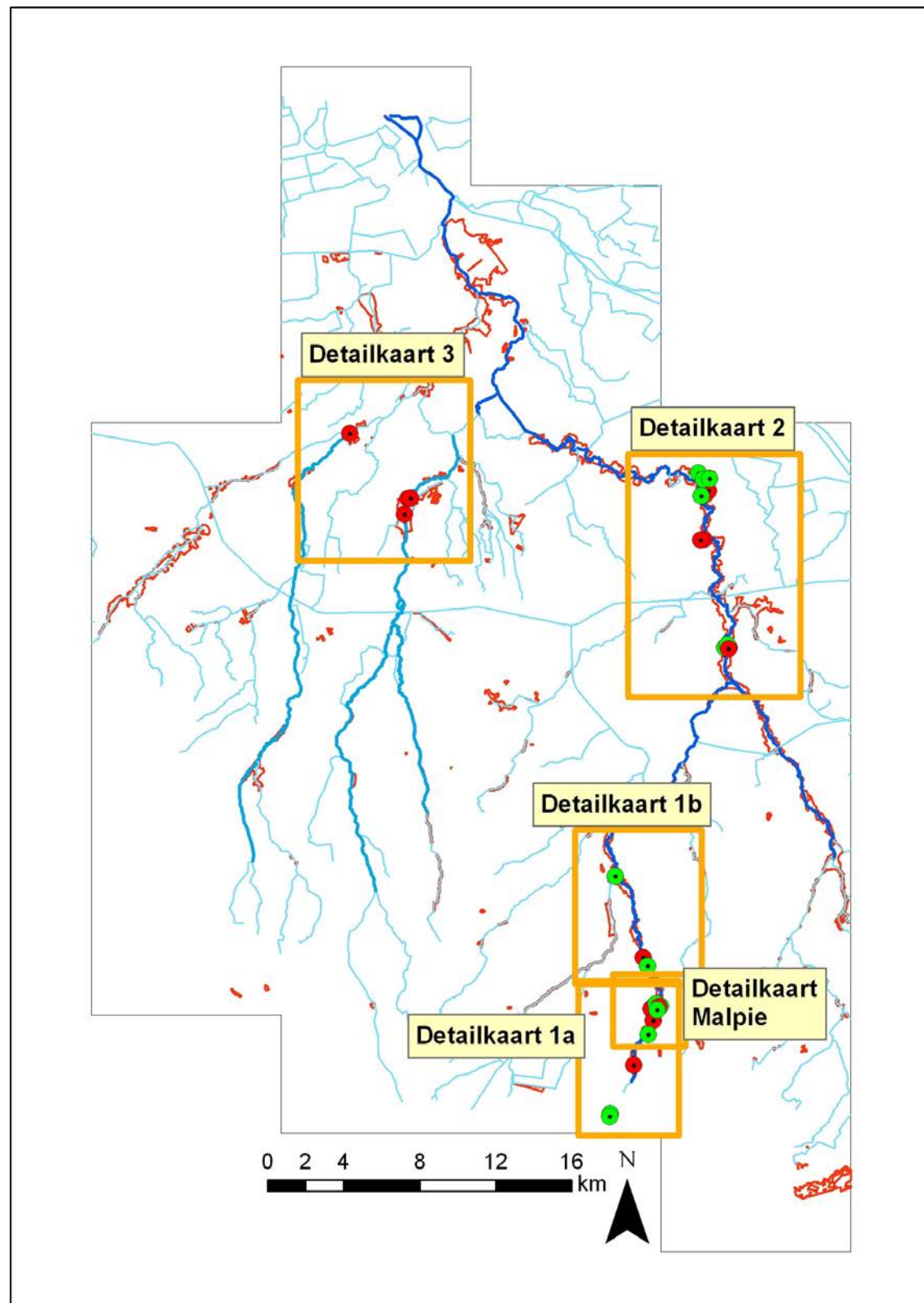
Het gras is zeer recent gemaaid, waarschijnlijk maximaal een halve dag van tevoren.

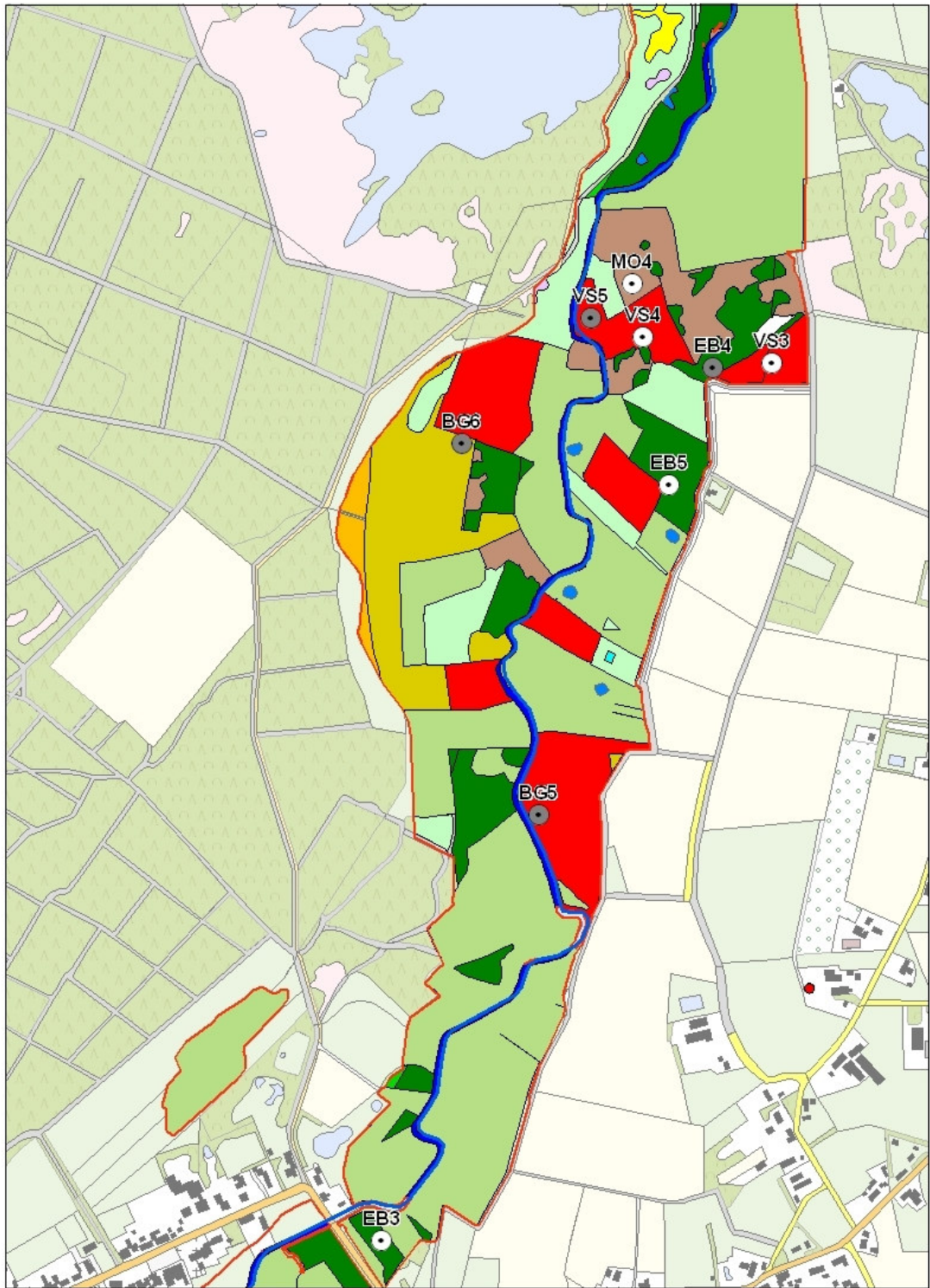
Zandig (fijn), met grijze vlekken en roestplekken, maar niet overal.

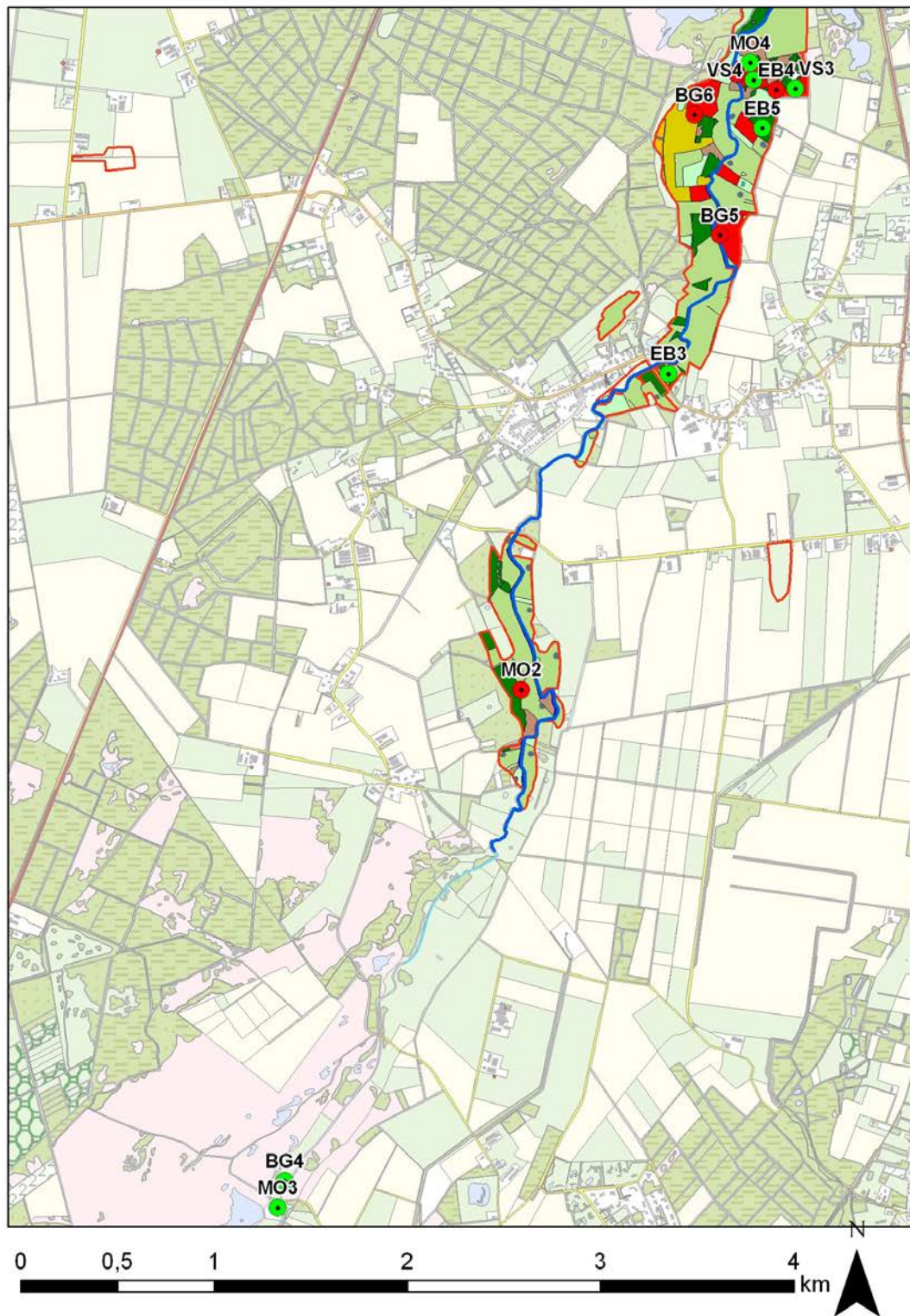
Brandnetel langs de randen van het weiland, daar ook bereklauw. 'roze sprieten', zuring, distel. Lijkt vrij monotoon. In het water een ratachtige (bruine rat of muskusrat) gezien.

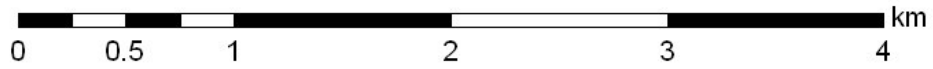
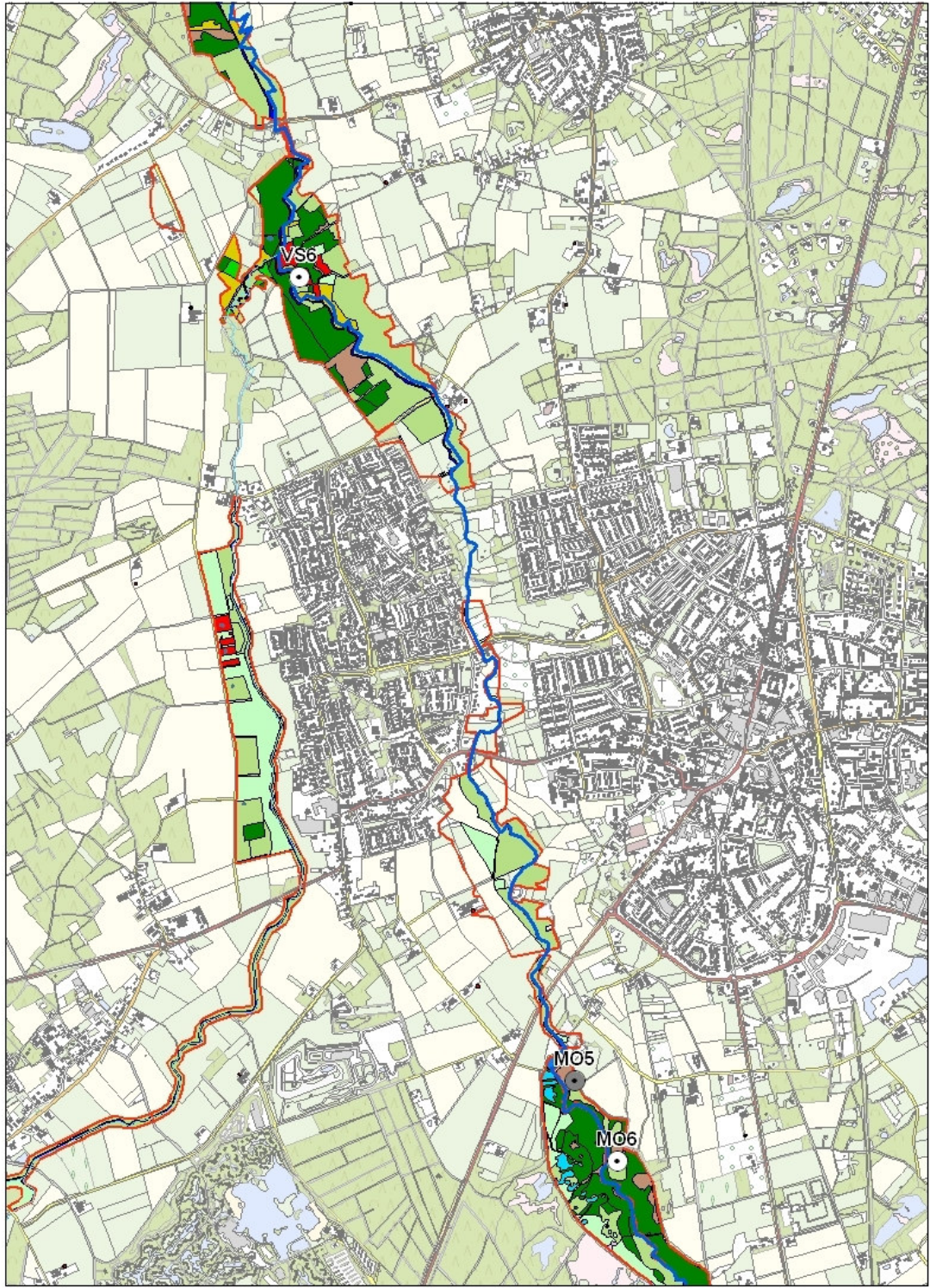
Bijlage 3

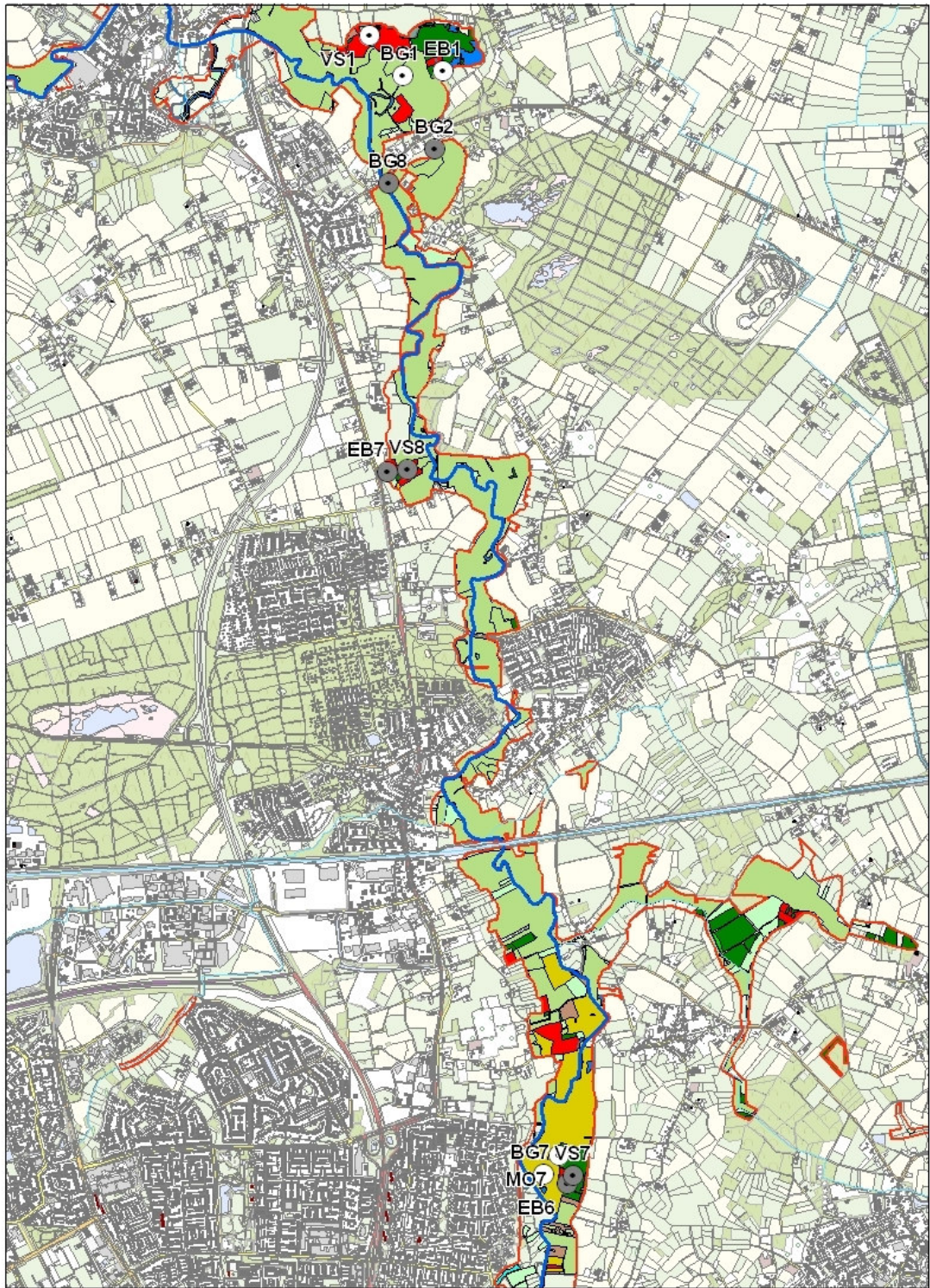
Kaarten bemonsterde locaties

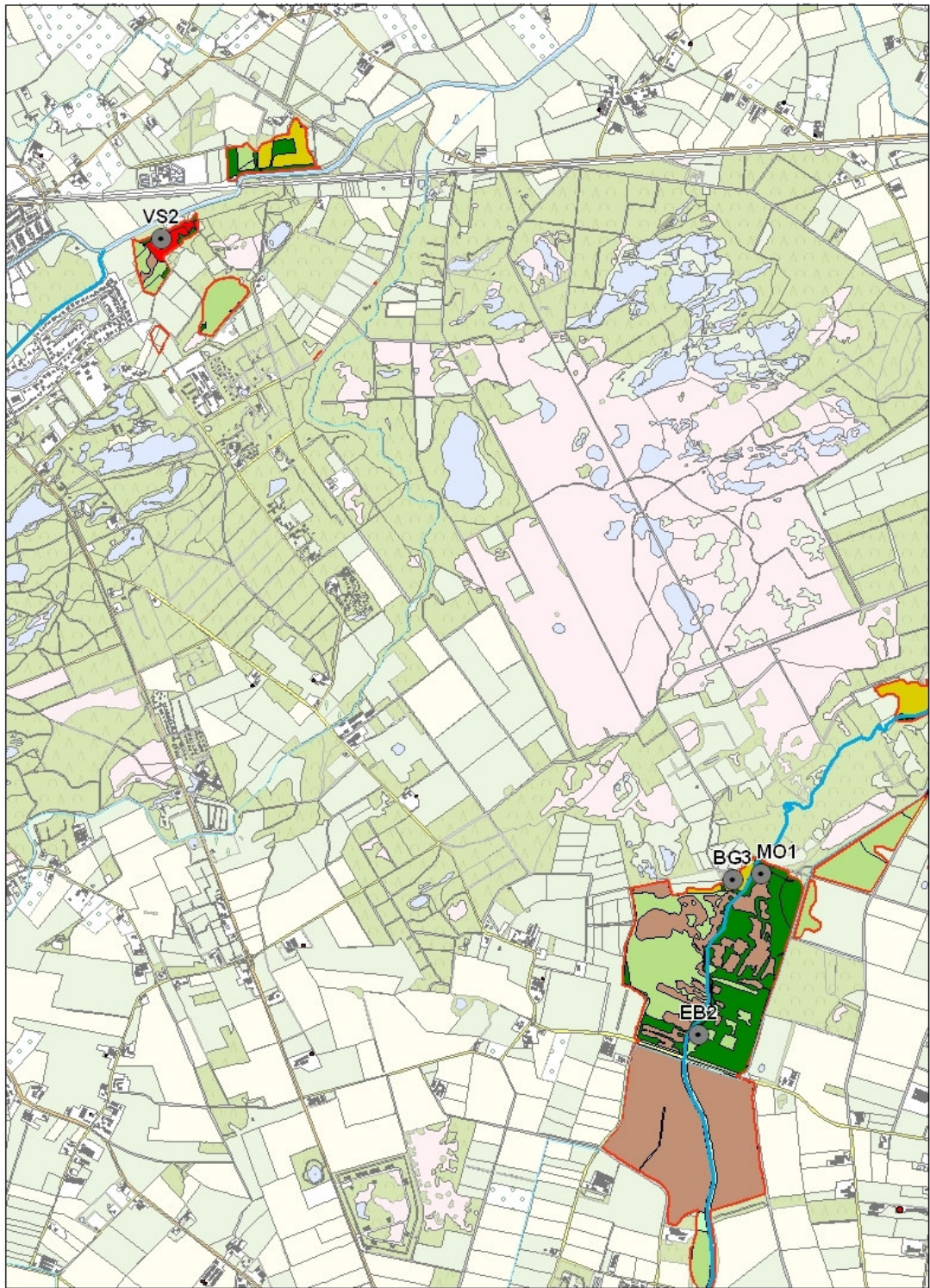












Bijlage 4 **Monsterselectie voor chronische bioassays**

Op basis van de eerste resultaten van het Triade-onderzoek in het Dommeldal is een aantal monsters geselecteerd waarnaar nader onderzoek zinvol word geacht.

Bij aanvang van het project is gekozen om vier natuurtypen te betrekken, te weten:

- Nat schraalgrasland (VS: voormalig Vochtig Schraalland)
- Moeras (MO)
- Bloemrijk grasland (BG)
- Elzenbroekbos (EB)

Uit de, beperkte, kwetsbaarheidsanalyse (zie bijlage 15) blijkt dat op basis van doelsoorten op het eerste gezicht géén van de natuurtypen meer of minder kwetsbaar is voor de verontreinigingen met zink en cadmium dan de overige natuurtypen. Er lijkt een lichte trend te zijn die aangeeft dat nat schraalgrasland mogelijk minder kwetsbaar is dan de overige natuurtypen, maar dit verschil is niet significant. Op basis hiervan is het daarom besloten om in Fase 2, deel 2 het onderzoek voort te zetten met alle vier natuurtypen.

Voor de vergelijkbaarheid is voor Fase 2, deel 2 gekozen om per natuurtype één schoon referentiemonster, één sterk verontreinigd monster en één middelmatig vervuild monster te selecteren. Dit betekent dat op basis van deze criteria 12 monsters geselecteerd zijn.

Daarnaast is er ook voor gekozen een aantal 'outliers' te betrekken in het onderzoek; dit zijn monsters die onverwacht hoge gehalten of sterk beschikbare gehalten zink en/of cadmium hadden, of waar onverwachte effecten optraden in de bioassays (bacteriën en/of watervlo). Het betrof hier drie monsters.

In totaal zijn in Fase 2, deel 2 dus 15 monsters geselecteerd.

Op basis van de chemische analyses (zowel totaalgehalten als actueel beschikbare gehalten) is besloten om bij de monsterselectie de aandacht te richten op Cd en Zn en niet op de overige chemische parameters. Bij de keuze voor de monsters is gekeken naar de monsterlocatie, de totaal gehalten en beschikbare gehalten zink en cadmium, en resultaten van bioassays met bacteriën en de watervlo *Daphnia magna*. De resultaten van de testen met *Daphnia magna* en de bacterietest moeten als volgt geïnterpreteerd worden: bij *Daphnia Magna* betekent een toenemende EC₅₀ een afnemende toxiciteit van het elutriaat. Bij de bacterietest betekent een toenemende inbouw van met name thymidine, en in mindere mate leucine, een afnemende toxiciteit. Hieronder wordt aangegeven welke monsters zijn gekozen en waarom deze zijn gekozen.

Moeras:

Referentiemonster: MO7

Laagste totaalgehalten en beschikbare gehalten zink en cadmium (lager dan MO1, de oorspronkelijk als referentie bedoelde locatie bij de Beerze)

Hoge thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest

Relatief hoge EC₅₀ in bioassay met *Daphnia magna*

Meest stroomopwaarts gelegen moeraslocatie

Middelmatig vervuild monster: MO6

Beschikbare gehalten en totaalgehalten zink en cadmium rond het gemiddelde van de moerasmonsters

Gemiddelde thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest in relatie tot overige moerasmonsters

Stroomopwaarts bekeken is deze monsterlocatie de vierde van de zes langs de Dommel be-monsterde moeraslocaties

Vergelijkbare gehalten met monster MO2, maar MO6 is een beter ontwikkeld moeras

Meest verontreinigde monsters: MO3 en MO4

MO3 heeft het hoogst beschikbare gehalte en totaalgehalte cadmium en het op één na hoogst beschikbare gehalte en totaalgehalte zink. Voor MO4 is dit precies omgekeerd. Om deze reden zijn beide monsters geselecteerd.

Lage thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest gerelateerd aan overige moerasmonsters. Dit indiceert dus een hoge toxiciteit.

MO4 heeft een lage EC_{50} in de bioassay met *Daphnia magna*. Dit indiceert dus een hoge toxiciteit.

MO3 is de dichtst bij bron gelegen en MO4 de op twee na dichtst bij bron gelegen moeraslocatie

Elzenbroekbos:**Referentiemonster: EB1**

Lage totaalgehalten en beschikbare gehalten zink en cadmium (lager dan EB2, de oorspronkelijk als referentie bedoelde locatie bij de Beerze)

Hoge thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest, gerelateerd aan overige elzenbroekbosmonsters

Relatief hoge EC_{50} in bioassay met *Daphnia magna*

Meest stroomopwaarts gelegen elzenbroekboslocatie. Bevindt zich in de Moerkuilen.

Middelmatig vervuild monster: EB3

Beschikbare gehalten en totaalgehalten zink en cadmium rond het gemiddelde van elzenbroekbosmonsters

Lage thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest gerelateerd aan overige elzenbroekbosmonsters

Locatie dicht bij bron

Meest verontreinigde monster: EB5

EB5 heeft de hoogst beschikbare en totaalgehalten cadmium en zink van dit natuurstype.

Relatief lage thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest gerelateerd aan overige monsters van dit natuurstype

EB5 is de op één na dichtst bij de bron gelegen elzenbroekboslocatie

Nat schraalgrasland:**Referentiemonster: VS1**

Lage totaalgehalten zink en cadmium, laagste beschikbare gehalten cadmium en zink (lager dan VS2, de oorspronkelijk als referentie bedoelde locatie bij de Reusel)

Lage thymidine-inbouw, maar gemiddelde leucine-inbouw in bacterietest, gerelateerd aan overige elzenbroekbosmonsters

Meest stroomopwaarts gelegen locatie van dit natuurstype. Bevindt zich in de Moerkuilen, een gebied dat al geruime tijd (>30 jaar) uit productie is.

Middelmatig vervuild monster: VS3

Beschikbare en totaalgehalten zink en cadmium iets onder het gemiddelde van monsters van dit natuurstype

Gemiddelde thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest gerelateerd aan overige nat schraalgraslandmonsters

Op één na dichtst bij bron gelegen locatie

Meest verontreinigde monster: VS4

VS4 heeft hoge beschikbare en totaalgehalten cadmium en zink binnen dit natuurstype.

Gemiddelde thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest gerelateerd aan overige nat schraalgraslandmonsters

Relatief lage EC_{50} in bioassay met *Daphnia magna*

Dichtst bij bron gelegen locatie van dit natuurstype

Outlier: VS6

Extra monster vanwege veruit hoogste totaalgehalten aan cadmium en zink van alle monsters. Ook hoge beschikbare gehalten cadmium en zink. Totaalgehalten zijn zodanig afwijkend van de gemiddelde range, dat we dit monster niet wilden opnemen als “meest verontreinigd monster” binnen de 3 testen per natuurdoeltype, maar liever als een uitzondering willen zien.

Locatie is gelegen waar het stroomgebied van de Dommel samenkomt met dat van de Keersop

Lage EC₅₀ in bioassay met *Daphnia magna*

Bloemrijk grasland:**Referentiemonster: BG1**

Lage totaalgehalten en beschikbare gehalten zink en cadmium

Op één na hoogste thymidine-inbouw en leucine-inbouw in bacterietest, gerelateerd aan overige monsters van het bloemrijk grasland

Meest stroomopwaarts gelegen locatie van dit natuurtype. Bevindt zich in de Moerkuilen, een gebied dat al geruime tijd (>30 jaar) uit productie is.

Middelmatig vervuild monster: BG8

Beschikbare gehalten en totaalgehalten zink en cadmium rond het gemiddelde van monsters van dit natuurtype

Gemiddelde thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest gerelateerd aan overige monsters van het bloemrijk grasland

Meest verontreinigde monster: BG4

Hoogste totaalgehalten cadmium en zink en één na hoogste beschikbare cadmium- en zinkgehalten binnen dit natuurtype.

Gemiddelde thymidine- en leucine-inbouw in bacterietest gerelateerd aan overige monsters van dit natuurtype

Gemiddelde EC₅₀ in bioassay met *Daphnia magna*

Dichtst bij bron gelegen locatie van dit natuurtype

Outlier: BG7

Interessant monster vanwege relatief hoge zink- en cadmiumgehalten voor dit natuurtype, maar lage beschikbare gehalten van dezelfde metalen.

Hoogste inbouw van thymidine en leucine voor dit natuurtype in de bacterietest.

Opmerking ten aanzien van de referentielocaties

Hoewel van te voren het stroomgebied van de Beerze en de Reusel als referentielocaties voor het Dommeldal werden aangedragen is op basis van de huidige gegevens gekozen om de referenties binnen het Dommeldal te kiezen, voornamelijk in de Moerkuilen. Dit gebied is dusdanig lang geleden uit productie genomen dat de natuurtypen zich hier goed hebben kunnen ontwikkelen. Daarnaast zijn de (beschikbare) cadmium- en zinkgehalten hier vaak nog lager dan langs de Reusel en Beerze.

