

Multistress van verontreiniging en hydrodynamiek op populaties van Oligochaeta in de uiterwaarden

In opdracht van:

NWO Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek (SSEO)

LNV-DWK Programma 384 Ecologische Randvoorwaarden voor Natuurbeheer

# **Multistress van verontreiniging en hydrodynamiek op populaties van Oligochaeta in de uiterwaarden**

**Een onderzoek in de Afferdensche en Deestsche Waarden**

**W.C. Ma<sup>1</sup>**

**P.W. van Vliet<sup>2</sup>**

**J. Bodt<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Alterra, Centrum voor Ecosystemen, Wageningen UR

<sup>2</sup> Sectie Bodemkwaliteit, Wageningen Universiteit

**Alterra-rapport 877**

**Alterra, Wageningen, 2004**

## REFERAAT

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*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 877. 107 blz. 32 fig.;10 tab.; 29 ref.

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de populatie-ecologie van regenwormen (Oligochaeta, Lumbricidae) in de Afferdensche en Deestsche Waarden (ADW), een uiterwaarde van de rivier de Waal. Ondanks het feit dat de bodem in dit gebied is verontreinigd en elk jaar overstromingen plaatsvinden komen regenwormen er in een grote soorten diversiteit en in grote aantalsdichtheden voor. Afhankelijk van de bodemgesteldheid omvat de totale gemiddelde populatie een biomassa van 1500 kg per hectare. De uiterwaarden vormen hiermee een belangrijk voedselzoekgebied voor vermivore (wormenetende) faunasoorten en dragen als zodanig bij aan de totale biodiversiteit van de natuur in Nederland. Om de ecologische betekenis van multi-pele stress in beeld te brengen is onderzoek verricht naar de invloed van potentieel sturende omgevingsfactoren, waaronder hoogteligging, textuur en verontreiniging van de bodem, nutriëntengehalten en bodemvocht. Uit (multivariate) statistische analyse bleek dat de hydrodynamiek van het gebied en het bodemvochtgehalte belangrijke sturende variabelen vormden voor de soorten diversiteit en populatiedichtheden, terwijl de aanwezige metaalverontreiniging in dit opzicht van mindere betekenis was. Vanuit het oogpunt van praktische toepasbaarheid leveren de resultaten belangrijke aanknopingspunten op voor het bodem- en natuurbeheer van de uiterwaarden in Nederland.

Trefwoorden: ecologie, regenwormen, biodiversiteit, multistress, verontreiniging, zware metalen, uiterwaarden. natuur, bodem, milieu

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €22,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 877. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info@alterra.wur.nl](mailto:info@alterra.wur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Algemeen	11
1.2 Regenwormen	11
2 Materiaal en methoden	15
3 Resultaten	19
3.1 Bodemkarakteristieken	19
3.1.1 Hoogteligging	19
3.1.2 Bodemeigenschappen	21
3.1.2.1 Klei en organische stof	21
3.1.2.2 Bulkdichtheid	24
3.1.2.3 Nutriënten en pH	24
3.1.2.4 Bodemvocht	26
3.1.2.5 Metaalgehalten	30
4 Populatiekarakteristieken	33
4.1 Soortsdiversiteit	33
4.1.1 Klassificatie	33
4.1.2 Soortensamenstelling	33
4.1.3 Zeldzaamheid	38
4.2 Aantalsdichtheid	43
4.2.1 Ruimtelijke en temporele variatie	43
4.2.2 Verticale verdeling	48
4.2.3 Effecten van overstroming	49
4.3 Biomassadichtheid	51
4.3.1 Ruimtelijke en temporele variatie	51
4.3.2 Biomassa per groep	56
4.4 Multivariate analyse	64
4.4.1 PCA-analyse	64
4.4.2 RDA-analyse	66
4.5 Metaalbelasting wormen	71
5 Discussie	73
6 Conclusies	77
Literatuur	81

<b><i>Bijlagen</i></b>	85
1 Gemeten gehalten van nutriënten, macroelementen, pH, DOC, C/N en organische stof in de transecten in deelgebied D3 en RW	87
2 Bodemvochtgehalten in de transecten in deelgebied D3 en RW	91
3 Met koningswater-extractie bepaalde totaalgehalten van zware metalen in de bodem van de transecten in D3 en RW	95
4 Aantallen per soort per 0.18 m <sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het eerste jaar van bemonstering	97
5 Aantallen per soort per 0.18 m <sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het tweede jaar van bemonstering.	99
6 Biomassa (g) per soort per 0.18 m <sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het eerste jaar van bemonstering.	101
7 Biomassa (g) per soort per 0.18 m <sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het tweede jaar van bemonstering.	103
8 Biomassa (g/0.18 m <sup>2</sup> ) van de gepigmenteerde en ongepigmenteerde groepen en van <i>L. terrestris</i> per transect per bemonsteringsperiode	105
9 Metaalgehalten in regenwormen in de ADW.	107

## Woord vooraf

Het voorliggende rapport beschrijft de resultaten van een tweejarig populatie-ecologisch onderzoek in de Afferdensche en Deestsche Waarden, een uiterwaardgebied langs de rivier de Waal. De planologische bestemming ervan is een natuurgebied binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS). Er is sprake van verontreiniging van bodem en sediment met zware metalen en persistente organische verbindingen. Samen met de lokale hydrodynamische milieucondities, die samenhangen met de periodieke inundaties, is er sprake van multiële stress. Over de ecotoxicologische betekenis van verontreiniging in een situatie van multistress is nog weinig bekend. Het hier gerapporteerde onderzoek richt zich op effecten op de populatiedynamiek en soorten diversiteit van regenwormen, een ecologisch belangrijke groep van bodemorganismen. Het onderzoek is vanuit beleidsmatig en praktisch oogpunt van groot belang, onder meer ter beantwoording van de vraag naar het ecologisch rendement en de kosteneffectiviteit van bodemsaneringsmaatregelen. In de uiterwaarden vinden bodemsaneringen mede plaats in het kader van de uitvoering van het beleidsprogramma 'Ruimte voor de Rivier' (Min.V&W 1998; van der Perk 1996).

Voor de uitvoering van het hier gerapporteerde onderzoek is financiële ondersteuning verkregen van NWO in het kader van het Stimuleringsprogramma 'Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek' (SSEO-project 'Lifting the Veil') en door het Ministerie van LNV, Directie Natuurbeheer, in het kader van het DWK-programma 384 'Ecologische Randvoorwaarden voor Natuurlijk Beheer' (project 11017).





