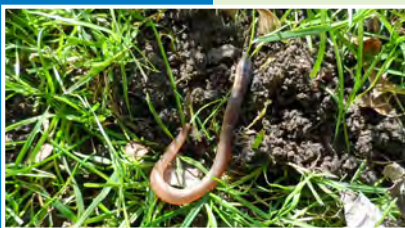


Wormenonderzoek Coupépolder

Onderzoek naar verontreinigingen in regenwormen
in de deklaag van de Coupépolder, gemeente
Alphen aan den Rijn



T.J. Boudewijn
A.J.P. Smolders
B. Achterkamp



Bureau Waardenburg bv
Ecologie & landschap

Wormenonderzoek Coupépolder

Onderzoek naar verontreinigingen in regenwormen in de deklaag van de Coupépolder, gemeente Alphen aan den Rijn

Status uitgave: eindrapport

Rapportnummer: 15-061
Projectnummer: 14-615
Datum uitgave: 2 juni 2015
Foto's omslag: Bart Achterkamp, Bureau Waardenburg bv
Projectleider: drs. T.J. Boudewijn
Naam en adres opdrachtgever: Gemeente Alphen aan den Rijn
Postbus 13, 2400 AA Alphen aan den Rijn
Referentie opdrachtgever: briefnr. 2014/47610, 25 september 2014
Akkoord voor uitgave:
drs. C. Heunks



Paraaf:

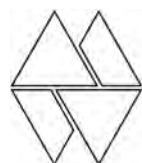
Graag citeren als: Boudewijn T.J., A.J.P. Smolders & B. Achterkamp 2015. Wormenonderzoek Coupépolder. Onderzoek naar verontreinigingen in regenwormen in de deklaag van de Coupépolder, gemeente Alphen aan den Rijn. Bureau Waardenburg Rapportnr. 15-061. Bureau Waardenburg/B-ware, Culemborg/Nijmegen.

Trefwoorden: Coupépolder, Alphen aan den Rijn, wormen, verontreinigingen, zware metalen

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / B-ware / Gemeente Alphen aan den Rijn
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.



Bureau Waardenburg bv
Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10
info@buwa.nl www.buwa.nl



Voorwoord

Bij Alphen aan den Rijn ligt de voormalige stortplaats Coupépolder. Om emissies van de stortplaats te verhinderen is het gebied geïsoleerd en afgedekt. Het gebied heeft vervolgens grotendeels de functie van golfbaan gekregen en deels van park/groenstrook. Er bestaat echter onzekerheid over verspreiding van chemische stoffen, met name zware metalen, vanuit de stortlaag naar afdeklaag. Dit kan negatieve effecten hebben op het bodemmilieu en op de biologische afbraak van vrijkomende organische verbindingen.

In opdracht van de gemeente Alphen aan den Rijn zijn door Bureau Waardenburg en B-ware het voorkomen en de biomassa van regenwormen op het golfterrein onderzocht en tevens zijn de bemonsterde wormen geanalyseerd op zware metalen. Dit moet antwoord geven op de vraag of er zware metalen vanuit de stortlaag in de deklaag terecht zijn gekomen en of dit van invloed is op de in het gebied aanwezige regenwormen.

Het onderzoek is uitgevoerd door een projectteam van Bureau Waardenburg (Buwa) en B-ware bestaande uit:

- A.J.P. Smolders (B-ware) analyses, interpretatie en rapportage
- B. Achterkamp (Buwa) bemonstering wormen en rapportage
- T.J. Boudewijn (Buwa) rapportage en projectleiding

Het onderzoek werd begeleid door A. Bosselaar (Gemeente Alphen aan den Rijn), A. de Keizer (Wareco) en F. Duivenvoorden (Golfclub Zeegersloot). Golfclub Zeegersloot stelde ook transportmiddelen beschikbaar voor transport op de golfbaan. Wij danken bovengenoemde personen en organisaties en personen voor hun medewerking en hun opbouwende commentaar op een eerdere versie van het rapport.

Inhoud

Voorwoord.....	3
1 Inleiding.....	7
1.1 Achtergrond.....	7
1.2 Aanleiding onderzoek.....	7
1.3 Historie gebied.....	8
2 Materiaal en methoden.....	11
2.1 Algemeen.....	11
2.3 Bemonstering wormen.....	12
2.4 Chemische analyse.....	14
2.5 Verwerking en rapportage.....	15
3 Resultaten.....	17
3.1 Locatiebeschrijvingen.....	17
3.2 Aantallen wormen.....	17
3.2 Biomassa wormen.....	19
3.3 Chemische analyses.....	20
4 Discussie.....	27
4.1 Algemeen.....	27
4.2 Samenstelling wormenpopulatie.....	27
4.3 Belasting van wormen.....	28
4.4 Beantwoording onderzoeksvragen.....	30
5 Conclusies en aanbevelingen.....	33
6 Literatuur.....	35

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Ten noordoosten van Alphen aan den Rijn ligt de voormalige stortplaats Coupépolder, die een omvang heeft van ongeveer 22 ha. Van 1959 tot 1 januari 1985 zijn hier huisvuil, bouw- en sloopafval, agrarisch en chemisch afval gestort. Om emissies van de stortplaats naar de bodem (grondwater), het oppervlaktewater en de lucht te voorkomen en om contact met het stortmateriaal te verhinderen zijn maatregelen genomen in de vorm van:

- Een afdichtingconstructie voor de zijkant;
- Een beheersysteem voor het percolaatwater;
- Een beheersysteem voor het oppervlaktewater;
- Een afdeklaag voor de bovenkant.

Het voormalige stortterrein heeft vervolgens een nieuwe bestemming gekregen. Het grootste deel (ca. 80%) is in gebruik als golfbaan en de rest als park/groenstrook.

De deklaag dient allereerst om direct contact met het stortmateriaal te voorkomen. De dikte van de deklaag is afgestemd op de terreininrichting:

- Minimaal 0,5 m bij grasvegetatie;
- Minimaal 1,0 m bij beplantingsvakken.

Het is van belang dat de deklaag beperkt gevormd stortgas doorlaat. Daarnaast vormt de afdeklaag een barrière die ervoor zorgt dat de uitdampselnelheid van vluchtige componenten, die in de voormalige stort vrijkomen, sterk wordt verminderd. De kwaliteit van de deklaag is verder van belang met het oog op afbraak van vluchtige organische stoffen tijdens het proces van diffusie vanuit het stort door de deklaag naar de buitenlucht. Micro-organismen in de deklaag (en de stort) kunnen vluchtige organische verbindingen afbreken, waardoor deze onschadelijk worden. Het is van belang dat deze afbraakprocessen ook in de toekomst goed blijven verlopen. De aanwezigheid van voldoende organisch materiaal in de vorm van bijvoorbeeld dode plantenwortels en bladeren en voldoende biologische activiteit zijn aspecten die hiervoor van belang zijn.

1.2 Aanleiding onderzoek

Er bestaat onzekerheid over de verspreiding van chemische stoffen, met name van zware metalen vanuit de stortlaag naar de afdeklaag. Deze verspreiding zou negatieve effecten kunnen hebben op het bodemmilieu en ook op de genoemde biologische afbraak. In opdracht van de gemeente Alphen aan den Rijn is onderzocht of in regenwormen afkomstig uit de deklaag verontreinigingen uit het stortmateriaal kunnen worden vastgesteld. In de voorliggende rapportage worden de bevindingen van dit onderzoek gepresenteerd.

De gemeente Alphen aan den Rijn wil graag antwoord op de volgende onderzoeksvragen:

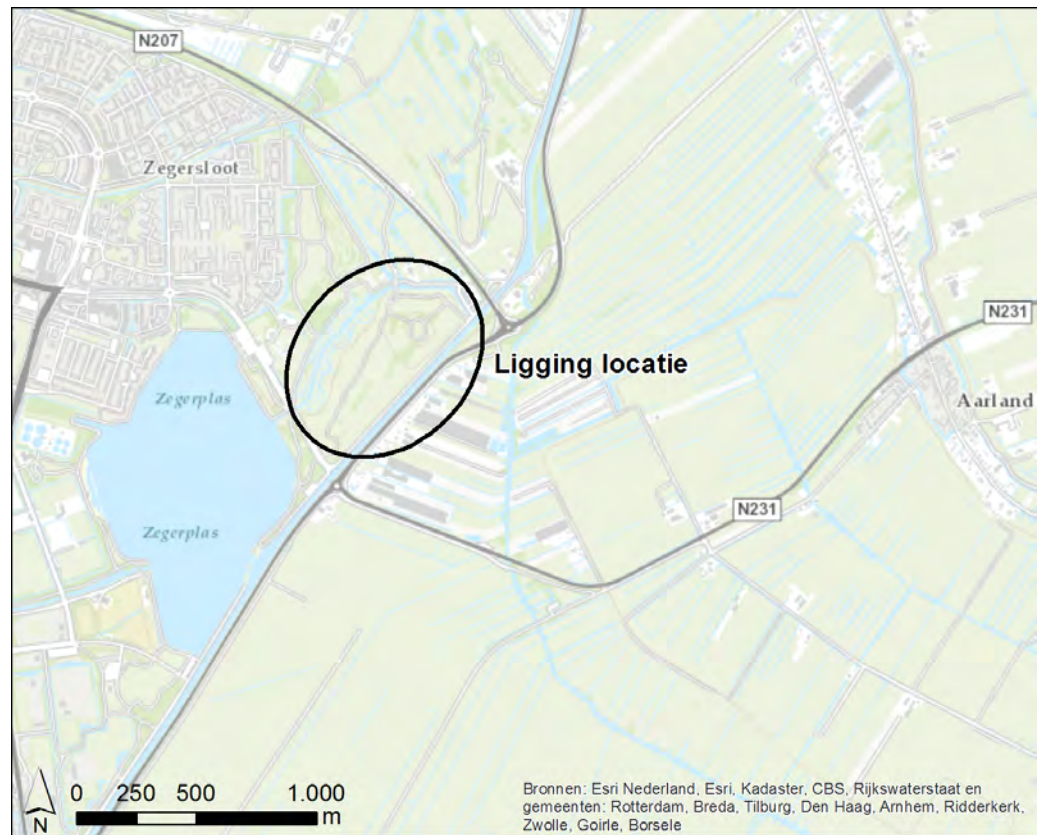
1. Kunnen uit de gevonden aantallen en soorten wormen in de afdeklaag conclusies worden getrokken met betrekking tot de (biologische en chemische) kwaliteit van de afdeklaag.
2. Kan middels analyse van de wormen verzameld uit de afdeklaag worden vastgesteld welke zware metalen in de wormen accumuleren en kan op basis daarvan worden vastgesteld of de biologische kwaliteit van de afdeklaag negatief wordt beïnvloed door het onderliggende stortmateriaal.
3. Kunnen uit de uitkomsten van bovenstaande vragen conclusies worden getrokken of eventuele negatieve effecten ook invloed hebben op de biologische processen in de afdeklaag, met name op vrijkomende gassen uit het stortmateriaal.