Bijlage 5 Insecten: procentuele bijdrage soortsgroepen in de monsters voor metaalanalyses

Monster [versgewicht in gram]	Orde	Onder andere	Geschatte bij- drage aan totaal aantal (%)	Geschatte bijdrage aan totale massa (%)	Extra opmer- kingen:
BG1	Diptera	Vnl. kleine vliegen; huisvliegen; bromvlie- gen; steekvliegen	95	75	zeer veel kleine vliegen
[1,04]	Auchenorrhyncha / Orthopetra	div. cicaden en sprinkhanen	5	20	
	Coleoptera	lieveheersbeestjes; loopkevers	<1	<1	
	Araneae	diverse spinnen	<1	<1	
	Hymenoptera	sluipwespen	<1	<1	
	Sternorrhyncha	bladluizen	<1	<1	
	Overig	oorworm	<1	<1	
BG4	Diptera	vnl. Kleine vliegen; zweefvliegen; vleesvlie- gen; steekvliegen	80	30	relatief soort- arm
[1,32]	Auchenorrhyncha / Orthopetra	vnl. Cicaden, enkele sprinkhanen	10	50	
	Heteroptera	div. wantsen	5	<5	
	Araneae	spinnen	<5	5	
	Coleoptera	kortschildkevers	<1	<1	
	Lepidoptera	mot; (pas ingepopte) rups	<1	1	
	Sternorrhyncha	bladluizen	<1	<1	
	Hymenoptera	sluipwespen	<1	<1	
	Overig	springstaart; slijkvlieg	<1	<1	
	Odonata	waterjuffers	<1	<1	
BG7	Diptera	vnl. Kleine vliegen; muggen, steekvliegen, zweefvliegen, bromvliegen, langpootmug	60	20	relatief soort- rijk
[3,08]	Auchenorrhyncha / Orthopetra	div. cicaden en sprinkhanen	10	50	
	Coleoptera	soldaatje, lieveheersbeestje	10	<10	
	Heteroptera	div. wantsen	10	<5	
	Araneae	wolfsspinn, waterspin, kruisspin	5	10	
	Lepidoptera	rups, mot	<5	<5	
	Odonata	waterjuffers	<1	<2	
	Hymenoptera	sluipwesp	<1	<1	
BG8	Diptera	vnl. Kleine vliegen; muggen, steekvliegen, zweefvliegen, roofvliegen, gaasvlieg	90	60	relatief veel soorten naast diptera
[2,37]	Coleoptera	soldaatje, lieveheersbeestje, kortschildkever	<5	10	
	Heteroptera	div. wantsen	<5	5	
	Auchenorrhyncha / Orthopetra	div. cicaden en sprinkhanen	<5	10	
	Araneae	vnl. Kruisspin	<5	<5	
	Lepidoptera	rups, mot	<5	<5	
	Hymenoptera	sluipwespen, mieren	<5	<5	
	Sternorrhyncha	bladluizen	<5	<1	
	Overig	slijkvlieg	<1	<1	
VS1	Diptera	vnl. Kleine vliegen; muggen, steekvliegen, zweefvliegen	40	10	relatief soort- arm; weinig insecten
[0,75]	Araneae	vnl. Langpootspinnen; mijten	20	30	
	Lepidoptera	rups, mot	10	35	
	Auchenorrhyncha / Orthopetra	div. cicaden en sprinkhanen	10	15	
	Heteroptera	div. wantsen	10	10	
	Coleoptera	snuitkever, kortschildkever	<5	<5	
	Hymenoptera	sluipwespen	<1	<1	
	Sternorrhyncha	bladluizen	<1	<1	
	Overig	springstaarten	<1	<1	

Monster [versgewicht in gram]	Orde	Onder andere	Geschatte bijdra- ge aan totaal aantal (%)	Geschatte bijdrage aan totale massa (%)	Extra opmer- kingen:
VS3 [3,48]	Diptera	vnI. Kleine vliegen; roofvlieg, zweefvlieg	80	15	
	Auchenorrhyncha / Orthopetra	div. cicaden en sprinkhanen	10	75	
	Coleoptera	soldaatje, bladkevers	5	<5	
	Heteroptera	div. wantsen	<5	<1	
	Araneae	div. spinnen en mijten (bloedmijt), teken	<5	<1	
	Hymenoptera	hommel, sluipwespen	<1	<1	
	Odonata	waterjuffer	<1	<5	
	Overig	springstaart, schorpioenvliegen	<1	<1	
VS4 [2,93]	Diptera	vnI. Kleine vliegen; roofvlieg, steekvlieg, zweefvlieg, gaasvlieg	50	10	relatief weinig kleine vliegen
	Auchenorrhyncha / Orthopetra	veel cicaden; div. sprinkhanen	40	85	
	Araneae	div. spinnen	<5	<5	
	Heteroptera	div. wantsen	<5	<5	
	Coleoptera	bladkevers, soldaatjes	<1	<1	
	Hymenoptera	sluipwespen	<1	<1	
	Sternorrhyncha	bladluizen	<1	<1	
	Odonata	waterjuffer	<1	<1	
VS6 [11,4]	Diptera	vnI. Kleine vliegen; roofvliegen, steekvlie- gen, zweefvliegen, muggen	50	5	Veel grote sprinkhanen; veruit hoogste biomassa insecten
	Auchenorrhyncha / Orthopetra	veel cicaden en sprinkhanen	30	80	
	Coleoptera	soldaatjes, kortschildkevers	10	5	
	Heteroptera	div. wantsen	10	<5	
	Araneae	vnI. Webspinnen; enkele wolfsspinnen; teken	<2	<5	
	Lepidoptera	rupsen en motten	<1	<1	
	Hymenoptera	sluipwespen	<1	<1	
	Sternorrhyncha	bladluizen	<1	<1	
	Odonata	waterjuffers	<1	<1	
	Overig	springstaart	<1	<1	

Bijlage 6 Beschikbare informatie en toelichting bij de GIS-kaarten

Notitie

Referentienummer
205959

Kenmerk

Betreft
Toelichting GIS-viewer

In de GIS viewer zijn veel datasets opgenomen. In ArcGIS zijn deze datasets verdeeld over twee Data frames: Een Nederlands en een Belgisch dataframe. De reden hiervoor is dat de België een ander coördinatensysteem (Lambert Belge 1972) hanteert dan Nederland (Rijks-driehoekstelsel).

In dit document wordt toegelicht welke informatie in de viewer staat.

In de map documentatie staat van enkele datasets een nauwkeurigere beschrijving toegevoegd. Deze beschrijving is direct overgenomen van de leverancier van de betreffende dataset.

ArcReader is meegeleverd als setup-bestand op de DVD. De reader zelf staat onder de map **d:\Viewer\237129 - ABdK GIS Viewer\pmf**

Het ArcGIS bestand met bijbehorende GISdata staat onder:
d:\ARCGIS data\205959_GIS_data_Triade.mxd

Van enkele aangeleverde bestanden zijn toelichtingen meegeleverd. Een toelichting is meegeleverd voor EHS-gegevens en flora-fauna inventarisaties. Deze staan onder:
d:\toelichting datasets

De verwerkte gegevens zijn met behulp van ArcCatalog geplaatst in Personal Geodata bases (PGDB's). Het voordeel van PGDB's is dat de bestanden overzichtelijker zijn (één bestand per dataset, in plaats van allemaal losse bestanden. Daarnaast worden in PGDB's de oppervlaktes van vlakken automatisch uitgerekend. In de tabellen staan deze onder het veld Shape_Area.

De map milieugegevens bevat de extra aangeleverde datasets. Bijgevoegd zijn de originele onderzoeksrapporten en de verwerking van deze gegevens tot de excelbestanden. Deze bestanden bevatten de x- en y-coördinaten en de Zn en Cd gehalten.

1 Nederlands Deel

Waterlopen & Indunatiegebieden (Waterlopen zijn afkomstig van Digitale Atlas Brabant, provincie Noord-Brabant, de inundatiegebieden zijn aangeleverd door waterschap De Dommel)

<i>Rivieren</i>	Naast de namen van de Waterlopen is ook informatie beschikbaar over de functie (natuurwater, viswater of overig)
<i>Inundatiegebieden</i>	Rode lijn geeft inundatiecontouren aan. Het bestand bevat de meest recente gegevens (van 2006).

Onderzoeksresultaten Triade Dommeldal. De onderzoeksresultaten van het project zijn onderverdeeld in een drietal datasets, namelijk

<i>Chemische eigenschappen</i>	Er is één tabel in de viewer opgenomen met de chemische eigenschappen van de bodem. Deze tabel is meerdere keren in de viewer weergegeven, met twee onderverdelingen: <i>milieukundige eigenschappen:</i> concentraties totaal cadmium, zink, arseen, fosfaat en nitraat in de bodem. Tevens is de beschikbaarheid van cadmium, zink en arseen weergegeven voor zowel de milde extractie (0,01M CaCl ₂) als de zure extractie (0,43M HNO ₃). <i>bodemkundige eigenschappen:</i> pH, organisch stof gehalte en percentage lutum ter plaatse van de bodemonsters
<i>Bioassays</i>	De bioassays zijn onderverdeeld in de effecten op de water-vlo, springstaart, planten en regenwormen (<i>Lumbricus rubellus</i>)
<i>Bioaccumulatie</i>	De resultaten voor de bioaccumulatie zijn onderverdeeld naar de verschillende verontreinigingen (cadmium, zink en arseen). Per verontreiniging zijn de volgende gegevens weergegeven: gehalte in regenwormen (bioassay en veld), insecten (veld) en planten (veld).

Literatuurgegevens. De gebruikte literatuur is eveneens onderverdeeld in bodemeigenschappen (zuurgraad, humus- en lutum gehalten) en milieugegevens (zink-, cadmium-, arseen-, nitraat- en fosfaatgehalten). De volgende gegevens zijn gebruikt:

Alterra 1079	Runhaar, J. & P.C. Jansen (2004). Overstroming en vegetatie: vergelijkend onderzoek in vijf beekdalallocaties. Alterra rapportnummer 1079. Alterra, Wageningen.
Alterra 1299	Römkens, P.F.A.M., R.P.J.J. Rietra & F.P. Sival (2006). Cadmium in bodem en gras in het natuurgebied in en nabij de Malpiebeemden. Onderzoek naar de kwaliteit van veevoer in relatie tot gezondheidsrisico's voor grazers. Alterra rapportnummer 1299. Alterra, Wageningen.
Alterra 1497	Rietra, R.P.J.J. & P.F.A.M. Römkens (2007). Cadmium en zink in bodem en gras in natuurterreinen in de Kempen: onderzoek naar de kwaliteit van bodem en gras in Plateaux, Kettingdijk en het Dommeldal. Alterra rapportnummer 1497. Alterra, Wageningen.

Literatuurgegevens (vervolg)

AquaTerra metaalbeschikbaarheid	Poot, A., F. Gillissen & A.A. Koelmans (2007). Effects of flow regime and flooding on heavy metal availability in sediment and soil of a dynamic river system. <i>Environmental Pollution</i> 148 (3): 779 - 787.
AquaTerra regenwormenonderzoek	Bleeker, E.A.J. & C.A.M. van Gestel (2007). Effects of spatial and temporal variation in metal availability on earthworms in floodplain soils of the river Dommel, The Netherlands. <i>Environmental Pollution</i> 148(3): 824-832.
AquaTerra scenario analyses	Jos Vink (RIZA), Gerard Klaver (TNO-Utrecht) & Jan Joziassse (TNO-Apeldoorn) (2007). Scenario analyses Dommel. Impact of sedimentation in the Dommel flood plain on heavy metal availability and bioaccumulation in flora and fauna. RWS RIZA report 2007.014. AquaTerra Project (EU-KP6), subprogramme BASIN-Meuse.
Bodemgehaltenes totaal augustus 2006	Gegevens, die aangeleverd zijn door ABdK. De achterliggende bron of literatuurverwijzing is niet bekend.

Eigendom- & natuurgegevens in de inundatiegebieden.

Shape_area geeft de oppervlakte aan van het perceel dat in het inundatiegebied ligt. De andere velden met Area oid geven de oppervlakte aan van de originele aangeleverde bestanden.

Eigendom en aankoop	(Aangeleverd door Bureau Beheer Landbouwgronden, april 2007.
Aankoop BBL	Percelen die BBL (Bureau Beheer Landbouwgronden, een onderdeel van DLG) wil aankopen voor natuurontwikkeling. Deze gegevens zijn van april 2007 en kunnen dus afwijken van eerder aangeleverde papieren kaarten.
Grondeigendom	DISPNAAM: Kadastrale percelen in eigendom van Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, Noord Brabants Landschap, waterschap de Dommel of waterschap Aa en Maas.

Natuurgegevens (deze gegevens zijn aangeleverd door de provincie. Voor een uitvoerige en nauwkeurigere beschrijving wordt verwezen naar de bijgeleverde bestanden onder de map toelichting datasets).

Actuele Natuurwaardenkaart 2003 (ANW)	NULSITUATIE: situatie van 2003. De vlakken geven dus aan welk natuurdoeltype of landgebruik in 2003 op het betreffende perceel aanwezig is. De provincie Noord-Brabant houdt deze gegevens echter sinds 2004 niet meer bij.
Natuurgebiedsplan (NGP 2006)	Natuurdoel: het beoogde natuurdoeltype, wat na de realisatie van de EHS ontwikkeld moet zijn.
Beheersgebieden (BHG 2006)	Gebieden waarvoor subsidieregelingen zijn vastgesteld
Ecologische verbindingszones (NEV2006)	Indicatieve ligging van de EVZ
Ecologische Hoofdstructuur (EHS2006)	Begrenzing plangebied STATUS_EHS: indeling gebaseerd op planperiode Begrenzing: type begrenzing (concreet of indicatief begrensd).

Flora- en fauna inventarisaties: aangeleverd door provincie Noord-Brabant. Een nadere toelichting voor de floragegevens is gegeven in de map documentatie. Een deel van de gegevens bevat **geen** informatie van de Reusel. Deze beek ligt buiten het bereik van de aangeleverde datasets.

<i>Amfibieën</i>	Informatie over diverse amfibieën in de inundatiegebieden: soort, aantal, geslacht en groeistadium.
<i>Vogels</i>	Vogelinventarisaties in het inundatiegebied.
<i>Flora karteringen in punten, vlakken en lijnen</i>	Florakartering in de inundatiegebieden. De legenda is zo opgesteld dat vermelde soorten in de rode lijst, flora- en fauna wet en habitatrichtlijnen apart zichtbaar zijn. De overige planten hebben dezelfde kleur gekregen. Desgewenst kunnen de legenda's aangepast worden voor andere plantensoorten (meer generaal voorkomende planten, welke wellicht betere indicatoren zijn voor vegetatietypes).

Eigendom gebied (Shape_area geeft de oppervlakte van het geselecteerde perceel aan)
Deze dataset bevat ook informatie over percelen buiten de inundatiegebieden. Verder is deze set gelijk aan de dataset in de inundatiegebieden.

Natuurgegevens (Shape_area geeft de oppervlakte van het geselecteerde perceel aan)
Voor een nader toelichting, zie natuurgegevens in het inundatiegebied

Bodemkaart (Aangeleverd door de provincie, eigenaar van de data is Alterra)

Bodemkaart van Nederland	De informatie geeft gegevens over bodemcodes, volgens de klassering van STIBOKA / Alterra.
--------------------------	--

Topografische kaart (Aangeleverd door de provincie, eigenaar is Topografische Dienst Nederland)

Sympoint	Puntsymbolen van de topografische kaart
Symline	Lijnsymbolen van de topografische kaart
Lijnen	Lijnen zoals wegen en waterlopen van de topografische kaart
Huizen	Huizen en andere gebouwen vd topografische kaart
Vlakken	Vlakken van de topografische kaart (weilanden bossen, etc)

Begrenzing

Begrenzing van het Nederlandse deel van het onderzoek. De bovengenoemde GIS-datasets beslaan het gebied ter grootte van deze grenzen

2 Belgisch deel

Het Belgische deel is apart genomen, omdat in België een ander coördinatensysteem gehanteerd wordt dan in Nederland. Het Belgische deel is daarnaast minder compleet dan het Nederlandse deel, omdat geschikte gegevens ontbraken. In de viewer zal blijken dat een aantal datasets niet netjes over elkaar heen zullen vallen, door de verschillende coördinatensystemen.

De onderstaande gegevens zijn verwerkt:

Waterlopen

Onderscheid in waterlopen. De dikke blauwe lijn is de Dommel

Natuur (Data afkomstig van de CD Benekempen, aangeleverd door ABdK)

Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) Natuurgebieden in België

Biologische Waarderingskaart (BWK)

Habitat Richtlijnen (HRL)

Vogel Richtlijn (VRL)

NBW_be

Onbekende afkortingen als informatie. Het bestand gaat over eigendommen en beheerders.

Geologische en bodemkaart kaart (Data afkomstig van de CD Benekempen, aangeleverd door ABdK)

Geologische kaart van België

Bodemkaart van België

Allen de hoofdgrondsoorten zijn weergegeven (leem, klei, zand, etc.)

Autowegen en topografische kaart (Data afkomstig van de CD Benekempen)

Ter oriëntatie zijn de autowegen toegevoegd. Deze bevatten dezelfde coördinaten als de natuurgegevens.

De topografische kaart is een ingescande kaart van België. Het is niet mogelijk geweest om deze kaart kleiner te maken, tot het onderzoeksgebied.

Bijlage 7 Oppervlakte per natuur(doel)type

Voorkomende natuur(doel)typen	Huidige situatie: Actuele Natuurwaarden 2003			Toekomstige situatie: Natuurgebiedsplan 2006		
	Oppervlakte (m ²)	Aantal percelen	%	Oppervlakte (m ²)	Aantal percelen	%
Agrarisch	14.090.341	453	43,02	0	0	0,00
Beek/Rivier/Waterloop met natuurvriendelijke oevers	955.932	73	2,92	661.514	103	2,06
Beek/waterloop zonder natuurvriendelijke oevers	632.847	102	1,93	0	0	0,00
Begeleid-natuurlijke eenheid	0	0	0,00	773.858	28	2,41
Berkenbroekbos	3.939	3	0,01	4.483	3	0,01
Berkenbroekbos/Elzenbroekbos	325.829	31	0,99	551.284	51	1,71
Berken-Eikenbos (d)	22.323	10	0,07	278.996	69	0,87
Berken-Eikenbos (v)	81.090	13	0,25	139.325	35	0,43
Berken-Eikenbos (v)/Berkenbroekbos	66.403	8	0,20	184.171	21	0,57
Berken-Eikenbos (v)/Beuken-Eikenbos (v)	118.622	12	0,36	150.634	26	0,47
Beuken-Eikenbos (d)	252.574	64	0,77	374.647	111	1,17
Beuken-Eikenbos (v)	61.493	27	0,19	228.884	58	0,71
Beuken-Eikenbos (v)/Eiken-Haagbeukenbos	69.686	14	0,21	107.656	39	0,33
Beuken-Eikenbos (v)/Eiken-Haagbeukenbos/Elzenbroekbos	24.418	5	0,07	186.892	23	0,58
Beuken-Eikenbos (v)/Eiken-Haagbeukenbos/Vogelkers-Essenbos	372.450	65	1,14	1.026.752	128	3,19
Beuken-Eikenbos (v)/Vogelkers-Essenbos	0	0	0,00	69.899	14	0,22
Blauwgrasland	20.962	6	0,06	72.187	6	0,22
Bloemrijk grasland	902.356	31	2,76	0	0	0,00
Bloemrijk grasland en Braam/Doomstruweel	21.758	2	0,07	0	0	0,00
Bloemrijk grasland/Reservaatgrasland	187.319	16	0,57	0	0	0,00
Bloemrijk grasland (d)	0	0	0,00	1.197.698	159	3,72
Bloemrijk grasland (d) en Braam/Doomstruweel	0	0	0,00	55.594	10	0,17
Bloemrijk grasland (d/v)	0	0	0,00	110.437	14	0,34
Bloemrijk grasland (v)	0	0	0,00	2.010.206	109	6,25
Bloemrijk grasland (v) en Braam/Doomstruweel	0	0	0,00	86.353	15	0,27
Bos met verhoogde natuurwaarde	149.277	22	0,46	257.417	41	0,80
Braam/Doomstruweel	28.924	13	0,09	567.722	203	1,77
Camping	1.164	1	0,00	0	0	0,00
Dotterbloemhooiland	55.267	1	0,17	0	0	0,00
Droge heide	20.499	5	0,06	20.709	6	0,06
Droog/Heischraal grasland	8.807	2	0,03	8.236	2	0,03
Droog/Heischraal grasland en heide	5.179	1	0,02	4.720	1	0,01
Eiken-Haagbeukenbos	3.942	3	0,01	4.677	3	0,01
Elzenbroekbos	1.243.359	126	3,80	3.579.061	420	11,13
Elzenbroekbos/Beuken-Eikenbos (v)	577.901	96	1,76	0	0	0,00
Gagelstruweel	133.870	18	0,41	130.645	16	0,41
Grasland	3.153.747	130	9,63	0	0	0,00
Grote zeggenmoeras	247.266	5	0,75	247.266	5	0,77
Hakhout/Griend	0	0	0,00	7.400	1	0,02
Moeras	2.047.643	133	6,25	4.967.027	444	15,45
Multifunctioneel bos	3.505.697	628	10,70	190.970	143	0,59
Multifunctioneel water	0	0	0,00	316	2	0,00
Natte heide	9.274	3	0,03	427.581	10	1,33
Natte heide/Gagelstruweel	54	2	0,00	0	0	0,00
Natte heide/Hoogveen	0	0	0,00	54	2	0,00
Natuurlijke laaglandbeek	199.306	37	0,61	1.118.516	99	3,48
Natuurlijke laaglandbeek/Moeras	0	0	0,00	563.143	1	1,75
Reservaatssakker	10.107	2	0,03	45.874	10	0,14
Rietmoeras	63.774	6	0,19	0	0	0,00
Rietmoeras/Grote zeggenmoeras	9.994	3	0,03	8.046	1	0,03
Soortenrijk water	374.344	120	1,14	461.239	149	1,43
Ven (gebufferd)	104.353	16	0,32	3.247	4	0,01
Ven (onbufferd)	20.465	15	0,06	20.652	16	0,06
Ven (onbufferd-gebufferd)	13.947	6	0,04	121.542	18	0,38
Vergraste heide	434.390	8	1,33	0	0	0,00
Vochtig heischraal grasland	0	0	0,00	12	1	0,00
Vochtig schraalland	240.430	20	0,73	5.646.983	175	17,56
Vochtig schraalland en heide	0	0	0,00	27.495	1	0,09
Vochtig schraalland/Bloemrijk grasland	977.650	40	2,98	5.131.916	208	15,96
Vogelkers-Essenbos	0	0	0,00	11.674	5	0,04
Vogelkers-Essenbos/Elzenbroekbos	162.151	20	0,50	257.235	33	0,80
Waterplas zonder natuurwaarde	144.700	36	0,44	0	0	0,00
Wilgenbroekbos	230.937	35	0,71	46.015	6	0,14
Wilgenbroekbos/Elzenbroekbos	358.078	26	1,09	0	0	0,00
Zandverstuiving/Droge heide	6.221	4	0,02	6.221	4	0,02
TOTAAL	32.753.058	2.518	100	32.155.082	3.052	100

Bijlage 8 Fysisch-chemische analyseresultaten

Vochtig schraalland

Analysecertificaat

Certificaatnummer 2007099598
Projectnummer 216178

Uw ordernummer 216178

Analyse	Ordernummer Monsteromschr. Eenheid	3315334 VS2 2	3315333 VS1 1	3315340 VS8 8	3315339 VS7 7	3315338 VS6 6	3315337 VS5 5	3315335 VS3 3	3315336 VS4 4
Bodemkundige analyses									
Droge stof	% (m/m)				61,8		59,8	72,8	58
Droge stof	% (m/m)	34,2	20,3	42,8		31,6			
Organische stof	% (m/m) ds	30,6	61,3	25,6	18,7	30,4	26,6	7,4	40,1
Gloeirest	% (m/m) ds	68,6	38,4	73,8	81,3	69	72,4	92,6	58,9
Korrelgrootte < 2000 µm	% (m/m) ds	64,7	29,6	60,3	74,4	56,8	49,6	88	43,1
Korrelgrootte < 63 µm	% (m/m) ds	46,4	19,9	38,3	16,2	29,7	28,9	12,1	35,9
Korrelgrootte < 45 µm	% (m/m) ds	36	19	33,9	11,6	25,6	26,5	8,1	34,8
Korrelgrootte < 16 µm	% (m/m) ds	26,3	14,8	18,5	4	18,6	25,5	4	31,4
Korrelgrootte < 2 µm	% (m/m) ds	12,3	4,7	8,8	<0,1	8,9	15,1	0,8	15,3
Metalen									
Arsen (As)	mg/kg ds	36	21	13	11	440	430	13	320
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	1,4	7,8	2,4	1,1	140	32	3,2	42
Chroom (Cr)	mg/kg ds	35	30	25	11	34	23	<5,0	21
Koper (Cu)	mg/kg ds	23	20	7,5	7,7	150	26	<5,0	26
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,24	0,6	0,19	0,11	4,5	0,93	<0,10	1,2
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	14	13	12	<5,0	35	17	<5,0	20
Lood (Pb)	mg/kg ds	54	170	25	39	430	200	20	190
Thallium (Tl)	mg/kg ds	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zink (Zn)	mg/kg ds	120	210	90	56	1800	510	110	830

Bloemrijk grasland

Analysecertificaat

Certificaatnummer 2007099598
Projectnummer 216178

Uw ordernummer 216178

Analyse	Ordernummer Monsteromschr. Eenheid	3315349 BG2 17	3315350 BG3 18	3315348 BG1 16	3315355 BG8 23	3315354 BG7 22	3315353 BG6 21	3315352 BG5 20	3315351 BG4 19
Bodemkundige analyses									
Droge stof	% (m/m)	77,7	85,1	72,1	83,8	56,1	57,5	63,1	73,4
Droge stof	% (m/m)								
Organische stof	% (m/m) ds	4,5	4,8	6	3,9	9,3	14,4	15,5	11,1
Gloeirest	% (m/m) ds	95,4	95,1	93,9	95,9	90,1	85,3	84,1	88,6
Korrelgrootte < 2000 µm	% (m/m) ds	93,9	92,8	85,7	92,1	58,5	81,2	80,8	87,5
Korrelgrootte < 63 µm	% (m/m) ds	3,9	10,6	23,9	11,6	34,6	14,8	18	11,7
Korrelgrootte < 45 µm	% (m/m) ds	2	6,5	16,8	7,3	26	12	14,9	9,5
Korrelgrootte < 16 µm	% (m/m) ds	1,3	3,9	7,2	3,5	11,6	8,1	10,7	6,5
Korrelgrootte < 2 µm	% (m/m) ds	0,7	1,9	2,8	2,4	7,4	4,4	5,8	3,8
Metalen									
Arsen (As)	mg/kg ds	<10	<10	<10	<10	170	33	78	250
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	<0,40	<0,40	0,57	2,9	8,9	10	11	15
Chroom (Cr)	mg/kg ds	<5,0	5,9	13	20	40	14	13	14
Koper (Cu)	mg/kg ds	7,8	6,5	8,9	15	20	12	19	18
Kwik (Hg)	mg/kg ds	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	0,31	0,18	1,2	0,93
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	15	8,2	6,7	6,2
Lood (Pb)	mg/kg ds	<10	21	24	18	53	78	98	150
Thallium (Tl)	mg/kg ds	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zink (Zn)	mg/kg ds	17	13	50	93	270	300	240	310

Moeras**Analysecertificaat**

Certificaatnummer 2007099598
Projectnummer 216178

Uw ordernummer 216178

Analyse	Eenheid	3315341	3315347	3315345	3315346	3315344	3315342	3315343
		MO1	MO7	MO5	MO6	MO4	MO2	MO3
		9	15	13	14	12	10	11
Bodemkundige analyses								
Droge stof	% (m/m)	49,5		66,4	56,1			68,9
Droge stof	% (m/m)		34,2			25,9	32	
Organische stof	% (m/m) ds	11,8	34,5	5,7	9,5	44	40,8	7,6
Gloeirest	% (m/m) ds	86,8	64,6	94	90,3	54,9	58,2	92,3
Korrelgrootte < 2000 µm	% (m/m) ds	65	55,4	91,2	87,5	42,2	53	83,6
Korrelgrootte < 63 µm	% (m/m) ds	41,4	36,1	16	8,3	35	36	10,6
Korrelgrootte < 45 µm	% (m/m) ds	38,8	31,7	10,6	5,5	33,7	32,9	8,3
Korrelgrootte < 16 µm	% (m/m) ds	34,9	21,1	5,9	4,4	30,3	27,5	5,1
Korrelgrootte < 2 µm	% (m/m) ds	20,4	12,5	3,2	2,4	15,3	15	1,2
Metalen								
Arsen (As)	mg/kg ds	32	62	110	96	240	220	650
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	18	5,7	12	13	53	30	46
Chroom (Cr)	mg/kg ds	36	33	11	16	37	31	17
Koper (Cu)	mg/kg ds	38	21	11	11	230	35	35
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,38	0,3	0,2	0,17	2,2	0,84	1,3
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	29	16	8,3	8,2	39	32	15
Lood (Pb)	mg/kg ds	70	94	60	65	290	290	340
Thallium (Tl)	mg/kg ds	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zink (Zn)	mg/kg ds	400	200	450	400	1500	660	420

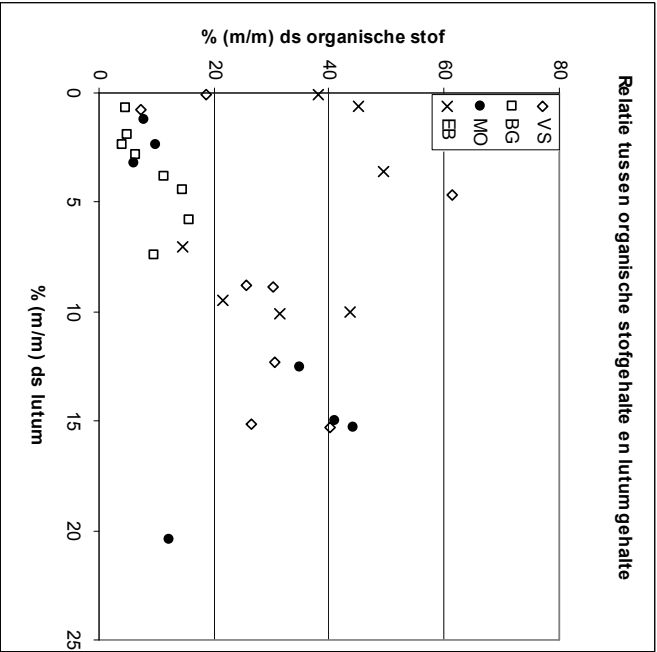
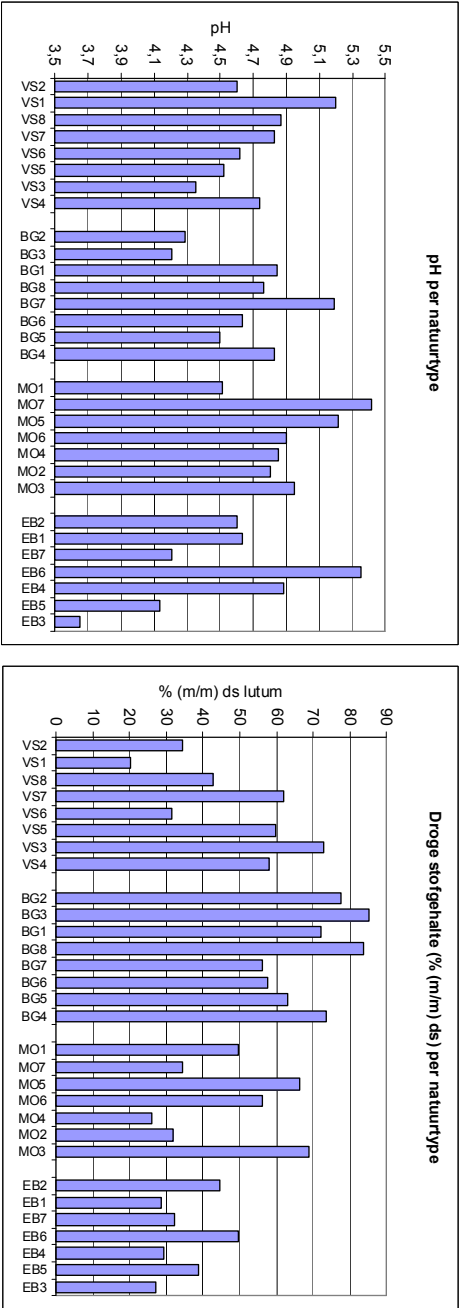
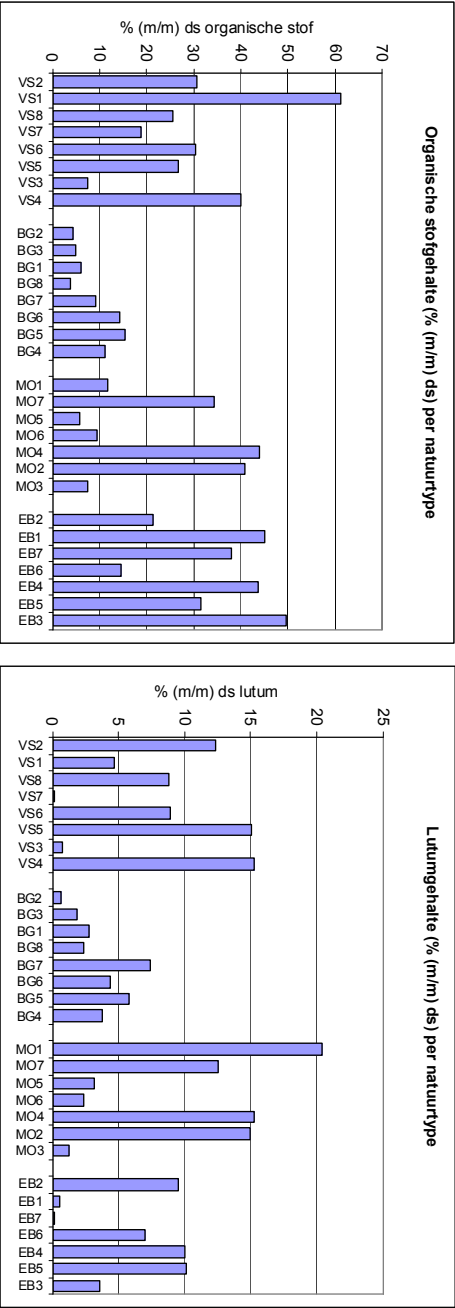
Elzenbroekbos**Analysecertificaat**