## Samenvatting

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de populatie-ecologie van Oligochaeten (regenwormen) als eco(toxico)logische indicatoren van terrestrische bodemkwaliteit. Onder de term 'multiële stress' wordt hier een combinatie verstaan van anthropogene verontreiniging en natuurlijke stressfactoren. Verontreiniging kan leiden tot een verkleining van de tolerantie-amplitude van organismen voor natuurlijke stress, hoewel aanwijzingen hiervoor vooralsnog nog weinig of niet beschikbaar zijn. Niettemin is kennis hierover gewenst, onder meer vanuit de praktische vraag naar de ecologische relevantie van kostbare saneringsmaatregelen. Het hier gerapporteerde onderzoek is uitgevoerd in de graslanden van de Afferdensch en Deestse Waarden, een uiterwaarde gelegen langs de rivier de Waal. Het milieu van het gebied is verontreinigd en tevens sterk dynamisch als gevolg van de jaarlijks terugkerende overstromingen. Populaties van bepaalde soorten regenwormen blijken zich er niettemin goed te kunnen handhaven. Soortensamenstelling en aantalsniveaus zijn min of meer kenmerkend voor populaties in een rivierbiotoop met vochtig permanent grasland. De meest dominante voorkomende soort is *Allolobophora chlorotica*. Maar ook een relatief zeldzame soort zoals *Allolobophora cupulifera* is in het gebied aangetroffen. Directe negatieve effecten van de overstromingen hebben vooral betrekking op de zogenaamde epigeïsche soorten die dicht aan het bodemoppervlak leven, zoals *Lumbricus rubellus*, maar mogelijk ook voor een anecische soort zoals *Aporrectodea longa*. De endogeïsche soorten die relatief diep in de bodem leven hebben veel minder last van de overstromingen. Voor alle soorten geldt dat het bodemvochtgehalte een belangrijke sturende omgevingsvariabele is. Het bodemvochtgehalte wordt bepaald door het seizoen en niet door de aanwezigheid van overstromingen. Ten tijde van de relatief drogere zomerperioden vertoont de populatiedynamiek een dip, die zich echter in het najaar volledig herstelt. Voor wat betreft de aanwezige verontreiniging zijn er, met name met betrekking tot het beschikbaar zinkgehalte, enkele aanwijzingen gevonden voor het bestaan van duidelijke negatieve populatie-effecten in het gebied.



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

De dynamische stabiliteit van populaties van organismen in ecosystemen wordt gereguleerd door een groot aantal fluctuerende natuurlijke milieufactoren en door onderlinge biotische interacties, zoals concurrentie en predatie. Onder de term 'multipale stress' wordt een combinatie verstaan van verontreiniging met natuurlijke stressfactoren. Het is mogelijk dat milieuverontreiniging een destabiliserende invloed op terrestrische voedselwebben uitoefent door verlaging van de tolerantie-amplitude van organismen voor natuurlijke stress. Het daadwerkelijk aantonen van dergelijke interacties is niet eenvoudig vanwege de natuurlijke stochasticiteit van populaties. Beleidsmatig is kennis hierover van groot belang, aangezien dit kan leiden tot een realistischer inzicht in de ecologische relevantie en kosteneffectiviteit van allerlei milieumaatregelen in verontreinigde gebieden.

Tegen deze achtergrond zijn er in 2000 twee onderzoeksprogramma's opgestart. In de eerste plaats het NWO Stimuleringsprogramma 'Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek' (SSEO). Ten tweede het DWK-programma 384 'Ecologische Randvoorwaarden voor Natuurlijk Beheer' van het ministerie van LNV, een vervolg van DWK-programma 321 'Systeemgerichte Ecotoxicologie' (Ma 2000). Aangezien de effecten van multipale stress op ecosystemen het hoofdthema voor beide programma's vormden waren er gunstige voorwaarden geschapen voor samenwerking. Het hier beschreven onderzoek is uitgevoerd in het door NWO uitgekozen onderzoeksgebied de Afferdensche en Deestsche Waarden (ADW). Zoals vele uiterwaarden is dit gebied bestemd voor natuurontwikkeling in het kader van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) (Fig. 1). Gezien de aanwezige combinatie van hydrodynamiek en verontreiniging leent dit gebied zich bij uitstek voor ecotoxicologisch onderzoek in multistress context (Ma 2002a). Het is niet voor het eerst dat ecotoxicologisch onderzoek in de uiterwaarden wordt beschreven. Eerder onderzoek is uitgevoerd door onder andere Kerkhofs et al. (1994), Hendriks et al. (1995a,b), de Jonge et al. (1999), Ma (1998) en Ma et al. (1998a,b). Het in dit rapport beschreven onderzoek sluit aan op die kennis, maar betreft hierbij tevens de betekenis van natuurlijke stressfactoren.