1.3 Historie gebied

De voormalige stortplaats Coupépolder ligt langs het Aarkanaal ten noordoosten van Alphen aan de Rijn (figuur 1.1). De stortplaats is ca. 850 m lang en 200- 300 m breed en heeft een totale oppervlakte van 22 ha. De stortplaats is in gebruik geweest voor het storten van afval van 1959 tot 1985. Hierna is een deklaag aangebracht. In 1992 is een saneringsonderzoek uitgevoerd, waarna besloten is de stortplaats te isoleren en de aanwezige verontreinigingen te beheersen en te controleren. Hierbij is een bentonietafscheiding en een stalen damwand langs de noordkant langs de Kromme Aaren aangebracht. Tevens zijn maatregelen getroffen aan de onderkant van de locatie, te weten het controleren van het grondwater door het aanbrengen van controlezones en monitoringspunten (Boerboom 2011, Externe deskundigencommissie 2012).

In 1997 en 1998 is onderzoek naar de dikte en kwaliteit van de deklaag en naar de buitenluchtkwaliteit op en om de voormalige stortplaats uitgevoerd. Uit dit laatste onderzoek kwam naar voren dat er geen risico's voor de volksgezondheid bestonden. De deklaag was van voldoende kwaliteit, maar op sommige plaatsen onvoldoende dik. Op deze plaatsen is vervolgens de deklaag op dikte gebracht.

Aan de onderzijde is geen afdichting aangebracht. In het diepe grondwater stroomafwaarts van de stort is een monitoringslijn ingericht, waarin metingen worden gedaan. De ringdrain aan de zijkant voorkomt dat verontreinigd water uit de stort in het oppervlaktewater terecht komt. Dit water wordt via een persleiding afgevoerd naar een rioolwaterzuivering (Externe deskundigencommissie 2012).



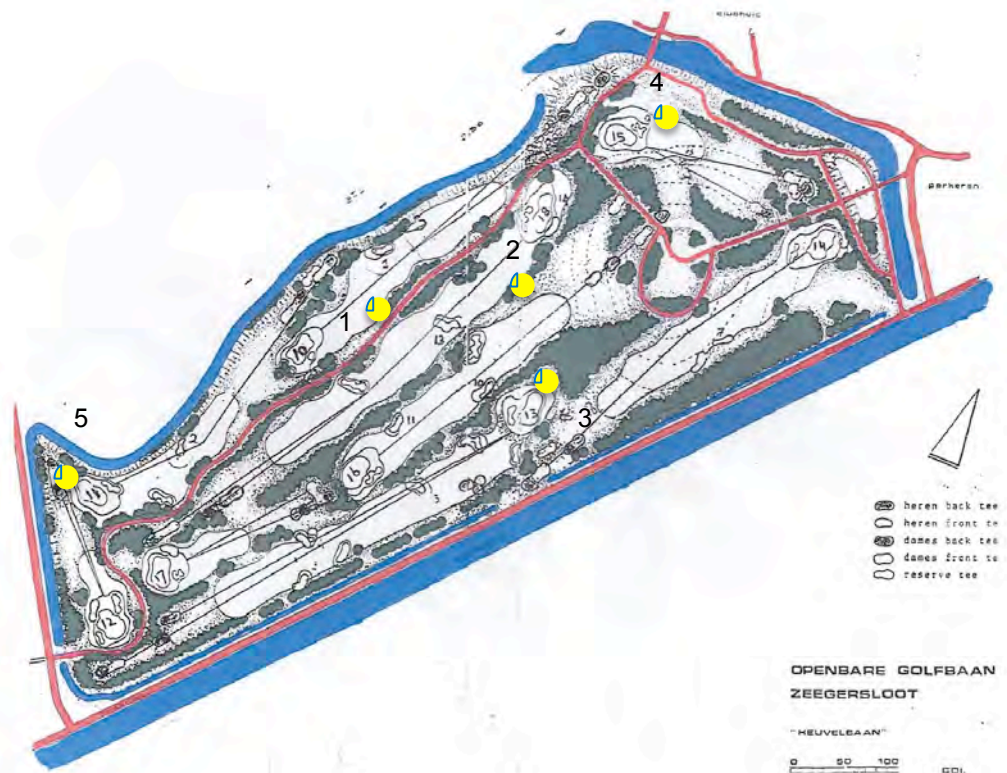
Figuur 1.1 Ligging van de stortplaats in de Coupépolder.

2 Materiaal en methoden

2.1 Algemeen

Het aantal en de locatie van de bemonsteringen is bepalend voor de mogelijke conclusies van het onderzoek. Het onderzoek bestaat uit het onderzoeken van in principe vijf locaties met verschillende locatiekenmerken (dikte deklaag, ouderdom stort, hoogteligging, etc.). Deze drie locatiekenmerken leveren in theorie acht mogelijke combinaties op; in de praktijk komen niet alle combinaties voor.

Tijdens het startoverleg op 22 oktober 2014 en het daarop volgende locatiebezoek zijn vijf monsterlocaties geselecteerd voor monsternamen, gefotografeerd en op kaart ingetekend (figuur 2.1 en 2.2). Aan dit startoverleg werd deelgenomen door de Gemeente Alphen aan den Rijn, Golfclub Zeegersloot, Wareco, Bureau Waardenburg en B-ware



Figuur 2.1 Overzicht van de monsterlocaties en de gebruikte nummering.



Figuur 2.2 Overzicht van de monsterlocaties op 27 oktober 2014. Linksboven locatie 1, rechtsboven locatie 2, links midden locatie 3, rechts midden locatie 4 en rechtsonder locatie 5. De bemonstering op 23 maart 2015 heeft binnen een meter van de hier weergegeven locaties plaatsgevonden.

2.3 Bemonstering wormen

Veldwerk

De wormenpopulatie is bemonsterd op 27 oktober 2014 en op 23 maart 2015 op de in figuur 2.1 aangegeven plekken. De bemonstering is zoveel mogelijk uitgevoerd volgens de vigerende NEN-norm (NEN-EN-ISO 23611-1:2006). Slechts op enkele punten wijken wij daar gemotiveerd van af, omdat dit naar onze mening voor het doel van het onderzoek noodzakelijk is. Op een standaard veldformulier zijn alle relevante locatiekenmerken vastgelegd, waaronder de coördinaten, expositie, begroeiing en zichtbare sporen van graafactiviteit (door bijvoorbeeld muizen, mollen en konijnen). In

het bijzonder is gelet op de aan het oppervlak zichtbare sporen van regenworm-activiteit. In het veld zijn vervolgens aard en dikte van de strooisellaag, bewortelingsdiepte, bodemtextuur en pH bepaald. Hoewel een veldbepaling van de pH minder betrouwbaar is dan een laboratoriummeting, geeft het wel een grove indicatie van de zuurgraad. Het is van belang om reeds in het veld de zuurgraad te weten, omdat in zure bodems (pH < 4,5) lagere aantallen wormen en geen diep levende wormen voorkomen. De pH is met behulp van pH-papier bepaald. Alle locatietekens zijn in bijlage 1 opgenomen. Per monsterlocatie is ook een mengmonster van de bodem verzameld voor analyse op zware metalen in het laboratorium.

Uitgangspunt bij de bemonstering van wormen is het handmatig doorzoeken van de bovenste 20 cm van de bodem en het behandelen van de diepere bodem met een chemisch extractiemiddel voor de dieper levende soorten.

Per locatie is eerst met een spade een vierkante zode van 25x25 cm ($1/16 \text{ m}^2$) uitgestoken. Het onstane gat is uitgediept tot een diepte van 20 cm. De zode en vrijgekomen grond zijn op wit plastic gelegd en zorgvuldig handmatig doorzocht, waarbij alle wormen in een plastic pot zijn verzameld. De wormen zijn uitsluitend gehanteerd met latex handschoenen; er zijn geen metalen pincetten gebruikt. Dit om te voorkomen dat eventuele metalen uit de pincet op de wormen terecht komen.

Voor de chemische analyse door B-ware is 3 gram versgewicht per ecologische groep voldoende, zodat de bemonsterde oppervlakte afhangt van de dichtheid aan regenwormen. In het veld zijn deelmonsters van $1/16 \text{ m}^2$ genomen totdat voldoende wormen waren verzameld voor de chemische analyse, met een maximum van 4 deelmonsters. Vervolgens zijn de afgegraven proefvlakken behandeld met 20 liter extractievloeistof per $1/4 \text{ m}^2$ bestaande uit een oplossing van 60 gram mosterdpoeder in 10 liter water. Volgens de NEN-norm is extractie met formaline effectiever, maar wij vonden gebruik van formaline gezien de giftigheid van deze stof voor mens en milieu ongewenst. De mosterd-oplossing is één tot enkele uren voor de bemonstering bereid en is met een tuingieter met sproeikop opgebracht. Er is niet meer vloeistof opgebracht dan dat binnen enkele minuten in de grond wegzakte. Gedurende 30 minuten zijn alle naar boven komende wormen met de hand verzameld.

De locaties die op 27 oktober 2014 zijn bemonsterd waren op 23 maart 2015 nog goed herkenbaar door de geringere grasgroei. Om een representatief monster te verzamelen is een meter naast deze oude monsterlocatie de nieuwe bemonstering uitgevoerd. Beide keren zijn de gaten zorgvuldig dichtgemaakt.

Bewaren van de wormen

In afwijking van de NEN-norm zijn de regenwormen niet onmiddellijk geconserveerd, maar eerst enkele dagen levend bewaard bij 5°C . Hierdoor kan de nog aanwezige bodem in het spijsverteringskanaal van de worm deze op relatief natuurlijke wijze verlaten. Dit is belangrijk, omdat de bodem in het spijsverteringskanaal ook bodemmateriaal met zware metalen kan bevatten, die bij analyse niet moeten worden meegenomen. Na de bemonstering in oktober 2014 zijn de wormen 48 uur in de koeling bij 7°C bewaard. Daarbij bleek dat beschadigde wormen snel gaan rotten.

Bovendien zijn incomplete wormen lastig te determineren. Het is echter onvermijdelijk dat een klein deel van de wormen met de spade wordt beschadigd. Bij de monsternamen in maart 2015 is dit opgelost door de beschadigde dieren niet mee te nemen. Als het om meerdere exemplaren in een 1/16 m²-plot ging, is hiervoor gecorrigeerd door net naast de uitgestoken zode gericht te zoeken naar wormen die in kleur en afmeting overeenkwamen met de beschadigde dieren. Op basis van eerdere ervaringen met het in de koelkast bewaren van onbeschadigde wormen, zijn de vangsten van 23 maart 2015 een week in de koelkast bewaard voorafgaand aan het wegen; zoals verwacht hebben alle dieren deze behandeling overleefd. In deze periode zijn de dieren tweemaal schoongespoeld, vlug gedroogd op papier en weer in schone plastic potten gedaan. In principe is van deze dieren dus het darmstelsel beter geleegd dan van de wormen bemonsterd op 27 oktober 2014.