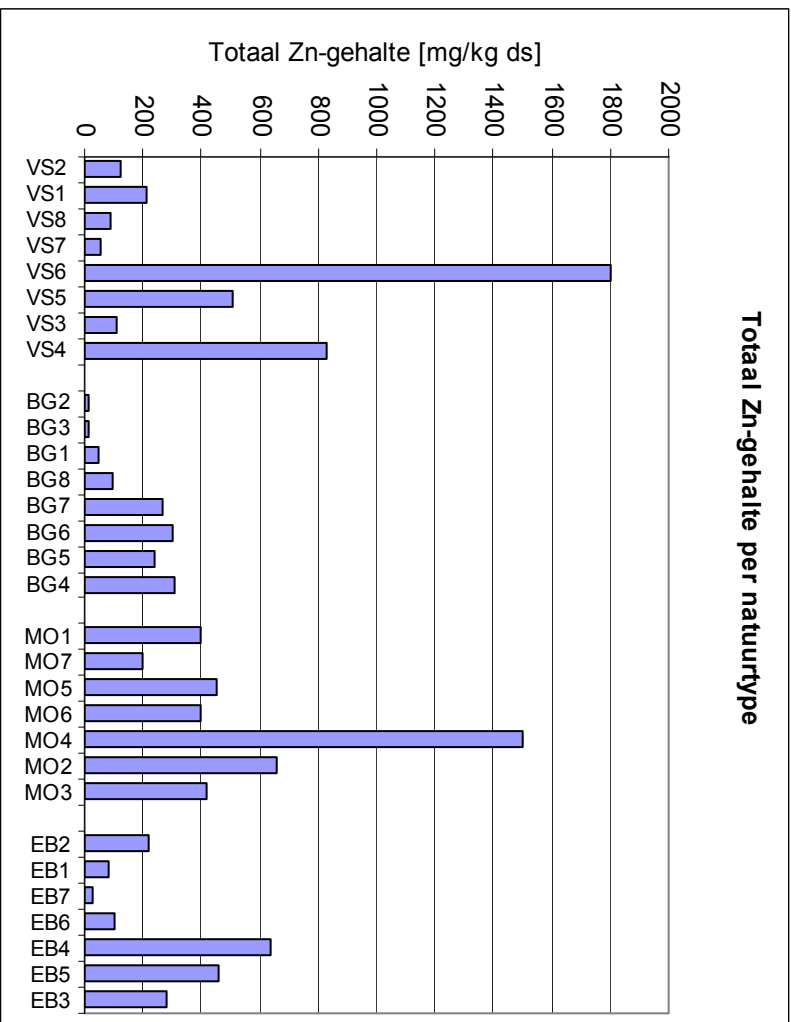
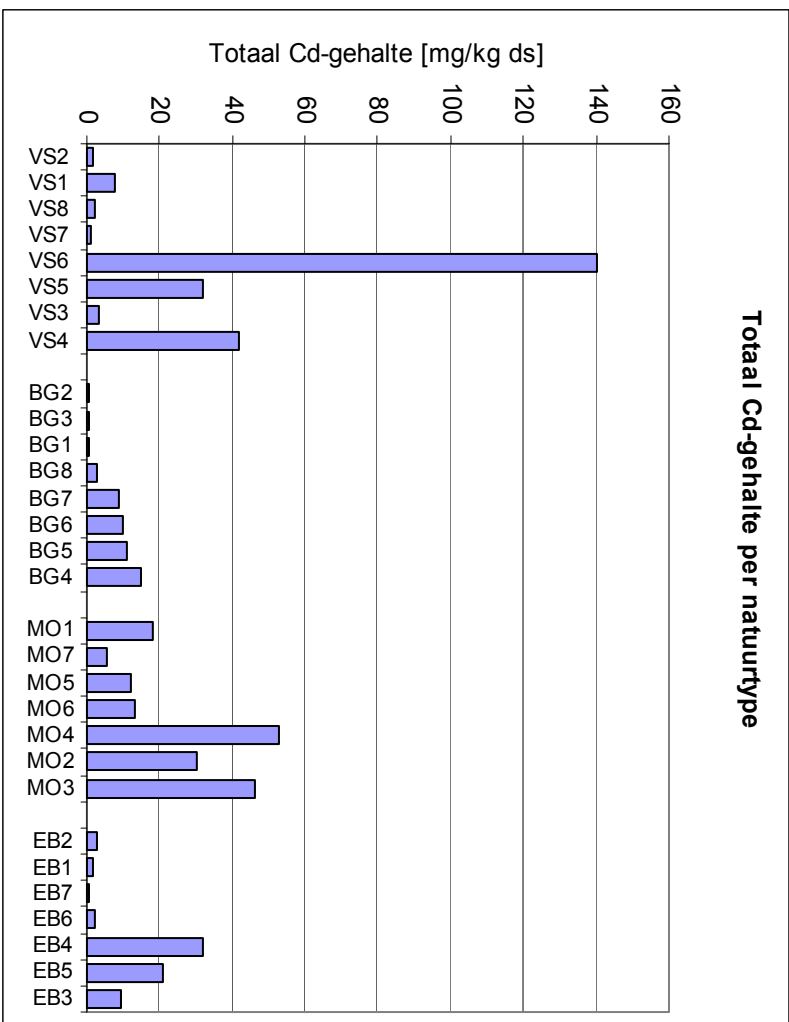
Certificaatnummer 2007099589
Projectnummer 216178

Uw ordernummer 216178

Analyse	Eenheid	3315250	3315249	3315255	3315254	3315252	3315253	3315251
		EB2	EB1	EB7	EB6	EB4	EB5	EB3
		2	1	7	6	4	5	3
Bodemkundige analyses								
Droge stof	% (m/m)				49,6			
Droge stof	% (m/m)	44,6	28,5	32,2		29,4	38,6	27
Organische stof	% (m/m) ds	21,4	45	38,1	14,5	43,6	31,5	49,5
Gloeirest	% (m/m) ds	77,9	55	61,9	85	55,7	67,8	50,2
Korrelgrootte < 2000 µm	% (m/m) ds	63,2	40,1	57,4	74,5	42,3	63,4	42,9
Korrelgrootte < 63 µm	% (m/m) ds	36,9	16,3	14,2	23,4	28,6	26,9	22,6
Korrelgrootte < 45 µm	% (m/m) ds	31,9	13,3	11,3	21	26,7	25,1	21
Korrelgrootte < 16 µm	% (m/m) ds	19	9,1	7,4	11,6	22,1	21,2	16,3
Korrelgrootte < 2 µm	% (m/m) ds	9,5	0,6	0,1	7	10	10,1	3,6
Metalen								
Arsen (As)	mg/kg ds	18	13	<10	15	190	170	22
Cadmium (Cd)	mg/kg ds	3	1,8	0,63	2,2	32	21	9,3
Chroom (Cr)	mg/kg ds	26	13	11	18	24	18	15
Koper (Cu)	mg/kg ds	28	11	10	7,3	39	32	26
Kwik (Hg)	mg/kg ds	0,16	0,21	0,19	0,23	0,65	0,73	0,52
Nikkel (Ni)	mg/kg ds	46	6,7	5,1	6,3	38	19	9,5
Lood (Pb)	mg/kg ds	52	79	81	51	220	200	300
Thallium (Tl)	mg/kg ds	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zink (Zn)	mg/kg ds	220	80	24	100	640	460	280

Figuren behorende bij fysisch-chemische analysesresultaten





Bijlage 9 Gestandaardiseerde gehalten

Vochtig schraalland

metalen	eenheid	VS2	VS1	VS8	VS7	VS6	VS5	VS3	VS4
Cd	mg/kg ds	1,0	3,8	1,9	1,1	102,9	24,3	4,5	25,1
Hg	mg/kg ds	0,24	0,56	0,21	0,14	4,73	0,95	0,14	1,10
Cu	mg/kg ds	20	13	7	10	139	24	9	19
Ni	mg/kg ds	18	24	19	14	56	23	14	24
Pb	mg/kg ds	48	126	25	48	408	187	29	151
Zn	mg/kg ds	118	182	105	95	1984	527	228	705
Cr	mg/kg ds	42	44	34	20	46	28	9	23
As	mg/kg ds	32	15	13	14	414	398	20	246

Bloemrijk grasland

metalen	eenheid	BG2	BG3	BG1	BG8	BG7	BG6	BG5	BG4
Cd	mg/kg ds	0,6	0,6	0,8	4,6	10,9	11,0	11,5	18,3
Hg	mg/kg ds	0,14	0,14	0,13	0,23	0,39	0,23	1,47	1,21
Cu	mg/kg ds	16	12	15	29	29	17	25	27
Ni	mg/kg ds	16	14	12	14	30	19	14	15
Pb	mg/kg ds	15	31	34	27	68	97	117	198
Zn	mg/kg ds	41	28	97	209	443	493	366	559
Cr	mg/kg ds	10	11	22	37	62	23	20	24
As	mg/kg ds	17	16	15	17	229	43	97	350

Moeras

metalen	eenheid	MO1	MO7	MO5	MO6	MO4	MO2	MO3
Cd	mg/kg ds	17,8	3,9	17,5	16,9	30,0	18,0	63,6
Hg	mg/kg ds	0,40	0,30	0,27	0,23	1,99	0,79	1,76
Cu	mg/kg ds	40	18	19	18	163	26	60
Ni	mg/kg ds	33	24	21	22	47	41	40
Pb	mg/kg ds	72	84	86	90	225	235	481
Zn	mg/kg ds	434	203	910	784	1249	583	840
Cr	mg/kg ds	40	43	19	29	42	37	30
As	mg/kg ds	33	54	171	142	179	173	989

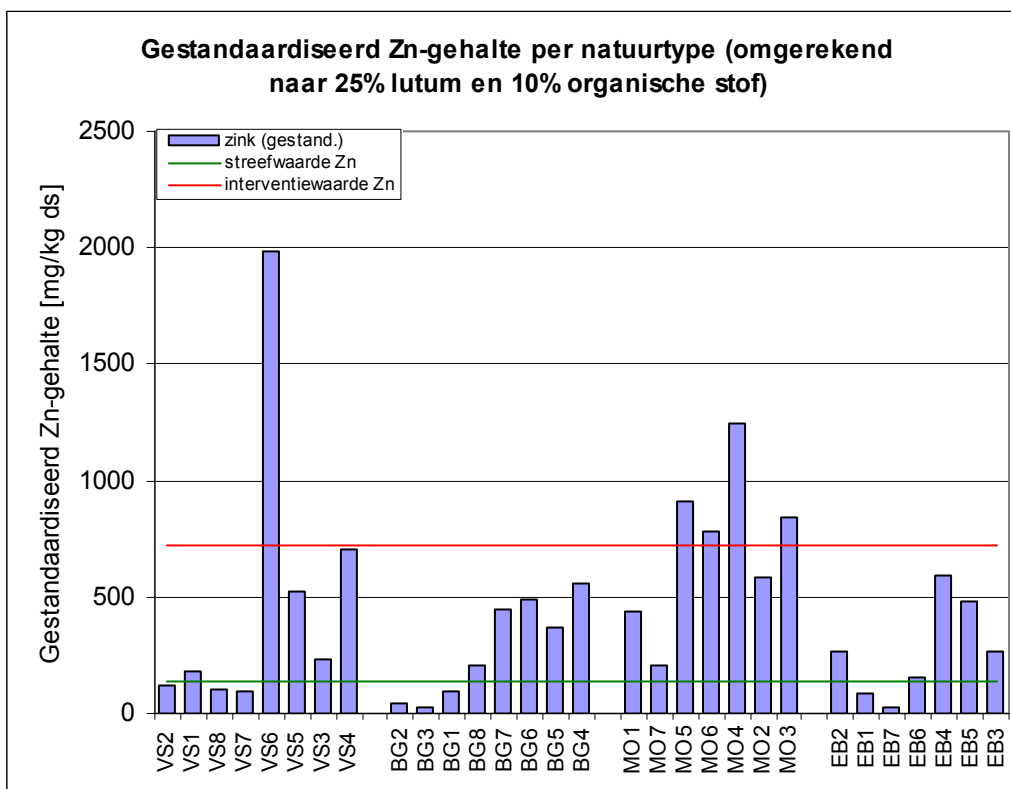
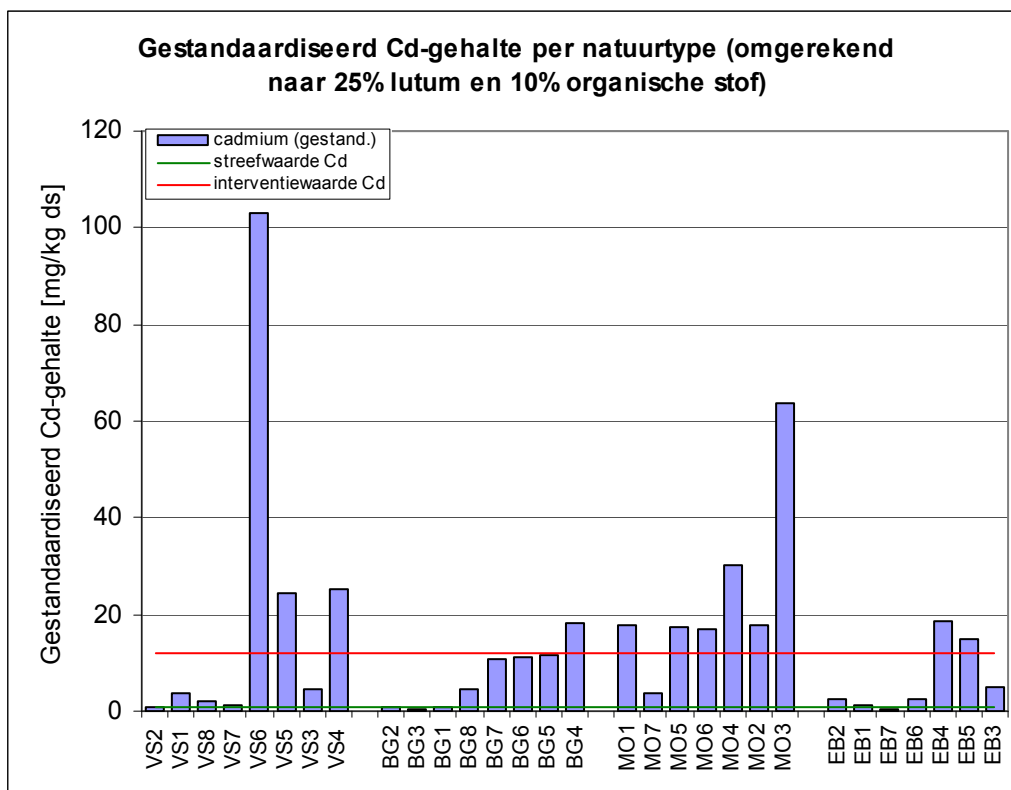
Elzenbroekbos

metalen	eenheid	EB2	EB1	EB7	EB6	EB4	EB5	EB3
Cd	mg/kg ds	2,6	1,1	0,4	2,4	18,8	15,0	5,2
Hg	mg/kg ds	0,18	0,22	0,21	0,28	0,62	0,75	0,51
Cu	mg/kg ds	30	9	9	10	30	29	19
Ni	mg/kg ds	73	15	12	13	56	28	16
Pb	mg/kg ds	54	70	77	61	180	184	243
Zn	mg/kg ds	266	88	29	152	591	482	265
Cr	mg/kg ds	35	21	19	28	31	23	21
As	mg/kg ds	19	11	9	19	151	154	17

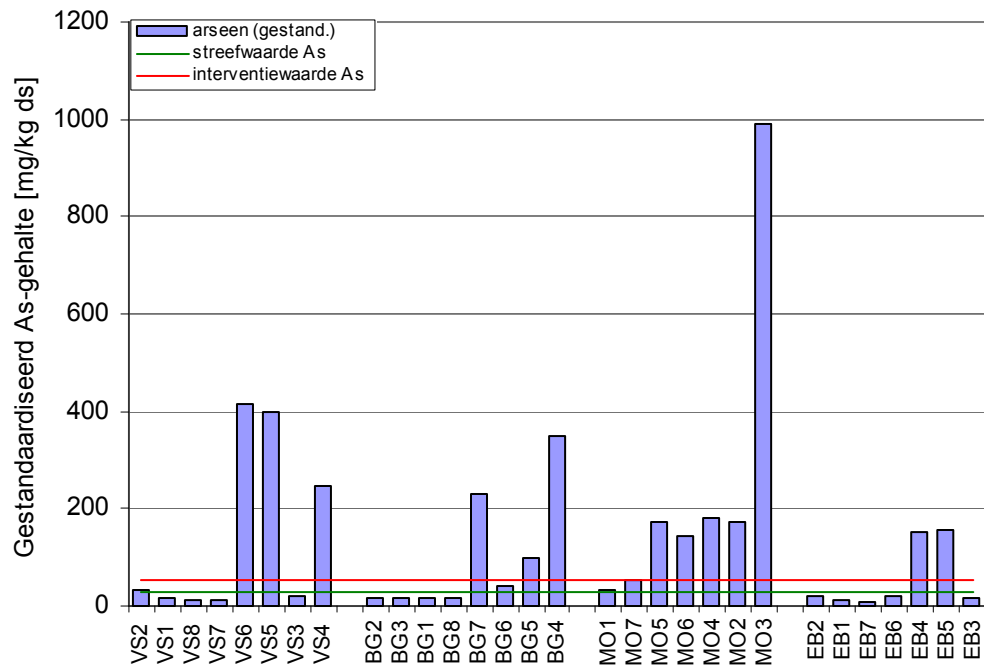
Classificering conform NW4

wit	<streefwaarde
geel	?streefwaarde, <interventiewaarde
rood	?interventiewaarde

Figuren behorende bij gestandaardiseerde gehalten



Gestandaardiseerd As-gehalte per natuurtype (omgerekend naar 25% lutum en 10% organische stof)

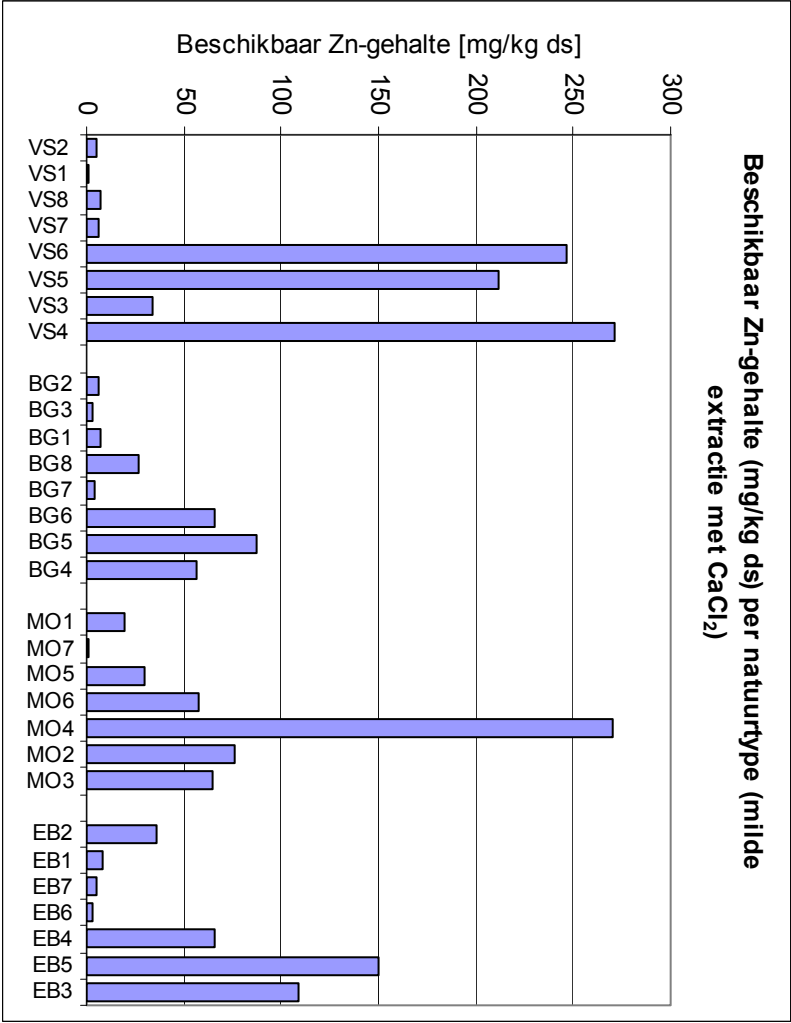
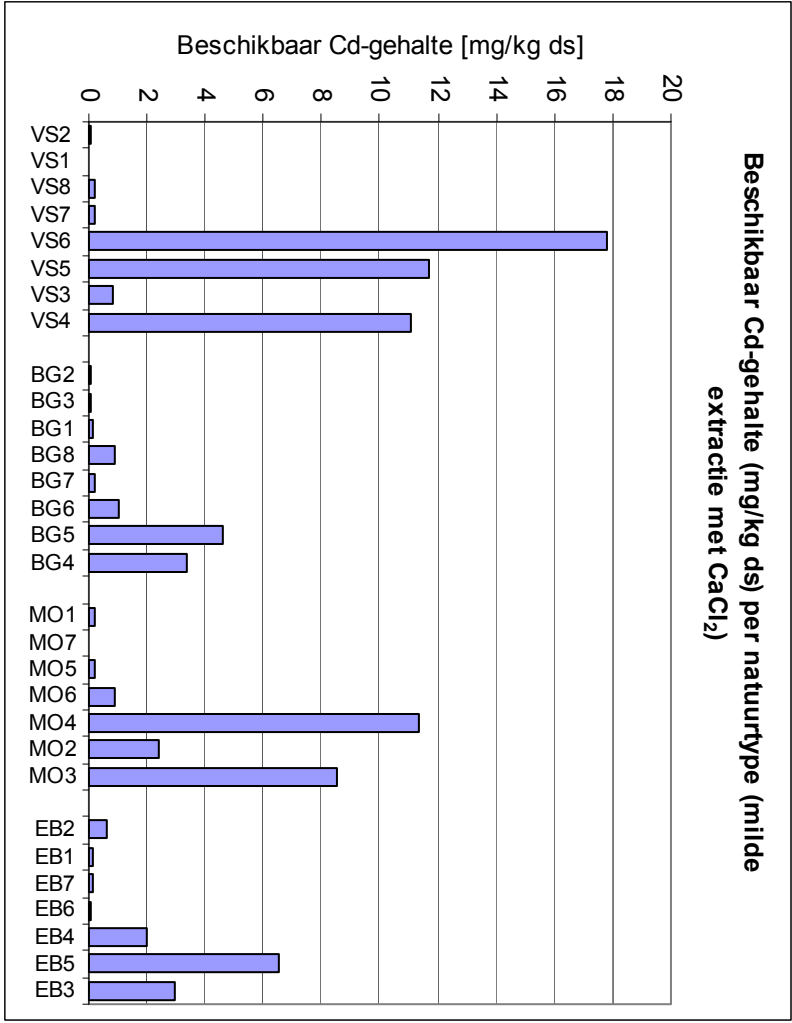


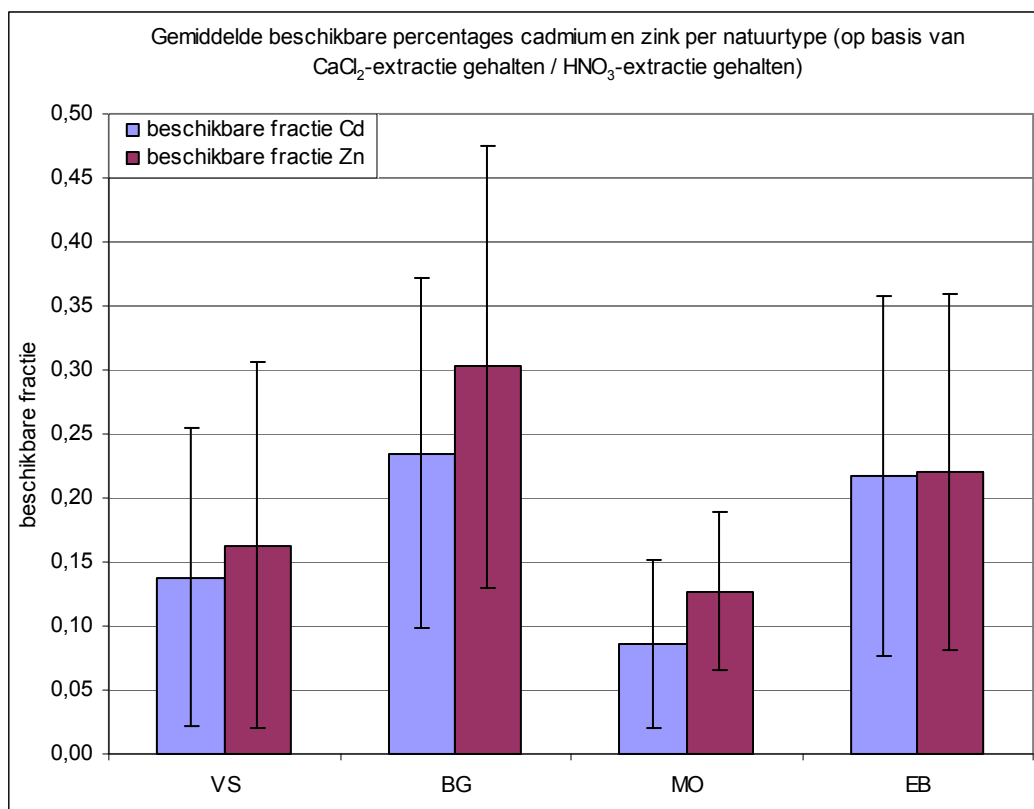
Bijlage 10 Beschikbare gehalten, nutriënten, pH

Beschikbare gehalten (0.01M CaCl ₂ -extractie) en pH-CaCl ₂								
Monster- omschrijving	As-CaCl ₂	Cd-CaCl ₂	Cr-CaCl ₂	Cu-CaCl ₂	Ni-CaCl ₂	Pb-CaCl ₂	Zn-CaCl ₂	pH-CaCl ₂
	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR
	[mg/kg] ds	[mg/kg] ds	[mg/kg] ds	[mg/kg] ds	[mg/kg] ds	[mg/kg] ds	[mg/kg] ds	-log[H ⁺]
VS2	0 0	0,056	0 0	0,028	0,222	0,028	4,942	4,60
VS1	0,149	0 0	0 0	0,050	0,050	0 0	1,437	5,20
VS8	0,048	0,190	0 0	0,024	0,095	0 0	7,489	4,87
VS7	0,019	0,190	0 0	0,019	0,057	0 0	5,903	4,83
VS6	0,064	17,814	0 0	0,064	1,905	0,921	246,090	4,62
VS5	0,050	11,674	0 0	0,025	1,643	0,373	211,581	4,52
VS3	0,028	0,846	0 0	0,014	0,333	0,139	34,240	4,35
VS4	0,099	11,063	0 0	0,049	1,580	0,222	271,629	4,74
BG2	0,013	0,076	0 0	0,038	0,089	0,051	6,264	4,29
BG3	0,012	0,070	0 0	0,012	0,235	0,106	3,089	4,21
BG1	0,014	0,111	0 0	0,028	0,056	-0,028	6,797	4,84
BG8	0,036	0,895	0 0	0,036	0,286	-0,024	26,978	4,76
BG7	0,036	0,234	0 0	0,018	0,108	-0,036	3,600	5,19
BG6	0,032	1,051	0 0	0,016	0,388	0,065	66,129	4,63
BG5	0,016	4,601	0 0	0,032	0,559	0,208	86,914	4,50
BG4	0,094	3,343	0 0	0,027	0,310	0,202	57,013	4,83
MO1	0,042	0,210	0 0	0,021	1,660	0,105	19,750	4,51
MO7	0,058	0,029	0 0	0 0	0,058	0 0	1,330	5,42
MO5	0,139	0,200	0 0	0 0	0,277	0 0	30,057	5,21
MO6	0,070	0,895	0 0	0,018	0,351	0,035	57,032	4,90
MO4	0,114	11,322	0 0	0,076	1,754	0,114	270,283	4,85
MO2	0,124	2,393	0 0	0,031	0,808	0,155	76,444	4,80
MO3	0,091	8,504	0,030	0,076	0,823	0,457	64,925	4,95
EB2	0,068	0,613	0 0	0,045	3,908	-0,045	36,354	4,60
EB1	0,169	0,169	0 0	0,101	0,101	0,101	7,809	4,63
EB7	0,122	0,153	0 0	0,031	0,153	0,183	4,826	4,21
EB6	0,038	0,057	0 0	0,019	0,038	0 0	2,920	5,35
EB4	0,166	2,022	0 0	0,066	0,961	0,033	65,300	4,88
EB5	0,126	6,497	0 0	0,050	1,914	0,680	149,587	4,13
EB3	0,186	2,933	0 0	0,074	0,891	1,745	108,412	3,65

Potentieel beschikbare gehalten (0,43M HNO ₃ -extractie) incl. N en P									
Monster- code	As-HNO ₃	Cd-HNO ₃	Cr-HNO ₃	Cu-HNO ₃	Ni-HNO ₃	Pb-HNO ₃	Zn-HNO ₃	N	P
	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR	Alterra/ WUR
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	g/kg	g/kg
	luchtdroog	luchtdroog	luchtdroog	luchtdroog	luchtdroog	luchtdroog	luchtdroog		
VS2	15,30	1,38	5,79	4,26	4,55	45,40	82,90	10,5	1,27
VS1	10,10	5,21	1,08	6,92	6	202	175	21,5	1,52
VS8	11	5,32	4,19	7,76	4,74	47,10	153	8,8	1,04
VS7	2,33	1,25	1,07	5,54	0,84	39,50	58,60	5,1	0,63
VS6	169	137	4,93	39,90	20,10	370	1569	8,8	2,25
VS5	54,90	47,80	5,38	22,80	12,70	266	736	8,5	2,14
VS3	4,23	2,44	0,42	2,13	1,78	19	78,60	1,5	0,12
VS4	85,20	71,90	4,19	23,40	22,90	283	1326	13,0	2,04
BG2	0,55	0,17	0,63	6,04	0,33	7,85	12,20	1,5	0,31
BG3	1,29	0,22	0,80	3,78	0,79	17,20	5,69	2,2	0,39
BG1	1,54	0,63	2,88	6,12	0,35	20,10	29,80	2,1	0,47
BG8	2,99	3,07	5,66	11,20	0,99	15,70	81,60	1,3	0,73
BG7	0,98	7,81	2,47	10,10	4,85	29,90	130	3,8	1,46
BG6	16,40	9,37	2,11	6,02	6,22	67,20	311	5,3	0,64
BG5	31,10	14	2,09	15,10	3,52	110	234	3,6	0,76
BG4	192	19,60	2,63	15,10	2,98	203	293	1,9	0,69
MO1	3,76	3,76	2,42	7,10	22,10	60,40	166	6,5	0,76
MO7	7,54	5,08	2,44	10,50	5,70	62,80	138	12,0	1,66
MO5	68,40	9,69	1,81	5,33	5,38	62,60	340	2,1	0,51
MO6	55,50	10	2,45	5,31	4,30	51,70	291	2,7	0,60
MO4	73,10	103	3,06	34	36,60	342	1765	14,9	2,75
MO2	54,90	20	2,92	11,90	18,60	180	483	12,0	1,36
MO3	296	43,10	4,36	26,40	8,12	356	394	2,6	0,95
EB2	3,85	2,41	3,54	15,90	36,80	36	166	6,5	2,62
EB1	5,40	1,27	0,93	4,70	3,20	56,40	68	14,1	1,09
EB7	2,46	0,43	0,58	4,32	1,08	62,90	12,60	11,9	1,03
EB6	2,70	2,21	0,68	3,97	2,82	42,70	73,60	4,8	0,45
EB4	20,40	29,90	2,02	18,30	32	162	659	13,1	1,09
EB5	23,40	20,70	2,05	15,90	12,80	165	461	8,9	0,98
EB3	9,35	7,98	0,51	11,30	5,11	225	299	16,5	1,03

Figuren behorende bij beschikbare gehalten





Bijlage 11 Resultaten bacteriële groeisnelheid (thymidine en leucine inbouwsnelheid)