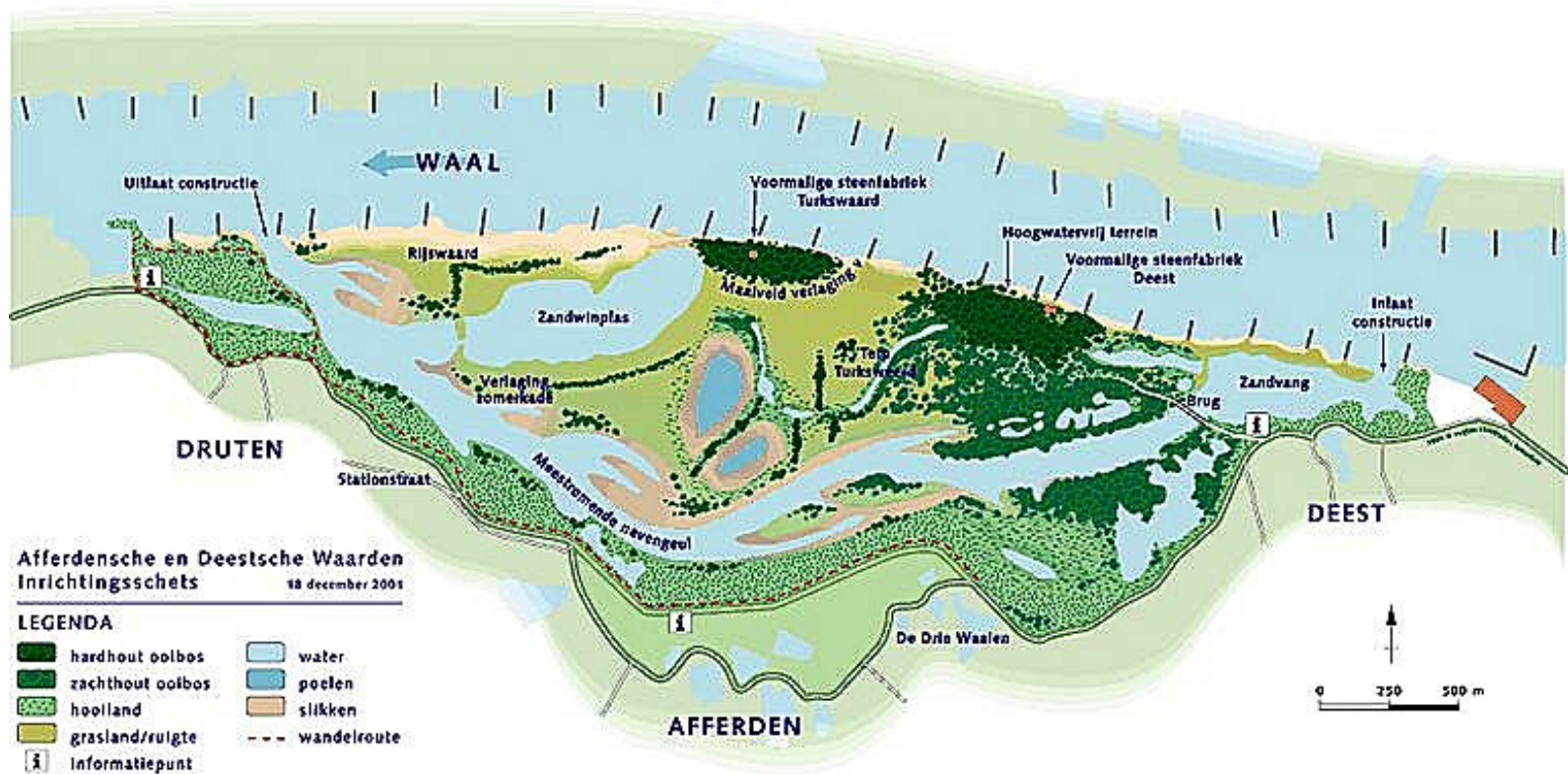
## 1.2 Regenwormen

De keuze van regenwormen (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) als onderwerp van onderzoek berust op een aantal belangrijke ecosysteemfuncties waaraan deze bodemorganismen bijdragen. Reeds Charles Darwin (1881) wees uitvoerig op het ecologisch belang van regenwormen bij de vorming en differentiatie van organische bodemhorizonten en het bevorderen van de bodemvruchtbaarheid. Latere onderzoekingen hebben de conclusies van Darwin in grote lijnen bevestigd (Evans & Guild 1947, Guild 1955, Satchell 1967, Beyer 2001). Door communitie en vertering

wordt strooisel door regenwormen verwerkt tot materiaal dat geschikt is als microhabitat van microflora en –fauna. Regenwormen brengen tevens strooisel en bodemmateriaal via casting en bioturbatie van en naar het bodemoppervlak. De activiteit van regenwormen is hierdoor van grote invloed op de processnelheid van decompositie en mineralisatie van organische stof en daarmee op de groei en productiviteit van planten. Ook is de activiteit van invloed op geologische processen, zoals minerale verwerking, erosie en sedimentatie. De hoeveelheid grondverzet door de activiteit van regenwormen is door Darwin geschat op 17-40 ton per hectare per jaar. Al deze processen samen dragen bij tot de zogenaamde ‘life-support function’ (LSF) van de bodem, het duurzaam instandhouden van de biodiversiteit en het functioneren van het ecosysteem als geheel. In de literatuur worden regenwormen daarom ook wel aangeduid als de ‘bioengineers’ van ecosystemen. Van deze bioengineers wordt in de beheerspraktijk gebruik gemaakt door ze actief in te zetten bij het ecologisch herstel van gedegeneerde gebieden (Ma & Eijsackers 1989).

Behalve als bioengineers worden regenwormen ook wel beschouwd als een van de zogenaamde ‘keystone species’ van ecosystemen, soorten die van significante betekenis zijn voor de ecosysteemstructuur door hun sturende invloed op de soorten diversiteit. Deze invloed houdt verband met de belangrijke trofische rol van regenwormen in terrestrische voedselketens met vermivore (wormenetende) hogere diersoorten. Hiertoe behoren ook belangrijke doelsoorten van het natuurbeleid. Voor de uiterwaarden zijn dat bijvoorbeeld de grutto, steenuil en das. Kleine zoogdieren behorend tot de orde der Insectivora, zoals mollen en bepaalde soorten spitsmuizen, eten dagelijks bijna hun eigen lichaamsgewicht aan regenwormen (Ma & Talmage 2001). De regenwormenbiomassa is in belangrijke mate bepalend voor het voorkomen van deze diersoorten in de uiterwaarden en draagt daarmee in belangrijke mate bij aan de biodiversiteit van deze gebieden. Daarnaast bieden regenwormen in samenhang met hun trofische functie diverse aanknopingspunten voor de bestudering van doorvergiftiging van verontreinigende stoffen in terrestrische voedselketens. In de uiterwaarden is het bestaan van potentiële doorvergiftiging naar doelsoorten, zoals de das en de steenuil, aangetoond (Ma & Broekhuizen 1989, van den Brink et al. 2003).

Samengevat kan onderzoek aan de ecologie en ecotoxicologie van regenwormen leiden tot een tweetal praktische toepassingen. In de eerste plaats kan kennis over de ecologie van regenwormen en hun predatoren worden gebruikt als een handvat voor het beheer van gebieden met bestemming natuur (zie Ma & Eijsackers 1989). In de tweede plaats kan kennis over de ecotoxicologie van regenwormen en hun predatoren bijdragen aan de inschatting van de ecologische risico’s van het biobeschikbare deel van een verontreiniging die in een bepaald gebied aanwezig is (zie Ma 1987, Ma 1990, Hendriks et al. 1995b, Ma & Talmage 2001).



Figuur 1. Inrichting van de Afferdensche en Deestsche Waarden (ADW) volgens de landschapsplanning van RWS



## 2 Materiaal en methoden

Het veldonderzoek vond plaats in twee deelgebieden van de ADW, namelijk in Deel 3 (D3) en de Rijswaard (RW). In beide deelgebieden is een transect met permanente monsterpunten uitgezet. Het terrein waarin de beide transecten zijn uitgezet bestond uit permanent grasland, dat, voor zover bekend, uitsluitend in gebruik is geweest voor extensieve begrazing door grote grazers (paarden en runderen). Andere anthropogene invloeden werden in het gebied niet verwacht. De geografische ligging van de beide transecten in het gebied is weergegeven in Fig. 2.