Determineren

Tijdens de bewaarperiode zijn de dieren gedetermineerd. Slechts een deel van de wormen was volwassen (zadel ontwikkeld). Deze zijn tot op de soort gedetermineerd. De overige wormen waren juvenielen, maar deze hadden veelal bijna volwassen afmetingen en zijn met enige moeite en voorbehoud ook op naam gebracht. Dit voorbehoud is herkenbaar in de resultaten, doordat de aantallen van adulten en juvenielen apart zijn weergegeven. Na determinatie en telling per deelmonster van 1/16 m² zijn de wormen verdeeld over de drie ecologische groepen. Per deelmonster en per ecologische groep is het versgewicht bepaald. Tenslotte is het materiaal per locatie en per ecologische groep ingevroren. Het materiaal is in bevroren toestand overgedragen aan B-ware voor verdere analyse.

2.4 Chemische analyse

De monsters van de wormen en de bodems werden gevriesdroogd. Vervolgens werden de monsters fijngemalen en gehomogeniseerd. Hierna werden deze gedestruëerd (ontsloten) met salpeterzuur (4 ml 67 %) en waterstofperoxide (2 ml) (beide van 'ultra pure' kwaliteit) in een gesloten destructie magnetron (Ethos D microwave lab station, Milestone srl, Sorisole, Italy). Na destructie werden de monsters verdund met 'ultra pure' Milli Q water.

Van het bodemmateriaal werden ook het vochtgehalte, de bodemdichtheid en het gloeiverlies bepaald. Hiervoor werd een bekend volume van de bodem gedroogd bij 105 °C, waarbij het gewicht van het bodemmonster voor en na drogen werd bepaald. Vervolgens werd de gedroogde bodem gedurende 5 uur uitgegloeid bij 550 °C waarna het gewicht van het bodemmonster opnieuw werd bepaald.

De destruktaaten zijn geanalyseerd op een breed pakket aan elementen: aluminium (Al), arseen (As), cadmium (Cd), chroom (Cr), ijzer (Fe), kobalt (Co), koper (Cu), kwik (Hg), lood (Pb), mangaan (Mn), molybdeen (Mo), nikkel (Ni), tin (Sn), selenium (Se), strontium (Sr), vanadium (V) en zink (Zn). De analyses zijn uitgevoerd met behulp van ICP-MS (Inductive Coupled Plasma Mass Spectrometry, X series-Thermo Fisher Scientific). ICP-MS (inductief gekoppeld plasma-massaspectrometrie) is een techniek

voor de bepaling van sporen- (ppb niveau = $\mu\text{g/l}$) en ultrasporenelementen (ppt niveau = ng/l), waarbij atomaire elementen door een plasmabron worden omgezet tot ionen die vervolgens op grond van hun massa gescheiden worden. Analyse met behulp van ICP-MS technologie maakt het mogelijk om analyses uit te voeren met een zeer lage detectielimiet. Scandium (Sc), gallium (Ga) en telluur (Te) werden gebruikt als interne standaarden. Daarnaast werden blanco monsters en referentiemonsters meegenomen. De analyses werden in duplo uitgevoerd bij het laboratorium van het Gemeenschappelijk Instrumentarium van de Radboud Universiteit (Nijmegen).

Voor de destrukaten van de bodems werden ook de concentraties van calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), fosfor (P), zwavel (S) en natrium (Na) bepaald met behulp van ICP-AES (ICP Thermo Electron corporation IRIS Intrepid II XDL).

2.5 Verwerking en rapportage

De gemeten concentraties van de (zware) metalen worden gegeven in ppm (mgram per kilogram droge bodem). Ter vergelijking worden voor de metalen de AW2000-normwaarden gegeven. De AW2000 normwaarde is de vastgestelde achtergrondwaarde voor 'schone grond'. Het gaat hierbij om normwaarden die zijn gebaseerd op 'achtergrondwaarden' die zijn gepresenteerd vanuit het project 'Achtergrondwaarden 2000' (Lamé *et al.* 2004, Lamé & Nieuwenhuis 2006). Hierbij worden achtergrondwaarden gedefinieerd als 'de gehalten zoals die op dit moment voorkomen in de bodem van natuur- en landbouwgronden, waarvoor geldt dat er geen sprake is van belasting door lokale verontreinigingsbronnen'. De AW2000-normwaarde is vervolgens vastgesteld als het 95^{ste} percentiel van de achtergrondwaarden die in het kader van het AW2000 project zijn gemeten. Dit wil zeggen dat 95% van alle onderzochte natuur en landbouwbodems zonder lokale verontreinigingsbron een concentratie heeft die lager is dan de AW2000-normwaarde.

De AW2000-normwaarden worden momenteel gebruikt voor het inschatten van ecologische risico's bij de bodemgebruiksvormen landbouw en natuur. Wanneer de gemeten concentratie lager is dan de AW 2000-normwaarde mag worden aangenomen dat er geen sprake is van een verhoogd ecologisch risico.

Door de gehalten in de bodem uit te zetten tegen de gehalten in de wormen kan inzichtelijk worden gemaakt of zware metalen accumuleren in de wormen. Indien de concentratie in bodem en wormen gelijk is, is geen sprake van accumulatie.

3 Resultaten

3.1 Locatiebeschrijvingen

Regenwormen leven van verterend plantaardig materiaal. Het aanbod van dit materiaal heeft dan ook naar verwachting een grote invloed op de populatie. Op de fairways waarlangs de locaties 1, 2 en 3 liggen wordt het gras wekelijks gemaaid. Er is dan ook een continue aanvoer van verterende grasfragmenten beschikbaar als voedsel voor de wormen. Locatie 1 en locatie 2 liggen tussen en onder bomen, zodat ook wat verterend boomblad als voedsel aanwezig is. Dat is op locatie 3 niet het geval. Locatie 4 ligt achter een tee. Hier is wel gras aanwezig, maar dit wordt zelden gemaaid waardoor het voedselaanbod anders zal zijn. Het is ook de enige locatie met mos, ongeveer 30% bedekking. Locatie 5 ligt in een open bos met een geringe grasbedekking. Hier zijn boombladeren waarschijnlijk de belangrijkste voedselbron.

Op locatie 1 was de bodem plaatselijk wat ongelijkmatig, waarschijnlijk door graverij van woelmuizen. Bij de bemonstering van wormen zijn deze plekken gemeden. Op de andere locaties waren geen sporen van mollen, konijnen of andere zoogdieren aanwezig. Uitwerpselen van regenwormen, de bekende kronkelige hoopjes, zijn steeds op alle locaties aangetroffen. Dit duidt meestal op de aanwezigheid van de diepgravende soort *Aporrectodea longa*. Op locatie 5 was daarnaast ook materiaal in holletjes getrokken en daardoor waren rechtopstaande plantendelen aanwezig (bladassen van es). Dit gedrag is kenmerkend voor een tweede diepgravende soort, *Lumbricus terrestris*.

Er is nergens een strooisellaag aangetroffen. De humusrijke bovenlaag (A-horizont) gaat geleidelijk over in de ondergrond. De dikte van de A-horizont is daardoor lastig te schatten maar ligt rond 10 tot 15 cm behalve op locatie 2, daar is de bovenlaag 5 cm dik. Op alle locaties zijn zowel graswortels tot ongeveer 10 cm diepte als boomwortels tot meer dan 20 cm diep aanwezig, alleen de verhouding tussen beide verschilt. Op alle locaties bestond de bodem vooral uit klei, behalve op locatie 3 waar de bodem wat zandiger is (mogelijk omdat deze wat dichterbij de green ligt). De pH ligt overal tussen 5,5 en 6,5, zowel in de bovengrond als op 30 cm diepte. Dit betekent dat de pH geen beletsel is voor het voorkomen van de diepgravende soorten *Lumbricus terrestris* en *Aporrectodea longa*.

3.2 Aantallen wormen

In het onderzoek zijn tijdens de najaar- en voorjaarsronde resp. 8 en 9 deelmonsters van 1/16 m² onderzocht, waarbij in totaal 299 regenwormen zijn aangetroffen. De basisgegevens worden gepresenteerd in Bijlage 2. Tabel 3.1 geeft de aangetroffen aantallen weer omgerekend naar aantallen per vierkante meter.

Tabel 3.1 Aantallen regenwormen per soort omgerekend naar aantallen per vierkante meter bij de bemonstering op 27-10-2014 en 23 maart op vijf locaties langs fairways van Golfbaan Zeegersloot (adulten en juvenielen zijn samengevoegd).

monsterdatum	27 oktober 2014					23 maart 2015				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
locatie	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
hole	10	16/18	13	12	15	10	16/18	13	12	15
anekisch										
<i>Aporrectodea longa</i>	144	144	128	16	48	168	120	112	48	64
<i>Lumbricus terrestris</i>			32	24	24		24			32
endogeïsch										
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	192	40	208	64	56	160	48	256	48	24
<i>Aporrectodea rosea</i>	80	80		64	16	112	96	32	32	16
<i>Allolobophora chlorotica</i>										8
epigeïsch										
<i>Lumbricus rubellus</i>	64	8		16		40				8
<i>Satchellius mammalis</i>	16					88				8
<i>Dendrobaena octaedra</i>									8	8
totaal	496	272	368	184	144	568	288	400	136	168

Er zijn 8 verschillende regenwormsoorten aangetroffen. De talrijkste soorten zijn *Aporrectodea longa*, *A. caliginosa* en in mindere mate *A. rosea*. Deze soorten zijn bij beide bemonsteringen, met uitzondering van *A. rosea* op locatie 3 in het najaar, op alle locaties aangetroffen.

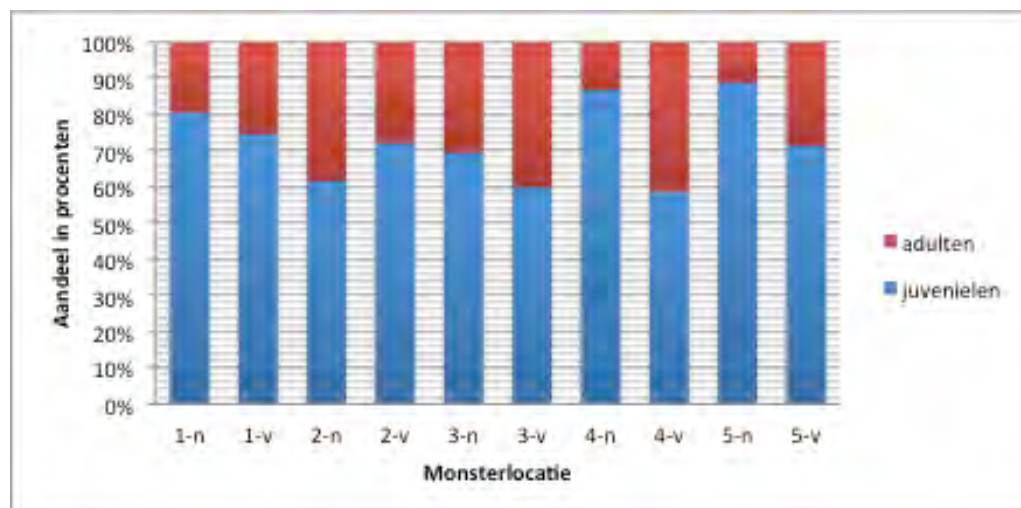
Wormen worden verdeeld in drie ecologische groepen: strooiselbewoners (epigeïsch), grondbewoners (endogeïsch) en diepgravers (anekisch). Anekische en endogeïsche soorten zijn in alle monsters aangetroffen, maar de epigeïsche soorten ontbreken in de monsters 3 en 5 in het najaar en de monsters 2 en 3 in het voorjaar. Dit zal ongetwijfeld samenhangen met het ontbreken van een strooisellaag.