No.	bodem- typering	Alterra-code nummer	Dry matter (%)	Thymidine (pmol/g.h)	Leucine (pmol/g.h)
VS1	org rijk	16	20,2	6,9	275,4
VS2	org rijk	17	36,0	7,2	230,4
VS3	zand	18	72,1	3,0	127,8
VS4	zand	19	40,5	3,8	85,7
VS5	org rijk	20	40,2	5,2	142,2
VS6	org rijk	21	31,5	24,7	577,2
VS7	org rijk	22	52,5	18,3	297,8
VS8	org rijk	23	42,1	20,2	351,1
BG1	zand	1	71,8	14,9	219,3
BG2	zand	2	78,5	8,8	172,7
BG3	zand	3	85,1	3,1	107,4
BG4	zand	4	74,2	10,9	189,9
BG5	zand	5	62,6	6,6	155,4
BG6	zand	6	61,8	8,3	159,1
BG7	org rijk	7	55,6	24,1	289,7
BG8	zand	8	83,8	10,4	182,2
MO1	zand	24	47,6	12,1	255,6
MO2	org rijk	25	32,2	34,1	616,9
MO3	zand	26	65,6	9,1	174,1
MO4	zand	27	26,2	12,1	374,3
MO5	zand	28	64,9	51,7	487,2
MO6	org rijk	29	57,0	19,1	321,5
MO7	zand	30	34,6	33,2	699,1
EB1	org rijk	9	29,6	20,6	462,9
EB2	org rijk	10	44,0	2,0	7,8
EB3	org rijk	11	26,9	6,1	259,9
EB4	org rijk	12	30,2	47,8	694,0
EB5	org rijk	13	39,7	6,4	254,3
EB6	org rijk	14	52,4	85,0	729,7
EB7	org rijk	15	32,7	19,3	382,6

Bijlage 12 Resultaten acute toxiciteit extract bodem voor waterlo

Vochtig schraalland

Ecolimsnummer:	347736	347737	347738	347739	347740	347741	347742
Monstercode opdrachtgever:	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	11-jul-07	13-jul-07	13-jul-07	13-jul-07	16-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Daphnia magna (ISO 6341)

Inzetdatum	26-sep-07	5-sep-07	25-sep-07	26-sep-07	25-sep-07	5-sep-07	26-sep-07
EC ₅₀ (95% b.i.) vol% monster	>100	75 (61 - 92)*	91 (67 - 171)*	34 (27 - 43)	29 (21 - 39)	18 (14 - 23)	>100
NOEC vol% monster	>100	10	56	10	10	<10	>100
Laagste conc. met 100% effect	>100	18	100	18	18	10	>100
Randvoorwaardenoverschrijding	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee

Bloemrijk grasland

Ecolimsnummer:	347728	347729	347730	347731	347732	347733	347734
Monstercode opdrachtgever:	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	10-jul-07	11-jul-07	12-jul-07	12-jul-07	13-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Daphnia magna (ISO 6341)

Inzetdatum	25-sep-07	4-sep-07	25-sep-07	4-sep-07	26-sep-07	25-sep-07	26-sep-07
EC ₅₀ (95% b.i.) vol% monster	>100	41 (26 - 77)	>100	59 (48 - 76)	53 (37 - 80)	36 (29 - 44)	>100
NOEC vol% monster	>100	10	>100	32	18	18	>100
Laagste conc. met 100% effect	>100	18	>100	56	32	32	>100
Randvoorwaardenoverschrijding	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee

Moeras

Ecolimsnummer:	347751	347752	347753	347754	347755	347756	347757
Monstercode opdrachtgever:	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5	MO6	MO7
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	11-jul-07	12-jul-07	12-jul-07	13-jul-07	16-jul-07	16-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Daphnia magna (ISO 6341)

Inzetdatum	26-sep-07	4-sep-07	26-sep-07	26-sep-07	26-sep-07	26-sep-07	
EC ₅₀ (95% b.i.) vol% monster	>100	32 (22 - 47)*	35 (21 - 46)	63 (46 - 91)	71 (58 - 94)	>100	
NOEC vol% monster	>100	18	18	32	32	>100	
Laagste conc. met 100% effect	>100	32	32	56	56	>100	
Randvoorwaardenoverschrijding	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	

NO₂ = 10 ipv <10**Elzenbroekbos**

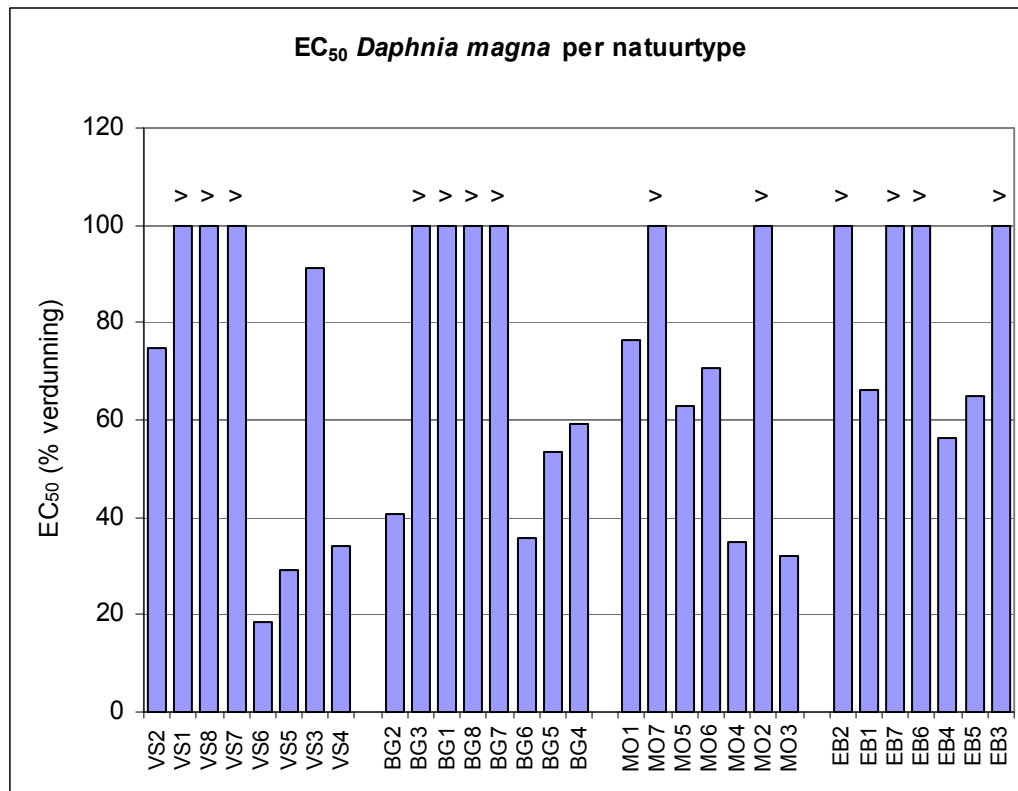
Ecolimsnummer:	347744	347745	347746	347747	347748	347749	347750
Monstercode opdrachtgever:	EB1	EB2	EB3	EB4	EB5	EB6	EB7
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	11-jul-07	12-jul-07	13-jul-07	16-jul-07	17-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Daphnia magna (ISO 6341)

Inzetdatum	4-sep-07	25-sep-07	25-sep-07	4-sep-07	4-sep-07	25-sep-07	25-sep-07
EC ₅₀ (95% b.i.) vol% monster	66 (47 - 122)*	>100	>100	56 (43 - 84)	65 (51 - 82)*	>100	>100
NOEC vol% monster	18	>100	>100	32	32	>100	>100
Laagste conc. met 100% effect	32	>100	>100	56	56	>100	>100
Randvoorwaardenoverschrijding	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee

NO₂ = 10 ipv <10

Figuren behorende bij toxiciteit voor watervlo



Bijlage 13 Berekening Toxic Units voor watervlo

Toxic Units (Gemiddeld)

De Toxic Units zijn berekend op basis van gehalten in het CaCl₂-extract (in µg/l), met behulp van gemiddelde L(E)C₅₀-waarden

Vochtig schraalland

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7	VS8
As (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (TU)	0,01	0,03	0,86	6,27	6,56	9,81	0,16	0,13
Cr (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,06	0,03	0,04	0,09	0,06	0,10	0,03	0,04
Ni (TU)	0,00	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,00	0,00
Pb (TU)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Zn (TU)	0,14	0,98	10,92	48,27	37,40	42,56	1,53	1,54
Som TU metalen	0,22	1,05	11,85	54,67	44,08	52,53	1,72	1,71
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	69,5%	96,2%	99,4%	99,7%	99,7%	99,7%	98,2%	97,7%

Bloemrijk grasland

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8
As (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (TU)	0,11	0,08	0,09	3,49	4,08	0,92	0,22	1,05
Cr (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,09	0,14	0,06	0,11	0,07	0,06	0,04	0,13
Ni (TU)	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,00	0,02
Pb (TU)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Zn (TU)	2,15	2,19	1,16	18,69	24,24	18,16	1,08	9,92
Som TU metalen	2,35	2,43	1,33	22,32	28,43	19,16	1,34	11,12
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	96,2%	93,8%	94,2%	99,4%	99,6%	99,6%	96,7%	98,7%

Moeras

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5	MO6	MO7
As (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (TU)	0,16	1,33	8,82	4,68	0,22	0,88	0,02
Cr (TU)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,04	0,07	0,27	0,09	0,02	0,03	0,00
Ni (TU)	0,06	0,02	0,04	0,04	0,02	0,02	0,00
Pb (TU)	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn (TU)	4,62	13,38	21,18	35,17	10,66	17,71	0,25
Som TU metalen	4,88	14,81	30,34	39,98	10,92	18,63	0,27
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	98,0%	99,3%	98,9%	99,7%	99,6%	99,7%	99,3%

Elzenbroekbos

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	EB1	EB2	EB3	EB4	EB5	EB6	EB7
As (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (TU)	0,09	0,42	1,39	1,06	3,64	0,05	0,09
Cr (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,13	0,10	0,12	0,09	0,09	0,04	0,04
Ni (TU)	0,00	0,13	0,02	0,02	0,05	0,00	0,00
Pb (TU)	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00
Zn (TU)	1,27	8,01	16,08	10,77	26,36	0,84	0,86
Som TU metalen	1,50	8,67	17,65	11,95	30,16	0,93	1,01
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	90,6%	97,3%	99,0%	99,1%	99,5%	95,9%	94,6%

Gebruikte toxiciteitsdata (uit AquaSense, 2002):

	L(E)C ₅₀ (µg/L)
Arseen	4271,3
Cadmium	95,7
Chroom	158,8
Koper	31,3
Nikkel	1967,5
Lood	2457,2
Zink	304,5

Toxic Units (Worst case)

De Toxic Units zijn berekend op basis van gehalten in het CaCl₂-extract (in µg/l), met behulp van maximale L(E)C₅₀-waarden

Vochtig schraalland

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7	VS8
As (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (TU)	0,04	0,23	5,80	42,23	44,22	66,12	1,08	0,88
Cr (TU)	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,29	0,14	0,19	0,40	0,29	0,43	0,13	0,16
Ni (TU)	0,00	0,03	0,06	0,17	0,17	0,20	0,01	0,01
Pb (TU)	0,00	0,00	0,03	0,03	0,04	0,11	0,00	0,00
Zn (TU)	0,65	4,38	48,91	216,18	167,50	190,59	6,86	6,91
Som TU metalen	0,98	4,79	55,00	259,01	212,22	257,44	8,08	7,96
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	70,1%	96,2%	99,5%	99,8%	99,8%	99,7%	98,3%	97,8%

Bloemrijk grasland

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	BG1	BG2	BG3	BG4	BG5	BG6	BG7	BG8
As (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (TU)	0,74	0,56	0,61	23,56	27,51	6,21	1,47	7,11
Cr (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,39	0,64	0,26	0,47	0,33	0,26	0,17	0,59
Ni (TU)	0,01	0,02	0,05	0,06	0,09	0,06	0,02	0,06
Pb (TU)	0,00	0,01	0,03	0,04	0,04	0,01	0,00	0,00
Zn (TU)	9,63	9,82	5,20	83,71	108,57	81,35	4,83	44,41
Som TU metalen	10,76	11,06	6,15	107,84	136,55	87,90	6,49	52,17
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	96,3%	93,9%	94,4%	99,5%	99,7%	99,6%	97,0%	98,8%

Moeras

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	MO1	MO2	MO3	MO4	MO5	MO6	MO7
As (TU)	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
Cd (TU)	1,08	8,95	59,44	31,58	1,51	5,90	0,11
Cr (TU)	0,00	0,01	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,16	0,33	1,19	0,41	0,09	0,13	0,00
Ni (TU)	0,23	0,08	0,16	0,14	0,06	0,07	0,00
Pb (TU)	0,02	0,02	0,10	0,01	0,00	0,01	0,00
Zn (TU)	20,68	59,91	94,87	157,50	47,74	79,31	1,12
Som TU metalen	22,17	69,31	155,88	189,64	49,40	85,42	1,23
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	98,2%	99,4%	99,0%	99,7%	99,7%	99,8%	99,5%

Elzenbroekbos

Aantal Toxic Units voor <i>D. magna</i> op basis van:	EB1	EB2	EB3	EB4	EB5	EB6	EB7
As (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd (TU)	0,59	2,86	9,38	7,16	24,53	0,35	0,60
Cr (TU)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu (TU)	0,60	0,44	0,54	0,39	0,40	0,16	0,20
Ni (TU)	0,01	0,51	0,08	0,09	0,20	0,01	0,02
Pb (TU)	0,01	0,00	0,18	0,00	0,08	0,00	0,02
Zn (TU)	5,69	35,88	72,03	48,25	118,07	3,75	3,87
Som TU metalen	6,90	39,70	82,21	55,90	143,29	4,26	4,71
percentage bijdrage TU Cd+Zn aan totale TU	91,0%	97,6%	99,0%	99,1%	99,5%	96,1%	94,9%

Gebruikte toxiciteitsdata (uit AquaSense, 2002):

	L(E)C ₅₀ (µg/L)
Arseen	1900,0
Cadmium	14,2
Chroom	20,0
Koper	7,0
Nikkel	510,0
Lood	450,0
Zink	68,0

Bijlage 14 Resultaten overleving en reproductie springstaart

Vochtig schraalland

Ecolimsnummer:	347736	347738	347739	347741
Monstercode opdrachtgever:	VS1	VS3	VS4	VS6
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	13-jul-07	13-jul-07	16-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Folsomia candida (ISO 11267)

Inzetdatum	5-nov-07	5-nov-07	5-nov-07	5-nov-07
gemiddelde overleving adulten (std) %	95 ($\pm 10,0$)	93 ($\pm 9,6$)	88 ($\pm 12,6$)	98 ($\pm 5,0$)
aantal juvenielen/springstaart (std)	96,0 ($\pm 13,1$)	75,8 ($\pm 16,3$)	41,1 ($\pm 9,9$)	68,0 ($\pm 11,2$)
pH-KCl op t=0	4,8	4,2	4,6	4,4
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	ja	ja

Bloemrijk grasland

Ecolimsnummer:	347728	347731	347734	347735
Monstercode opdrachtgever:	BG1	BG4	BG7	BG8
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	12-jul-07	17-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Folsomia candida (ISO 11267)

Inzetdatum	5-nov-07	5-nov-07	5-nov-07	5-nov-07
gemiddelde overleving adulten (std) %	48 ($\pm 12,6$)	90 ($\pm 14,1$)	88 ($\pm 9,6$)	85 ($\pm 10,0$)
aantal juvenielen/springstaart (std)	57 ($\pm 7,5$)	64,5 ($\pm 6,9$)	77,2 ($\pm 6,4$)	62,8 ($\pm 6,7$)
pH-KCl op t=0	4,8	4,7	5,1	4,4
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	nee	ja

Moeras

Ecolimsnummer:	347753	347754	347756	347757
Monstercode opdrachtgever:	MO3	MO4	MO6	MO7
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	12-jul-07	13-jul-07	16-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Folsomia candida (ISO 11267)

Inzetdatum	7-nov-07	7-nov-07	7-nov-07	7-nov-07
gemiddelde overleving adulten (std) %	85 ($\pm 12,9$)	87 ($\pm 9,4$)	98 ($\pm 5,0$)	88 ($\pm 12,6$)
aantal juvenielen/springstaart (std)	76,7 ($\pm 12,0$)	54,4 ($\pm 12,7$)	84,6 ($\pm 19,0$)	43,4 ($\pm 17,6$)
pH-KCl op t=0	4,4	4,5	4,6	5,3
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	ja	nee

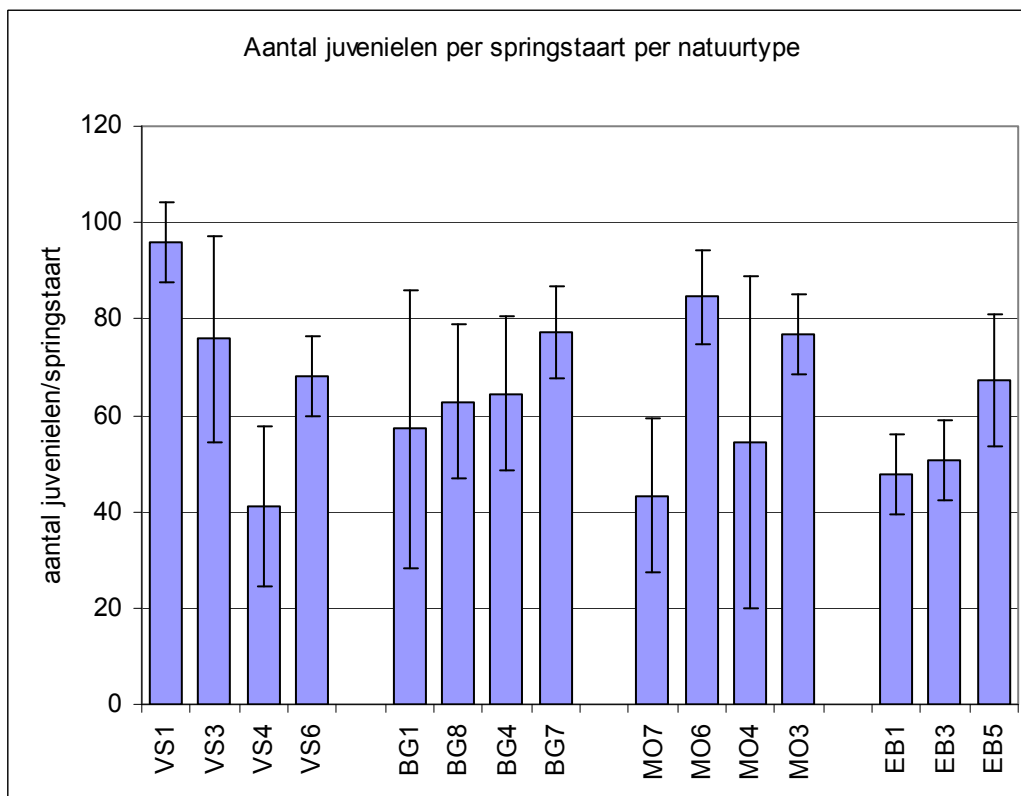
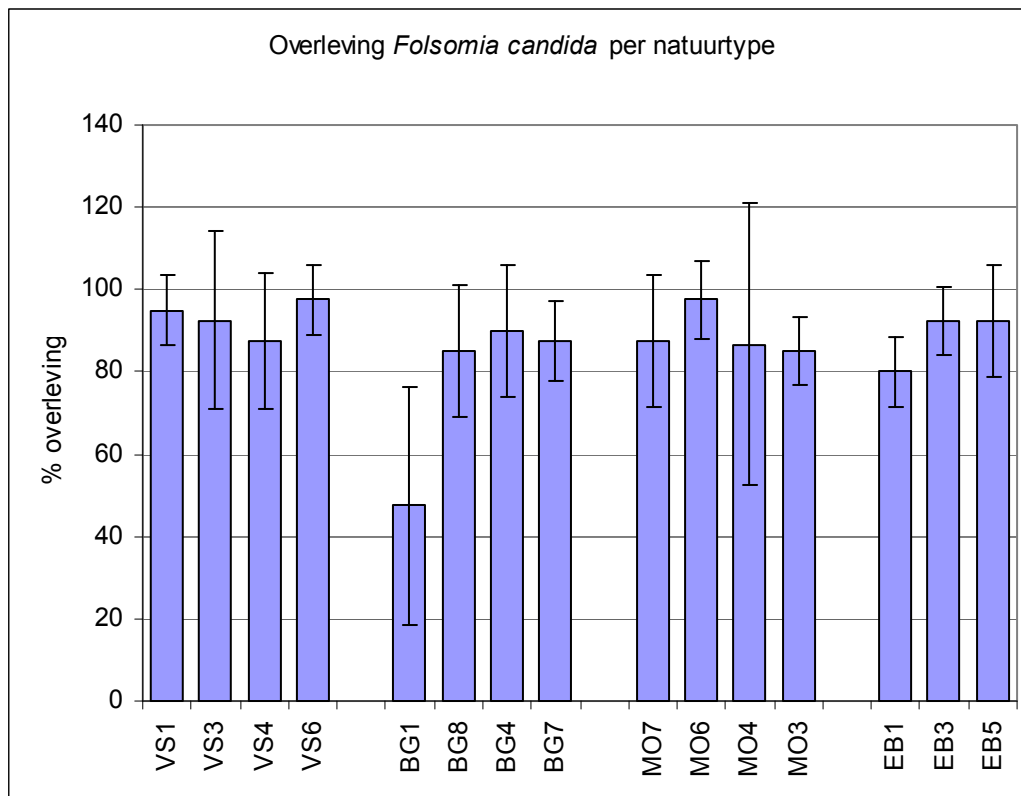
Elzenbroekbos

Ecolimsnummer:	347744	347746	347748
Monstercode opdrachtgever:	EB1	EB3	EB5
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	12-jul-07	16-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Folsomia candida (ISO 11267)

Inzetdatum	5-nov-07	5-nov-07	7-nov-07
gemiddelde overleving adulten (std) %	80 ($\pm 16,3$)	93 ($\pm 5,0$)	93 ($\pm 5,0$)
aantal juvenielen/springstaart (std)	47,8 ($\pm 7,2$)	50,7 ($\pm 7,4$)	67,2 ($\pm 4,3$)
pH-KCl op t=0	4,5	3,4	3,9
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	ja

Figuren behorende bij de springstaartentest



Bijlage 15 Resultaten kieming en groei plant

Vochtig schraalland

Ecolimsnummer:	347736	347738	347739	347741
Monstercode opdrachtgever:	VS1	VS3	VS4	VS6
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	13-jul-07	13-jul-07	16-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Brassica napus (ISO 11269-2)

Inzetdatum	8-nov-07	8-nov-07	8-nov-07	8-nov-07
Kieming (std) %	96 (±8,3)	75 (±21,5)	92 (±16,7)	88 (±8,3)
Natgewicht/plant (std) mg	0,29 (±0,02)	0,14 (±0,04)	0,04	0,01 (±0,00)
Drooggewicht/plant (std) mg	0,055 (±0,003)	0,029 (±0,007)	0,004	0,001 (±0,001)
Verhouding nat/droog (std)	5,4 (±0,4)	4,8 (±0,3)	10,3	13,4 (±6,1)
pH-KCl (range)	4,8 - 4,9	4,3 - 4,4	4,6 - 4,6	4,5 - 4,5
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	ja	ja

Bloemrijk grasland

Ecolimsnummer:	347728	347731	347734	347735
Monstercode opdrachtgever:	BG1	BG4	BG7	BG8
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	12-jul-07	17-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Brassica napus (ISO 11269-2)

Inzetdatum	8-nov-07	8-nov-07	8-nov-07	8-nov-07
Kieming (std) %	42 (±28,9)	79 (±16,0)	75 (±9,6)	71 (±16,0)
Natgewicht/plant (std) mg	0,55 (±0,28)	0,63 (±0,07)	0,43 (±0,15)	0,43 (±0,09)
Drooggewicht/plant (std) mg	0,094 (±0,042)	0,101 (±0,020)	0,076 (±0,028)	0,092 (±0,028)
Verhouding nat/droog (std)	5,8 (±0,4)	6,3 (±0,7)	5,6 (±0,6)	4,8 (±0,7)
pH-KCl (range)	4,9 - 4,9	4,7 - 4,8	5,2 - 5,2	4,5 - 4,6
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	nee	ja

Moeras

Ecolimsnummer:	347753	347754	347756	347757
Monstercode opdrachtgever:	MO3	MO4	MO6	MO7
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	12-jul-07	13-jul-07	16-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Brassica napus (ISO 11269-2)

Inzetdatum	8-nov-07	8-nov-07	8-nov-07	8-nov-07
Kieming (std) %	88 (±8,3)	54 (±34,4)	42 (±9,6)	46 (±16,0)
Natgewicht/plant (std) mg	0,02 (±0,02)	0,30 (±0,21)	0,25 (±0,21)	0,50 (±0,12)
Drooggewicht/plant (std) mg	0,001 (±0,007)	0,046 (±0,040)	0,041 (±0,039)	0,074 (±0,015)
Verhouding nat/droog (std)	1,4 (±6,0)	7,3 (±1,7)	6,8 (±1,5)	6,7 (±1,2)
pH-KCl (range)	4,5 - 4,6	4,6 - 4,8	4,7 - 4,9	5,4 - 5,4
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	ja	ja

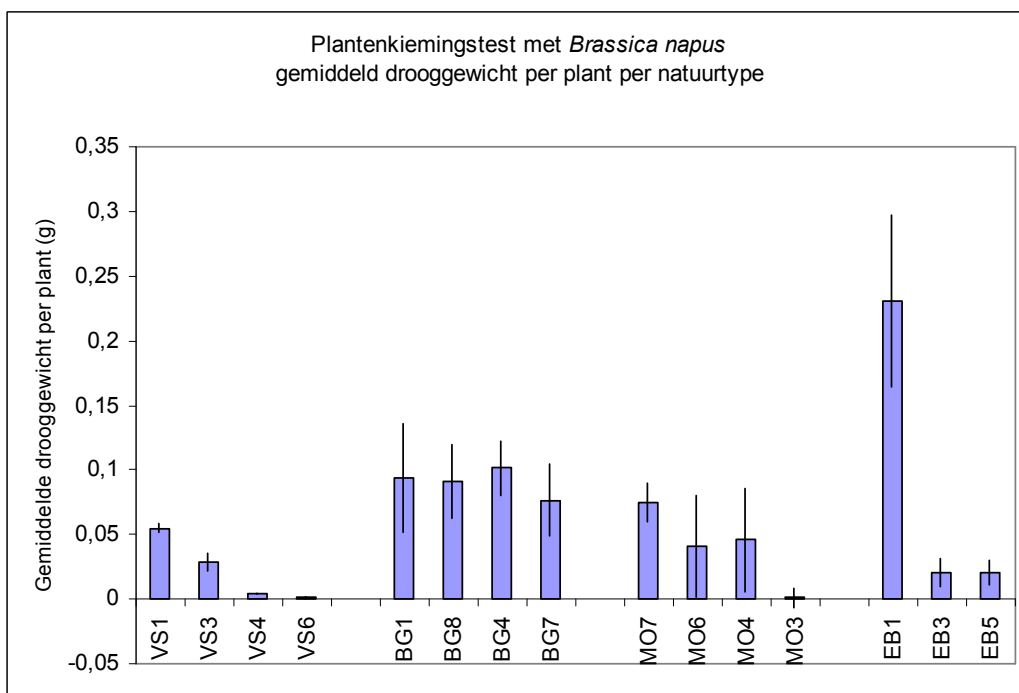
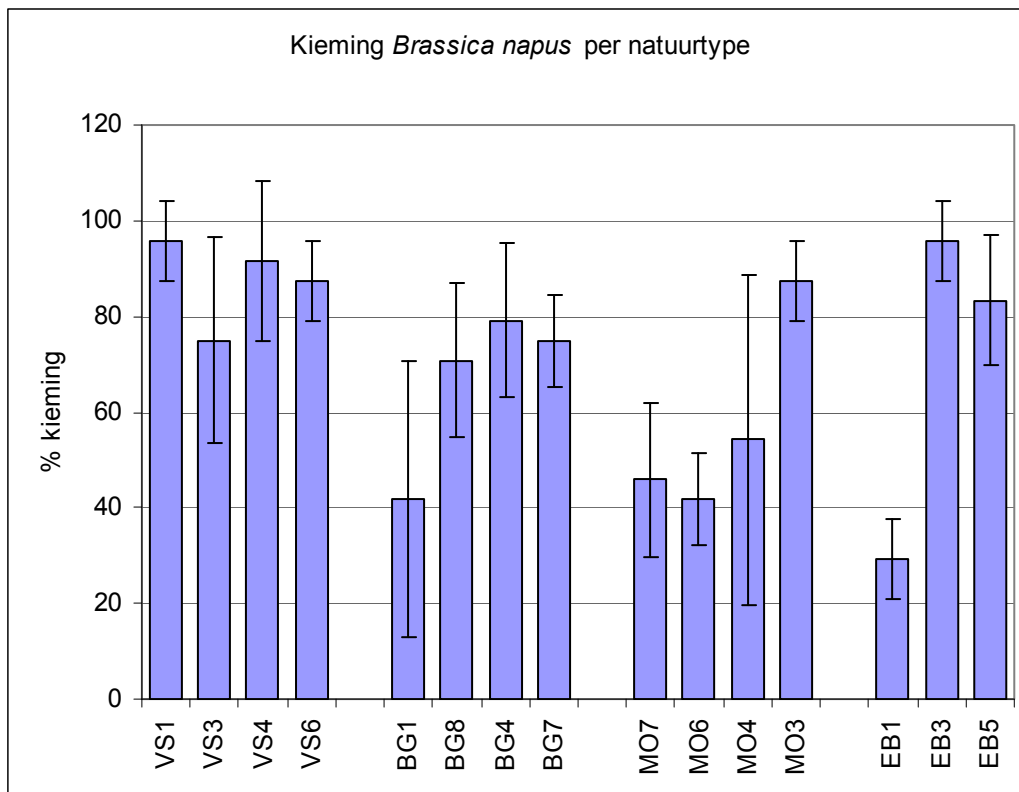
Elzenbroekbos

Ecolimsnummer:	347744	347746	347748
Monstercode opdrachtgever:	EB1	EB3	EB5
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	12-jul-07	16-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Brassica napus (ISO 11269-2)

Inzetdatum	8-nov-07	8-nov-07	8-nov-07
Kieming (std) %	29 (±8,3)	96 (±8,3)	83 (±13,6)
Natgewicht/plant (std) mg	1,4 (±0,64)	0,12 (±0,05)	0,12 (±0,04)
Drooggewicht/plant (std) mg	0,231 (±0,066)	0,020 (±0,010)	0,021 (±0,009)
Verhouding nat/droog (std)	5,9 (±1,1)	6,4 (±1,8)	6,1 (±0,9)
pH-KCl (range)	4,5 - 4,6	3,5 - 3,6	4,0 - 4,0
Overschrijding criterium pH (5.0 - 7.5)	ja	ja	ja

Figuren behorende bij de plantentest



Bijlage 16 Resultaten overleving, groei en reproductie regenworm

Vochtig schraalland

Ecolimsnummer:	347736	347738	347739	347741
Monstercode opdrachtgever:	VS1	VS3	VS4	VS6
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	13-jul-07	13-jul-07	16-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Lumbricus rubellus (ISO 11268-2)

Inzetdatum				
Overleving (gem $\pm$ stdev.) %	90 ($\pm$ 12)	100 ($\pm$ 0)	95 ($\pm$ 10)	85 ($\pm$ 19)
Gewichtstoename/worm (gem $\pm$ stdev.) %	212 ($\pm$ 245)	305 ($\pm$ 198)	246 ($\pm$ 257)	87 ($\pm$ 127)
Reproductie (cocons/pot; gem $\pm$ std)	52,2 ($\pm$ 14,8)	41,0 ($\pm$ 9,6)	48,2 ($\pm$ 5,4)	30,0 ($\pm$ 4,7)

Bloemrijk grasland

Ecolimsnummer:	347728	347731	347734	347735
Monstercode opdrachtgever:	BG1	BG4	BG7	BG8
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	12-jul-07	17-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Lumbricus rubellus (ISO 11268-2)

Inzetdatum				
Overleving (gem $\pm$ stdev.) %	95 ($\pm$ 10)	70 ($\pm$ 48)	50 ($\pm$ 58)	95 ($\pm$ 10)
Gewichtstoename/worm (gem $\pm$ stdev.) %	349 ($\pm$ 201)	524 ($\pm$ 252)	230 ($\pm$ 212)	226 ($\pm$ 218)
Reproductie (cocons/pot; gem $\pm$ std)	47,2 ($\pm$ 10,2)	36,8 ($\pm$ 17,0)	30,0 ($\pm$ 11,0)	49,2 ($\pm$ 14,8)

Moeras

Ecolimsnummer:	347753	347754	347756	347757
Monstercode opdrachtgever:	MO3	MO4	MO6	MO7
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	12-jul-07	13-jul-07	16-jul-07	17-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

Lumbricus rubellus (ISO 11268-2)

Inzetdatum				
Overleving (gem $\pm$ stdev.) %	100 ($\pm$ 0)	95 ($\pm$ 10)	100 ($\pm$ 0)	90 ($\pm$ 20)
Gewichtstoename/worm (gem $\pm$ stdev.) %	290 ($\pm$ 104)	117 ($\pm$ 140)	466 ($\pm$ 120)	427 ($\pm$ 94)
Reproductie (cocons/pot; gem $\pm$ std)	32,0 ($\pm$ 2,9)	45,0 ($\pm$ 10,8)	56,0 ($\pm$ 5,9)	60,2 ($\pm$ 11,1)