Om de transectpunten na elke overstroming te kunnen terugvinden werden ze gemarkeerd met een ingegraven zendmarkeringselement (Gelan detectiesystemen). Het element werd met behulp van een ontvangstdetector na een overstroming opgespoord. Het D3-transect omvatte acht meetpunten over een totale lengte van 200 m en het RW-transect 12 meetpunten over een totale lengte van 675 m. Door het verschil in lengte kon worden onderzocht in hoeverre de grootte van een gebied van invloed is op de soortendiversiteit. Bij het bepalen van de ligging van de transecten is gestreefd naar de aanwezigheid van milieugradiënten. Deze benadering was met name van belang omdat referentiesituaties in de uiterwaarden niet voorhanden waren. Gradiënten in de verontreiniging van de bodem en bepaalde andere bodemeigenschappen hangen samen met de frequentie van overstroming, die op hun beurt vooral wordt bepaald door de hoogteligging in het terrein. De hoogteligging van de verschillende transectpunten is gemeten met behulp van een baken.

Regenwormen zijn bemonsterd over een tweetal opeenvolgende jaren teneinde enige indruk te verkrijgen van de populatievariatie in de tijd. Het eerste jaar van de bemonstering vond plaats in de maanden november 2000, mei 2001 en augustus 2001. Dit werd gevolgd door een herhaalde bemonstering in november 2001, mei 2002 en augustus 2002. De bemonsteringen in mei vonden plaats na de overstroming en wel direct na de droogval van het gebied. Per transectpunt zijn telkens twee plekken eenmalig op wormen bemonsterd. De plekken waren gelegen op een onderlinge afstand van 50 cm ter weerszijde van de transectlijn. Per plek werd een bodemkolom uitgestoken van 30x30 cm en 20 cm diep, inclusief de zodelaag. De kolom is in het veld gesorteerd op de aanwezigheid van wormen, die vervolgens in potten met grond van het monsterpunt naar het laboratorium werden getransporteerd voor de bepaling van de biomassa en voor determinatie op soort en het stadium van ontwikkeling. Tenzij anders is aangegeven zijn de populatiedichtheden in het rapport uitgedrukt als het aantal individuen of de hoeveelheid biomassa per oppervlakte-eenheid van 0,18 m<sup>2</sup>, zijnde de som van twee monsterplekken van elk 30x30 cm. Voor omrekening per m<sup>2</sup> dient de betreffende waarde te worden vermenigvuldigd met een factor 5,56.

Cocons zijn verzameld in een bodemkolom van 40 cm diep, uitgestoken met behulp van een kolomboor. De verzamelde bodemkolommen werden koel opgeslagen bij 2-4 °C tot het tijdstip van de telling van de cocons. Deze werden verzameld door de

grond met water nat te zeven in een variabele zeefset tot minimaal 1 mm mesh. Deze procedure is arbeidsintensief en nam voor een volledig transect ongeveer twee maanden in beslag. De coconbepaling is daarom beperkt tot de het eerste jaar van de bemonsteringen.

Voor de karakterisering van de bodem ter plaatse van de transectpunten zijn de bodemlagen van 0-10 en 10-20 cm onderzocht. Het bodemvocht is gravimetrisch bepaald waarbij het gehalte is uitgedrukt als het vochtgewicht in percentage van het totaal drooggewicht van de grond. Door Alterra zijn in december 2000 metingen uitgevoerd op twee monsterplekken per transectpunt. Daarnaast zijn in november 2000 metingen uitgevoerd door WU op één plek per transectpunt. Gegevens over het gehalte aan de nutriënten fosfaat, totaal-N, nitraat en ammonia, evenals de pH en het gehalte aan organische stof (gloeiverlies), zijn weergegeven in Bijlage 2. Alle bepalingen zijn verricht volgens de gebruikelijke NEN-normen voor bodemonderzoek.

Bepalingen aan de bodemverontreiniging in de ADW hebben zich geconcentreerd rond arseen en zware metalen, die in verhoogde concentraties in de uiterwaarden voorkomen. De gehalten aan organochloorverbindingen en PAK's bleken in de ADW niet verhoogd te zijn. Het gehalte van metalen in de bodem en wormen is bepaald na ontsluiting met koningswater, een mengsel van drie delen zoutzuur en één deel salpeterzuur, conform voorschrift NEN 6465. De concentraties zijn bepaald met behulp van Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrofotometrie (ICP-AES). De verkregen metaalgehalten in de bodem zijn weergegeven in Bijlage 3, waarbij ook de diepere 20-30cm laag is meegenomen. Aangezien het totaalgehalte geen informatie geeft over de biologische beschikbaarheid zijn ook milde extracties met calciumchloride toegepast. Deze beschikbare metaalgehalten, die elders worden gerapporteerd, zijn gebruikt in de multivariate analyses naast de totaalgehalten.

In Bijlage 4 zijn de metaalgehalten in de wormen weergegeven, gemeten na lediging van het darmkanaal door toepassing van hongering. De analyses van grondmonsters zijn uitgevoerd door WU en analyses van regenwormen door Alterra. De metingen zijn uitgevoerd in november 2000 en een gedeelte in mei 2001. De klei-, silt- en zandfracties zijn door WU bepaald van monsters die genomen zijn in november 2000.

Ordinatie-analyse (software pakket CANOCO 4.5, Ter Braak & Šmilauer 2002) is gebruikt om regenwormenpopulaties in de verschillende monsters te analyseren. De gevonden aantalsdichtheden in de zes bemonsteringsperioden zijn met behulp van Principale Component Analyse (PCA) geanalyseerd op mogelijke verschillen tussen de bemonsteringpunten. De soortensamenstelling in november 2000 en mei 2001 zijn met behulp van Redundancy Analyse (RDA) gerelateerd aan een aantal verschillende omgevingsvariabelen. Om de verschillen in aantallen wormen tussen de monsterpunten en de twee gebieden te neutraliseren zijn soortenfracties, het aantal van een soort ten opzichte van het totaal aantal wormen in een monster, in de Canoco analyses gebruikt. Voor de analyses zijn deze fracties log getransformeerd.