Tabel 3.1 laat zien dat bij beide bemonsteringen het totaal aantal wormen op de locaties 4 en 5 lager is dan op de andere locaties. De reden hiervoor is dat de aanvoer van voedsel hier minder is (grasmaaisel ontbreekt op deze locaties, de wormen zijn hier afhankelijk van inwaaiend blad en spontaan afstervende bladeren van grassen en kruiden). De aantallen in najaar en voorjaar zijn overal vergelijkbaar. De groepen anekische (diepgravers) en endogeïsche wormen (horizontale gravers) zijn op alle monsterlocaties aanwezig.

De grote anekische (diepgravende) soort *Aporrectodea longa* komt in hogere dichtheden voor op de locaties 1, 2 en 3. De middelmatig grote endogeïsche (horizontale graver) *A. caliginosa* is vooral talrijk op de locaties 1 en 3. De kleine endogeïsche soort *A. rosea* is het meest talrijk op de locaties 1 en 2. De epigeïsche (strooiselbewonende) soorten zijn schaars en komen alleen op locatie 1 wat talrijker voor, zowel de grote soort *Lumbricus rubellus* als de kleine *Satchellius mammalis*.

Figuur 3.1 geeft de verhouding tussen juvenielen en adulten per monsterlocatie weer. Het aandeel adulte wormen varieert tussen 11 en 40%. Over het algemeen is het

aandeel adulte wormen bij de voorjaarsbemonstering hoger dan bij de najaarsbemonstering. Een uitzondering hierop vormt monsterlocatie 2.



Figuur 3.1 Verhouding tussen het aantal juveniele en adulte wormen per monsterlocatie bij de bemonstering op 27 oktober 2014 (n) en 23 maart 2015 (v). Zie figuur 2.1 voor de monsterlocaties.

3.2 Biomassa wormen

De endogeïsche wormen (horizontale gravers) waren het talrijkst (met name *Aporrectodea caliginosa* en *A. rosea*), maar door het grote formaat van de diepgravende soorten *A. longa* en *Lumbricus terrestris* is de biomassa van het versgewicht van de anekische (diepgravende) groep meestal (veel) hoger dan die van de groep grondbewoners (tabel 3.2).

Tabel 3.2 Versgewicht in gram/m² van de regenwormen gesommeerd per groep, per locatie per bemonstering (adulten en juvenielen opgeteld). Let op: het maagarmstelsel van de regenwormen was leeg.

monsterdatum	27-okt-14					23-mrt-15						
	locatie	1	2	3	4	5	locatie	1	2	3	4	5
hole	10	16/18	13	12	16	10	16/18	13	12	16		
voedselgroep												
anekisch	101,2	198,6	169,9	32,7	72,9	136,2	130	99,8	43,3	96,7		
endogeïsch	82,7	18,6	92,8	39,9	45,6	60,1	21,5	137,8	22,2	18,7		
epigeïsch	45,2	0,8		1,0		41,0			0,2	2,0		
totaal gewicht	229,1	218,2	262,7	73,6	118,6	237,3	151,5	237,7	65,7	117,3		

Het lage aantal en gewicht van de epigeïsche groep (strooiselbewoners) houdt logischerwijs verband met het ontbreken van een strooisellaag. Dat er langs de fairways zich geen strooisel ophoopt wordt vermoedelijk enerzijds veroorzaakt door de consumptie van het grasmaaisel door de andere wormen en anderzijds doordat het grootste deel van de bladval in de herfst actief door de beheerders van de golfbaan wordt afgevoerd. Overigens zijn *Satchellius mammalis* en *Dendrobaena octaedra* zeer

kleine wormen. Het gewicht van de epigeïsche groep wordt vrijwel volledig bepaald door *Lumbricus rubellus*.

3.3 Chemische analyses

Bodems

Tabel 3.3 geeft de resultaten van de bodemanalyses. De geanalyseerde bodems verschillen onderling in samenstelling. De gemeten Al-concentratie is een goede maat voor de hoeveelheid lutum die in de bodem aanwezig is. Aluminium, magnesium, kalium en natrium komen als element in een vaste verhouding voor in de lutum-fractie van de bodem en we zien dan ook dat deze elementen sterk met elkaar gecorreleerd zijn. Ook voor de meeste andere elementen is de gemeten concentratie sterk gecorreleerd met de concentraties aluminium, magnesium en kalium. We kunnen dus concluderen dat de totaal-concentraties van de verschillende chemische elementen afhangen van de bodemeigenschappen (met name lutumfractie) en dus niet merkbaar worden beïnvloed door verontreiniging vanuit de diepere bodem.

De calcium- en de strontiumconcentratie laten geen correlatie zien met de overige elementconcentraties van de bodems. De totaal-calciumconcentratie wordt mede bepaald door de kalkconcentratie van de bodems. In kalk wordt ook altijd strontium ingebouwd in een vaste verhouding ten opzichte van het calcium. Voor de bodems is de strontiumconcentratie dan ook sterk gecorreleerd met de calciumconcentratie.

Tabel 3.3 Overzicht van de gemeten gehalten van zware metalen in de vijf genomen bodemmonsters. Tevens is de AW-2000 normwaarde gegeven. Voor een deel van de geanalyseerde stoffen is geen normwaarde vastgesteld. De overschrijdingen zijn met een kleur gemarkeerd. GV = gloeiverlies (organische stof).

Locatie	bodem-samenstelling	%	kg dw L ⁻¹	%	mmol kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹	mmol kg ⁻¹
		Vocht	Dichtheid	GV	Al	Ca	Mg	K	Fe	P	S	Na
1	Zandige klei	28,6	0,66	12,0	544	267	240	49,4	396	25,8	55,7	12,9
2	Zandige klei	28,7	0,60	13,2	509	247	237	45,0	414	21,1	82,0	3,6
3	Lemig Zand	11,2	0,87	3,5	101	245	61	9,8	80	8,7	13,8	0,9
4	Zandige klei	22,0	0,80	4,2	135	637	130	15,5	133	11,3	10,8	1,2
5	Zandige klei	26,1	0,60	11,4	608	506	290	61,0	401	22,0	72,0	5,3
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		Cd	Pb	Zn	Cu	As	Hg	Co	Ni	Cr	Sn	V
1	Zandige klei	0,48	42,8	93,9	24,2	10,7	0,16	9,2	34,0	33,4	0,4	30,3
2	Zandige klei	0,32	31,9	75,1	17,5	11,4	0,09	9,2	31,1	30,8	0,3	30,7
3	Lemig Zand	0,10	9,5	21,2	4,5	2,7	0,08	2,1	6,8	6,9	0,2	7,4
4	Zandige klei	0,13	11,0	29,6	5,2	4,5	0,11	3,2	9,6	11,5	0,2	12,0
5	Zandige klei	0,53	38,9	98,1	17,8	10,0	0,11	8,9	30,6	34,4	0,2	33,7
	AW2000(25/10)	0,60	50,0	140,0	40,0	20,0	0,15	15,0	30,0	55,0	5,5	80,0
	AW2000(20/10)	0,57	47,1	126,0	36,7	18,6	0,14	12,7	25,7	49,5	5,5	68,6
	AW2000(5/3)	0,38	34,1	74,2	22,0	12,6	0,11	5,7	12,9	33,0	2,4	34,3
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm						
		SE	Sr	Mo	Mn	Fe						
1	Zandige klei	1,00	37,7	1,0	366	21.573						
2	Zandige klei	1,00	32,2	1,0	432	22.764						
3	Lemig Zand	0,20	28,2	0,2	136	4.579						
4	Zandige klei	0,20	70,0	0,2	203	7.577						
5	Zandige klei	0,90	60,2	0,8	464	22.364						
	AW2000(25/10)	4,00	-	1,5	-	-						
	AW2000(20/10)	-	-	1,5	-	-						
	AW2000(5/3)	-	-	1,5	-	-						

De gemeten concentraties van de (zware) metalen worden gegeven in ppm (mgram per kilogram droge bodem). De AW-2000 normen zijn afhankelijk van het bodemtype. Voor de waarden voor een standaard bodem worden uitgegaan van een bodem met een lutumfractie van 25 % en een organisch stofgehalte van 10 % (AW2000(25/10)). Voor de verzamelde bodems beschikken we niet over het lutumgehalte. Uit eerder onderzoek in de Coupépolder (DHV 1997) is echter gebleken dat het lutumgehalte van de bodems grofweg varieert tussen 5% en 33% met een mediane waarde van 23%. Met behulp van de stofspecifieke bodemtypecorrectieformules zijn daarom tevens de normwaardes berekend voor bodems met een lutumfractie van 20% en een organische stofgehalte van 10% (AW2000(20/5)) en voor bodems met een lutumfractie van 5% en een organisch stofgehalte van 3% (AW2000(5/3)) (zie tabel 3.3).

De locaties 1, 2 en 5 hebben, gelet op de gemeten Al-concentraties een hoge lutumfractie (in ieder geval hoger dan >20%) en de concentratie aan zware metalen in deze bodems kunnen vergeleken worden met de streefwaardes (AW2000(20/10)). Voor de locaties 3 en 4 liggen de lutumgehaltenes gelet op de gemeten totaal-Al concentraties een stuk lager en deze kunnen waarschijnlijk het beste vergeleken worden met AW2000(5/3) normwaardes. Op alle vijf de onderzochte locaties liggen voor alle geanalyseerde elementen de gemeten concentraties in de bodem lager dan de AW-2000 normwaarde. De enige uitzonderingen vormen de kwikconcentratie op locatie 1, deze ligt met een waarde van 0,16 net boven de AW-2000(20/10) normwaarde van 0,14, en de nikkelconcentraties op de locaties 1, 2 en 5 die boven de AW2000(20/10) normwaarde van 25 liggen.

Wormen

Tabel 3.4 geeft de resultaten van de wormenanalyses. De gemeten concentraties voor de (zware) metalen worden gegeven in ppm (mgram per kilogram droge biomassa). De verschillen tussen de monsters die in november 2014 en april 2015 zijn verzameld zijn relatief klein.