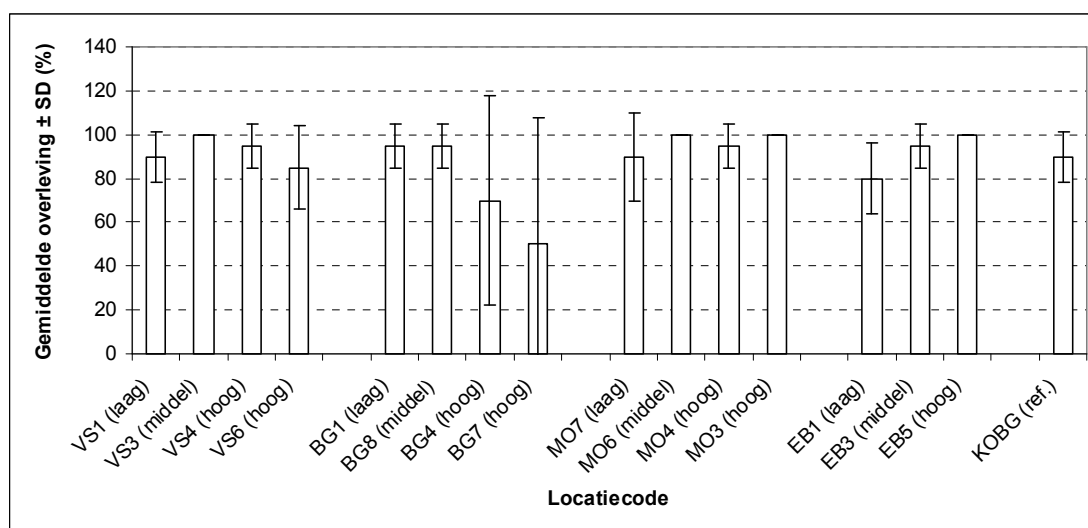
Elzenbroekbos

Ecolimsnummer:	347744	347746	347748
Monstercode opdrachtgever:	EB1	EB3	EB5
Soort materiaal:	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem	Land-/ waterbodem
Monsterdatum:	10-jul-07	12-jul-07	16-jul-07
Aanleverdatum:	17-jul-07	17-jul-07	17-jul-07

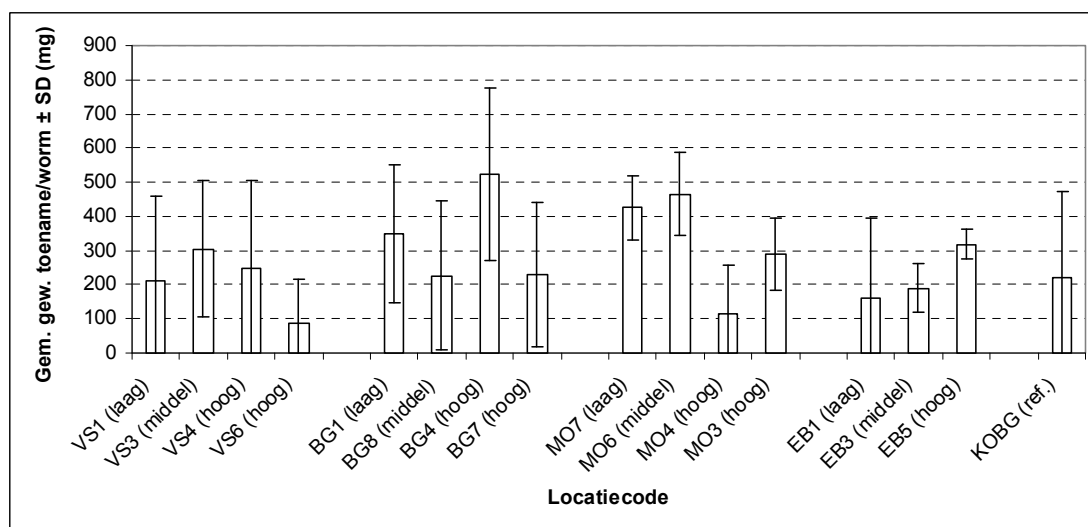
Lumbricus rubellus (ISO 11268-2)

Inzetdatum			
Overleving (gem $\pm$ stdev.) %	80 ($\pm$ 16)	95 ($\pm$ 10)	100 ($\pm$ 0)
Gewichtstoename/worm (gem $\pm$ stdev.) mg	160 ($\pm$ 235)	189 ($\pm$ 71)	319 ($\pm$ 43)
Reproductie (cocons/pot; gem $\pm$ std)	34,2 ($\pm$ 19,6)	35,0 ($\pm$ 7,5)	50,8 ($\pm$ 2,9)

Figuren behorende bij de regenwormenbioassay



Figuur 1. Gemiddelde overleving van de regenworm *Lumbricus rubellus* in bioassays met grondmonsters van locaties uit het overstromingsgebied van de Dommel. De resultaten zijn uitgesplitst naar natuurdoeltype en naar relatieve vervuilingsgraad met cadmium en zink binnen het natuurdoeltype (zie tekst). In geen van de gronden met een middelhoge of hoge verontreinigingsgraad was de gemiddelde overleving significant verschillend van de grond met een lage verontreinigingsgraad binnen het zelfde natuurdoeltype.



Figuur 2. Gemiddelde gewichtstoename van de regenworm *Lumbricus rubellus* in bioassays met grondmonsters van locaties uit het overstromingsgebied van de Dommel. De resultaten zijn uitgesplitst naar natuurdoeltype en naar relatieve vervuilingsgraad met cadmium en zink binnen het natuurdoeltype (zie tekst). In geen van de gronden met een middelhoge of hoge verontreinigingsgraad was de gemiddelde gewichtstoename significant verschillend van de grond met een lage verontreinigingsgraad binnen het zelfde natuurdoeltype.

Aanvullende tekst behorende bij de regenwormenbioassay

In Tabel 1 wordt het aantal van nature voorkomende cocons in de grondmonsters uit het Dommelgebied getoond. Dit was meestal 0. In enkele gevallen werden 1 of 2 natuurlijke cocons aangetroffen. Omdat dit lage aantallen betreft, zijn de bioassayresultaten hiervoor niet gecorrigeerd. Het vochtgehalte in de bioassays liep sterk uiteen (Tabel 1). Dit betekende niet dat de monsters met de hoogste vochtgehalten er op het oog ook het natst uitzagen. Dit hangt namelijk sterk samen met de aard en hoeveelheid van het organische materiaal in de monsters. Een achttal monsters werd op het oog gezien te vochtig geacht voor *L. rubellus*. Deze werden eerst aan de lucht gedroogd (Tabel 1).

Tabel 1. Aantal reeds in het veld aanwezige wormencocons per controlepot en vochtgehalte bij inzetten van de bioassays met de regenworm *Lumbricus rubellus*. Aan de lucht gedroogde monsters zijn met * gemarkeerd.

Locatie	Vochtgehalte bij inzetten bioassay (%)	Aantal van nature voorkomende cocons
<i>Nat schraalgrasland</i>		
VS1*	75,4	1
VS3	31,0	0
VS4	62,6	0
VS6*	60,6	0
<i>Bloemrijk grasland</i>		
BG1	28,0	0
BG8*	19,1	0
BG4	33,3	0
BG7	42,4	0
<i>Moeras</i>		
MO7*	60,3	0
MO6*	41,2	2
MO4*	67,9	1
MO3	35,2	0
<i>Elzenbroekbos</i>		
EB1*	65,2	1
EB3*	70,0	0
EB5	55,6	0
<i>Controle</i>		
KOBG	15,0	-

In Tabel 2 worden alle resultaten van de bioassay met *L. rubellus* samengevat. De tabel toont tevens alle significante verschillen tussen de gemiddelde waarden per locatie voor de parameters overleving, gewichtstoename en coconproductie.

De gemiddelde overleving van *Lumbricus rubellus* in de controle bioassay met Kooienburggrond was 90% en het gemiddelde aantal geproduceerde cocons in deze grond bedroeg 30,2. Hiermee voldoet de test aan de criteria die de ISO (1998) stelt voor testen met de regenworm *Eisenia fetida*, $\leq 10\%$ sterfte en ≥ 30 cocons per pot. Voor sterfte van *L. rubellus* in de controle is het logisch het zelfde criterium als voor *E. fetida* te gebruiken. Er zijn nog geen vasgestelde criteria voor de coconproductie van *L. rubellus* in de assay. In de test met *E. fetida* bedraagt het aantal wormen per pot 10 terwijl hier voor de grotere soort *L. rubellus* 5 wormen per pot zijn gebruikt, de helft minder. De weinige gegevens die hierover bestaan lijken er echter op te wijzen dat de coconproductie van beide wormensoorten van dezelfde orde van grootte is (H.J. de Lange, Alterra, persoonlijk mededeling).

Tabel 2. Resultaten van bioassays met de regenworm *Lumbricus rubellus* in gronden van locaties in verschillende natuurdoeltypen met een lage, middelhoge en hoge verontreinigingsgraad met cadmium en zink (deze verontreinigingsgraad is relatief, binnen de concentratierange per natuurdoeltype). Significante verschillen tussen de gemiddelde parameterwaarden voor de verschillende locaties worden met lettercodes getoond (ANOVA, $p < 0,01$). Het aantal replica's per locatie is $n=4$.

Locatie	Verontreinigingsgraad Cd/Zn	Overleving $\pm$ SD (%)	Sign. verschillen	Gemiddelde toename gewicht per worm $\pm$ SD (mg)	Sign. verschillen	Gemiddeld aantal cocons per pot $\pm$ SD	Sign. verschillen
<i>Nat schraalgrasland</i>							
VS1	Laag	90 $\pm$ 12	a	212 $\pm$ 245	ab	52,2 $\pm$ 14,8	b
VS3	Middel	100 $\pm$ 0	a	305 $\pm$ 198	ab	41,0 $\pm$ 9,6	ab
VS4	Hoog	95 $\pm$ 10	a	246 $\pm$ 257	ab	48,2 $\pm$ 5,4	ab
VS6	Hoog	85 $\pm$ 19	a	87 $\pm$ 127	a	30,0 $\pm$ 4,7	a
<i>Bloemrijk grasland</i>							
BG1	Laag	95 $\pm$ 10	a	349 $\pm$ 201	ab	47,2 $\pm$ 10,2	ab
BG8	Middel	95 $\pm$ 10	a	226 $\pm$ 218	ab	49,2 $\pm$ 14,8	ab
BG4	Hoog	70 $\pm$ 48	a	524 $\pm$ 252	b	36,8 $\pm$ 17,0	a
BG7	Hoog	50 $\pm$ 58	a*	230 $\pm$ 212	ab	30,0 $\pm$ 11,0	a
<i>Moeras</i>							
MO7	Laag	90 $\pm$ 20	a	427 $\pm$ 94	ab	60,2 $\pm$ 11,1	b
MO6	Middel	100 $\pm$ 0	a	466 $\pm$ 120	b	56,0 $\pm$ 5,9	b
MO4	Hoog	95 $\pm$ 10	a	117 $\pm$ 140	a	45,0 $\pm$ 10,8	ab
MO3	Hoog	100 $\pm$ 0	a	290 $\pm$ 104	ab	32,0 $\pm$ 2,9	a
<i>Elzenbroekbos</i>							
EB1	Laag	80 $\pm$ 16	a	160 $\pm$ 235	a	34,2 $\pm$ 19,6	a
EB3	Middel	95 $\pm$ 10	a	189 $\pm$ 71	ab	35,0 $\pm$ 7,5	a
EB5	Hoog	100 $\pm$ 0	a	319 $\pm$ 43	ab	50,8 $\pm$ 2,9	ab
<i>Controle</i>							
KOBG	-	90 $\pm$ 12	a	221 $\pm$ 250	ab	30,2 $\pm$ 15,1	a

* $p = 0,051$

Voor geen van de natuurdoeltypen werden significante effecten op de overleving of op de gewichtstoename gevonden in de gronden met de hoogste Cd- en Zn-concentraties (verontreinigingsgraad 'hoog') ten opzichte van de grond met de laagste concentraties (verontreinigingsgraad 'laag'). Binnen het natuurdoeltype moeras worden weliswaar significante verschillen in gewichtstoename aangetoond, echter niet tussen de minst en de meest verontreinigde locaties maar tussen de middelmatig verontreinigde locatie en één van de twee meest verontreinigde locaties (Tabel 2). In de meest verontreinigde gronden van het natuurtype bloemrijk grasland lijkt verhoogde sterfte op te treden en dit effect is bijna significant ($p = 0,051$; Tabel 2), maar de variatie tussen de replica's is in die gevallen net te groot voor een significant effect.

In de natuurdoeltypen nat schraalgrasland en moeras heeft de verontreinigingsgraad met Cd en Zn een significant negatief effect op de coconproductie (Tabel 2). Dit is niet het geval voor de natuurdoeltypen bloemrijk grasland en elzenbroekbos. Tabel 3 en Tabel 4 tonen de resultaten van de regressieanalyse van de gewichtstoename en het aantal geproduceerde cocons versus respectievelijk de gehalten cadmium en zink in de grondmonsters. De analyse werden uitgevoerd met de totale gehalten Cd en Zn, maar ook met de gehalten op basis van de zure HNO_3 -extractie, het beschikbare gehalte op basis van CaCl_2 -extractie en de interne gehalten gemeten in de overlevende wormen uit de bioassay. De analyse is ook uitgevoerd voor de overleving, maar dit leverde geen enkel significant resultaat op.

In Tabel 3 is te zien dat ca. 20% van de variantie in gewichtstoename en ca. 27% van de variantie in coconproductie tussen de locaties verklaard wordt door het totaal gehalte cadmium, het natuurdoeltype en de interactie tussen Cd-gehalte en natuurdoeltype. Deze relaties zijn sterk significant. Ook voor de met HNO_3 en CaCl_2 extraheerbare Cd-fracties zijn deze relaties significant. Voor de interne gehalten Cd in de wormen is er wel een zeer significant verband met de (afname van) de coconproductie, maar niet met de gewichtstoename van de wormen. De bijdrage van de Cd-gehalten aan de correlaties is het meest significant, natuurdoeltype speelt minder een rol. De interactie tussen Cd-concentratie en natuurdoeltype is in de meeste gevallen echter wel significant.

De resultaten van de regressieanalyses met de zinkconcentraties laten voor de parameter gewichtstoename ongeveer het zelfde beeld zien als bij cadmium (Tabel 4). Ook hier geven het totale gehalte Zn en de met HNO_3 en CaCl_2 extraheerbare fracties significante correlaties tussen de gehalten Zn en de effecten op gewichtstoename maar de interne concentraties niet. De correlaties zijn echter minder vaak significant voor coconproductie. De zinkgehalten lijken dus wat minder invloed op deze parameter te hebben. Dat is te verklaren doordat zink voor dieren een essentieel metaal is, het wordt gereguleerd.

Tabel 3. Resultaten van regressieanalyse van de subletale effecten in de bioassay met regenwormen (groei en coconproductie) versus gemeten concentraties van cadmium in de bodem plus natuurdoeltype (NDT) plus de interactie tussen Cd-gehalte en natuurdoeltype. De significantie (p-waarde) wordt getoond voor de overall regressie (tussen haakjes wordt het percentage verklaarde variantie gegeven) en de significantie van de individuele parameters binnen dezelfde analyse. Dit wordt getoond voor zowel het totaal gehalte als de beschikbare gehalten bepaald door resp. HNO_3 - en CaCl_2 -extractie.

	$\text{Cd}_{\text{totaal}}$				Cd_{HNO_3}				$\text{Cd}_{\text{CaCl}_2}$				Cd_{Cworm}			
	Overall	Cd	NDT	Interactie	Overall	Cd	NDT	Interactie	Overall	Cd	NDT	Interactie	Overall	Cd	NDT	Interactie
Toename gewicht	0,011 (19,9%)	0,016	0,221	0,025	0,005 (22,6%)	0,008	0,0139	0,027	0,007 (21,4%)	0,015	0,253	0,014	0,103 (9,4%)	0,186	0,138	0,170
Aantal cocons	0,001 (27,4%)	0,021	0,030	0,006	0,028 (15,0%)	0,106	0,058	0,093	0,014 (18,0%)	0,065	0,073	0,039	<0,01 (32,2%)	0,002	0,007	0,019

Tabel 4. Resultaten van regressieanalyse van de subletale effecten in de bioassay met regenwormen (groei en coconproductie) versus gemeten concentraties van zink in de bodem plus natuurdoeltype (NDT) plus de interactie tussen Zn-gehalte en natuurdoeltype. De significantie (p-waarde) wordt getoond voor de overall regressie (tussen haakjes wordt het percentage verklaarde variantie gegeven) en de significantie van de individuele parameters binnen dezelfde analyse. Dit wordt getoond voor zowel het totaal gehalte als de beschikbare gehalten bepaald door resp. HNO_3 - en CaCl_2 -extractie.

	$\text{Zn}_{\text{totaal}}$				Zn_{HNO_3}				$\text{Zn}_{\text{CaCl}_2}$				Zn_{Cworm}			
	Overall	Zn	NDT	Interactie	Overall	Zn	NDT	Interactie	Overall	Zn	NDT	Interactie	Overall	Zn	NDT	Interactie
Toename gewicht	0,020 (17,3%)	0,012	0,168	0,096	0,015 (18,4%)	0,012	0,179	0,063	0,028 (15,9%)	0,026	0,342	0,042	0,233 (4,6%)	0,151	0,255	0,0349
Aantal cocons	0,028 (14,9%)	0,203	0,083	0,045	0,167 (6,3%)	0,471	0,160	0,183	0,349 (1,7%)	0,559	0,259	0,326	0,057 (11,8%)	0,030	0,071	0,488

Bijlage 17 Kwetsbaarheidsanalyse natuur(doel)typen

Nog aanpassen

Dommel Natuurdoeltypen, kwetsbaarheidsanalyse

Verdeling van fauna doelsoorten uit de database voor kwetsbaarheidsanalyse (de Lange *et al.*, 2006, 2007) over categorieën dieren en over de vier natuurdoeltypen in het stroomgebied van de Dommel.

NDT 3.24: moeras, 52 soorten in totaal, verdeeld over 7 hoofdgroepen.

hoofdgroep	groot belang	gewoon belang
amfibieën	0	3
vlinders	2	1
vogels	23	10
libellen	4	2
vissen	1	0
zoogdieren	3	2
reptielen	1	0
totaal	34	18

NDT 3.29: nat schraalgrasland, 23 soorten in totaal, verdeeld over 6 hoofdgroepen.

hoofdgroep	groot belang	gewoon belang
amfibieën	0	1
vlinders	3	5
vogels	1	9
libellen	1	0
vissen	0	0
zoogdieren	0	1
reptielen	0	2
totaal	5	18

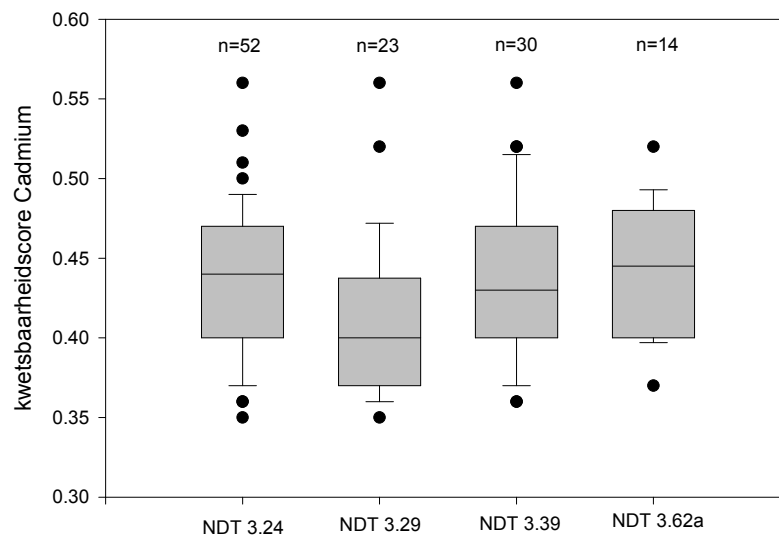
NDT 3.39: bloemrijk grasland van het rivieren- en zeekleigebied, 30 soorten in totaal, verdeeld over 4 hoofdgroepen, zie tabel:

hoofdgroep	groot belang	gewoon belang
amfibieën	0	1
vlinders	1	4
vogels	8	13
libellen	0	0
vissen	0	0
zoogdieren	1	2
reptielen	0	0
totaal	10	20

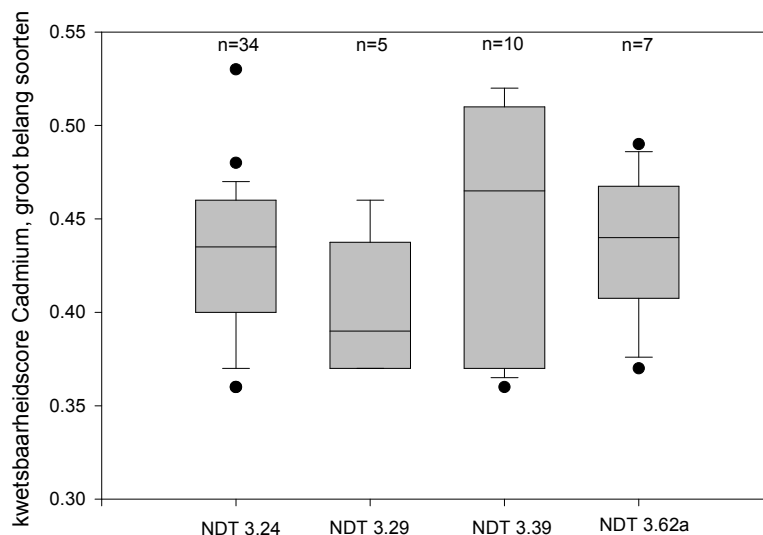
NDT 3.62a: laagveen bos, subtype Elzenbroekbos, 14 soorten in totaal, verdeeld over 6 hoofdgroepen, zie tabel:

hoofdgroep	groot belang	gewoon belang
amfibieën	0	1
vlinders	1	0
vogels	2	5
libellen	1	0
vissen	0	0
zoogdieren	3	0
reptielen	0	1
totaal	7	7

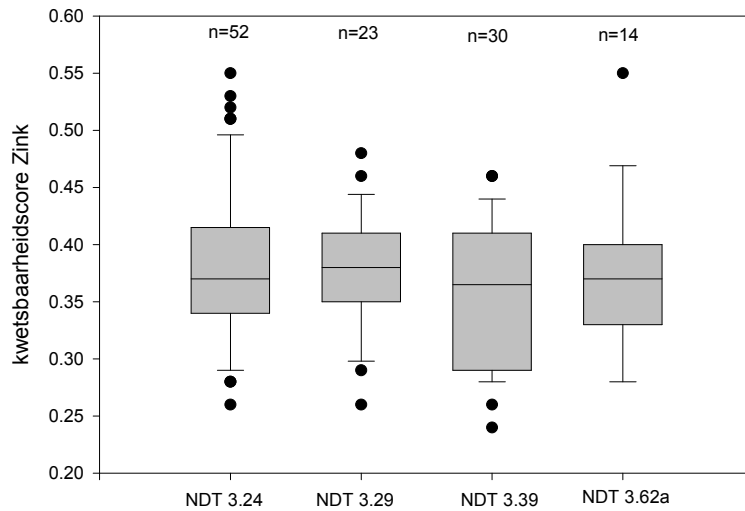
Resultaten van de kwetsbaarheidsanalyse op basis van de doelsoortensamenstelling van de vier natuurdoeltypen in het Dommeldal.



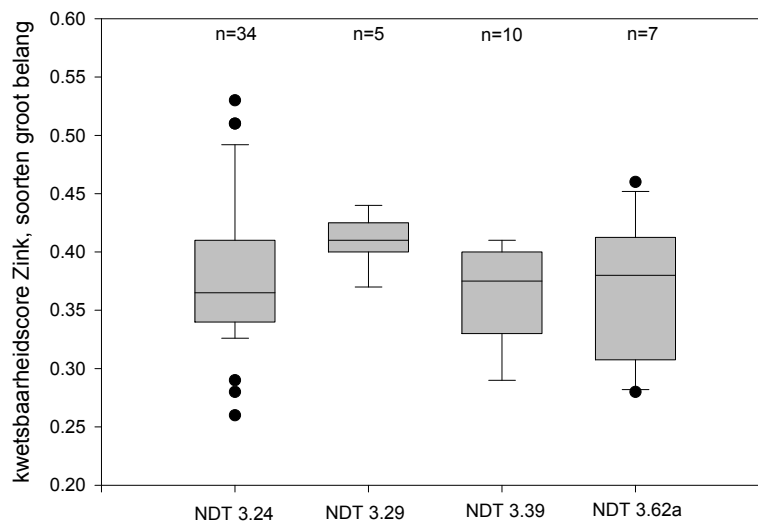
Figuur 1. Kwetsbaarheid doelsoorten per natuurdoeltype voor cadmium: figuur alle soorten
Outliers: visdief met score 0.56, aardbeivlinder met score 0.35. Er zijn geen significante verschillen tussen de natuurdoeltypen (1-way Anova: verdeling normaal, varianties homogeen, $df = 3$, $F = 1.693$, $p = 0.172$). In deze boxplots vormt de middelste lijn de mediaan, de onder- en boven kanten van de box resp. de 25%- en 75%-percentielen, de staafjes onder en boven de box resp. de 5%- en 95%-percentielen en de los getoonde punten zijn outliers.



Figuur 2. Kwetsbaarheid doelsoorten per natuurdoeltype voor cadmium: alleen soorten die van groot belang zijn voor het natuurdoeltype. Er zijn geen significante verschillen tussen de natuurdoeltypen (1-way Anova: verdeling normaal, varianties homogeen, $df = 3$, $F = 0.955$, $p = 0.421$). Verklaring boxplots, zie figuur 1.



Figuur 3. Kwetsbaarheid doelsoorten per natuurdoeltype voor zink: figuur alle soorten
Er zijn geen significante verschillen tussen de natuurdoeltypen (1-way Anova: verdeling normaal, varianties homogeen, $df = 3$, $F = 1.182$, $p = 0.320$). Verklaring boxplots, zie figuur 1.



Figuur 4. Kwetsbaarheid doelsoorten per natuurdoeltype voor zink: alleen soorten die van groot belang zijn voor het natuurdoeltype. Er zijn geen significante verschillen tussen de natuurdoeltypen (1-way Anova: verdeling normaal, varianties homogeen, $df = 3$, $F = 0.926$, $p = 0.435$). Verklaring boxplots, zie figuur 1.

Bijlage 18 Doorvergiftiging (modellen PODYRAS en BERISP)

Cadmium en nierschade

Cadmium accumuleert in voedselketens, omdat de stof eenmaal opgenomen uit het voedsel in de bloedbaan door veel organismen niet of nauwelijks actief kan worden uitgescheiden (Friberg et al., 1974). Cadmium hoopt zich vooral op in de nieren en in mindere mate in de lever. Het eerste fysiologisch negatieve effect van cadmium op het individu is nierschade (Scheuhammer, 1987). Bij vogels en zoogdieren treedt levensbedreigende nierschade op als de cadmiumconcentratie in de nier groter is dan 200 mg/kg natgewicht (Pascoe et al., 1996), of 800 mg/kg drooggewicht bij een geschat percentage van 25% drooggewicht van de nier. Bij deze concentratie wordt de filtreercapaciteit van de nieren verstoord, doordat cadmium de membranen verniet. Hierdoor lekken de nieren cadmium naar de urine. Bovendien leidt dit tot een verlies aan bouw- en voedingsstoffen via de urine wat een afname in het functioneren van het individu tot gevolg kan hebben. Echter, de eerste nierschade wordt al waargenomen vanaf 100 mg Cd/kg drooggewicht nier (Nicholson et al., 1983; Nolet et al., 1994). Om deze reden kan 100 mg/kg d.s. worden beschouwd als een ondergrens waarboven er risico's voor hogere dieren ontstaan (matig risico) en 800 mg/kg d.s. de grens waarboven er een ernstig risico is.

Hoewel nierschade veelvuldig is bestudeerd (zie o.a. het overzichtswerk van Beyer, 2000) ontbreekt kennis over de mate waarin nierschade reproductie en sterfte van het individu beïnvloedt. Inzicht in deze relaties zijn noodzakelijk om het effect van doorvergiftiging op de populatie te bepalen.

Uitgebreide beschrijving PODYRAS

De in de bodemonsters gemeten cadmium concentraties (Tabel 2 in hoofdrapport) zijn omgekeerd naar verwachte gehalten in regenwormen (Ma et al., 2005) met behulp van de bioaccumulatie relatie:

$$\log[Cd]_{worm} = 2.92 + 0.747 \cdot \log[Cd]_{bodem} - 0.21 \cdot pH + -0.534 \cdot \log(OS)$$

Met $[Cd]$ het cadmium gehalte en OS het percentage organische stof.

Op basis van de gehalten in regenwormen en de hoeveelheid regenwormen gegeten per dag kunnen we berekenen hoeveel mg zware metalen dieren per dag binnen krijgen. Als soorten zijn de grutto en das gebruikt. De voedselbehoefte van de grutto in het broedseizoen is geschat op 100-185gr/dag (Wymenga & Alma, 1998) en bestaat bijna volledig uit regenwormen. De das eet ongeveer 1 kg per dag waarvan 33% regenwormen (Klok et al., 1998).

Omdat kennis hierover ontbreekt zijn kwantitatieve uitspraken over de mate waarin nierschade de overleving van een populatie verlaagd niet mogelijk, wel zijn kwalitatieve uitspraken mogelijk door te stellen dat de leeftijd waarop nierschade wordt bereikt van belang is voor de populatieoverleving. Immers als nierschade pas optreedt na de reproductieve fase, d.w.z. als het individu geen bijdrage meer levert aan de populatie door jongen te produceren, heeft nierschade geen negatief effect op de populatieoverleving. Tabel 1 geeft het risico op populatieniveau weer in afhankelijkheid van het behalen van nierschade in een bepaald levensstadium

Tabel 1. Indeling in risicoklassen van de leeftijd (jaren) van de grutto en das waarop de grenswaarde voor nierschade wordt gehaald.

Levensfase waarbij grenswaarde voor nierschade wordt overschreden	Risico op populatieniveau	Grutto	Das
Juveniele fase	groot	2	2
Eerste helft reproductieve fase	matig	2-5	2-4
Tweede helft reproductieve fase	gering	5-10	4-6
Bejaarde fase	nihil	>10	>6

De leeftijd (T in jaren) waarbij nierschade kan optreden kan berekend worden met onderstaande formule (Klok et al. 1998):

$$T = \frac{C_L * O_W}{DI * Ub * X * Y}$$

waarin:

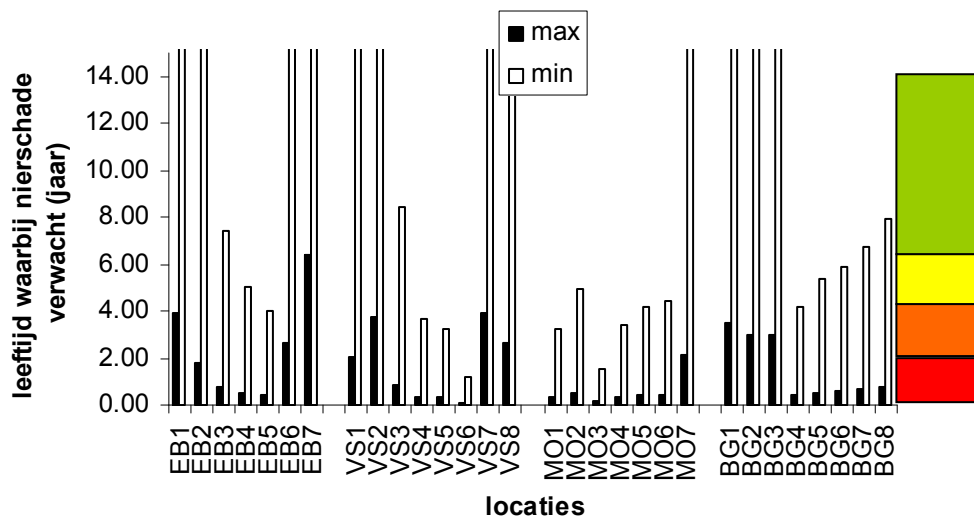
- O_W = het orgaangewicht (g);
- C_L = de grenswaarde voor orgaanschade (mg/g);
- DI = de dagelijkse inname van cadmium via het voedsel (mg/dag);
- U_B = de uit het maagdarmkanaal opgenomen fractie cadmium in het bloed;
- X = het deel van het jaar dat de soort bloot staat aan met cadmium vervuild voedsel.
- Y = deel van het leefgebied dat vervuild is met cadmium

De grenswaarde C_L voor nierschade die voor PODYRAS is gehanteerd, is 200 mg Cd/kg d.s. in de nier. Deze waarde is iets conservatiever dan de ondergrens van 100 mg/kg d.s.