In Canoco dient het aantal variabelen dat in een analyse gebruikt kan worden, kleiner te zijn dan het aantal monsterpunten. Om het aantal variabelen in de analyses te beperken is een selectieprocedure toegepast. Allereerst is een analyse met een bepaald type variabele uitgevoerd. Voor deze analyses zijn variabelen met een hoge Variantie Inflatie Factor (VIF) verwijderd. Een hoge VIF-waarde ( $VIF > 20$ ) duidt op een grote variantie van de regressiecoëfficiënt, zodat de variabele slechts een lage voorspellende waarde bezit. Daarnaast zijn variabelen met een hoge VIF-waarde gecorreleerd met andere variabelen, zodat ze niet specifiek bijdragen aan de analyse. De analyses zijn herhaald totdat alle variabelen een  $VIF < 20$  hadden. De overgebleven variabelen zijn gebruikt in een voorwaartse selectieprocedure. Variabelen die significant ( $p < 0.05$ ) bijdroegen aan het verklaren van de variantie in de soortensamenstelling werden geselecteerd voor verdere analyse. Deze selectie procedure is uitgevoerd voor achtereenvolgens de totaal-metaalgehalten in de bodem, de beschikbare metaalgehalten, en voor de verschillende omgevingsvariabelen. Significante variabelen afkomstig uit deze aparte analyses zijn gecombineerd in één uiteindelijke analyse.



## 3 Resultaten

### 3.1 Bodemkarakteristieken

#### 3.1.1 Hoogteligging

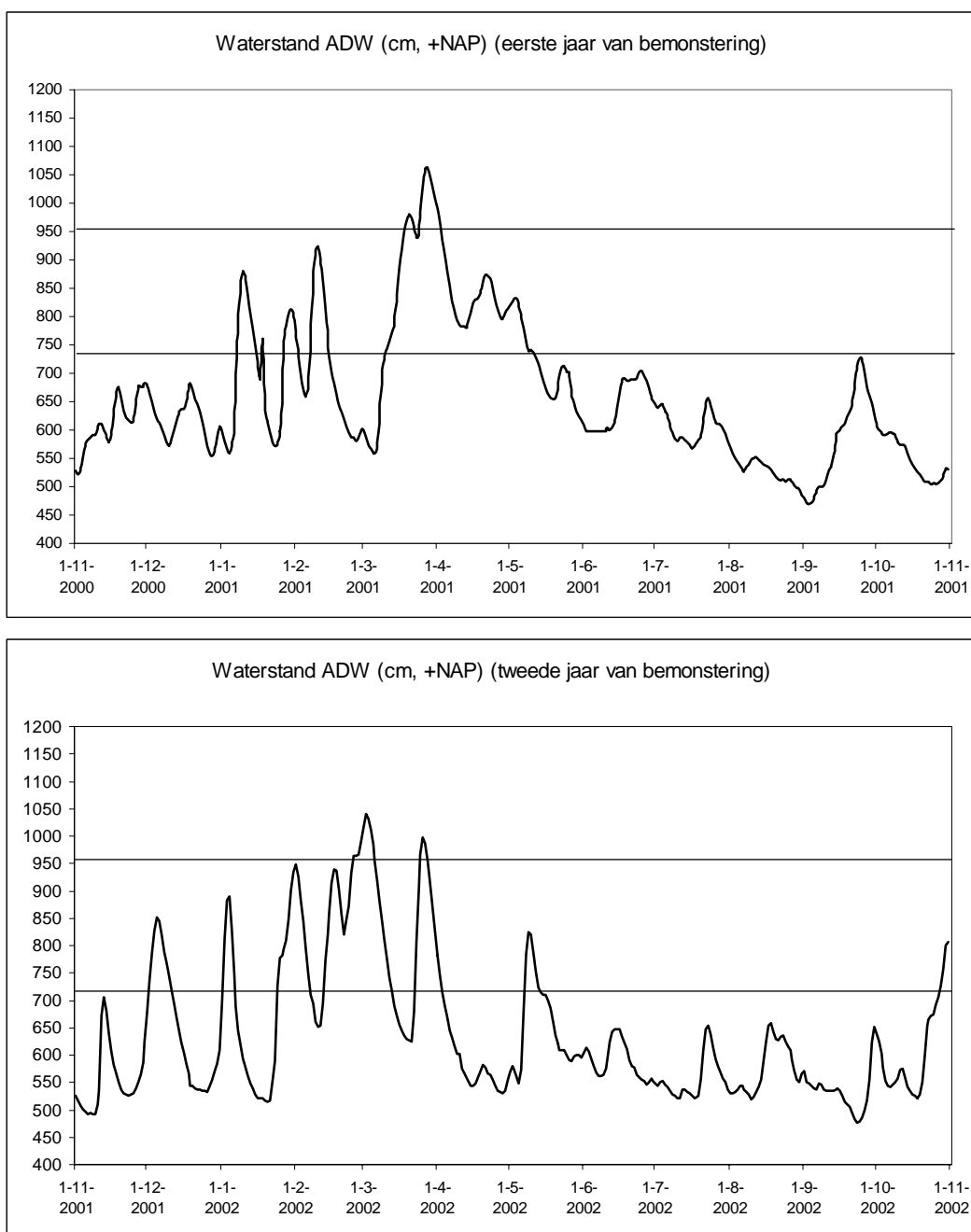
De huidige morfologie van de bodem in de uiterwaarden, inclusief de klei- en zandgehalten, zijn ontstaan door een samenspel van natuurlijke en anthropogene factoren, waaronder:

1. het plaatsvinden van bodemerosie bij grote stroomsnelheden,
2. de depositie van zwevend slib tijdens de droogval,
3. de vorming van rivierduinen,
4. het plaatsvinden van afgravingen voor kleiwinning.

*Tabel 1. De hoogteligging van de transectpunten in de deelgebieden D3 en RW*

Deelgebied ADW	Transect punt	Afstand tot beginpunt (m)	Hoogte +NAP (m)
D3	1	25	8.15
D3	2	50	8.00
D3	3	75	7.78
D3	4	100	7.84
D3	5	125	7.79
D3	6	150	7.77
D3	7	175	7.69
D3	8	200	7.55
RW	1	15	9.54
RW	5	75	9.44
RW	9	135	9.44
RW	13	195	9.17
RW	17	255	8.86
RW	21	315	7.91
RW	25	375	7.80
RW	29	435	7.82
RW	33	495	7.76
RW	37	555	7.40
RW	41	615	7.39
RW	45	675	7.31

Voorzover bekend hebben in deelgebied Deel3 (D3) geen klei-afgravingen plaatsgevonden. Dat is wel het geval geweest in het deelgebied de Rijswaard (RW).



*Figuur 3. Fluctuatie in de waterstand (cm +NAP) in de ADW gedurende de periode van twee jaar van de duur van het onderzoek. De horizontale lijnen geven de laagste en hoogste hoogteligging aan van de transectpunten in de deelgebieden D3 en RW (zie ook Tabel 1)*

Tabel 1 geeft de hoogteligging weer van de transectpunten die in de deelgebieden D3 en RW zijn uitgezet en gemeten zijn met behulp van een baken. In het D3-transect varieerde de hoogte van de punten tussen 7.55 en 8.15 m +NAP, een gradiënt van slechts 60 cm. Het RW-transect vertoonde een steiler gradiënt van 223 cm tussen het laagste en hoogste punt op respectievelijk 7.31 en 9.54 m +NAP. De halverwege het RW-transect gelegen punten RW21, RW25, RW29 en RW33 hadden ongeveer dezelfde hoogte als de gemiddelde hoogte van het D3-transect, zodat dit deel van het RW-transect qua overstromingsfrequentie weinig zal verschillen van het D3-transect.