Om de gemeten concentraties in perspectief te zetten zijn de concentraties die gemeten werden in de wormen uitgezet tegen de concentraties die werden gemeten in de bodem (figuur 3.2). Voor een aantal elementen zijn de concentraties die gemeten werden in de wormen consequent (veel) lager dan de concentraties die werden gemeten in de bodem. Voor deze elementen is er dus duidelijk geen sprake van concentratie van het element in de wormen ten opzichte van de bodem.

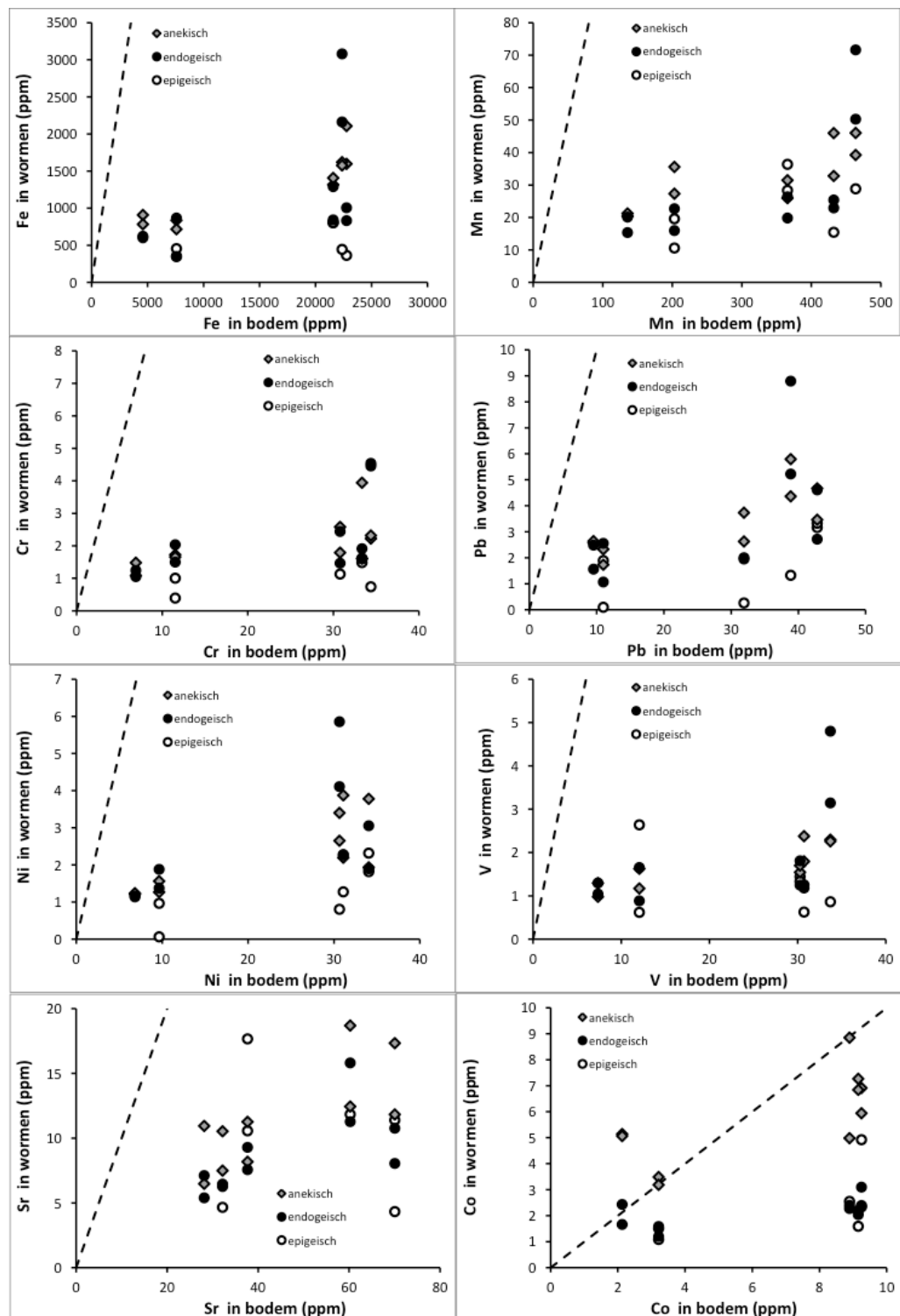
Tabel 3.4 Gehalten van zware metalen per ecologische wormengroep in het najaar en voorjaar uitgedrukt als mgram/kg droge stof (PPM) per monsterpunt. Anekisch = diepgravende soorten, endogeïsch = horizontaal gravende wormen en epigeïsch = strooisel bewonende wormen.

anekisch		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
		Cd	Pb	Zn	Cu	As	Hg	Co	Ni	Cr	Sn	V	Se	Sr	Mo	Mn	Fe
1	27-10-2015	3,8	4,7	942	16,9	2,5	0,52	5,9	3,8	3,9	0,3	1,7	5,5	11,26	1,2	31,5	1409
1	23-3-2015	5,4	3,5	802	11,2	2,7	0,72	6,9	1,9	1,6	0,4	1,5	6,2	8,18	1,0	26,0	1317
2	27-10-2014	2,8	3,7	560	15,9	3,2	1,01	7,3	3,9	2,6	0,9	2,4	6,0	10,53	1,1	46,0	2107
2	23-3-2015	3,0	2,6	674	9,3	3,1	0,81	6,8	2,2	1,8	0,3	1,8	5,9	7,49	0,9	32,8	1597
3	27-10-2014	4,0	2,6	656	11,8	3,0	0,57	5,1	1,2	1,1	0,3	1,3	4,6	6,48	0,8	20,4	910
3	23-3-2015	3,5	2,6	825	8,4	3,2	0,52	5,1	1,2	1,5	0,3	1,0	4,8	10,94	0,7	21,3	782
4	27-10-2014	1,8	2,3	296	7,6	3,0	0,52	3,5	1,6	1,7	0,4	1,6	2,2	17,34	0,7	35,6	837
4	23-3-2015	1,8	1,7	721	8,3	8,9	0,24	3,2	1,3	1,7	0,2	1,2	5,9	11,83	0,6	27,3	717
5	27-10-2014	9,5	4,4	810	16,1	3,4	0,28	5,0	3,4	2,2	0,2	2,3	4,8	12,44	0,8	39,3	1619
5	23-3-2015	12,7	5,8	1155	12,0	4,1	0,19	8,8	2,7	2,3	0,3	2,3	6,1	18,69	1,2	46,0	1577
endogeïsch		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		Cd	Pb	Zn	Cu	As	Hg	Co	Ni	Cr	Sn	V	Se	Sr	Mo	Mn	Fe
1	27-10-2014	14,7	4,6	597	13,6	5,0	1,07	3,1	3,1	1,9	1,6	1,8	26,0	9,29	1,5	26,4	1290
1	23-3-2015	15,6	2,7	512	10,5	5,0	1,06	2,3	1,9	1,6	0,6	1,2	25,0	7,57	1,2	19,8	842
2	27-10-2014	3,5	1,9	305	11,4	3,0	0,86	2,2	2,3	1,5	1,2	1,3	24,5	6,46	0,9	25,4	1005
2	23-3-2015	5,9	2,0	374	7,5	4,9	0,98	2,0	2,3	2,4	0,4	1,2	31,2	6,27	1,0	22,9	833
3	27-10-2014	7,7	2,5	595	7,2	4,2	0,42	1,7	1,2	1,1	0,4	1,3	12,0	5,39	1,1	20,1	623
3	23-3-2015	11,5	1,6	595	6,8	6,2	0,89	2,4	1,1	1,2	0,3	1,0	16,6	7,12	1,1	15,4	602
4	27-10-2014	5,1	2,6	293	9,9	8,9	0,34	1,2	1,9	1,5	0,5	1,7	9,6	10,77	0,7	22,7	868
4	23-3-2015	8,1	1,1	277	7,5	9,2	0,41	1,6	1,4	2,0	0,4	0,9	12,5	8,05	0,8	16,0	350
5	27-10-2014	21,1	8,8	573	13,5	5,3	0,37	2,4	5,9	4,5	0,4	4,8	12,4	15,81	1,1	71,7	3080
5	23-3-2015	24,0	5,2	658	10,4	6,7	0,36	2,3	4,1	4,5	0,6	3,1	13,9	11,28	1,0	50,3	2162
epigeïsch		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		Cd	Pb	Zn	Cu	As	Hg	Co	Ni	Cr	Sn	V	Se	Sr	Mo	Mn	Fe
1	27-10-2014	3,4	3,2	225	8,8	0,9	1,32	2,4	2,3	1,6	1,6	1,4	1,2	10,57	1,2	28,4	803
1	23-3-2015	6,3	3,3	403	10,9	1,3	0,88	4,9	1,8	1,5	0,4	1,3	2,3	17,67	1,2	36,4	807
2	27-10-2014	1,2	0,3	155	9,4	0,5	0,74	1,6	1,3	1,1	4,9	0,6	5,7	4,66	1,5	15,4	365
4	27-10-2014	3,2	0,1	419	4,0	3,4	0,57	1,1	1,0	1,0	3,9	0,6	1,9	4,33	0,6	10,6	350
4	23-3-2015	0,5	1,9	335	9,4	5,1	0,39	1,5	0,1	0,4	3,0	2,6	2,9	11,39	0,9	19,6	455
5	23-3-2015	13,4	1,3	457	9,1	5,6	0,23	2,6	0,8	0,7	1,0	0,9	2,3	11,84	0,4	28,8	445