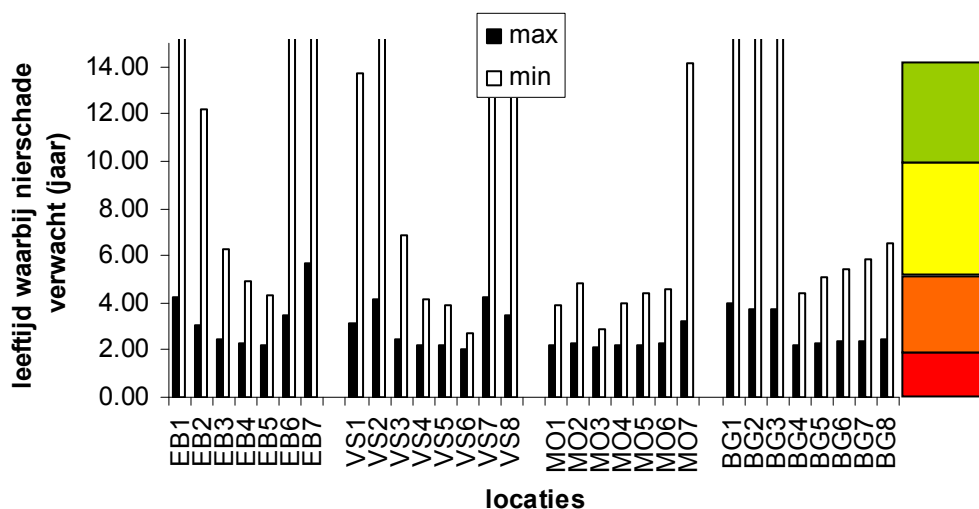
Grutto's verblijven hun tweede levensjaar in Afrika en keren meestal aan het eind van dat levensjaar terug naar hun geboortegronden. In de berekeningen wordt ervan uit gegaan dat alleen in het broedgebied Cd accumulatie plaatsvindt en dat de vogels ieder jaar naar hetzelfde gebied terugkeren. De Grutto is zeer plaatstrouw, en broedt ieder jaar op nagenoeg dezelfde plek. Onderzoek in een polder in Noord-Holland wees uit dat de nestplaats 50 m of minder verwijderd is van de nestplaats in het voorgaande jaar (Groen, 1993). In tegenstelling tot grutto's verblijven dassen het gehele jaar in het zelfde gebied.

Resultaten PODYRAS

De leeftijd waarop met PODYRAS berekeningen nierschade wordt verwacht bij das en grutto is sterk afhankelijk van het deel van het foerageergebied dat belast is (vergelijk min, 10% van het gebied belast als gemeten op de locatie, en max ,100% van het gebied belast als gemeten op de locatie, in figuur 1 en 2). Echter zelfs als slechts 10% van het foerageergebied belast is met cadmium gehalten zoals gemeten op de locatie, wordt nierschade op een redelijk jonge leeftijd gehaald. Het risico voor de populatie is daarom relatief hoog. Als 10% van het foerageergebied van een populatie belast is met cadmium zoals gemeten op de locatie zou dit voor een dassenpopulatie betekenen dat op 8 locaties er een matig tot groot risico is en voor grutto populaties geldt dit op 13 locaties (zie figuren 1 en 2, aantal witte balken die eindigen op de hoogte van het oranje vlak).

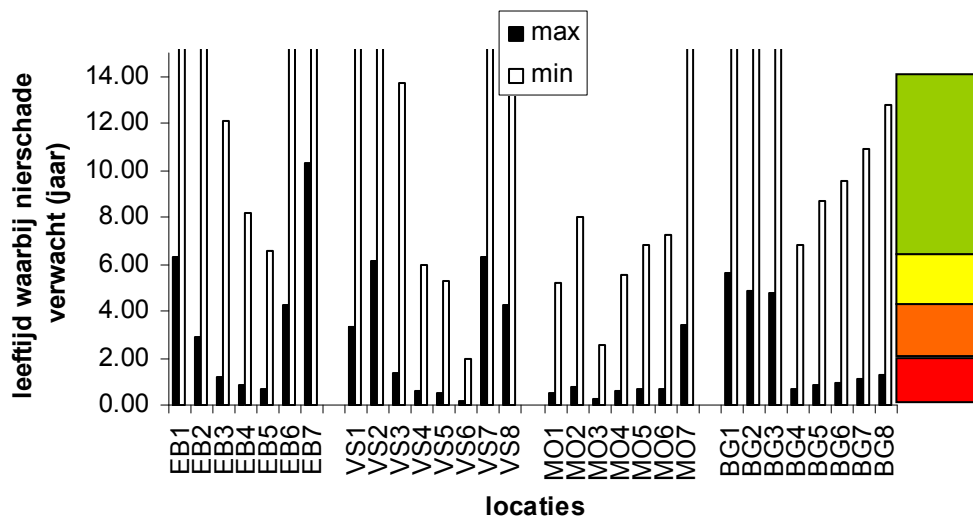


Figuur 1. Leeftijd waarop nierschade wordt verwacht bij de das (als gevolg van het eten van met cadmium belaste wormen) als het gehele foerageergebied belast is (max) of 10% van het gebied (min). Gekeurde balk rechts risico voor de populatie als nierschade gehaald in leeftijds-klasse: rood- groot risico, oranje- matig, geel-gering, groen-geen (zie Tabel 1.1).

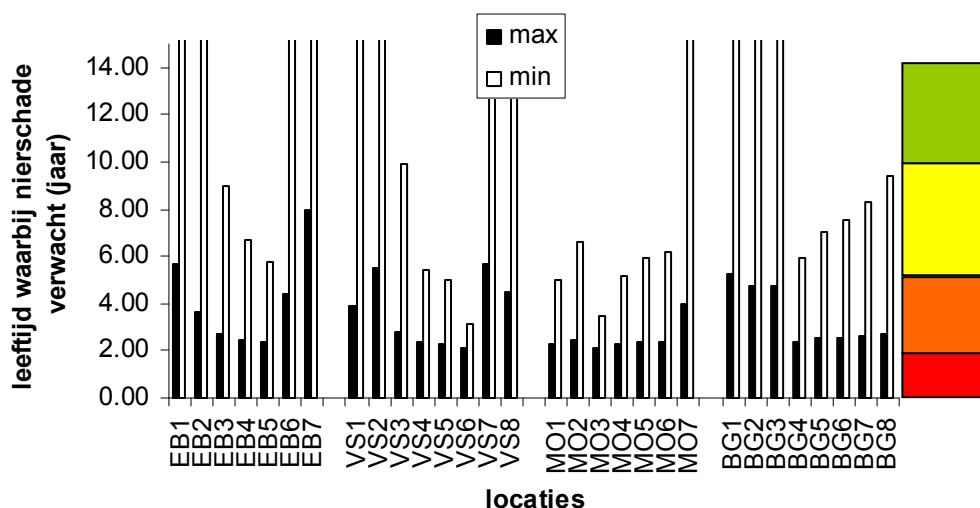


Figuur 2. Als figuur 1 voor de grutto.

Als door bekalken de pH met een eenheid toeneemt, neemt de leeftijd waarop nierschade wordt verwacht sterk toe met als gevolg een geringer risico voor de populatie. Als we uitgaan van 10% van het foerageergebied is belast zoals gemeten op de locatie (minimum inschatting weergegeven door de witte balken in de figuren) dan is voor de das het risico nu nog op slechts twee locaties matig tot groot, terwijl voor de grutto een matig tot groot risico is op vijf locaties (zie figuren 3 en 4).



Figuur 3. De invloed van bekalken (pH neemt met een eenheid toe) op de leeftijd waarop nier schade (als gevolg van het eten van met cadmium belaste wormen) wordt verwacht bij de das als het gehele foerageergebied belast is (max) of 10% van het gebied (min). Gekleurde balk rechts risico voor de populatie als nier schade gehaald in leeftijdsklasse: rood- groot risico, oranje- matig, geel-gering, groen-geen.



Figuur 4. Als figuur 3 maar dan voor de grutto.

Indien de gronden verzuren, door een afname van de pH met één eenheid neemt de leeftijd waarop nier schade optreedt sterk af en is het risico voor de populatie als gevolg van nier schade gehaald op jonge leeftijd groter. Voor de das is dan het risico voor de populatie op 2 locaties groot en op 14 locaties matig terwijl voor de grutto geldt dat 18 locaties het risico matig is (figuren niet getoond).

Bij de berekening van de leeftijd waarop een individu kans loopt op nier schade door cadmium zijn we van een maximale en een minimale risico inschatting uitgegaan. Bij de maximale inschatting is verondersteld dat 100% van het foerageergebied van het individu belast is met cadmium zoals gevonden op de locatie, bij de minimale inschatting veronderstellen we dat voor 10% van het gebied geldt. Bij de maximale inschatting treedt nier schade zowel bij de das als bij de grutto op in de eerst 6 levensjaren (m.u.v. de locatie EB7). De minimale schatting geeft hoogstwaarschijnlijk een realistischer beeld aangezien het niet realistisch is te verwachten dat

het hele foerageergebied van een individu een belasting heeft als gemeten op de locatie. Om de werkelijke bijdrage van een belaste locatie aan de leeftijd waarop nierschade wordt gehaald in te schatten is informatie nodig over welk deel van zijn voedsel het individu uit het belaste gebied haalt.

Om in te schatten wat de consequenties van het behalen van nierschade op een zekere leeftijd is voor de populatie is aangenomen dat nierschade een negatief effect heeft op de reproductie en overleving van het individu. Het is echter onbekend in hoeverre er een daadwerkelijk verband is tussen nierschade en reproductie en/of overleving. De gekozen interpretatie methode kan wel worden gebruikt als uitsluitingsmechanisme. Als het individu pas nierschade oploopt tegen het einde van zijn reproductieve periode zal dit nauwelijks effect hebben op de populatie overleving. Indien nierschade dus optreedt op een jonge leeftijd zijn populatie-effecten niet uit te sluiten.

Resultaten BERISP

Als invoer zijn de cadmium concentraties in de bodem, evenals de bodem pH en organisch stofgehalte gebruikt. In tabel 2 staan de invoer gegevens per locatie, evenals de berekende concentraties in verschillende prooi-items en steenuilen van twee jaar oud. De concentraties in de kleine zoogdieren zijn berekend voor de leeftijd van 250 dagen. De resultaten van de berekeningen voor de das staan in tabel 3.

Tabel 2. Data gebruikt als input voor modelberekeningen (Cd-totaal, pH en organisch stofgehalte) en de berekende cadmium concentraties in nieren van steenuilen en enkele prooi items. De geschatte concentraties in de nieren worden afgezet tegen een drempelwaarde van 100mg Cd/kg d.s. voor een matig risico (geel) en 800 mg/kg d.s. voor een ernstig risico (rood). Voor details aangaande modellering, zie Cormont et al. (2006).

locatie	Cd-totaal (mg/kg ds)	pH-KCl	Org. stof (%)	Steenuil mg/kg d.s. nier	Spitsmuis mg/kg d.s. nier	Woelmuis mg/kg d.s. nier	Worm mg/kg d.s.	gras mg/kg d.s.
EB1	1.8	4.35	45.00	69.3	90.0	0.4	20.6	0.2
EB2	3	4.32	21.40	153.1	198.3	0.7	45.5	0.3
EB3	9.3	3.35	49.50	363.7	470.7	1.2	108.2	0.6
EB4	32	4.61	43.60	534.1	690.9	1.6	159.0	0.8
EB5	21	3.84	31.50	671.3	868.1	1.8	199.8	0.9
EB6	2.2	5.09	14.50	103.3	133.9	0.5	30.7	0.3
EB7	0.63	3.92	38.10	42.5	55.3	0.3	12.6	0.1
VS1	7.8	4.93	61.30	132.5	171.9	0.7	39.4	0.3
VS2	1.4	4.32	30.60	71.6	92.9	0.4	21.3	0.2
VS3	3.2	4.07	7.40	320.2	414.3	1.0	95.3	0.5
VS4	42	4.46	40.10	733.1	948.0	2.0	218.2	1.0
VS5	32	4.24	26.60	830.3	1073.4	2.1	247.2	1.0
VS6	140	4.34	30.40	2215.9	2862.5	4.0	659.8	1.9
VS7	1.1	4.56	18.70	69.4	90.1	0.4	20.6	0.2
VS8	2.4	4.60	25.60	103.1	133.7	0.5	30.7	0.3
MO1	18	4.23	11.80	837.9	1083.1	2.0	249.4	0.9
MO2	30	4.53	40.80	548.5	709.6	1.7	163.3	0.8
MO3	46	4.68	7.60	1719.1	2220.7	3.1	511.8	1.5
MO4	53	4.58	44.00	786.2	1016.7	2.1	234.0	1.0
MO5	12	4.94	5.70	646.4	835.7	1.6	192.4	0.8
MO6	13	4.63	9.50	608.7	787.1	1.6	181.2	0.8
MO7	5.7	5.16	34.50	127.9	165.8	0.6	38.0	0.3
BG1	0.57	4.57	6.00	77.6	100.6	0.4	23.1	0.2
BG2	0.4	4.01	4.50	91.0	118.0	0.4	27.1	0.2
BG3	0.4	3.92	4.80	91.5	118.6	0.4	27.2	0.2
BG4	15	4.56	11.10	645.2	834.3	1.7	192.1	0.8
BG5	11	4.22	15.50	503.9	651.8	1.5	150.0	0.7
BG6	10	4.35	14.40	457.8	592.2	1.4	136.3	0.7
BG7	8.9	4.92	9.30	402.1	520.2	1.2	119.7	0.6
BG8	2.9	4.49	3.90	342.1	442.6	1.0	101.8	0.5

Tabel 3. Data gebruikt als input voor modelberekeningen (Cd-totaal, pH en organisch stofgehalte) en de berekende cadmium concentraties in nieren van dassen. De geschatte concentraties in de nieren worden afgezet tegen een drempelwaarde van 100mg Cd/kg d.s. voor een matig risico (geel) en 800 mg/kg d.s. voor een ernstig risico (rood). Voor details aangaande modellering, zie Cormont et al. (2006).

locatie	Das mg/kg d.s. nier
EB1	42.47
EB2	88.87
EB3	239.14
EB4	447.37
EB5	462.25
EB6	59.02
EB7	23.69
VS1	103.12
VS2	41.34
VS3	169.54
VS4	615.25
VS5	602.18
VS6	2053.7
VS7	38.36
VS8	61.14
MO1	508.57
MO2	444.19
MO3	1093.2
MO4	708.88
MO5	368
MO6	361
MO7	88.08
BG1	39.39
BG2	45.09
BG3	45.34
BG4	391.55
BG5	304.92
BG6	275.02
BG7	235.97
BG8	176.56

Bijlage 19 Populatie-effecten regenwormen (PODYRAS)

Methoden

Om de populatie groei van regenwormen onder invloed van zink te bepalen gebruiken we het populatiedynamische model PODYRAS (Klok & de Roos, 1996; Klok et al., 1997, 1998; Klok et al. 2007; Klok, 2007; Klok, submitted). Dit model is ontwikkeld voor de soort *Lumbricus rubellus* een in Nederlandse bodems algemene regenwormen soort. Onderliggende relaties voor PODYRAS zijn de individuele groei, overleving en reproductie van regenwormen als functie van een stress factor (bijvoorbeeld zink belasting in de bodem). Deze relaties zijn afkomstig van langlopende bioassays onder verschillende belastingniveaus van de stress factor.

De groeidata van regenwormen worden gefit met een Von Bertalanffy-curve. Dit type groeicurve veronderstelt dat de groei in gewicht afneemt met de leeftijd volgens de vergelijking:

$$l(a) = l_m - (l_m - l_b)e^{-\gamma a}$$

waarin:

- $l(a)$ = de 3^e-machtswortel van het gewicht (g) van een regenworm van de leeftijd a
- l_m = de 3^e-machtswortel van het maximale gewicht (g) van een individu
- l_b = de 3^e-machtswortel van het geboortegewicht (g) van een individu
- γ = een constante voor groei van de regenworm (jr^{-1})
- a = leeftijd (jr)

De grootte van de worm is van belang omdat deze bepalend is voor het optreden van coconproductie. De grootte komt overeen met de 3^e-machtswortel van het gewicht. De relatie tussen de coconproductie en de leeftijd wordt dan als volgt weergegeven:

$$m(a) = r_m [l_m - (l_m - l_b)e^{-\gamma a}]^2 \quad \text{voor } l(a) \geq l_{ad}$$

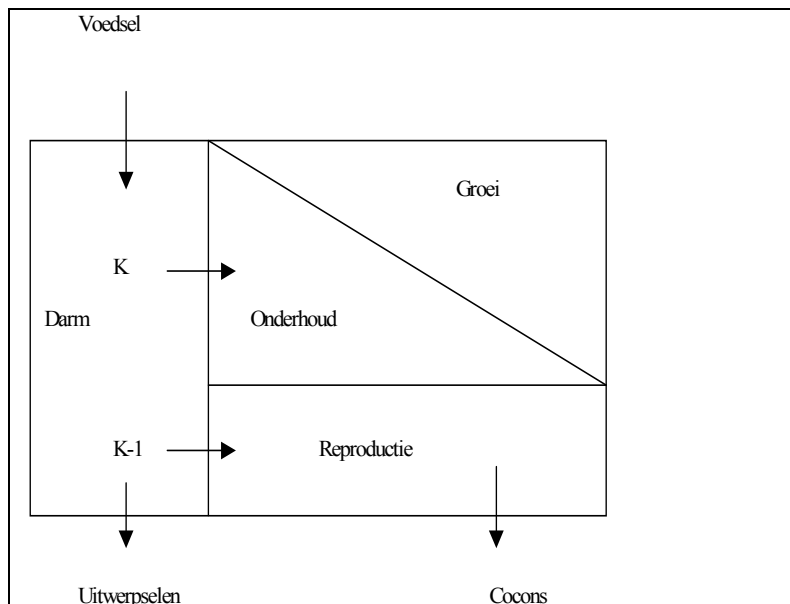
en

$$m(a) = r_m [l_m - (l_m - l_b)e^{-\gamma a}]^2 \quad \text{voor } l(a) \geq l_{ad}$$

waarin:

- $m(a)$ = de reproductie van de regenworm op leeftijd a
- l_{ad} = de 3^e-machtswortel van het gewicht (g) waarop het adulte stadium wordt bereikt en de individuen gaan reproduceren
- r_m = de maximale reproductie bij het maximale gewicht

Onder invloed van zink zullen de te schatten parameters (l_m , γ , r_m) andere waarden aannemen. Dit wordt veroorzaakt door veranderingen in de energiehuishouding van het individu (figuur 1). Een vaste fractie K van de opgenomen energie uit voedsel gaat naar onderhoud en groei, de restfractie $1-K$ wordt besteed aan reproductie. Reproductie kan pas plaatsvinden als de worm gegroeid is tot een bepaald lichaamsgewicht (l_{ad}).



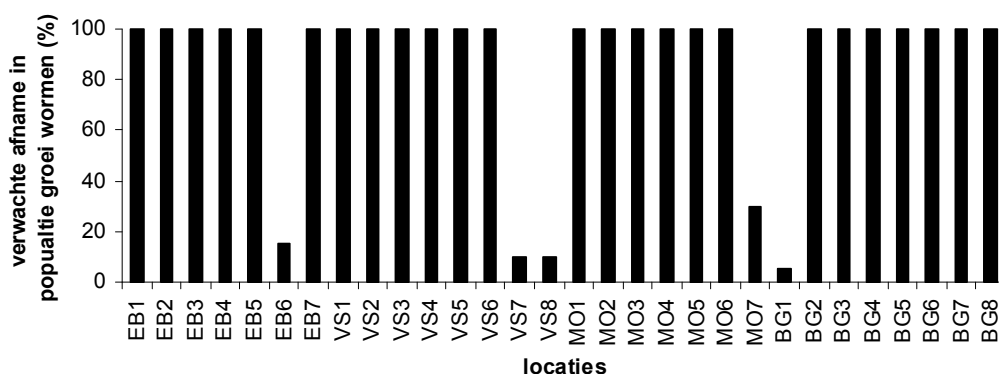
Figuur 1. Schematische wijze waarop energie wordt verdeeld in een organisme (naar Kooiman & Metz, 1984).

Onder invloed van verontreiniging met bijvoorbeeld zink wordt de behoefte aan onderhoudsenergie hoger om het opgenomen zink te ontgiften. Doordat dan een groter deel van K naar onderhoud gaat en minder energie beschikbaar is voor groei leidt dit tot een hogere constante voor groei (γ), een lager maximaal te behalen gewicht (I_m) en een lagere maximale coconproductie (r_m).

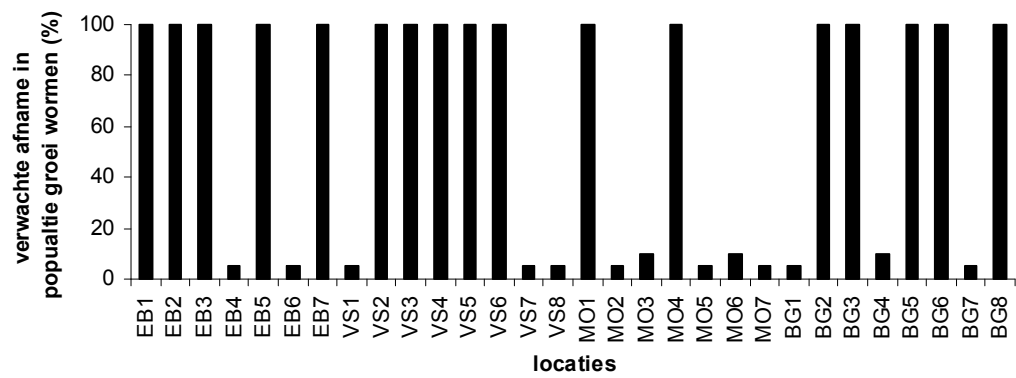
Bij een hogere zinkbelasting groeien individuele regenwormen dus langzamer waardoor ze op een hogere leeftijd volwassen worden en minder cocons produceren. Hierdoor neemt de populatiegroei af, waardoor er minder regenwormen beschikbaar zijn voor dieren die van regenwormen leven, zoals de grutto en de das.

Resultaten

In figuur 2 en figuur 3 worden respectievelijk de effecten van een verhoging van de pH met één eenheid en een verlaging met één eenheid op de geschatte populatiegroei van regenwormen op de bemonsterde locaties in het Dommeldal weergegeven.



Figuur 2. Afname in populatiegroei regenwormen op locaties als gevolg van de aanwezige zink concentratie gebaseerd op totaal gehalte zink in bodem (mg/kg ds) en verzuring (pH -1).



Figuur 3. Afname in populatiegroei regenwormen op locaties als gevolg van de aanwezige zink concentratie gebaseerd op opneembare fractie (CaCl₂) in bodem (mg/kg ds) en verzuring (pH - 1).

Bijlage 20 Uitgebreide literatuurstudie

De afgelopen jaren zijn een groot aantal studies uitgevoerd in en met relevantie voor de situatie in het Dommeldal. In deze bijlage wordt een uitgebreid overzicht gegeven van de relevante onderzoeksresultaten.

Allereerst heeft men in het Dommeldal te maken met overstroming wat, nog los van de aanvoer van verontreiniging en nutriënten, an sich ook een effect heeft op de bodemfauna, de vegetatie en de beschikbaarheid van verontreinigingen, en daarmee op de mogelijkheden voor natuurontwikkeling. Deze studies worden samengevat in paragraaf 20.1. In het Triade-onderzoek blijkt de regenwormenvoedselketen zeer belangrijk. In paragraaf 20.2 wordt daarom ingegaan op de regenwormenfauna in uiterwaarden in het algemeen en het Dommeldal in het bijzonder. Onderzoek heeft aangetoond dat de cadmium- en zinkgehalten in gewassen in de Kempen verhoogd zijn en tot risico's bij runderen kunnen leiden. In paragraaf 20.3 worden deze bevindingen samengevat. In paragraaf 20.4 tenslotte worden de mogelijke risicoreducerende maatregelen besproken, zowel voor bestaande verontreiniging als voor het voorkomen van verontreiniging. Tevens wordt ingegaan op een scenariostudie, waarin het effect van enkele risicoreducerende maatregelen zijn doorgerekend.

- 20.1 Effecten van overstroming op natuurwaarden en organismen
 - 20.1.1 Effecten op (bodem)fauna
 - 20.1.2 Effecten op vegetatie
 - 20.1.3 Biobeschikbaarheid van verontreinigingen
- 20.2 Regenwormen in Dommeldal en uiterwaarden
- 20.3 Gehalten in gewas en de risico's voor runderen
- 20.4 Risicoreducerende beheersmaatregelen
 - 20.4.1 Maatregelen om nieuwe verontreiniging te voorkomen
 - 20.4.2 Maatregelen om risico's bestaande verontreiniging te reduceren
 - 20.4.3 Scenario studie

20.1 Effecten van overstroming op natuurwaarden en organismen

Veel van wat bekend is over het effect van overstroming op natuur komt voort uit onderzoek naar de mogelijkheid van waterberging in natuurgebieden langs rivieren (Runhaar & Jalink, 2007; Runhaar et al., 2004; Sival et al., 2002; Klok et al., 2003; Massop et al., 2003; Runhaar & Jansen, 2004). Deze algemene bevindingen worden hier samengevat, waarbij aspecten die niet relevant zijn voor het Dommeldal (bijvoorbeeld verzilting) buiten beschouwing worden gelaten.

Bij overstroming spelen een groot aantal aspecten een rol. Runhaar et al. (2004) geven een samenvatting van de kennis van deskundigen met betrekking tot waterberging in natuurgebieden en in welke mate bepaalde natuurdoelen al dan niet te combineren zijn met waterberging. Van de mogelijke effecten die in Runhaar et al. (2004) gesignaleerd zijn worden voor het Dommeldal de volgende relevant geacht:

- 1) Verdrinken van organismen (fauna en flora) als gevolg van overstromingen
- 2) Toename van de productiviteit als gevolg van de aanvoer van voedingsstoffen (externe eutrofiëring)
- 3) Toename van de productiviteit als gevolg van het vrijkomen van reeds aanwezige voedingsstoffen (interne eutrofiëring)
- 4) Vergiftiging van organismen door aanvoer of vrijkomen van toxische stoffen
- 5) Stijging van de pH onder invloed van aangevoerd hard oppervlaktewater (alkalinisering).¹

¹ Dit aspect is niet verder uitgewerkt, maar kan in het Dommeldal mogelijk een rol spelen door inlaat van kalkrijker kanaalwater via zijrivieren.

Effecten op de fauna, met name het risico op verdrinking, worden besproken in paragraaf 20.1.1. Effecten op de vegetatie worden besproken in paragraaf 20.1.2. en de invloed van overstroming op de biobeschikbaarheid van toxische stoffen wordt besproken in paragraaf 20.1.3.

Allereerst worden echter een aantal algemene bevindingen uitgelicht. Er blijkt relatief veel bekend over het effect van overstroming op vegetatie, maar nog relatief weinig over het effect op (bodem)fauna. Bij de vegetatie zijn de nutriënten bepalend voor de effecten, terwijl de bodemfauna vooral wordt beïnvloed door verdrinking en zware metalen. De kennis van de effecten van nutriënten en zware metalen is echter onvoldoende om abiotische randvoorwaarden, dat wil zeggen grenzen waaronder het voorkomen van natuurdoeltypen gewaarborgd is, af te kunnen leiden (Klok et al., 2003).

Overstromingen vinden meestal plaats in de winter en het vroege voorjaar. De effecten van overstromingen zijn het grootst wanneer deze later, in het late voorjaar en de zomer plaatsvinden. In deze periode is het groeiseizoen, zijn organismen actiever, vindt de reproductie plaats en treedt sneller zuurstofloosheid op als gevolg van hogere temperaturen. Om de effecten te beperken is het daarom wenselijk om overstromingen in het late voorjaar en de zomer zoveel mogelijk te voorkomen.

De overstromingsfrequentie bepaalt in sterke mate de mogelijkheden tot herstel van de flora en fauna. De mogelijkheden om waterberging en natuur te combineren zijn het grootst bij zeer frequente óf zeer infrequente overstromingen. Bij zeer frequente overstromingen (meer dan eens per 2 jaar) kunnen zich aan overstromingen aangepaste ecosystemen ontwikkelen. Pioniersoorten zullen hierbij in het voordeel zijn. Bij zeer infrequente overstromingen krijgen ecosystemen tussendoor de tijd om zich te herstellen.

20.1.1 Effecten op (bodem)fauna

Algemeen

Door langdurige en frequente overstroming kunnen leefgebieden (tijdelijk) verdwijnen. Behalve permanente leefgebieden, kunnen ook foerageergebieden, voortplantingsgebieden en migratiegebieden (corridors) tijdelijk buiten gebruik raken.

Daarnaast kan in geval van langdurige onder water staan van gebieden zuurstofloosheid optreden in de bodem, afhankelijk van temperatuur, stroomsnelheid en wind. Deze zuurstofloosheid is van groot belang voor de effecten op de (bodem)fauna. In het zomerhalfjaar treedt, vanwege de hogere temperaturen, sneller zuurstofloosheid op. De bodemfauna is dan ook gevoeliger voor overstromingen in het zomerhalfjaar dan overstromingen in het winterhalfjaar.

De snelheid waarmee de (bodem)fauna zich kan herstellen na overstromingen is sterk afhankelijk van ruimtelijke aspecten. In geïsoleerde en reliëfarme gebieden bestaat er een grote kans op het uitsterven van populaties. Daarnaast is voor een snel herstel na overstroming de aanwezigheid van aangrenzende natuurgebieden van groot belang voor hervestiging van soorten.

Grotere fauna

Het belangrijkste effect van overstroming op de fauna is verdrinking. De duur van het onder water staan is het meest bepalend voor de effecten op de grotere fauna. Hoewel een groot aantal soorten prima kan zwemmen, geldt vooral voor de kleinere soorten dat ze door een combinatie van uitputting, onderkoeling en gebrek aan voedsel binnen enkele dagen verdrinken. Soorten met een snelle stofwisseling, zoals spitsmuizen, kunnen soms maar enkele uren zonder voedsel overleven. Bij vogels kunnen de jongen verdrinken.

Verdrinking treedt vooral op bij diepe, langdurige en/of grootschalige overstroming. In het zomerhalfjaar is de fauna kwetsbaarder voor verdrinking omdat dit de periode is waarin organismen het meest actief zijn en de reproductie plaatsvindt (zie tabel 20.1). De aanwezigheid van hoogwatervluchtplaatsen kan verdrinking beperken, vooral voor die soorten die mobiel zijn zoals de grotere fauna (zoogdieren en vogels). Zij lopen echter wel een verhoogde kans op predatie omdat ze op een kleiner gebied worden gedreven.

Bij langdurige winterberging kan ook verdrinking optreden van reptielen en amfibieën. Een groot aantal van deze soorten overwintert op hoogwatervrije plekken (Bosman, 1995). Amfibieën

kunnen kortdurende overstromingen vermoedelijk goed overleven omdat door de verlaagde lichaamstemperatuur is de zuurstofopname gering is. Reptielen zijn minder tolerant voor overstromingen dan amfibieën vanwege het ontbreken van een huidademhaling. Zij zullen sneller last krijgen van zuurstofloosheid.

Tabel 20.1 Perioden waarin een aantal diergroepen extra kwetsbaar is voor overstroming door de aanwezigheid van jongen (Runhaar et al., 2004).

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Zoogdieren		+	+	+	+	+	+	+	(+)			
weidevogels			+	+	+	+						
overige broedvogels			(+)	+	+	+	+					
amfibieën		(+)	+	+	+	+						
reptielen				+	+	+	(+)					
Vlinders				+	+	+	+	+	+			

Kleinere (bodem)fauna

De fauna die in de bodem leeft is het meest gevoelig voor het onder water staan van een gebied. Door luchtinsluiting kan de bodemfauna een kortdurende overstroming vaak overleven. Dat geldt vooral voor lutumhoudende gronden. Wormen bijvoorbeeld, kunnen inundatie redelijk doorstaan. Echter, bij langdurige overstroming en bij hogere temperaturen kan zuurstoftekort optreden en treedt sterfte op.

Voor insecten en andere ongewervelden in de vegetatie of in de bodem kunnen kortere en langdurige overstromingen leiden tot verdrinking. Sommigen insecten overleven door in struiken en bodem te klimmen of op rondrijvend materiaal. Kolonievormende soorten zoals mieren zijn gevoelig voor langdurige overstroming (Vlinderstichting, 2004). Bij langdurige overstroming spelen ook indirecte effecten een rol, bijvoorbeeld schimmelaantasting door langdurige vochtige omstandigheden.

Sommige insecten en andere ongewervelden kunnen als ei, pop of als cyste langdurige overstroming doorstaan (Decleer, 2003). Een overlevingsstrategie is bijvoorbeeld het ingaan van een diapauze, waarbij de stofwisseling zeer laag is, of het vormen van cocons in geval van regenwormen. Deze hebben een grotere persistentie tegen zuurstofloosheid, en wanneer de adulte regenwormen wegvallen, is het mogelijk dat de populatie zich na overstroming ter plekke kan herstellen vanuit cocons.