In Fig. 3 is de fluctuatie in de waterstand in de ADW tijdens de periode van twee jaar van de duur van het onderzoek is weergegeven. De waterstand is berekend uit de dagelijkse gegevens van RWS van het peil van de Waal bij Tiel en door bij hoogwater het peil van de meetpalen bij Druten af te lezen. Aan de hand van de hoogtegegevens van de monsterpunten in Tabel 1 en Fig. 3 is het mogelijk om het tijdstip en de duur van de overstromingen van de punten tijdens de onderzoeksperiode af te leiden.

### **3.1.2 Bodemeigenschappen**

#### **3.1.2.1 Klei en organische stof**

De gemeten fracties aan klei, zand en silt in de bodem van de twee transecten in deelgebied D3 en RW zijn weergegeven in Tabel 2. Een samenvatting van de gegevens in Fig. 4 laat zien dat het bodemtype in het D3-transect overwegend kan worden gekarakteriseerd als een zware zavelgrond met 20-35% klei en 10-35% zand met een lichte toename van het kleigehalte over de lengte van het transect.

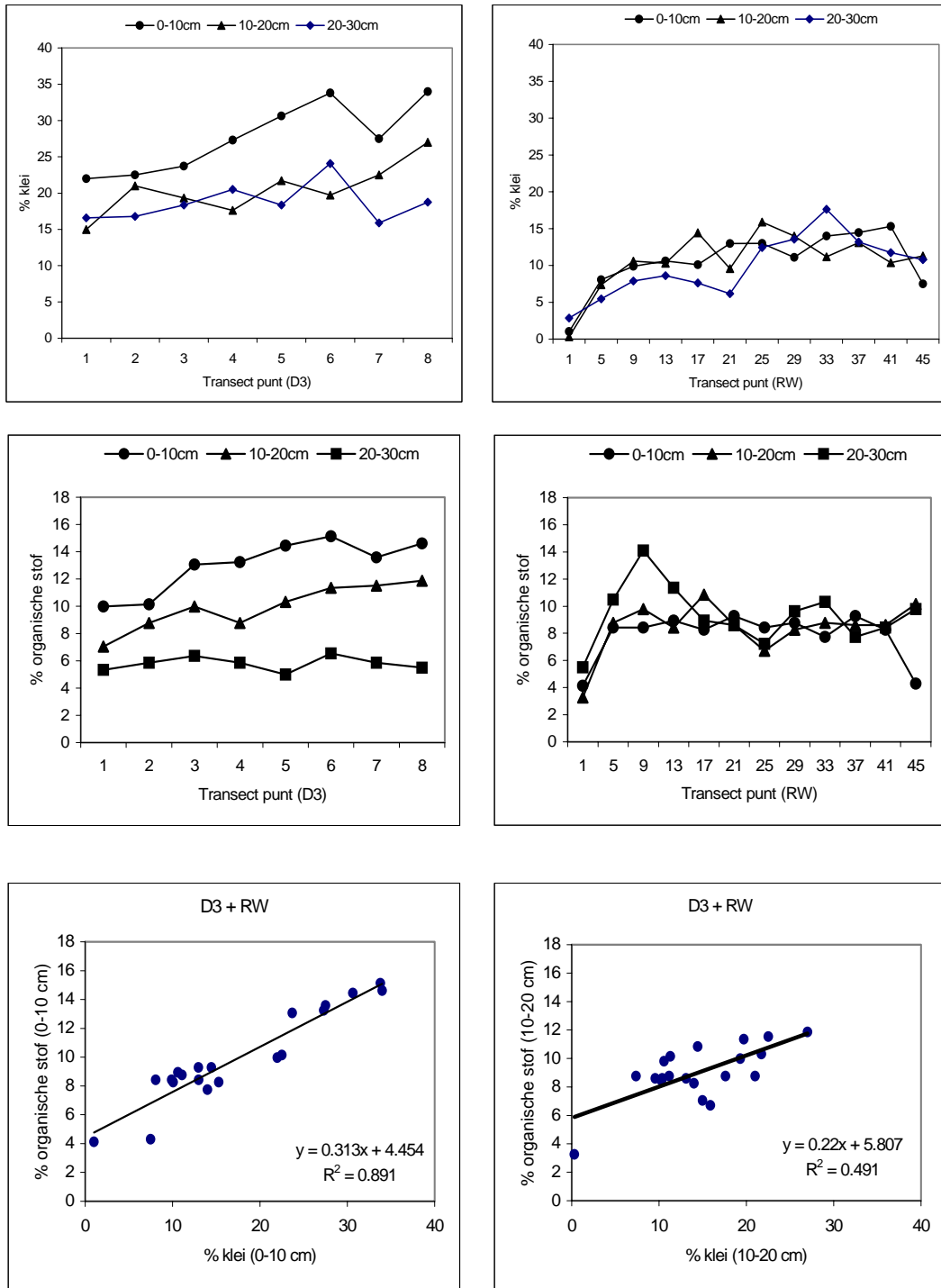
Zoals eerder opgemerkt was het kleigehalte in deelgebied D3 het hoogst dicht aan het bodemoppervlak, terwijl dat niet het geval was in RW. Deelgebied D3 had voorts een duidelijk hoger kleigehalte dan RW. Het bodemtype in RW kan omschreven worden als een lichte zavelgrond met 5-15% klei en 50-75% zand. Het hooggelegen punt RW1 was gelegen nabij de rivierduinen en bestond overwegend uit zandgrond.

Gegevens over het organische stofgehalte in de bodem zijn weergegeven in Bijlage 1. Zoals is weergegeven in Fig. 4, vertoonde parallel aan het kleigehalte ook het organische stofgehalte in D3 een afnemende tendens over de diepte in de bodem. In het RW-transect was er daarentegen weinig of geen sprake van een verticale gradiënt in het organische stofgehalte van de bodem.

Figuur 4 laat voorts zien dat het organische stofgehalte correleerde met het kleigehalte van de bodem. De correlatie was met name sterk in de 10 cm bovenlaag. Het feit dat in de diepere laag van 10-20 cm de correlatie veel minder sterk was werd mede veroorzaakt doordat de variatie in het klei- en organische stofgehalte geringer was in de diepere 10-20 cm laag dan in de 0-10 cm bovenlaag.