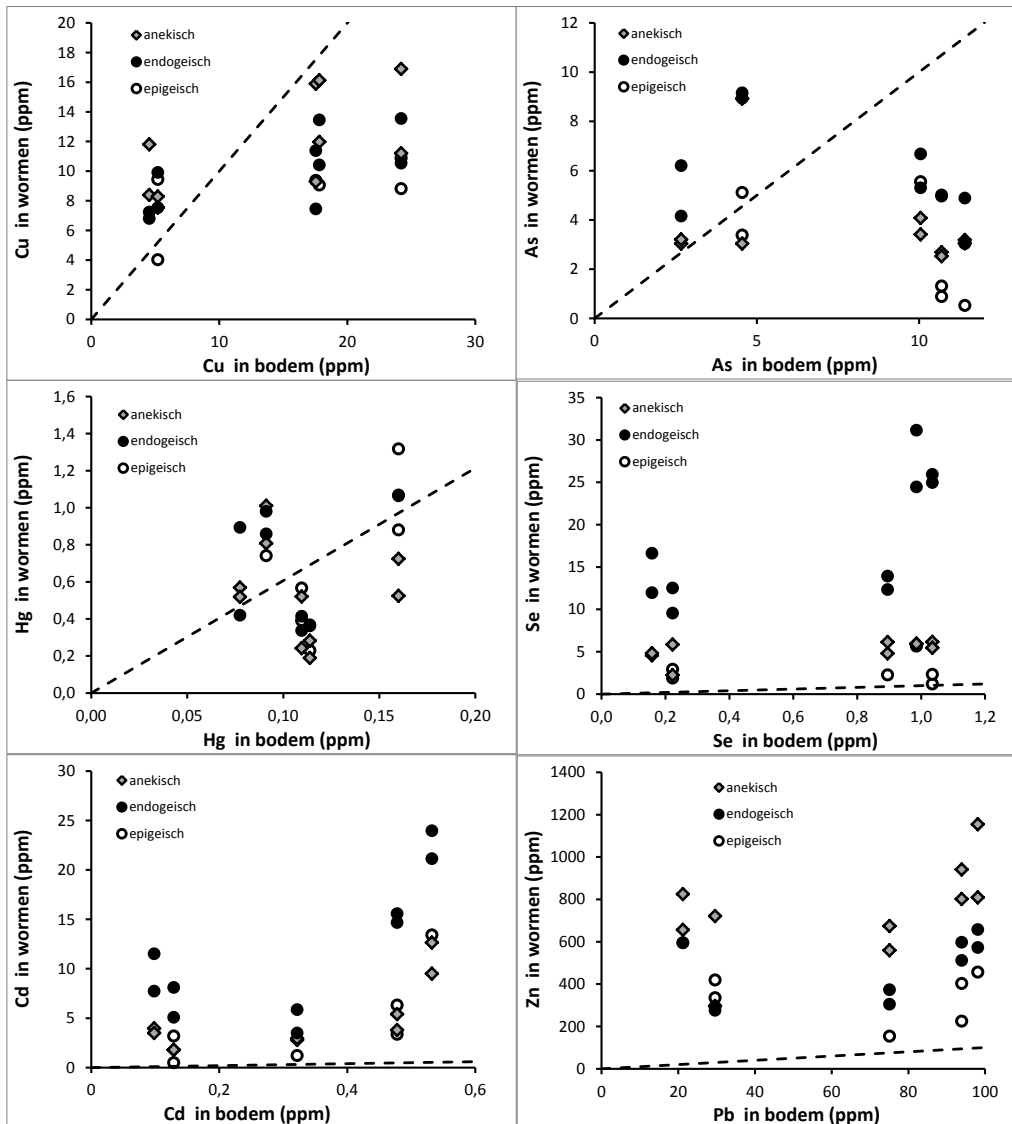
Het gaat hier met name om ijzer (Fe), mangaan (Mn), chroom (Cr), lood (Pb), nikkel (Ni), vanadium (V) en strontium (Sr). Voor kwik (Hg), seleen (Se), cadmium (Cd) en zink (Zn) is er duidelijk wel sprake van een concentratie in de wormen. De concentraties in de wormen zijn (veel) hoger dan de concentraties in de bodem. Voor koper (Cu), kobalt (Co) en arseen (As) vindt er voor de bodems met relatief lage concentraties concentratie plaats en voor de bodems met relatief hoge concentraties niet.

Deze relaties tussen de elementconcentraties in de wormen en de bodems komen overeen met wat er bekend is uit de literatuur (o.a. Bosveld *et al.* 2000, Hobbelen *et al.* 2005, Bleeker *et al.* 2007).

We zien in figuur 3.2 dat voor de meeste elementen de concentraties in de wormen hoger zijn naarmate de concentraties in de bodem toenemen. De verbanden zijn echter niet heel erg sterk. Dit kan te maken hebben met het feit dat de concentraties in de bodems nergens verhoogd zijn ten opzichte van de achtergrondwaarden. Voor arseen (As) en kwik (Hg) is er eerder sprake van een negatief verband tussen de totaal-concentratie in de bodem en de concentratie in de wormen.



Figuur 3.2 Concentraties van de onderzochte elementen in de wormen uitgezet tegen de totaalconcentraties in de bodem. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende ecologische groepen. De stippellijn geeft een 1:1 verhouding weer. Wanneer de punten boven deze stippellijn liggen is er sprake van een verhoogde concentratie van het betreffende element in de wormen ten opzichte van de concentratie in de bodem.



Figuur 3.2 (vervolg) Concentraties van de onderzochte elementen in de wormen uitgezet tegen de totaalconcentratie in de bodem. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende ecologische groepen. De stippellijn geeft een 1:1 verhouding weer. Wanneer de punten boven deze stippellijn liggen is er sprake van een verhoogde concentratie van het betreffende element in de wormen ten opzichte van de concentratie in de bodem.

Tussen de verschillende ecologische groepen: strooiselbewoners (epigeïsch), grondbewoners (endogeïsch) en diepgravers (anekisch) zien we een aantal duidelijke verschillen. Voor de meeste elementen, met uitzondering van kwik (Hg), worden in de epigeïsche wormen duidelijk lagere concentraties gemeten dan in de twee andere groepen. De epigeïsche wormen leven in de strooisellaag van de bodem. Mogelijk zijn de elementconcentraties hier lager dan in de bodem zelf, maar in ieder geval accumuleren ze minder van de onderzochte elementen dan de wormen die in de bodem zelf leven.

Verder accumuleren de endogeïsche wormen duidelijk meer seleen (Se) en cadmium (Cd) en de anekische wormen weer meer cobalt (Co) en zink (Zn) dan de overige

groepen. Dit heeft mogelijk te maken met de verschillende mate waarin deze groepen worden blootgesteld aan deze elementen in de bodem. De anekische soorten graven relatief diep en het is mogelijk dat de zink- en kobaltconcentraties dieper in de bodem hoger zijn dan ondiep in de bodem, terwijl voor seleen en Cadmium het omgekeerde het geval is. In dit onderzoek hebben we echter slechts een mengmonster geanalyseerd van de toplaag, zodat we geen uitspraak kunnen doen over een eventuele gradiënt in de bodem.

4 Discussie

4.1 Algemeen

De bemonstering van de diepere bodem door middel van mosterdextractie heeft in oktober 2014 één en in maart 2015 géén extra wormen opgeleverd. De wel aanwezige diepgravers (*A. longa* en *L. terrestris*) bleken boven in hun gang aanwezig te zijn. Deze soorten bleken op dezelfde bodemdiepte als de groep grondbewoners te zitten. Deze bodemdiepte werd bij de ontgraving tot 20 cm diepte al volledig meegenomen. Hierdoor was het extractiemiddel niet effectief. Aangenomen wordt dat de diepgravende wormen in drogere perioden wel diepere delen van de bodem benutten, zodat eventueel hier aanwezige verontreinigingen dan wel opgenomen kunnen worden. De resultaten van de wormenbemonstering geven een goed beeld van de in wormen aanwezige zware metalen.

4.2 Samenstelling wormenpopulatie

De dichtheid aan regenwormen op Golfbaan Zeegersloot varieert van 136 tot 468 individuen per vierkante meter. Literatuurgegevens over dichtheden van regenwormen zijn schaars. De dichtheid van regenwormen en de regenval in de zomer is sterk gecorreleerd (Butter 1990). De rijkste regenwormpopulaties worden gevonden in permanent grasland: 300-900 wormen/m², waarbij 80% van de wormen uit de soort *Aporrectodea caliginosa* bestaat. In bos bedraagt de dichtheid van regenwormen ongeveer 100 individuen/m² (Van Rhee 1970). Onderzoek in Maasuitwaarden door Boudewijn *et al.* (2003) leverde gemiddelde aantallen per vierkante meter op, variërend van 210-440 individuen, waarbij de biomassa varieerde van 90-270 gram versgewicht/m². In vervuilde veengronden vonden Bosveld *et al.* (2000) aantallen variërend tussen 80-200 individuen /m². Door Ausden *et al.* (2001) is het effect van inundatie op de biomassa van wormen onderzocht. In niet regelmatig geïnundeerde graslanden varieerde de biomassa van wormen tussen 25 – 230 gram/m².

De aantallen wormen op de locaties 4 en 5 zijn relatief laag en dit geldt ook voor de biomassa van 65-118 gram/m², maar de aantallen zijn vergelijkbaar met dichtheden die in niet verontreinigde graslanden worden gevonden. Opmerkelijk is wel dat de anekische groep op locatie 4 in relatief lage aantallen voorkomt en een lage biomassa heeft.

De meeste wormen produceren gedurende het gehele jaar cocons zolang de bodemtemperatuur, vochtigheids- en voedselomstandigheden dat toelaten. In de winterperiode ligt de coconproductie lager vanwege de lagere bodemtemperatuur en in de zomerperiode vanwege de drogere omstandigheden (Evans & Guild 1947). Op de meeste monsterlocaties wordt in maart een hoger aandeel adulten gevonden dan in het najaar. Dit is in overeenstemming met de lagere coconproductie in de winterperiode. Het aandeel adulten ligt tussen 10-40%, zodat de verhouding tussen adulten en juvenielen niet afwijkt van de situatie in een niet verontreinigde situatie.

Klok & Roos (1996) lieten zien dat in een ongestoorde situatie het aandeel adulten ongeveer 25% bedraagt en dat bij een ecotoxicologische belasting de groei van individuen geremd wordt, waardoor slechts weinig wormen het adulte stadium bereiken. Tijdens de voorjaarsbemonstering bedraagt op alle locaties het aandeel adulte wormen minstens 25%. Op locatie 2 is in het najaar het aandeel adulten hoger dan in het voorjaar, maar gezien het hoge percentage adulten zijn er geen aanwijzingen dat dit veroorzaakt wordt door een ecotoxicologische belasting. Ook op locatie 5, waar de biomassa en dichtheid in vergelijking met de drie andere monsterpunten relatief laag zijn, is het aandeel adulten in het voorjaar in de verwachte orde van grootte.

Uit de dichtheid en biomassa van regenwormen, die hoger zijn dan gebruikelijk in bos, en in de range ligt van agrarisch gebruikte graslanden, kunnen we concluderen dat de kwaliteit van de afdeklaag zodanig is dat dichtheid en biomassa niet afwijken van die van een normale regenwormenpopulatie. De groep strooiselbewoners is wel slecht vertegenwoordigd. Dit hangt samen met het ontbreken van een strooisellaag.

4.3 Belasting van wormen

De concentraties die voor de verschillende elementen werden gemeten in de bodems liggen alle binnen de range van achtergrondwaarden van landbouw- en natuurbodems zonder lokale verontreinigingsbronnen. De concentraties die werden gemeten in de wormen laten verschillen zien tussen de ecologische groepen en hebben de tendens toe te nemen naarmate de concentraties in de bodem hoger zijn.

In tabel 4.1 worden concentraties in wormen gegeven uit andere studies. Hierbij worden waarden gegeven voor wormen van vervuilde locaties, maar ook waarden voor wormen die van niet vervuilde referentiesites afkomstig zijn. Hobbelen *et al.* (2004, 2006) hebben uit een groot aantal studies referentiewaarden voor wormen verzameld waarvan de range wordt gegeven in tabel 4.1. We zien dat de gemeten referentieconcentraties voor wormen uit schone bodems fors uiteen lopen. Er zijn vooral veel referentiewaarden beschikbaar voor cadmium (Cd), lood (Pb), zink (Zn) en koper (Cu).