20.1.2 Effecten op vegetatie

Overstromingstolerantie

In hoeverre overstroming leidt tot zuurstofgebrek en het afsterven van planten is afhankelijk van het tijdstip, de duur, de diepte en de mate van stroming. Het belangrijkste is het tijdstip: overstroming in de winter heeft weinig invloed op de vegetatie: omdat de planten niet actief zal geen zuurstofgebrek ontstaan. Bij overstroming gedurende het groeiseizoen zijn wel zuurstoftekorten te verwachten als gevolg van hogere temperaturen en grotere biologische activiteit. Overstroming gedurende het groeiseizoen zal in eerste instantie een nadelige invloed hebben op planten die gevoelig zijn voor zuurstoftekorten en die een gering herstelvermogen hebben. Ook de diepte en de mate van stroming zijn van belang. Bij ondiepe overstromingen kunnen planten als Biezen en Zeggen profiteren van het feit dat ze boven water uitsteken en zuurstof naar hun wortels kunnen transporteren. Indien het water stroomt zal het zuurstofgehalte van de waterlaag groter zijn en zal het langer duren voordat zuurstoftekorten optreden. Bij langdurige en diepe overstromingen gedurende het groeiseizoen zullen uiteindelijk vrijwel alle planten afsterven. Wat dan resteert zijn soorten met een groot regeneratievermogen (bijvoorbeeld moerasplanten met dikke wortelstokken als Gele plomp en Lisdodde) en soorten die zich via aangevoerd zaad weer snel kunnen vestigen (zoals bijvoorbeeld diverse Tandzaad- en Ganzevoetsoorten).

Door Massop et al. (2003) is de tolerantie van natuurdoeltypen voor overstroming uitgewerkt. Deze uitwerking is met name gericht op de overstromingstolerantie van de vegetatie binnen de natuurdoeltypen. Voor de uitwerking is de Waternood-applicatie 'Hydrologische randvoorwaarden voor natuur' gebruikt. Deze applicatie geeft voor alle plantengemeenschappen binnen een natuurdoeltype een indicatie voor de tolerantie voor zuurgraad, voedselrijkdom, zoutgehalte, herkomst van het water en overstromingstolerantie (Runhaar et al., 2002; <http://www.synbiosys.alterra.nl/waternood/>).

Van de vier meest voorkomende natuurdoeltypen in het Dommeldal zijn de plantengemeenschappen in moeras het meest tolerant: regelmatige overstroming is geen probleem. Daarna volgens elzenbroekbos en bloemrijk grasland. Nat schraalgrasland kan slechts tegen incidentele overstroming. Echter, elk natuurdoeltype omvat vaak meerdere plantengemeenschappen waarvoor de overstromingstolerantie niet altijd hetzelfde is. Een gedetailleerde uitwerking valt buiten het kader van de Triade-studie, voor details wordt verwezen naar de Waternood-applicatie.

Nutriënten

Voor wat betreft de invloed van nutriënten bij overstroming moet onderscheid gemaakt worden tussen de aanvoer van nutriënten met het water en slib (externe eutrofiëring) en het vrijkomen van nutriënten die reeds aanwezig waren (interne eutrofiëring). Voor wat betreft de externe eutrofiëring is de aanvoer van nutriënten door afzetting van sediment bij overstroming bepalend, daarmee kunnen aanzienlijke hoeveelheden voedingsstoffen worden aangevoerd. De kwaliteit van het oppervlaktewater heeft slechts beperkte invloed op de aanvoer van voedingsstoffen (Runhaar et al., 2004; Runhaar & Jansen, 2004). De afzetting van nutriënten met sediment bij overstroming bepaald de productiviteit van hooilanden langs beken. Dit wordt bevestigd door onderzoek in onder andere de Malpiebeemden en Dommelbeemden (Runhaar & Jansen, 2004).

Bij interne eutrofiëring spelen een aantal processen die zorgen voor het vrijkomen van nutriënten (Runhaar & Jalink, 2007; van den Brink et al., 2008; zie ook paragraaf 20.1.3). Nutriënten, met name fosfaat en sulfaat, binden aan ijzer- en aluminiumoxides. Door het onder water staan daalt de redoxpotential, waarbij het Fe(III) in het ijzeroxide gereduceerd kan worden naar Fe(II). Omdat Fe(II) mobieler is dan Fe(III), kan hiermee een deel van de bindingscapaciteit verdwijnen. Hierdoor wordt fosfaat gemobiliseerd. Na overstroming wordt het fosfaat weer gemobiliseerd. De risico's op fosfaاتمobilisatie zijn het grootst bij overstroming in de zomerperiode omdat dan de biologische activiteit het grootst is en dus de sterkste invloed op bacteriële redoxprocessen te verwachten is. Voor stikstof kan het ontstaan van anaërobe omstandigheden leiden tot een afname, omdat daarbij nitraat wordt omgezet naar stikstofgas.

De aanvoer van hard (bicarbonaatrijk) en sulfaatrijk water kan tevens leiden tot het beschikbaar komen van voedingsstoffen doordat de afbraak van organisch materiaal wordt gestimuleerd. In geval van ijzerarme substraten kan de aanvoer van sulfaatrijk water leiden tot het ontstaan van zeer toxisch waterstofsulfide. In hoeverre en onder welke omstandigheden sulfaat in terrestrische systemen leidt tot extra fosfaاتمobilisatie door de onttrekking van ijzer is niet duidelijk.

Door Oldeventerink (2000) werd voor een aantal beekdalgraslanden langs de Dommel (en de Zwarte Beek) een maximale jaarlijkse input van 0.1 tot 4.3 kg N/ha en 0.01 tot 0.71 kg P/ha berekend in een situatie waarin al het water in het gebied achterblijft (externe eutrofiëring). Omdat een groot deel van het water na de overstroming weer wordt afgevoerd zal de hoeveelheid in werkelijkheid nog lager zijn. Door Kemmers en Sival (2004) werden voor bevoeiingen langs de Dommel, de Reest en bij de Zijdebrug (Krimpenerwaard) aanvoeren berekend van 0.05 tot 0.2 kgP/ha en iets meer dan 1 kg N/ha bij een waterdiepte van 10 cm. Daarnaast berekenden ze voor bevoeiingen van enkele weken dat door interne eutrofiëring 0.08 tot 0.19 kg P en 5 tot 12 kg N per hectare vrij kwam.

Bij kortdurende overstromingen zijn waarschijnlijk weinig eutrofiëringproblemen te verwachten. Op kwelplekken is het risico op interne eutrofiëring en de vorming van toxisch waterstofsulfide gering.

Voedselrijkdom bepaalt vegetatiesamenstelling

De voedselrijkdom is zeer bepalend voor de vegetatiesamenstelling, maar de relatie nutriënten, productiviteit en soortensamenstelling is zeer complex en moeilijk te voorspellen. Factoren die een rol spelen zijn onder andere (Klok et al., 2003):

- ° De productiviteit hangt af van zowel N, P als K. De beperkende factor kan in de tijd, afhankelijk van de omstandigheden, variëren.
- ° De plantenbeschikbaarheid is niet altijd goed te bepalen
- ° De hoeveelheden nutriënten zijn in natuurlijk systemen vaak klein, echter de fluxen zijn bepalend en deze kunnen groot zijn

Een belangrijke indicatie voor de aard van nutriëntenbeperking is de N/P verhouding van de vegetatie. In zowel de Malpiebeemden als de Dommelbeemden blijkt de meeste gevallen N beperkend te zijn (verhouding N/P <14) (Runhaar & Jansen, 2004).

Voor terrestrische vegetatie zijn de eisen voor zuurgraad (pH) en vochttoestand relatief goed bekend (Klok et al., 2003). Deze zijn systematisch per vegetatietype samengevat in de database 'abiotische randvoorwaarden voor natuurdoeltypen' (Wamelink & Runhaar, 2000) en de Waternood-applicatie 'Hydrologische randvoorwaarden voor natuur' (Runhaar et al, 2002). Voor wat betreft de voedselrijkdom zijn de randvoorwaarden echter veel minder duidelijk.

Bij overstroming worden gradiënten in nutriënten aangetroffen: de hoogste gehalten worden dicht bij de oever gevonden, terwijl de concentraties afnemen met toenemende afstand van de beek. Dientengevolge kunnen de hoogproductieve ruigtes, zoals moeras, vooral nabij de oeverzone verwacht worden, terwijl de echt laagproductieve vegetaties voornamelijk voorkomen langs de randen van de overstromingsvlakte (Runhaar & Jalink, 2007; Verbeek, 2005)

20.1.3 Biobeschikbaarheid van verontreinigingen

De invloed van veranderende bodemeigenschappen op de beschikbaarheid van metalen (en organische microverontreinigingen) wordt uitgebreid beschreven in van den Brink et al. (2008). Deze invloed wordt voor metalen samengevat in tabel 20.2. De invloed van een aantal van deze bodemeigenschappen wordt hieronder kort toegelicht.

Tabel 20.2 Effect van bodemeigenschappen op de beschikbaarheid van metalen. De codering heeft betrekking op de beschikbaarheid bij toename van de betreffende bodemeigenschap (++ sterke toename beschikbaarheid, + toename, 0 geen effect, - afname, -- sterke afname) (naar: van den Brink et al., 2008).

Bodemeigenschap	Cd	Zn	As	Cu	Ni	Pb
pH	--	--	+	-/--	--	--
Klei	-	-	0	-	-	-
Organische stof	-	-	0	--	-	-
DOC ¹	+	+	0	++/+	+	+
Fe/Al/Mn-hydroxides	0/-	0/-	--	0	0	-
Redoxpotentiaal	++	++	-	+	++	+/-
Grondwaterkwaliteit						
- calcium	-	-	0	-	-	-
- nutriënten (P en S)	0	0	+	0	0	-
- zout	+	+	0	0	+	+

¹Dissolved Organic Carbon, opgeloste organische stof

De zuurstofhuishouding is van belang voor de binding van metalen. Onder zuurstofrijke omstandigheden spelen met name de pH, het kleigehalte en het organisch stof gehalte een rol. Wanneer bodems echter onder water komen te staan (zoals bij overstroming of verhoging van de waterstand) daalt de redoxpotentiaal. Dit gaat meestal gepaard met een stijging van de pH waardoor metalen worden vastgelegd. Ook ijzer(III)hydroxiden en in mindere mate aluminiumhydroxiden spelen een rol bij de binding van metalen, maar minder groot dan klei en organisch stof. Bij een verdere daling van de redoxpotentiaal worden Fe(III) en Mn(IV) verbindingen gere-

duceerd naar Fe(II) en Mn(III) verbinden. Omdat de Fe(II) verbindingen veel mobieler zijn gaat bindingscapaciteit verloren. Voor cadmium, zink en koper heeft dit echter pas gevolgen als de redoxpotentiaal zo ver daalt dat sulfaat (in aanwezigheid van organisch stof) wordt omgezet in sulfide, dat metalen vastlegt in de vorm van metaalsulfiden. Dit proces is reversibel dus als de grond weer zuurstofrijk wordt komen de metalen weer vrij.

Naast organisch stof in de fase van de bodem komt ook in de waterfase opgeloste organisch stof (DOC) voor, waaraan metalen kunnen binden. Koper vertoont een zeer specifiek binding met DOC, waardoor bij toename van het DOC de beschikbaarheid van koper sterk toeneemt. Voor cadmium en zink speelt dit een minder belangrijke rol.

Ijzer en aluminium (hydr)oxides zijn de belangrijkste bindingsplaatsen voor oxyanionen, waaronder arseen. Daarnaast bindt ook lood hieraan. Onder zure omstandigheden ($\text{pH} < 4$) begint aluminiumhydroxide op te lossen waardoor een deel van de bindingscapaciteit verloren gaat. Bij nog lagere pH begint ook ijzeroxide op te lossen. Onder reducerend omstandigheden kan het Fe(III) in het ijzeroxide gereduceerd worden naar Fe(II). Omdat Fe(II) mobieler is dan Fe(III), kan hiermee een deel van de bindingscapaciteit verdwijnen. Natte (reducerende) omstandigheden leiden daarom tot verhoogde concentraties arseen (en fosfaat) in het poriewater.

Zouten in het grondwater binden aan de zelfde absorptieplaatsen aan klei en organisch stof. Door verdringing komen daardoor metalen, met name cadmium en zink, vrij. Calcium heeft een complexere invloed. Permanent hoge concentraties calcium zijn vaak het gevolg van de aanwezigheid van kalk. Het effect van de verhoogde metaalbeschikbaarheid door calcium wordt dan weer gecompenseerd door de hoge pH als gevolg van kalk. Daarnaast neemt bij hoge calcium concentraties de oplosbaarheid van DOC af hetgeen de mobiliteit verlaagd. Nutriënten, met name fosfaat en sulfaat, binden net als andere oxyanionen (As en Cr) aan ijzer- en aluminiumoxides. Hoge concentraties fosfaat en sulfaat verhogen dus de beschikbaarheid van arseen en chroom.

Voor de meeste metalen is de beschikbaarheid hoog bij een lage pH, een laag klei gehalte, weinig organisch stof, een lage hoeveelheid opgelost organische stof en een hoge redoxpotentiaal (d.w.z. zuurstofrijke omstandigheden). Wat direct opvalt in tabel 20.2 is dat cadmium en zink vergelijkbaar reageren op veranderende bodemeigenschappen en dat arseen sterk afwijkend gedrag vertoont. Zo neemt voor arseen als enige metaal de beschikbaarheid toe bij een toename van de pH en een afname van de redoxpotentiaal.

De hierboven samengevatte informatie uit van den Brink et al. (2008) heeft betrekking op bodemeigenschappen in het algemeen. Bij een langer durende overstroming kan zuurstofloosheid optreden, kan de redoxpotentiaal verlagen en kunnen sulfides gevormd worden (bij aanwezigheid van sulfaat). Ook zal in de meeste gevallen de pH toenemen. Hierdoor worden de meeste metalen, waaronder cadmium en zink, minder beschikbaar. Arseen wordt echter juist beter beschikbaar. Dit proces lijkt reversibel (Runhaar et al., 2004; van den Brink et al., 2007; Kashem & Singh, 2001). Onder zuurstofloze omstandigheden kan kwik door micro-organismen gemethyleerd worden, waarbij vluchtige en toxische organokwikverbindingen gevormd kunnen worden (Stuyt et al. 2001). Ook kan het seizoen waarin de overstroming plaatsvindt nog een rol spelen: bij hogere temperaturen zal de beschikbaarheid van cadmium en zink groter zijn dan bij lager temperaturen (Den Besten, 2000).

Over de veranderingen van de biobeschikbaarheid van metalen in relatie tot overstroming is weinig bekend. Het lijkt erop dat tijdens het onder water staan de beschikbaarheid van enkele, maar niet alle metalen terugloopt. Gegevens over de beschikbaarheid ná overstroming, op het moment dat de redox-potentiaal weer toeneemt, zijn niet bekend.

20.2 Regenwormen in Dommeldal en uiterwaarden

Wormen spelen een belangrijke rol in terrestrische voedselketens met wormetende hoge soorten. Daartoe behoren ook belangrijke doelsoorten als das en steenuil. Kleine zoogdieren als mollen en bepaalde soorten spitsmuizen eten per dag bijna hun lichaamsgewicht aan regenwormen (Ma & Talmage, 2001).

In deze paragraaf worden een tweetal studies samengevat. De eerste is een studie van Ma et al (2004) in de uiterwaarden van de Afferdensche en Deestsche Waarden waarin getracht is de factoren die de aanwezige regenwormenpopulaties bepalen te ontrafelen. De tweede is een onderzoek van Bleeker & van Gestel (2007) dat in het kader van het AquaTerra project is uitgevoerd naar het voorkomen van en metaalconcentraties in regenwormen in het overstromingsgebied langs de Dommel.

Uiterwaarden (Ma et al., 2004)

Ma et al (2004) deden onderzoek naar invloed van potentieel sturende omgevingsfactoren, waaronder hoogteligging, textuur en verontreinigingen van de bodem, nutriëntengehalte en bodemvocht op de regenwormenpopulatie in de Afferdensche en Deestsche Waarden, een uiterwaard van de rivier de Waal. Daartoe is de regenwormenpopulatie gedurende twee achtereenvolgende jaren bemonsterd in de maanden november, mei en augustus. Ondanks dat het gebied is verontreinigd en regelmatig overstroomt komen regenwormen er in een grote dichtheid en soortendiversiteit voor. Uit multivariate statistiek blijkt dat de hydrodynamiek en het bodemvochtgehalte belangrijke sturende parameters vormen voor de soortsdiversiteit en populatiedichtheden. De metaalverontreiniging bleek van minder belang.

De regenwormenpopulatie kan worden ingedeeld in drie groepen (Ma et al., 2004):

- epigeïsch: deze soorten leven dicht aan het oppervlak van de bodem en het strooisel. Ze zijn detrivoor (strooiseleTERS);
- endogeïsch: deze soorten leven iets dieper in de organo-minerale zone van de bodem. Ze halen hun voedsel uit het organisch stof van de bodem.
- anecisch: deze soorten maken permanente diepe gangen in de bodem en zetten hun castings (uitwerpselen) af op het oppervlak. Ze zijn detrivoor;

Bij overstroming in de Afferdensche en Deestsche Waarden blijft de bodem onder het grensvlak van bodem en water droog. Infiltratie wordt waarschijnlijk voorkomen doordat de overstroming snel gaat en er tegendruk is van de ingesloten luchtvoorraad in de bodem. Hierdoor zijn regenwormen goed in staat zich gedurende periodieke overstromingen te handhaven, tot enkele maanden. Direct negatieve effecten van overstroming hebben vooral betrekking op de epigeïsche soorten die dicht aan het oppervlak leven, zoals *Lumbricus rubellus*, maar mogelijk ook voor een anecische soort zoals *Aporrectodea longa*. De endogeïsche soorten die in de minerale (boven)laag van de bodem leven hebben veel minder last van overstromingen. Oppervlakkig levende wormen kunnen dus minder goed tegen overstroming dan de dieper levende soorten. De aantallen van oppervlakkig levende soorten zullen na overstroming dan ook lager zijn.

De populatiebiomassa in de Afferdensche en Deestsche waarden kan plaatselijk en per seizoen variëren tussen de 400 en 1500 kg versgewicht per hectare. Het bodemvocht had voor alle soorten een belangrijke bepalende invloed op de grootte van de regenwormenpopulatie. Bodemvocht wordt weinig of niet beïnvloed door overstromingen maar meer bepaald door het seizoen: in de zomer vertoont de populatie een dip (de biomassa is gehalveerd) die zich in het najaar weer volledig herstelt. Daarnaast bepaalden de locatie en terreinhoogte de aantallen en biomassa regenwormen. De (beschikbare) concentraties metalen speelden een onderschikte rol. Slechts voor het beschikbare zinkgehalte werd een duidelijk negatief effect op de populatie aangetoond (dit is voor het Dommeldal verder uitgewerkt in de modelstudie met het model PO-DYRAS, zie paragraaf 7.3 in het eindrapport).

Dommeldal (Bleeker & van Gestel, 2007).

Bleeker & van Gestel (2007) hebben elke vier weken de regenwormendichtheden, bodemeigenschappen en metaalconcentraties in bodem en regenwormen bepaald op enkele locaties in het overstromingsgebied van de Dommel. Er zijn twee locaties gekozen onder Eindhoven, nabij Waalre, een locatie ten noorden van Eindhoven bij Nijnsel en een referentielocatie langs de Keersopperdreef, dicht bij het punt van samenkomen met de Dommel.

De regenwormen biomassa en dichtheid fluctueerde in de tijd van respectievelijk 4 tot 289 per m² en 2 tot 70 g versgewicht/m². Multivariate statistiek geeft aan dat het organisch stof gehalte

en het bodemvocht de belangrijkste factoren zijn die de regenwormenbiomassa bepalen. Opmerkelijk genoeg nam de biomassa en dichtheid toe met toenemende metaalconcentraties, wat suggereert dat er compenserende factoren zijn. Mogelijk dat nutriënten (die net als de metalen met het slib worden aangevoerd) een rol spelen.

Metaalconcentraties (Cd, Zn, Cu en Fe) werden bepaald in volwassen regenwormen van de drie meest dominant soorten (*Aporrectodea caliginosa*, *Allolobophora chlorotica* en *Lumbricus rubellus*). Hoewel de metaalconcentraties in de bodem niet extreem hoog waren (gestandaardiseerde gemiddelde concentraties tot 11 mg Cd/kgds en 310 mg Zn/kgds), zijn er hoge gehalten aangetroffen in de regenwormen: gemiddelde concentraties van 22 tot 478 mgCd/kgds en 541 tot 1211mg Zn/kgds. Hiermee worden achtergrondwaarden (ruim) overschreden. De metaalconcentratie in de regenwormen nam toe met toenemende totaalgehalten en beschikbare gehalten (0,01 M CaCl₂ extractie), er werden geen trends in de tijd waargenomen.

Daarnaast is een bioassay uitgevoerd die aangeeft of de regenwormen stress ondervinden, de neutraal rood retentie tijd assay. Ondanks de hoge interne concentraties konden met deze assay geen tekenen van stress in de regenwormen worden aangetoond.

20.3 Gehalten in gewas en de risico's voor runderen

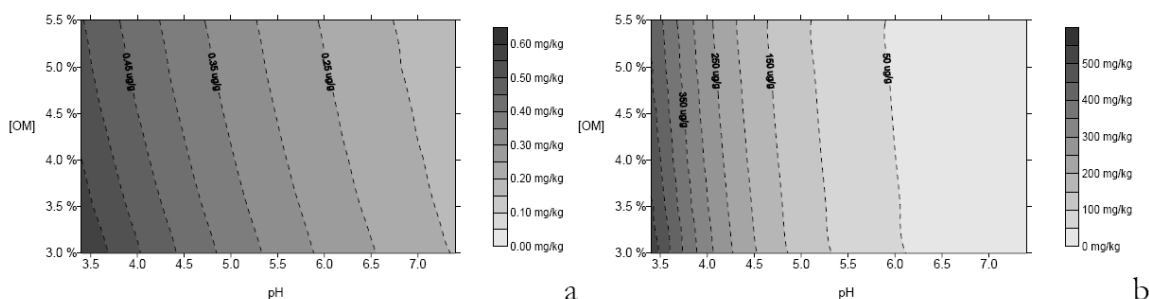
Er zijn in het overstromingsgebied van de Dommel diverse onderzoeken gedaan naar de opname van metalen in gras en de risico's voor runderen, te weten in de Malpiebeemden (Römkens et al., 2006) en de Dommelbeemden, Kettingdijk en het Plateau (Rietra & Römkens, 2007). Daarnaast zijn diverse onderzoeken gedaan naar de opname van metalen in landbouwgewassen, waaronder gras, in de Kempen buiten het overstromingsgebied (Rietra et al., 2004; 2005). Voor hetzelfde gebied is ook een modelstudie uitgevoerd naar de risico's voor runderen (Römkens et al., 2007). Omdat de gewassen, gehalten en/of bodemeigenschappen afwijken van die in het overstromingsgebied zijn deze van minder belang voor de ecologische risico's in het Dommeldal. De bevindingen uit de genoemde onderzoeken zijn voor een belangrijk deel al aan de orde gekomen in de bespreking van de resultaten van de grasanalyses in paragraaf 6.4 van het eindrapport. Een aantal aanvullende en/of opvallende zaken worden hier uitgebreider besproken.

Uit de onderzoeken naar de opname in gras en de risico's voor runderen kan afgeleid worden dat er in het overstromingsgebied risico's voor runderen bestaan, als gevolg van verhoogde opname van cadmium (Römkens et al., 2006). Er zijn relaties afgeleid voor gehalten in gewas op basis van gehalten in de bodem (totaal of in extracten) en bodemeigenschappen. Deze relaties zijn reeds in paragraaf 6.3 van het eindrapport besproken en terug te vinden in tabel 12 van het eindrapport. Uit de afgeleide relaties vallen een aantal dingen op. Allereerst blijkt dat de pH de belangrijkste sturende factor voor de opname in gewas, zowel binnen als buiten het overstromingsgebied. In het overstromingsgebied spelen daarnaast het organisch stof gehalte en in mindere mate ook het lutumgehalte een rol in de beschikbaarheid (Römkens et al., 2006; 2007). Niet in alle gevallen kon een significante relatie afgeleid worden (Römkens et al., 2006). Bovendien blijkt het zinkgehalte in het gewas veel beter te voorspellen dan het cadmiumgehalte. Een duidelijke verklaring hiervoor is niet gevonden.

Door Rietra et al (2004) is de vuistregel afgeleid dat er weinig risico's zijn voor overschrijding van de gewasnorm voor cadmium bij gehalten <1 mg Cd/kg of <2 mg Cd/kg én pH >5,5. In Rietra et al (2004) en Rietra & Römkens (2007) staan bovendien opzoektabelen waarmee bij een gegeven pH en gehalte cadmium in de bodem het gehalte in het gras voorspeld kan worden. Van den Brink et al (2008) hebben deze relaties gemodelleerd (zie figuur 20.1). Deze tabellen en figuren zijn echter opgesteld op basis van bodem-gewas relatie voor gras buiten het overstromingsgebied. De cadmiumgehalten liggen in het onderzochte overstromingsgebied veelal boven de 2 mg Cd/kg en de pH veelal onder de 5,5.

Het blijft onduidelijk of de algemene relaties die in de diverse onderzoeken ook toepasbaar zijn binnen het overstromingsgebied. In de uitwerking van de bodem-gewasrelaties die in eerdere onderzoeken zijn afgeleid geven in het Triade-onderzoek een sterke overschatting van de cadmium- en zinkgehalten in het gras (zie paragraaf 6.3 in het eindrapport). Dit hangt waarschijnlijk

samen met het feit dat er relatief oud gras, met een veel hoger droge stof gehalte, bemonsterd is. Het is wel mogelijk voor dit oudere gras het zinkgehalte op basis van versgewicht te voorspellen. Voor cadmium bestaat een dergelijk regressievergelijking niet. Door Rietra & Römken (2007) wordt geconcludeerd dat de opname in gras in de door hun onderzochte natuurgebieden niet systematisch afwijkt van die in landbouwgebieden. Wel is de pH in natuurgebieden ongeveer een halve eenheid lager dan die in landbouwgebieden. De beschikbaarheid van Cd en Zn is daarmee wat hoger. Bestudering van de onderzochte locaties doet echter vermoeden dat de onderzochte natuurgebieden niet of nauwelijks overstroomd worden. Daarmee blijft onduidelijk of hun bevindingen ook voor het overstromingsgebied gelden.

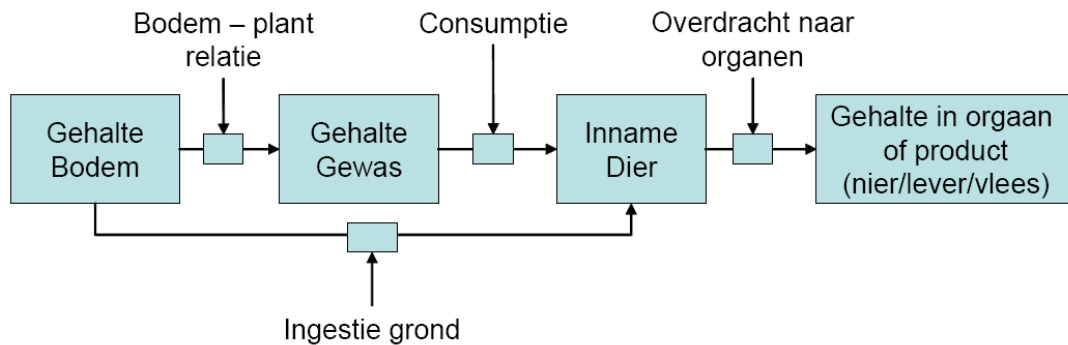


Figuur 20.1 Effect van de bodem pH en organisch stof op metaalconcentraties in gras in landbouwgebieden voor a) cadmium, b) zink. Gemodelleerd door van den Brink et al. (2008) op basis van diverse vergelijkingen uit Römken et al. (2007). Aangenomen zijn bodemconcentraties van 2 mg Cd/kgds en 50 mg Zn/kgds. In het geval van zink is een lutumfractie van 10% aangenomen.

Door Rietra & Römken (2007) wordt geconstateerd dat de verhouding Zn/Cd voor de Malpiebeemden afwijkt van zowel landbouwgebieden als de Dommelbeemden, Kettingdijk en Plateau: voor de Malpiebeemden is de Zn/Cd verhouding lager dan 25, voor de overige locaties hoger dan 25. Of met andere woorden: in de Malpiebeemden zit relatief veel cadmium. Hetzelfde geldt voor twee andere onderzoekslocaties langs de Dommel die overstroomd zijn (Rietra & Römken, 2007). Deze afwijkende verhouding kan invloed hebben op de bodem-plant relatie omdat zink invloed heeft op de opname van cadmium via plantenwortels. Dit zou betekenen dat in het overstromingsgebied juist wel een afwijkende bodem-gewas relatie geldt. In paragraaf 9.2 in het eindrapport wordt hier verder op ingegaan.

Behalve metingen in gras zijn er ook metingen in pitrus uitgevoerd. Pitrus blijkt hoge gehalten cadmium op te nemen. Rietra & Römken (2007) vonden bij 0,45 mg Cd/kgds totaal in de bodem al een gehalte in pitrus van 2,3 mg Cd/kgds. Dit is ongeveer tweemaal de veevoedernorm. Römken et al. (2006) vonden bij bodemgehalten van 14 tot 65 mg Cd/kgds (HNO_3 extractie) gehalten van 9 tot 27 mg Cd/kgds in pitrus. Hiermee wordt de veevoedernorm tot 25 keer overschreden. Echter, runderen laten pitrus staan zolang er voldoende gras is. Pitrus levert dus vermoedelijk geen grote bijdrage aan het totale dieet.

Het risico voor grazers is onderzocht door Römken et al. (2006; Malpiebeemden) en Rietra & Römken (2007; diverse natuurgebieden, ook langs de Dommel bij de Dommelbeemden). Hierbij is gebruikt gemaakt van een algemene modelberekening (zie figuur 20.2). Het risico wordt gebaseerd op een overschrijding van een No Observed Effect Concentratie in de organen van het organisme. Voor runderen wordt deze uitgedrukt in een Acceptabele Dagelijkse Inname



Figuur 20.2 Algemeen ketenmodel voor koppeling van bodemconcentratie naar intern gehalte in een orgaan (Römkens et al., 2007). Hierbij bestaat consumptie zowel uit voer als uit drinkwater.

De berekeningen van de risico's van koeien is door Römkens et al. (2006) uitgegaan van een 'gewone productie koe', met blootstelling via voer, aanhangende grond en water. Er werden in het overstromingsgebied van de Malpiebeemden risico's voor runderen vastgesteld: in de laaggelegen delen wordt de ADI gemiddeld 3,5 keer overschreden. De bijdrage uit water is van ondergeschikt belang (max 5%). Gras levert veruit de belangrijkste bijdrage (75-88%), grond draagt voor 7-25% bij.

Door Rietra & Römkens (2007) werd geconstateerd dat de risico's voor grazend vee in natuurgebieden beperkt zijn en niet anders dan in de eerder onderzochte landbouwkundig beheerde percelen. Echter, de door hun onderzochte natuurgebieden liggen grotendeels buiten het overstromingsgebied.

20.4 Risicoreducerende beheersmaatregelen

20.4.1 Maatregelen om nieuwe verontreiniging te voorkomen

Maatregelen om nieuwe verontreiniging te voorkomen zijn gericht op het voorkomen van sedimentatie van slib tijdens overstroming of het zoveel mogelijk beperken van de effecten daarvan. Een scenariostudie (Vink et al., 2007), waarbij met een model verschillende scenario's zijn doorgerekend, heeft aangetoond dat de kwaliteit van het zwevend stof in de Dommel zodanig is dat met sedimentatie van vers slib in het Dommeldal de concentraties cadmium en zink in de bodem, grassen, regenwormen en pissebedden zullen toenemen (zie paragraaf 20.4.3). Dit pleit er voor om sedimentatie van slib zoveel mogelijk te voorkomen. Maatregelen gericht op het voorkomen van sedimentatie van verontreinigd slib hebben als voordeel dat tegelijkertijd ook de eutrofiëring wordt beperkt.

Verschiedende oplossingsrichtingen zijn denkbaar, zoals (Runhaar & Jalink, 2007):

- Brongericht maatregelen zoals baggeren, het voorkomen dat eerder gesedimenteed slib opwerfelt, afkalving van verontreinigde oeverwallen voorkomen.
- Verminderen van de aanvoer door voorbezinking in een slibvang: hierbij kan ook worden gedacht aan moerasruigten bovenstrooms van de instroom in kwetsbaar natuurgebied. Logtse Baan lijkt deze werking te hebben.
- Vergroten van het overstroomde oppervlak, zodat de verontreinigingsvracht over een groter gebied wordt verspreid (minder per m²).
- Beïnvloeden van het stromings- en sedimentatiepatroon: als bijvoorbeeld de instroom aan het stroomafwaartse eind ligt en in het gebied al veel gebiedseigen water aanwezig is ontstaat een gradiënt in invloed van slibrijk beekwater.
- Het voorkomen van overstroming van bestaande zeer kwetsbare natuur of van locaties die zeer hoge potenties daarvoor bieden: te denken valt aan het aanleggen van kades rond zulke gebieden. Over het algemeen worden kades als ongewenst ervaren en verdient daarom niet de voorkeur. In principe zou het moeten gaan om een tijdelijke maatregel. Indien het gaat om tijdelijke kades is het van belang dat ze weer eenvoudig, zonder schade kunnen worden verwijderd.