Tabel 2. Enkele bodemkundige gegevens van de transectpunten in D3 en RW

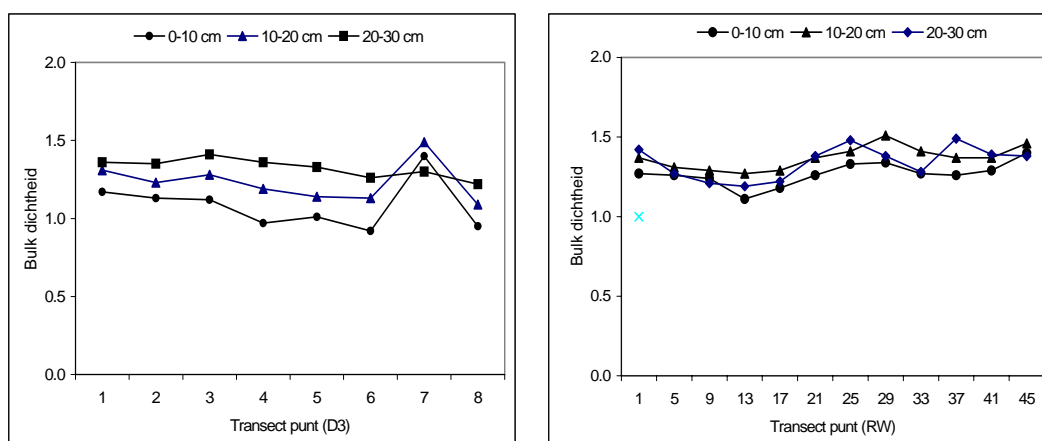
Deelgebied ADW	Transect nr	Diepte (cm)	%Klei	%Zand	%Silt
D3	1	0-10	21.98	34.53	33.52
D3	2	0-10	22.51	31.91	35.44
D3	3	0-10	23.71	32.11	31.11
D3	4	0-10	27.31	19.06	40.39
D3	5	0-10	30.65	16.62	38.28
D3	6	0-10	33.79	13.76	37.31
D3	7	0-10	27.51	18.46	40.44
D3	8	0-10	34.00	11.00	40.38
D3	1	10-20	14.98	46.15	31.82
D3	2	10-20	21.00	38.00	32.23
D3	3	10-20	19.31		
D3	4	10-20	17.63	22.17	51.43
D3	5	10-20	21.72	26.88	41.09
D3	6	10-20	19.72	21.15	47.78
D3	7	10-20	22.51	22.22	43.74
D3	8	10-20	27.00	24.00	37.13
RW	1	0-10	1.01	87.00	7.85
RW	5	0-10	8.06	68.29	15.23
RW	9	0-10	9.88	61.28	20.41
RW	13	0-10	10.61	55.14	25.31
RW	17	0-10	10.09	61.21	20.45
RW	21	0-10	12.97	49.00	28.74
RW	25	0-10	12.98	49.42	29.17
RW	29	0-10	11.09	47.78	32.35
RW	33	0-10	14.00	50.00	28.26
RW	37	0-10	14.45	44.32	31.94
RW	41	0-10	15.30	47.11	29.34
RW	45	0-10	7.49	74.37	13.84
RW	1	10-20	0.31	86.08	10.34
RW	5	10-20	7.38	67.00	16.85
RW	9	10-20	10.57	60.18	19.44
RW	13	10-20	10.28	58.64	22.65
RW	17	10-20	14.43	50.43	24.31
RW	21	10-20	9.57	60.14	21.69
RW	25	10-20	15.88	47.42	29.99
RW	29	10-20	14.00	51.00	26.74
RW	33	10-20	11.16	48.97	31.09
RW	37	10-20	13.09	45.24	33.06
RW	41	10-20	10.37	56.32	24.71
RW	45	10-20	11.30	51.32	27.23



Figuur 4. Klei- en organische stofgehalten in de bodem van de transectpunten van D3 en RW gemeten op drie verschillende bodemdiepten en de correlatie tussen de klei- en organische stofgehalten

### 3.1.2.2 Bulkdichtheid

De variatie in bulkdichtheid van de bodem is weergegeven in Fig. 5. De dichtheid van de grond kan een belangrijke bepalende factor zijn voor de ruimtelijke distributie van bepaalde soorten van regenwormen. De bulkdichtheid en het kleigehalte geven de zwaarte van het bodemtype aan. Er was slechts sprake van een geringe variatie in bulkdichtheid, zowel tussen als binnen de twee sublokaties.