Tabel 4.1 Overzicht van de concentraties aan zware metalen in wormen in schone (referentie) gebieden, gradiënt schoon-vervulde gebieden en vervulde gebieden vastgesteld in verschillende studies.

Soort	Locatie	Land	ppm Cd	ppm Pb	ppm Zn	ppm Cu	ppm As	ppm Hg	ppm Ni	ppm Cr	ppm Fe	Literatuur
Referentie ('schoon')												
Aporrectodea caliginosa	Keersopperdreef	Ned.	58,0		1211	27,0					1277	Bleeker en van Gestel (2007)
Lumbricus rubellus	Keersopperdreef	Ned.	22,0		612	13,0					1002	Bleeker en van Gestel (2007)
Aporrectodea caliginosa	Nieuwer ter AA	Ned.	5,4	19,0	782	12,7	1,8	0,67	9,0	18,3		Bosveld et al. 2000
Allolobophora chlorotica	Nieuwer ter AA	Ned.	2,8	12,0	323	8,8	3,4	0,54	2,1	2,1		Bosveld et al. 2000
Lumbricus rubellus	Nieuwer ter AA	Ned.	3,0	18,0	551	16,5	<1	0,25	2,3	2,6		Bosveld et al. 2000
Lumbricus rubellus	Oostvaardersplassen	Ned.	23,1		1550	20,7						Hobbelen et al. (2006)
Lumbricus rubellus	Literatuur	Divers	2,8-22		219-1444	4,6-30						Hobbelen et al. (2006)
Lumbricus rubellus	Literatuur	Divers	2,6-26	0,3-88	260-925	4,6-30						Hobbelen et al. (2004)
Aporrectodea caliginosa	Literatuur	Divers	10,8-35		400-2000	17-40						Hobbelen et al. (2006)
Aporrectodea caliginosa	Literatuur	Divers	13-31	8,0-93	267-2000	17-35						Hobbelen et al. (2004)
Dendrobaena rubida	Literatuur	Divers	8,7-33	5-100	100-251	12,9-183						Hobbelen et al. (2004)
Vervuilinggradient ('schoon' naar 'vervuld')												
Enchytraeidae	Niepolmice Forest	Polen	1,7-50,1	6,3-82,8	913-1764	70,6-303						Rozen et al. (2004)
Mix	Keentse Uiterwaard Grave	Ned.	13-150	25-69	781-1438	22-50	4,4-7,5	0,6	9,4-13	9,4-31		Kerkhofs et al.(1993)
Vervuild'												
Aporrectodea caliginosa	Demmerik	Ned.	5,3-9,3	37-225	729-1098	12,0-45,7	<1-9,6	0,74-1,52	1,5-5,0	2,3-8,3		Bosveld et al. 2000
Allolobophora chlorotica	Demmerik	Ned.	3,3-8,8	48-115	422-595	7,1-14,2	<1-10,2	0,67-1,18	1,6-16,0	2,3-16,5		Bosveld et al. 2000
Lumbricus rubellus	Demmerik	Ned.	4,1-6,8	44-128	687-1238	24,2-33,1	<1	0,37-0,90	2,1-10,5	3,9-15,9		Bosveld et al. 2000
Aporrectodea caliginosa	Waalre-South	Ned.	192,0		802	12,0					1128	Bleeker en van Gestel (2007)
Lumbricus rubellus	Waalre-South	Ned.	116,0		646	14,0					1118	Bleeker en van Gestel (2007)
Aporrectodea caliginosa	Waalre-North	Ned.	478,0		839	15,0					3621	Bleeker en van Gestel (2007)
Allolobophora chlorotica	Waalre-North	Ned.	266,0		676	13,0					577	Bleeker en van Gestel (2007)
Lumbricus rubellus	Waalre-North	Ned.	202,0		903	20,0					1774	Bleeker en van Gestel (2007)
Aporrectodea caliginosa	Nijnsel	Ned.	249,0		1079	32,0					3206	Bleeker en van Gestel (2007)
Allolobophora chlorotica	Nijnsel	Ned.	154,0		541	20,0					498	Bleeker en van Gestel (2007)
Lumbricus rubellus	Nijnsel	Ned.	117,0		1182	29,0					2284	Bleeker en van Gestel (2007)
Lumbricus rubellus	Biesbosch	Ned.	48,1-160		964-1731	22,2-73,3						Hobbelen et al. (2006)
Aporrectodea caliginosa	Biesbosch	Ned.	61,0-256		676-1958	23,8-57,8						Hobbelen et al. (2006)

Wanneer we de gemeten concentraties vergelijken met deze literatuurwaarden dan kunnen we concluderen dat de gemeten concentraties overwegend binnen de range van concentraties liggen die gemeten worden in wormen uit 'niet vervulde' referentiebodems. Dit beeld komt overeen met de gemeten concentraties in de bodems. Voor de overige elementen hebben we eigenlijk alleen referentiewaarden uit een onderzoek naar de vervuiling van een toemaakdek bij Demmerik (Bosveld *et al.* 2000). Vergelijking met deze referentiewaarden is hierdoor eigenlijk niet zo zinvol, maar we zien wel dat de in de wormen van de Coupépolder gemeten concentraties voor kwik (Hg) en arseen (As) iets hoger zijn dan deze 'referentiewaarden'.

Door Boudewijn *et al.* (2003) is onderzoek gedaan naar verontreinigingen in Maasuiterswaarden. De bij dat onderzoek waargenomen gemiddelde, minimum en maximumwaarde staan weergegeven in tabel 4.2 net als de bij het huidige onderzoek vastgestelde waarden. Hieruit komt naar voren dat de concentraties in de Coupépolder lager liggen dan in de Maasuiterswaarden. Zij concluderen, mede op basis van een aandeel van 22-39% adulten in de populatie (bemonstering in het voorjaar) dat er geen aanwijzingen zijn dat de wormenpopulaties onder druk van verontreinigende stoffen staan. Aangezien de concentratie van zware metalen in wormen (gewogen gemiddelde) in de Coupépolder lager is, kan aangenomen worden dat ook in de Coupépolder de wormenpopulatie niet onder druk van verontreinigingen staat.

Tabel 4.2 Gemiddelde, minimale en maximale concentraties zware metalen in wormen uit Maaswaterwaarden in mg/kg droge stof (Boudewijn et al. 2003) en de in de Coupépolder gevonden concentraties (ongewogen gemiddelde).

stof	Maaswaterwaarden			Coupépolder		
	gemiddeld	min.	max.	gemiddeld	min.	max.
arseen	4,5	3,6	5,5	4,3	0,5	8,9
cadmium	33,8	12,1	51,0	7,4	0,5	24,0
chromium	3,1	0,9	4,1	1,9	0,4	4,5
koper	16,7	12,5	22,7	10,3	4,0	16,1
ijzer	3.154	791	4.981	1.067	350	3.080
nikkel	3,1	0,9	4,3	2,1	0,1	5,9
lood	12,5	6,6	17,3	3,0	0,1	8,8
zink	881	453	1.269	546	155	1.155

De dichtheid en biomassa van wormen op locatie 4 lag lager dan op de andere locaties. Wanneer naar de concentratie van zware metalen in de bodem en in de wormen wordt gekeken, blijkt deze op locatie 4 niet tot de allerhoogste waarden te behoren, zodat de lagere dichtheid en biomassa niet veroorzaakt wordt door zware metalen. Het monster van locatie 4 had wel een relatief laag gloeiverlies (4,2%), zodat de beperkte aanwezigheid van organische stof in de bodem de locatie mogelijk minder aantrekkelijk maakte voor wormen.

Op basis van de concentraties vastgesteld in wormen in de Coupépolder (tabel 3.4) en de concentraties (tabel 4.1) en in schone referentiesituaties kunnen we concluderen dat de gemeten metalenconcentraties niet afwijken van de concentraties die verwacht kunnen worden in wormen uit niet vervuilde bodems.

4.4 Beantwoording onderzoeksvragen

In paragraaf 1.2 worden een drietal onderzoeksvragen genoemd waarop de gemeente Alphen aan den Rijn graag antwoord wil hebben. Hieronder wordt kort op deze vragen ingegaan.

Vraag 1: Kwaliteit afdeklaag

De dichtheden en biomassa van wormen in de afdeklaag zijn vergelijkbaar met die van wormen in niet verontreinigde situaties. Op locatie 4 en 5 liggen de dichtheid en biomassa lager dan op de andere locaties, maar er zijn geen aanwijzingen dat dit veroorzaakt wordt door verontreinigingen.

Vraag 2: Accumulatie van metalen

In de wormen accumuleren cadmium (cd), lood (Pb), Kwik (Hg) en selenium (Se). Koper (Cu) en arseen (as) accumuleren bij lage concentraties, maar bij hogere concentraties in de bodem is de concentratie in de wormen juist lager. De endogeïsche (horizontale gravers) wormen accumuleren meer selenium (Se) en cadmium (cd) dan de andere groepen wormen, terwijl de anekische (diepgravende)

wormen meer kobalt (Co) en zink (Zn) accumuleren. De concentraties in de wormen liggen in dezelfde orde van grootte als de concentraties in niet verontreinigde gebieden, zodat het niet aannemelijk is dat de biologische kwaliteit van de afdeklaag negatief wordt beïnvloed door het onderliggende stortmateriaal.

Vraag 3: Negatieve effecten op biologische processen, met name door vrijkomende gassen uit het stortmateriaal

De gehalten aan zware metalen in de bodem liggen over het algemeen beneden de AW-2000 normwaarde. Alleen op locatie 1 ligt kwik (Hg) met een waarde van 0,16 ppm net boven de AW-2000(20/10) normwaarde van 0,14 ppm en op de locaties 1, 2 en 5 ligt de nikkelconcentratie met resp. 34,0, 31,1 en 30,6 ppm boven de AW-2000(20/10) normwaarde van 25,0 ppm. Aangezien de dichtheid en biomassa van wormen op deze locaties in de verwachte orde van grootte liggen is, zijn er geen aanwijzingen dat dit van invloed is op de wormen. Ook de verhouding juveniele – adulte wormen wijst niet op een verstoorde situatie. De wormen zijn niet geanalyseerd op omzettingsproducten van vrijkomende gassen, maar gezien de biomassa en de dichtheid van de wormen, zijn er geen aanwijzingen dat de biologische activiteit hiervan negatief beïnvloed wordt. Daarom wordt aangenomen dat ook andere biologische processen niet verstoord worden.