- Om verspreiding van de verontreiniging door uitspoeling zoveel mogelijk te voorkomen is het van belang kwelsituaties te herstellen.

De aanvoer van slib kan ook beperkt worden door te komen door bovenstrooms afvoerpieken te dempen. Hiermee worden grootschalige en/of frequente overstromingen beperkt. Oplossingsrichtingen liggen o.a. in:

- Het zoveel mogelijk conserveren in de inziggebieden.
- Het infiltreren van hemelafvoerwater in de bodem
- Het vasthouden in laagten in oorspronggebieden
- Het tijdelijk bergen in bovenstroomse retentiebekkens (Logtse Baan vervult nu deze functie; een klein retentiebekken op de stuwwal direct bovenstrooms van de bronnen van het Springendal heeft bijvoorbeeld geleid tot afname van de piekafvoeren en van de aanvoer van fosfaatrijk slib, waardoor Brandnetel-Elzenbroeken weer ontwikkelen naar Veldkers-Elzenbroeken (Jalink et al., 2004)).
- Het verminderen van het effect door een groter gebied te laten inunderen.
- Het voorkomen van een deel van de overstroming doordat het water pas bij een bepaald peil over een oeverwal of kade het gebied in kan lopen. Deze situatie is vergelijkbaar met zomerpolders, zoals te vinden in de benedenlopen van veel beeksystemen, lage boezems en rivieruiterwaarden.

20.4.2 Maatregelen om risico's bestaande verontreiniging te reduceren

De afgelopen jaren zijn meerdere publicaties verschenen die ingaan op de mogelijkheden om met behulp van maatregelen in het kader van de inrichting en het beheer van natuurterreinen de risico's van verontreinigingen tegen te gaan of die hiertoe handvatten bieden. Uit deze en andere publicaties is een algemeen overzicht gegenereerd van de gevolgen van inrichtingsmaatregelen en de maatregelen die mogelijk zijn om risico's van metalen in de bodem te verminderen.

Soorten maatregelen

Algemene maatregelen in het kader van het natuurbeheer vallen uiteen in een aantal categorieën (Faber *et al.*, 2004; Klok *et al.*, 2004; van den Brink *et al.*, 2007; Stumpel *et al.*, 2007; www.natuurkennis.nl):

- Bodembeheer;
- Vegetatiebeheer;
- Waterbeheer (inclusief de waterbodem);
- Landschapsbeheer ('inrichting');
- Soortenbeheer (met name herintroductie e.d.).

Ten behoeve van deze rapportage dient onderscheid te worden gemaakt tussen algemene maatregelen in het kader van natuurbeheer en specifieke maatregelen die bedoeld zijn om de verontreinigingsgraad of de risico's van aanwezige verontreinigingen te reduceren.

Algemene maatregelen zijn niet specifiek gericht op bodemverontreiniging, maar kunnen hier wel aanzienlijk neveneffecten hierop hebben. Veranderingen in het waterbeheer, vegetatiebeheer en bodembeheer in natuurgebieden of het creëren van natuurterreinen op voormalige landbouwgronden kunnen namelijk leiden tot een toe- of afname van de ecologische risico's van verontreinigingen (van den Brink *et al.*, 2007; Stumpel *et al.*, 2007). Zo gaat verschraling vaak gepaard met een verzuring (Kemmers *et al.*, 2007) en deze hogere zuurgraad (pH) kan de biologische beschikbaarheid van toxische metalen vergroten (zie modellering van de bioaccumulatie van metalen in paragraaf 7.3 in het eindrapport). Vernatten zoals inunderen of periodiek inunderen leidt eveneens tot veranderingen in de biologische beschikbaarheid van metalen. Smit *et al.* (2007) geven in de bijlage van hun rapport een overzicht van een groot aantal algemene maatregelen in het natuurbeheer en de invloed hiervan op allerlei verschillende karakteristieken van de bodem zoals structuur, nutriënten, organische stof bodembiodiversiteit, verontreiniging en bodemarchief.

Daarnaast is het mogelijk om met behulp van specifieke ingrepen de ecologische risico's van aanwezige bodemverontreiniging bewust te reduceren. Zo kan er bekakt worden om de verzuuring tegen te gaan en aldus de beschikbaarheid van metalen te verminderen. Maar men kan bijvoorbeeld ook gebieden dusdanig inrichten dat de contactkans van soorten met aanwezige verontreinigingen afneemt. Uit de inventarisatie van Stumpel *et al.* (2007) bleek echter dat de aanwezigheid van contaminanten zelden als beslissingsfactor wordt gebruikt in het beheer en beleid.

Maatregelen tegen ecologische effecten van bodemverontreiniging zijn bijna altijd gericht op een of meerdere van de volgende drie doelstellingen:

- Verminderen van de verontreinigingsgraad;
- Verminderen van de biologische beschikbaarheid (of mobiliteit);
- Verminderen van de contactkans voor organismen.

Alle drie de categorieën maatregelen richten zich in feite dus op het reduceren van de blootstelling van organismen. In de volgende paragrafen worden kort de voors en tegens besproken van de belangrijkste in het Dommelgebied mogelijke risicoreducerende maatregelen in het kader van bodembeheer, vegetatiebeheer, waterbeheer en inrichting (soortenbeheer valt buiten de mogelijkheden; dit betreft maatregelen als uitzetten van dieren, nestkasten ophangen, opvang van zieke dieren e.d.).

Bodembeheer

Afgraven/afplaggen – Bij het afgraven of afplaggen van de bodem wordt de bovengrond verwijderd tot een bepaalde diepte. Afplaggen gebeurt tot een diepte van 15 cm (Stumpel *et al.*, 2007). Ofschoon dit mogelijke maatregelen ter verwijdering van verontreinigingen betreft, worden ze vaker toegepast om de nutriëntenvoorraad in de bodem te verminderen. De voedselrijke bovenlaag wordt ook wel ondergeploegd ter vermindering van de gemiddelde gehalten nutriënten in de bovengrond.

Afgraven of afplaggen leidt tot een vermindering van het organisch stofgehalte en afgraven ook tot een verlaging van de pH (van den Brink *et al.*, 2007). Een verlaagde pH geeft weer aanleiding tot een hogere biologische beschikbaarheid van metalen, als er zich tenminste nog metalen in de niet verwijderde grond bevinden. Als het afvoeren van grond speciaal plaats vindt om verontreinigingen te verwijderen, zal eerst zijn nagegaan tot hoe diep men moet afgraven. In dat geval zal bij een goed uitgevoerde en van tevoren goed overdachte verwijdering dus geen sprake meer zijn van schadelijke niveaus van de achterblijvende verontreinigingen.

Ingrepen als afgraven zijn echter zeer ingrijpend voor planten en voor het leefmilieu van faunasoorten. Het habitat zal een nieuwe successiereeks gaan ontwikkelen en dit is een proces dat jaren kan duren. Bepaalde soorten zullen definitief verdwijnen terwijl nieuwe soorten zich zullen vestigen. Afgraven en afplaggen is ook duur, zeker als er verontreinigd materiaal moet worden afgevoerd. De voor- en nadelen van dergelijke ingrepen dienen zeer goed tegen elkaar te worden afgewogen.

Afdekken – Bij afdekken en/of ophogen van grond wordt een schone deklaag aangebracht op de bestaande bodem. De laag moet dik genoeg zijn en dient om de diepere verontreinigde lagen onbereikbaar te maken voor bodemdieren en de wortels van bomen en planten (Stumpel *et al.*, 2007). Deze laag wordt daarom ook wel leeflaag genoemd. Een goede leeflaag van voldoende dikte vermindert de blootstelling van organismen aan bodemverontreiniging aanzienlijk, maar de leeflaag zal de eerst ook stapsgewijs gekoloniseerd moeten worden door organismen en dit vraagt tijd. Verder moet rekening worden gehouden met de dynamiek van het ecosysteem. Leeflagen in overstromingsgebied zullen uiteraard minder duurzaam zijn.

Verplaatsen van grond – In bepaalde gebieden, zoals bijvoorbeeld uiterwaarden, mag verontreinigde grond niet naar buiten het gebied afgevoerd worden. Dit geldt voor gedeelten van het Dommeldal. Verplaatsen mag dan bij een lagere verontreinigingsklasse nog wel. Hoe gunstig

dit soort maatregelen uitpakt voor vermindering van de risico's bodemverontreiniging hangt sterk samen met het soort verplaatste grond, de achterblijvende grond en de locatie waar de grond wordt afgezet. Klok *et al.* (2004) geven aan dat verplaatsing naar nattere omstandigheden vaak leidt tot minder mobilisatie van verontreinigingen en andersom. Dit geldt met name voor metalen.

Bekalken – Bekalken wordt gedaan om verzuring van bodems tegen te gaan. Door verhoging van de pH wordt de biologische beschikbaarheid van metalen verlaagd en nemen de ecologische risico's af. Het werkt goed bij cadmium- en zinkverontreiniging. Het is echter een maatregel die regelmatig herhaald moet worden, zeker op gronden met een lagere buffercapaciteit voor zuur zoals kalkarme zandgronden (Klok *et al.*, 2004). De toevoeging van kalk heeft echter grote invloed op de bodemeigenschappen en daardoor ook op de flora in een gebied (Stumpel *et al.*, 2007). Voor bepaalde natuurgebieden kunnen kalkloze milieus juist gewenst zijn en kunnen alternatieve stoffen zoals olivijn (ijzersilicaat) als buffer worden gebruikt (Klok *et al.*, 2004).

Andere saneringstechnieken - Er zijn nog legio andere bodemsaneringstechnieken die natuurbeheerders kunnen gebruiken om verontreinigingen te verwijderen, maar daar zijn niet alle details van bekend met betrekking tot de voor- en nadelen van de toepassing in natuurgebieden. Voorbeelden zijn (Stumpel *et al.*, 2007): biologische sanering, landfarming, zuivering van het grondwater, 'natural attenuation', enz. Deze maatregelen zijn allen gericht op de verwijdering van de verontreinigingen.

Vegetatiebeheer

Fytoremediatie – Sommige planten en bomen kunnen zeer efficiënt metalen uit de bodem opnemen en in hun bovengrondse delen opslaan. Deze eigenschap kan men bewust gebruiken door de bovengrondse delen regelmatig te maaien en af te voeren. Op deze wijze worden bodemverontreinigingen verwijderd. Men kan hiertoe speciale bomen en gewassen aanplanten. Zo is bekend dat de wilg erg goed cadmium opneemt in zijn schors en in het gebied van het project ABdK worden met deze soort dan ook experimenten uitgevoerd (<http://www.abdk.nl/html/page497.asp>). De gehalten cadmium kunnen op deze wijze mogelijk tot de streefwaarde worden teruggebracht, maar schattingen over de benodigde tijdsduur lopen uiteen van tientallen jaren (Stumpel *et al.*, 2007) tot honderden jaren. Deze maatregel is dus minder zinvol voor het verwijderen van metaalverontreiniging.

Waterbeheer

Baggeren – Volgens Klok *et al.* (2004) heeft baggeren twee effecten. In het watersysteem leidt het enerzijds tot de verwijdering van verontreinigingen. Anderzijds worden bij het opbrengen van bagger op droge bodems een meer aerobe situatie geschapen, waardoor verontreinigingen als zware metalen die eerst waren vastgelegd kunnen vrijkomen. Baggeren is op termijn gunstig voor het waterleven, maar kan op korte termijn het leven in de waterbodem ook danig verstoren. Men dient bij baggerwerkzaamheden ook altijd rekening te houden met resuspensie elders van fijne deeltjes waarop zich vaak de meeste verontreinigingen bevinden (Stumpel *et al.*, 2007).

Vernatten – Volledig onder water zetten (inunderen) van verontreinigde grond vermindert de biologische beschikbaarheid van metalen door sulfidevorming (Klok *et al.*, 2004; RIZA, 2004) en is dus een mogelijke maatregel om de effecten van cadmium en zink te reduceren. Een wisselende waterstand kan echter juist leiden tot een verhoogde biologische beschikbaarheid van metalen door fluctuaties van de redoxpotential (Postma *et al.*, 2001; Stumpel *et al.*, 2007).

Bij waterbeheersmaatregelen voor vernatting zoals het vasthouden van gebiedseigen water of het inlaten van gebiedsvreemd water hangt het effect op de bodem tevens sterk samen met de kwaliteit van het water. Het vasthouden van gebiedseigen water is gunstig voor het organisch stofgehalte en voor een hogere pH.

Beïnvloeden van kwelflux - Mogelijk kunnen in het stroomgebied van de Dommel ook bepaalde effecten op de verontreinigingssituatie worden bewerkstelligd door het beïnvloeden de kwelflux. In potentie kan kwel verontreinigingen uit de bodem spoelen. Kwel bevat vaak ook bufferende stoffen (Smit *et al.*, 2007). Voor kwelbeheer werden verder in de genoemde literatuur echter geen eenduidige maatregelen gevonden om de risico's van verontreinigingen tegen te gaan.

Inrichting

Omzetten in ander gebruik/type – Van den Brink *et al.* (2007) beschrijven de gevolgen voor de verontreiniging met metalen van omzetting van het ene type bodemgebruik naar het andere. Omzetten van akkerbouw en grasland naar bos resulteert meestal in een verhoogde mobilisatie en beschikbaarheid van zware metalen als cadmium en zink door een pH-daling. Door gelijktijdige vernatting wordt dit effect echter getemperd. Voor arseen geldt meestal het omgekeerde. Dit metaal wordt verminderd beschikbaar bij omzetten in bos maar komt vrij bij vernatting. Omzettingen van bouwland naar grasland, al dan niet in combinatie met vernatting, resulteren meestal in een verminderde biologische beschikbaarheid van metalen doordat het organisch stofgehalte toeneemt. Dit geldt echter weer niet voor arseen.

Risicoreducerende inrichting – De lijsten met fauna doelsoorten voor terrestrische natuuroelen bevatten vaak predatoren als roofvogels en bepaalde zoogdieren (Bal *et al.*, 2001). In paragraaf 7.3 van het eindrapport is door middel van modellering aangetoond dat sommige predatoren in het Dommelgebied een zeer groot risico lopen op doorvergiftiging van cadmium via het voedsel.

Het exacte dieet van een predator zal afhangen van zijn prooikeuze en van het foerageergebied. Een diert dat louter foerageert op verontreinigde percelen en veel besmette prooidieren eet loopt een groter risico. In principe is het dus ook mogelijk om via een aangepaste inrichting van een verontreinigd gebied dieren te laten foerageren op relatief schone grond. Dit is de achterliggende gedachte van het Alterra model BERISP (Breaking Ecotoxicological Restraints in Spatial Planning). BERISP bevat op dit moment een module voor de steenuil waarmee de ruimtelijke risico's van doorvergiftiging voor deze toppredator in kaart kunnen worden gebracht (Cormont *et al.*, 2006). Er wordt gewerkt aan een soortgelijke module voor de das. Beide dieren zijn erg kwetsbaar voor doorvergiftiging van cadmium.

Met behulp van het BERISP model zouden locaties in de toekomst geschikter kunnen worden gemaakt voor de steenuil en voor andere predatore doelsoorten. Risicoreducerende maatregelen voor steenuilen zijn bijvoorbeeld het neerzetten van uitkijkposten op schonere terreindelen, het afdekken van sterk vervuilde gronden binnen de home range van de soort en het meer geschikt maken van bepaalde terreinen voor woelmuizen en minder voor spitsmuizen en wormen (waardoor de voedselketen meer via planten en andere muizensoorten loopt).

Vuistregels

Het RIZA (2004) heeft enige jaren geleden een tiental vuistregels geformuleerd om doorvergiftiging bij natuur ontwikkeling te beperken. Deze regels zijn in eerste instantie gericht op het uiterwaardengebied, maar bieden ook aanknopingspunten voor het Dommeldal. Enigszins aangepast voor het Dommeldal zijn deze regels:

1. Bepaal in een vroeg stadium de verspreiding van verontreinigingen over het gebied. De hoogste concentraties komen vaak voor op plaatsen die vaak overstroomd of in het verleden vaak overstroomd zijn.
2. Zorg voor een uitgekiende inrichting. Laat bijvoorbeeld grasland op schone bodems tot ontwikkeling komen. Hierdoor ontstaat een ruimer aanbod van 'schone wormen'.
3. Maak verontreinigde locaties onaantrekkelijk voor doelsoorten die risico's lopen. Dat verkleint de kans dat dieren met verontreinigingen in contact komen. Ruigtes of moerassen zijn bijvoorbeeld minder goed toegankelijk voor veel dieren die wormen of muizen eten. Bovendien komen in deze natuurtypen minder wormen voor.

4. Dek verontreinigde grond af met schone grond of concentreer de verontreinigde grond in een klein gebied. Ook hierdoor neemt de kans af dat dieren in contact met de verontreinigingen komen.
5. Plan natuurtypen die op verontreinigde bodems voorkomen ook op schonere plaatsen in de nabijheid.
6. Bied wormeneters ook andere voedselbronnen. Plan daarvoor gevarieerde natuurtypen die passen bij het soort gebied.
7. Houd er rekening mee dat grote dieren zoals dassen hun voedsel in een groot gebied verzamelen. Betrek daarom zonodig binnendijkse gebieden bij de natuurontwikkeling.
8. Metalen komen onder water minder makkelijk in dieren terecht dan boven water. Houd daar rekening mee bij de inrichting.
9. Evalueer de effecten van inrichting en beheer door monitoring. Leer van vergelijkbare projecten en ervaringen.
10. Het beste middel tegen doorvergiftiging is en blijft het verwijderen van de verontreinigde bodem uit het gebied.

Bij regel nr. 10 zijn op basis van het besprokene echter kanttekeningen te zetten omdat de verstoring door het verwijderen van de bodem erg groot kan zijn in kwetsbare natuurdoeltypen.

20.4.3 Scenario studie

Metingen in zwevend stof nabij Grote Heide geven aan dat de kwaliteit van het slib in de Dommel nog steeds slecht is: As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn concentraties overschrijden allen de MTR-waarden en in bijna alle gevallen worden de interventiewaarden enkele malen overschreden. De concentraties Cd en Zn overschrijden de interventiewaarden zelfs met een factor 20 respectievelijk 7 (Vink et al., 2007). Door Vink et al. (2007) zijn in een modelstudie met het BioChem-DSS-model veranderingen in bodemkwaliteit en opname in planten en bodemfauna (regenwormen en pissebedden) doorgerekend als gevolg van sedimentatie van slib bij overstroming. Hierbij zijn drie scenario's doorgerekend voor de Dommel ter hoogte van Borkel:

- T0 scenario
De huidige situatie
- T1 scenario
Dit scenario gaat uit van sedimentatie van 10cm sediment vanuit de Dommel in het overstromingsgebied. De karakteristieken van het gesedimenteerde slib komen overeen met die van het zwevend stof in de stroomopwaarste locatie Grote Heide. Er wordt uitgegaan van onveranderd landgebruik.
- T2 scenario
Dit scenario gaat er van uit dat er maatregelen zijn genomen om de emissie vanuit de Eindergatloop te stoppen. Dit wordt gereflecteerd in de kwaliteit van het zwevend stof bij Neerpelt, vlak voordat de Eindergatloop bij de Dommel komt. Ook in het T2 scenario is gerekend met een sedimentatielaag van 10cm.

In zowel het T1 als T2 scenario neemt de kwaliteit van de toplaag af. Voor de meeste metalen zijn de gehalten enkele orden van grootte hoger dan de huidige toplaag. Voor de meeste plantengroepen is de sedimentatielaag van 10cm onvoldoende om de opname van metalen te beïnvloeden. Voor monocotyle planten (zoals grassen) echter zijn er wel verschillen: in het T1 scenario zijn de interne concentraties van cadmium verdubbeld ten opzichte van de huidige situatie. Omdat grassen voorkeursvoedsel zijn voor veel herbivoren kan dit voor een significante verhoging van de cadmiumopname leiden. Ook voor regenwormen en pissenbedden zijn de interne gehalten het hoogst bij scenario T1. De metaalopname is een factor 2 (Cd, worm) tot 7 (Zn, pissebed) hoger dan in de huidige situatie. Voor het T2 scenario zijn de interne gehalten lager dan in het T1 scenario, maar nog steeds verhoogd ten opzichte van de huidige situatie.

Uit de scenarioberekeningen kan geconcludeerd worden dat maatregelen om de metaalvracht vanuit de Eindergatloop naar de Dommel te verminderen vanuit ecotoxicologisch oogpunt effectief zijn: de kwaliteit van het zwevend stof verbetert. Echter, sedimentatie leidt nog steeds tot verhoogde risico's ten opzichte van de huidige situatie.

Bijlage 21 Literatuur uit bijlagen

Bal, D., H.M. Beijer, M. Fellingner, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhof (2001). Handboek Natuurdoeltypen. Tweede, geheel herziene versie. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, Wageningen.

Besten, P.J. den, (2000). Afwegingskader sanering waterbodembodem, oever en/of landbodembodem; beoordeling fysische, milieuchemische en ecologische aspecten. RIZA-rapport 2000.008, Lelystad.

Beyer, W.N. 2000. Hazards to wildlife from soil-borne cadmium reconsidered. J. Environ. Quality 29:1380-1384.

Bleeker, E.A.J. & C.A.M. van Gestel. (2007). Effects of spatial and temporal variation in metal availability on earthworms in floodplains of the river Dommel, The Netherlands. Environmental Pollution 148: 824-832.

Bosman, W., 1995. Amfibieën in uiterwaarden; effecten van overstromingen op overwinterende amfibieën. RIZA, Lelystad.

Brink, N. van den, L. Bonten, P. Römkens & J. van der Pol (2007). De invloed van veranderingen in bodemeigenschappen op de blootstelling van hogere organismen aan verontreinigingen. Effecten van inrichting, beheer en veranderend landgebruik. Rapport nr. 1556, Alterra, Wageningen.

Brink, N. van den, L. Bonten, P. Römkens & J. van der Pol (2008). De invloed van veranderingen in bodemeigenschappen op de blootstelling van hogere organismen aan verontreinigingen. Effecten van inrichting, beheer en veranderend landgebruik. Alterra-rapport 1556, Wageningen.

Cormont, A., J.M. Baveco & N.W. van den Brink (2006). Effects of spatial foraging behaviour on risks of contaminants for wildlife. Breaking ecotoxicological restraints in spatial planning (BERISP): the development of a spatially explicit risk assessment. Rapport nr. 1369, Alterra, Wageningen.

Decleer, K. 2003. Population dynamics of marshland spiders and carabid beetles due to flooding: about drowning, air bubbling, floating, climbing and recolonization. Proceedings ECOFLOOD conference 'Toward natural flood reduction strategies', Warsaw, 6-13 sept 2003.

Faber, J.H., J.J.C. van der Pol, T.C. Klok, P.F.A.M. Römkens, J. Lahr, Y. Wessels, M.A. van der Leemkule, K. Spaan, H.R.G. de Ruiter & J.H. de Jong (2004). Kwetsbaarheid en kansrijkdom van natuurdoelen op verontreinigde bodems. Van eco(toxico)logische expertise naar een beslissingsondersteunend systeem (pilot studie). Rapport nr. 906, Alterra, Wageningen.

Friberg, L., Piscator, M., Nordberg, G.F. & Kjellstrom, T. 1974. Cadmium in the environment. 2nd ed. CRC Press, Cleveland, Ohio.

Groen, N.M. 1993. Breeding site tenacity and natal philopatry in the Black-tailed Godwit, *Limosa l. limosa*. Ardea 81: 107-113.

Jalink, M.H., R.H. Kemmers, A.H.F. Stortelder, R.W. de Waal (2004). Referentieproject Springendal/Korenburgerveen, Samenvatting monitoring 1998-2002, resultaten Springendal 2002. Rapport EC-LNV nr. 2004/331-O.

Kashem, M.A. & B.R. Singh (2001). Metal availability in contaminated soils: I. Effects of flooding and organic matter on changes in Eh, pH and solubility of Cd, Ni and Zn. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61; 3, pp. 247-255.

Kemmers, R.H & F.P. Sival, (2004). Gevolgen van waterberging voor de natuur. *H₂O* 25(8): 28-31.

Kemmers, R.H., J. Bloem, J.H. Faber & G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis. (2007). Bodemkwaliteit en bodembiodiversiteit bij natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden. Rapport nr. 1523, Alterra, Wageningen.

Klok, C. & A.M. de Roos (1996). Population level consequences of toxicological influences on individual growth and reproduction in *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae: Oligochaeta). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 33:118-127.

Klok, C., A.M. de Roos, J.C.Y. Marinissen, J.M. Baveco & W.C. Ma (1997). Assessing the impact of abiotic environmental stress on population growth in *Lumbricus rubellus* (Lumbricidae, Oligochaeta). *Soil Biology and Biochemistry* 29:287-293.

Klok, C., A.M. de Roos, S. Broekhuizen & R.C. van Apeldoorn (1998). Effecten van zware metalen op de das. Interactie tussen versnippering en vergiftiging. *Landschap* 15:77-86.

Klok, C., P. Römken en J.H. Faber, met medewerking van M.A. van de Leemkule (2004). Risicobeheer van verontreinigde gronden - Kwetsbaarheid en kansrijkdom van natuurdoelen op verontreinigde bodems. Rapport 908, Alterra, Wageningen.

Klok, C., P.F.A.M. Römken, H.S.D. Naeff, G.H.P. Arts, J. Runhaar, C.A. van Diepen & I.G.A.M. Noij (2003). Gebiedsgerichte milieumaatregelen voor waterkwaliteit en natuur in Reconstructiegebieden van Noord-Brabant. Rapport 635. Alterra, Wageningen.

Lange, H.J. de, J.J.C. van der Pol, J. Lahr & J.H. Faber (2006). Ecological vulnerability in wildlife. A conceptual approach to assess impact of environmental stressors. Rapport nr. 1305, Alterra, Wageningen.

Lange, H.J. de, J.J.C. van der Pol & J.H. Faber, (2007). Ecological vulnerability analysis of food chains and ecotopes. Rapport 1565. Alterra, Wageningen.

Ma, W.C. & L. Talmage (2001). Chapter 4: Insectivora. In: R.F. Shore & B.A. Rattner (eds.). *Ecotoxicology of wild mammals*. pp. 123-158. John Wiley & Sons.

Ma, W.C., J. Bodt & P. van Vliet; (2004). Multistress van verontreiniging en hydrodynamiek op populaties van Oligochaeta in de uiterwaarden; Een onderzoek in de Afferdensche en Deestsche Waarden. Rapport 877. Alterra. Wageningen.

Massop, H.Th.L., P.C. Jansen & C. Kwakernaak (2003). Natuur en waterberging. Indicatie voor overlappend ruimtegebruik. Rapport nr. 766, ALterra, Wageningen UR, Wageningen.

Nicholson, J.K., M.D. Kendall & D. Osborn 1983. Cadmium and mercury nephrotoxicity. *Nature* 304:633-635

Nolet, B.A., V.A.A. Dijkstra & D. Heidecke. 1994. Cadmium in beavers translocated from the Elbe River to the Rhine/Meuse estuary, and possible effect on population growth rate. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 27: 154-161.

Oldeventerink, H.G.M. (2000). Nitrogen, phosphorus and potassium flows controlling plant productivity and species richness. Proefschrift, Universiteit Utrecht.

Pascoe, G.A., R.J. Blanchet & G. Linder 1996. Food chain analysis of exposure and risks to wildlife at a metals-contaminated wetland. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 30:306-318.

Postma, J.F., C.M. Keijzers, J.J.C. van der Pol, J.H. Faber en A.C. Belfroid (2001). Ecotoxicologisch en milieuchemisch onderzoek naar de risico's op de overgang water - oever - land. Sliedrechtse Biesbosch 2000 - In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling / RIZA. AquaSense Rapportnummer 1639.

Rietra R.P.J.J., P.F.A.M. Römkens & J. Japenga (2005). Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2004; vervolgonderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra-rapport 1167, Wageningen.

Rietra, R.P.J.J. & P.F.A.M Römkens, (2007). Cadmium en zink in bodem en veevoer in natuurterreinen in de Kempen. Bodem en gewasonderzoek in de Dommelbeemden, Plateaux en Kettingdijk. Rapport 1497. Alterra Wageningen.

Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römkens, J. Japenga (2004). Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen. Onderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck. Rapport 974, Alterra, Wageningen.

RIZA (2004). Natuurontwikkeling op verontreinigde grond in het rivierengebied. Vuistregels voor het beperken van doorvergiftiging. RIZA, Lelystad.

Römkens, P.F.A.M., J.E. Groenenberg, R.P.J.J. Rietra, J.E. Groenenberg & W. de Vries (2008). Onderbouwing LAC2006-waarden en overzicht van bodem-plant relaties ten behoeve van de Risicotoolbox; een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden. Alterra-rapport 1442, Wageningen.

Römkens, P.F.A.M., M.J. Zeilmaker, R.P.J.J. Rietra, C.A. Kan, J.C.H. van Eijkeren, L.W.D. van Raamsdonk & J.P.A. Lijzen (2007). Blootstelling en opname van Cadmium door runderen in de Kempen: een modelstudie. Alterra-rapport 1438, Wageningen.

Römkens, P.F.A.M., R.P.J.J. Rietra & F.P. Sival (2006). Cadmium in bodem en gras in het natuurgebied in en nabij de Malpiebeemden. Onderzoek naar de kwaliteit van veevoer in relatie tot gezondheidsrisico's voor grazers. Rapport 1299. Alterra, Wageningen.

Runhaar, J. & M.H. Jalink (2007). Overstroming en natuur: een natuurlijk samengaan? Werkgroep Waterberging en Natuur Noord-Brabant. Rapport KWR 07.004, Kiwa Water Research, Nieuwegein.

Runhaar, J. & P.C. Jansen, (2004). Overstroming en vegetatie. Vergelijkend onderzoek in 5 beekdalallocaties. Rapport 1079. Alterra, Wageningen.

Runhaar, J., G.H.P. Arts, W.C. Knol, B. Makaske & N. van den Brink (2004). Waterberging en natuur. Kennisoverzicht ten behoeve van regionale waterbeheerders. Rapport 2004-16. Stichting Toegepast Onderzoek Water (STOWA), Utrecht.

Scheuhammer, A.M. 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. Environmental Pollution 46: 263

Sival, F.P., P.C. Jansen, B.S.J. Nijhof & A.H. Heidema (2002). Overstroming en vegetatie: Literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad. Rapport 335. Alterra, Wageningen.

Smit, A., I. Lubbers, K. Zwart & D. Brunt. (2007). Duurzaamheidsanalyse van bodemgebruik in natuurgebieden. Rapport nr. 1626, Alterra, Wageningen.

Stumpel, A.H.P., J.J.C. van der Pol, T.C. Klok & N.W. van den Brink. (2007). Neveneffecten op fauna van maatregelen bij inrichting en beheer van (verontreinigde) terreinen. Rapport nr. 1453, Alterra, Wageningen.

Stuyt, L.C.P.M., F.J.E van der Bolt, C.H.M. de Bont, N.W. van den Brink, I. Immink, J.E. Groenenberg, L.W.G. Higler, W.C. Knol, J. Kros, A.J.M. Koomen, G.J. Maas, A. Makaske, J. Runhaar, F.P. Sival (2001). Effecten van overstromingen op LNC-waarden, landbouw, natuur en milieu; een globale verkenning van effecten en schade ten gevolge van overstroming van landbouw- en natuurgebieden. In: Wat als we nat gaan?; een beschouwing van de stand van zaken. Delft, WL, 2001.

Verbeek, L. (2005). Vegetatieontwikkeling in het beekdal van de Beerze : overstroming en sedimentatie in een waterbergingsgebied. MSc thesis WUR, Wageningen.

Vink, J., G. Klaver en J. Joziasse (2007). Scenario analyses Dommel : impact of sedimentation in the Dommel flood plain on heavy metal availability and bioaccumulation in flora and fauna. RWS RIZA report 2007.014.

Vlinderstichting (2004). Beschermingsplan Gentiaanblauwtje 2003-2007. Rapport EC-LNV 2003/230, Wageningen.

Wamelink, G.W.W. en H. Runhaar (2000). Abiotische randvoorwaarden voor natuurdoeltypen. Alterra-rapport 181, Wageningen.

Wymenga, E., en Alma, R. 1998. Onderzoek naar de achteruitgang van weidevogels in het natuurreservaat de Gouden Bodem. Altenburg & Wymenga rapport 170. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv, Veenwouden.

Websites

<http://www.abdk.nl/html/page497.asp>

<http://www.natuurkennis.nl>

<http://www.synbiosys.alterra.nl/waternood/>