5 Conclusies en aanbevelingen

- De dichtheden en biomassa van wormen op de monsterlocaties liggen in de orde van grootte, die ook in niet-verontreinigde gebieden worden gevonden.
- De verhouding tussen juveniele en adulte wormen is kenmerkend voor een normale populatie-opbouw. Er zijn geen aanwijzingen dat de populatie-opbouw door verontreinigen verstoord is.
- de groep epigeïsche wormen (bewoners strooisellaag) is door het ontbreken van een strooisellaag niet op alle monsterlocaties aanwezig.
- Op locatie 4 en 5 is de dichtheid en de biomassa van wormen lager dan op twee andere locaties, maar gezien de populatie-opbouw zijn hier geen aanwijzingen voor effecten van verontreinigingen. Op locatie 4 is het organische stofgehalte van de bodem relatief laag.
- De concentraties zware metalen in de bodem op de monsterlocaties overschrijden met uitzondering van kwik (Hg) op locatie 1 en nikkel (Ni) op de locaties 1, 2 en 5 niet de AW-2000 normwaarde. Kwik lag met 0,16 net boven de AW-2000(20/10) normwaarde van 0,14 mg/kg droge stof. De concentraties in de bodems liggen alle binnen de range van achtergrondwaarden van landbouw- en natuurbodems zonder lokale verontreinigingsbronnen. De nikkelconcentraties op de locaties 1, 2 en 5 overschrijden met resp. 34,0, 31,1 en 30,6 mg/kg droge stof de AW2000(20/10) normwaarde van 25 mg/kg droge stof.
- De gemeten concentraties in wormen liggen overwegend binnen de range van concentraties die gemeten worden in wormen uit niet-vervuilde referentiebodems. De concentraties van kwik (Hg) en arseen (As) liggen iets hoger dan in een bekende referentiesituatie, maar zijn niet zo hoog dat effecten op de wormenpopulaties verwacht worden.
- Er zijn geen aanwijzingen dat de concentraties zware metalen in de wormen zo hoog zijn dat de biologische activiteit hiervan beïnvloed wordt.
- Er zijn geen aanwijzingen dat zware metalen afkomstig uit de stortlaag in de deklaag terecht komen of dat zware metalen uit de stortlaag accumuleren in wormen uit de deklaag.
- In de epigeïsche wormen (strooisellaag) accumuleren minder zware metalen dan in de twee andere soortgroepen. Endogeïsche wormen (horizontale gravers) accumuleren meer selenium en cadmium dan de twee andere groepen, terwijl de anekische wormen (diepgravers) meer kobalt en zink accumuleren.

Aanbevelingen

- Er is alleen een mengmonster van de bovenste bodemlaag genomen. Door zowel de bovenste 25 cm te bemonsteren als de onderliggende laag kan inzicht verkregen worden in eventuele verschillen in de belasting met zware metalen.
- Het gebruikte extractiemiddel leverde nauwelijks wormen op uit de bodem dieper dan 25 cm beneden het maaiveld. Diepgravende soorten werden wel in de bovenste 25 cm van de bodem aangetroffen. Voorgesteld wordt om bij een eventuele nieuwe bemonstering ook de diepere bodemlaag met een schep te bemonsteren in plaats van met behulp van een extractiemiddel.

6 Literatuur

- Ausden M., W.J. Sutherland & R. James 2001. The effect of flooding lowland wet grassland on soil macroinvertebrate prey of breeding wading birds. *Journal of applied ecology* 38: 320-338.
- Bleeker E.A.J. & J.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. *Environmental Pollution* 148: 824-832.
- Boerboom A.A.M. 2011. Nazorgplan Coupépolder. Rapport. Royal Haskoning, Nijmegen.
- Bosveld A.T.C., T.C. Klok, J.M. Bodt & M. Rutgers 2000. Ecologische risico's van bodemverontreinigingen in toemaakdek in de gemeente De Ronde Venen. Wageningen, Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra rapport 151.
- Boudewijn T.J., N.W. van den Brink, C. Klok & B. van Hattum 2003. Verontreinigingen in Maasuitwaarden: blootstelling en belasting van dassen. Reports of the project "Ecological rehabilitation of the river Meuse". Nr. 38-2003. Riza, Arnhem.
- Butter M. 1990. Dassen, verzuring en regenwormen. Literatuuronderzoek naar de effecten van verzuring op regenwormen en de gevolgen daarvan voor de Nederlandse dassen. Rapport 28. Biologiewinkel Rijksuniversiteit Groningen.
- DHV 1997. Onderzoek deklaag stortplaats Coupépolder te Alphen aan den Rijn. Rapport DHV Milieu en Infrastructuur BV.
- Evans A.C. & W.J.M.L. Guild 1947. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. I *Biological studies in the field*. *Ann. Appl. Biol.* 34: 307-330.
- Externe deskundigencommissie 2012. Verslag van een onafhankelijk onderzoek naar de aanpak van de nazorg van de Coupépolder in Alphen aan den Rijn. Eindrapportage.
- Hobbelen P.H.F., J.E. Koolhaas & J.A.M. Van Gestel 2004. Risk assessment of heavy metal pollution for detritivores in floodplain soils in the Biesbosch, the Netherlands, taking bioavailability into account. *Environmental Pollution* 129 409-419.
- Hobbelen P.H.F., J.E. Koolhaas & J.A.M. Van Gestel 2005. Effects of heavy metals on the litter consumption by the earthworm *Lumbricus rubellus* in field soils. *Pedobiologia* 50 51-60.
- Hobbelen P.H.F., J.E. Koolhaas & J.A.M. Van Gestel 2006. Bioaccumulation of heavy metals in the earthworms *Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa* in relation to total and available metal concentrations in field soils. *Environmental Pollution* 144: 639-646.
- Kerkhofs M.J.J., V. Silva & W. Ma. Zware 1993. metalen en organische microverontreinigingen in bodem, regenwormen en dassen in het winterbed van de Maas bij Grave. Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse" no. 14.
- 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/
- Lamé F.P.J., D.J. Brus & R.H. Nieuwenhuis 2004. Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport fase 1. NITG 04-242-A. 2004. TNO.

- Lamé F.P.J. & R.H. Nieuwenhuis 2006. Beleidsmatig vervolg AW2000. Voorstellen voor normwaarden op achtergrondniveau en de bijbehorende toetsingsregel. 2006-U-R0044/A. 2006. TNO bouw en Ondergrond.
- Rozen A., Ł. Sobczyk, P. Kapusta & M. Niklinska 2004. Heavy metal concentrations in Enchytraeidae (Oligochaeta) in the Niepolomice Forest. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 57: 81–88
- Rhee J.A. de 1970. De regenwormen (Lumbricidae) van Nederland. Wet. med. 84 KNNV.

Bijlage 1: kenmerken monsterlocaties

bezoekdatum monsternummer holenummer	27-okt-14				
	1	2	3	4	5
vegetatie direct om plot 1 m: gras	gemaaid gras	gemaaid gras	gemaaid gras	ongemaaid gras	gras33%, kaal 33%.
kruiden			hondsdrif, witte dovenetel	hondsdrif 70 % zilverschoon weegbree	
bomen	hartbladige els eik	Noorse esdoorn	aak abeel vlier	jonge es	populier es
boombladeren om plot 1m	5%	10%	5	10	33%
gravende dieren in omgeving binnen 10m	woelmuizen	nee	mol	nee	nee
sporen wormen: hoopjes	ja	ja	ja	ja	ja
sporen wormen: in gang getrokken plantendeel	nee	nee	nee	nee	nee
aard strooisel	nvt	nvt	nvt	lood gras (ongemaaid	nvt
dikte strooisellaag	0	0	0	0,5	0
dikte A-horizont	10	4	15	10	10
bewortelingsdiepte	10	20	20	15	20
bodemtextuur bovenste 20cm	zandige klei	zandige klei	lemig zand	zandige klei	zandige klei
pH 15cm	6,5	6,5	5,5	6	5,5
pH 30cm	6,5	6,5	6		5,5

bezoekdatum monsternummer holenummer	23-mrt-15				
	1	2	3	4	5
vegetatie direct om plot 1 m: gras	gras 80%	gras 75%	gras 60	gras 50%, mos 30%	gras 20%, fluitekruid 3% hondsdrif 3% paardebloem1% witte dovenetel 1%
kruiden		witte klaver 2%	hondsdrif 5%		
bomen				bosrank rode kornoelje berk	
boombladeren om plot 1m	10%, en elzenkatjes 5%	0	0	0	0
gravende dieren in omgeving binnen 10m	woelmuizen	nee	nee	nee	nee
sporen wormen: hoopjes	ja	ja	ja	weinig	ja
sporen wormen: in gang getrokken plantendeel	nee	nee	nee	nee	ja, bladstelen van es
aard strooisel	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
dikte strooisellaag	0	0	0	0	0
dikte A-horizont	7	7	15	12	niet genoteerd
bewortelingsdiepte	15	15	15	10	25
bodemtextuur bovenste 20cm	zandige klei	zandige klei	lemig zand	zandige klei	zandige klei
pH 15cm	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
pH 30cm	5,5	5,5	6	6,5	6



Bureau Waardenburg bv

Onderzoek en advies voor ecologie & landschap

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849

E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl

Bijlage 2 Aantallen wormen bemonstering

locatie hole deelmonster	27 oktober 2014								23 maart 2015								
	1	2		3	4		5		1	2		3	4		5		
	10	16/18		13	12		15		10	16/18		13	12		15		
	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
anekisch																	
Aporrectodea longa	9	6	12	8	2		3	3	12	9	9	6	7	4	2	4	4
Lumbricus terrestris				2	2	1	2	1			2	1				4	
endogeisch																	
Aporrectodea caliginosa	12	2	3	13	5	3	5	2	10	10	3	3	16	2	4	2	1
Aporrectodea rosea	5	3	7		2	6	2		5	9	7	5	2	1	3	1	1
Allolobophora chlorotica																	1
epigeisch																	
Lumbricus rubellus	4		1			2			4	1							1
Satchellius mammalis	1								8	3							1
Dendrobaena octaedra														1		1	
totaal	31	11	23	23	11	12	12	6	39	32	21	15	25	8	9	12	9

Beste collega's,
Willen jullie deze mail met bijgevoegd eindrapport wormenonderzoek Coupépolder in Verseon inboeken onder het project Coupépolder.
Zijn hierover vragen laat me dit dan weten.
Alvast bedankt.

Met vriendelijke groet, Ad Bosselaar

Van: Theo Boudewijn [<mailto:t.j.boudewijn@buwa.nl>]

Verzonden: dinsdag 2 juni 2015 17:01

Aan: Bosselaar, Ad
Onderwerp: Re: wormen Coupépolder

Beste Ad,

Ik heb je opmerkingen verwerkt. Het is ook gelukt om een gecomprimeerde pdf te maken, waardoor het rapport nu ook gewoon per email verstuurd kan worden. Ik hoop dat het rapport aan verwachtingen voldoet.

Binnenkort wordt er een evaluatieformulier verstuurd. Graag aangeven wat de verbeterpunten zijn. Wij, de combinatie B-Ware en Bureau Waardenburg, hebben voor mijn gevoel een aantal steken laten vallen. Weliswaar is het uiteindelijk goed gekomen, maar wij zullen ook intern en met B-Ware de samenwerking nog eens evalueren.

In ieder geval bedankt voor je geduld en je alertheid.

Met vriendelijke groet,

Theo Boudewijn
Bureau Waardenburg