Figuur 5. Bulkdichtheid van de grond in beide transecten op drie bodemdiepten

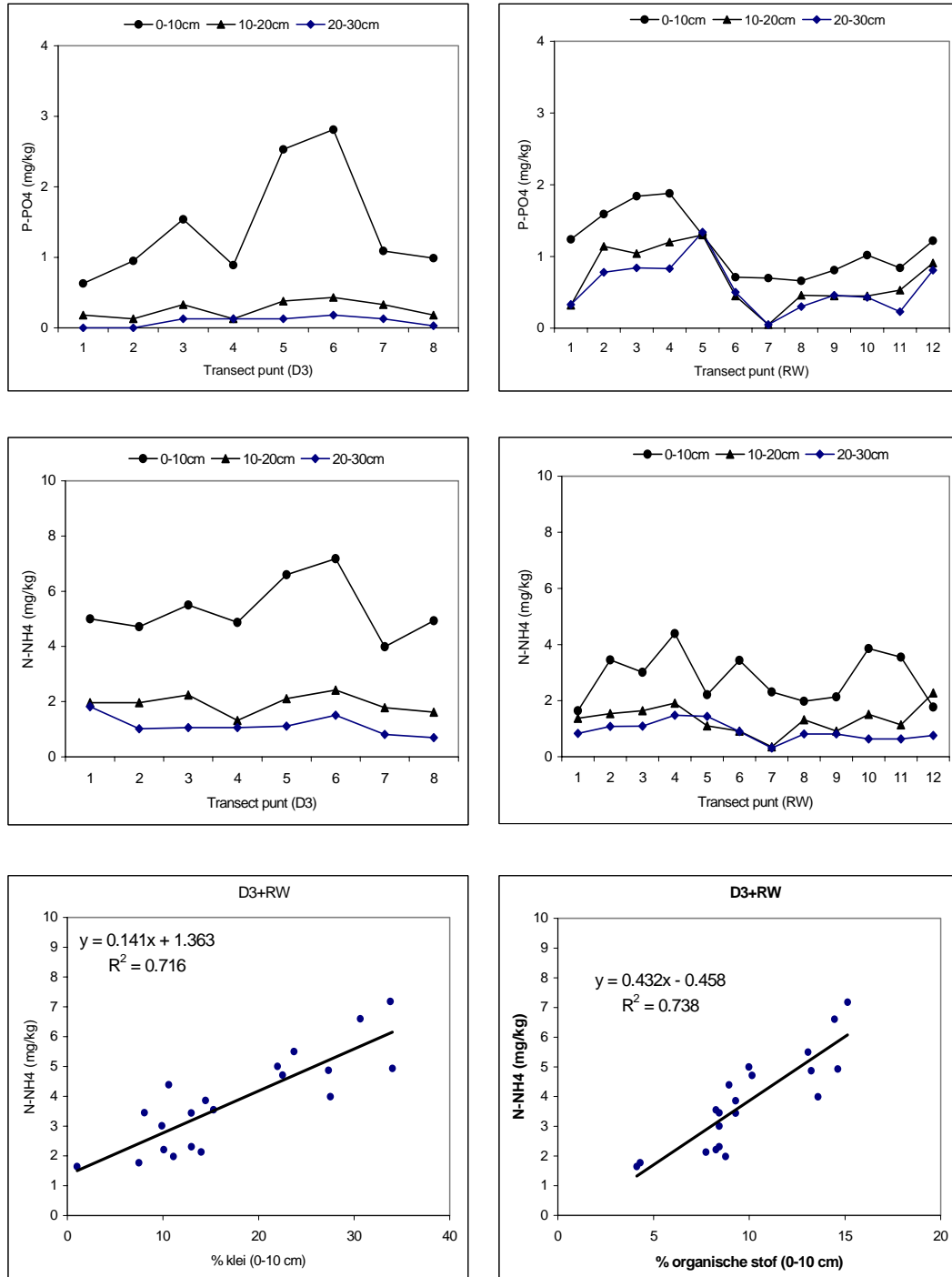
Verticaal over het bodemprofiel van het D3-transect leek de bulkdichtheid in diepere lagen iets toe te nemen. Dit was echter in tegenspraak met het kleigehalte, die juist in de toplaag hoger was dan in de dieper gelegen lagen (Fig. 4). Over de in Fig. 5 getoonde variatie in bulkdichtheid in D3 doet zich de vraag voor in hoeverre de resultaten van de bulkdichtheidsmetingen betrouwbaar waren. Om de zwaarte van de grond te karakteriseren is het kleigehalte mogelijk een betrouwbaarder maat dan de bulkdichtheid.

### 3.1.2.3 Nutriënten en pH

In Bijlage 1 zijn ook gegevens opgenomen over het gehalte van een aantal nutriënten en macro-elementen in de bodem. De gehalten van fosfaat en ammonia zijn samengevat in Fig. 6. Uit de figuren blijkt dat de gehalten van deze nutriënten het hoogst zijn in de bovenste 0-10 cm laag. Bijlage 1 toont in november 2000 een piek in het nitraatgehalte in de bovengrond van de transectpunten RW21 en RW37. Dit is echter niet terug te vinden in metingen die op dezelfde plekken later zijn uitgevoerd. Mogelijk is hier sprake van een meetartefact in de nitraatmeting, ook al omdat geen pieken zijn waargenomen ten aanzien van het gehalte aan ammonia en fosfaat. De nutriëntgehalten zijn overigens gecorreleerd met het gehalte aan klei en organische stof in de bodem. Ter illustratie in dit opzicht zijn in Fig. 6 de correlaties weergegeven voor het gehalte aan ammonia in de bodem.



De bodem in de ADW is kalkrijk met een pH-CaCl<sub>2</sub> tussen 7.0 en 7.5 (Bijlage 1). De pH van de bodem vertoonde slechts een relatief geringe ruimtelijke variatie in het gebied. Deze milieufactoor kan daarom nauwelijks of niet in staat worden geacht om een significante bijdrage te leveren aan de soortensamenstelling en de populatiedichtheid van de regenwormen in de ADW.



Figuur 6. Fosfaat- en ammoniagehalten in de bodem en de correlatie van het ammoniagehalte met het klei- en organische stofgehalte

### 3.1.2.4 Bodemvocht

De bodemvochthuishouding is een van de bepalende milieufactoren voor de grootte van regenwormenpopulaties. In de ADW is het vochtgehalte van de bodem gemeten door WU in november 2000 en door Alterra in december 2000. Deze gravimetrische metingen geven zij een indruk van de ruimtelijke variatie in de vochttoestand op een bepaald moment. De bepaling is echter herhaald over een langere tijd. In Bijlage 2 zijn de vochtgegevens weergegeven, zoals die bepaald zijn in drie opeenvolgende seizoenen.

In Fig. 7 zijn de onafhankelijk van elkaar uitgevoerde meetresultaten van Alterra en WU met elkaar vergeleken. De resultaten bleken redelijk goed met elkaar overeen te komen, hetgeen een indicatie geeft van de betrouwbaarheid van de metingen. Uit de resultaten kan worden geconcludeerd dat gemiddeld genomen het vochtgehalte in de bovengrond hoger was in deelgebied D3 dan in RW. In de 0-10 cm laag bedroeg het verschil gemiddeld circa 20% en in de 10-20 cm laag circa 10%. In de laag van 20-30 cm was er een veel kleiner verschil van slechts enkele procenten in het vochtgehalte tussen D3 en RW. Op basis van het bodemvochtgehalte zou kunnen worden afgeleid dat deelgebied D3 een geschikter habitat voor regenwormen is dan RW.

Het bodemvochtgehalte is mede afhankelijk van de bodemgesteldheid. Een zandige bodem met weinig organische stof zal minder goed in staat zijn om vocht vast te houden dan een bodem met veel klei en organische stof. Fig. 8 laat zien dat het bodemvochtgehalte sterk is gecorreleerd met het kleigehalte en het organische stofgehalte. De correlaties zijn het sterkst aanwezig in de bovengrond van 0-10 cm. In deze bovenlaag kan de variatie in het bodemvochtgehalte voor 95% verklaard worden uit de variatie in het kleigehalte en voor 90% uit de variatie in het organische stofgehalte.

In Fig. 9 is te zien dat de hoogteligging van de monsterpunten leidt tot een negatieve correlatie met het vochtgehalte. Dit hangt wellicht samen met een geringere frequentie van overstroming van relatief hoger gelegen monsterpunten. In de figuur is het gemiddelde vochtgehalte genomen van drie seizoenen (november 2000, mei 2001 en augustus 2001).

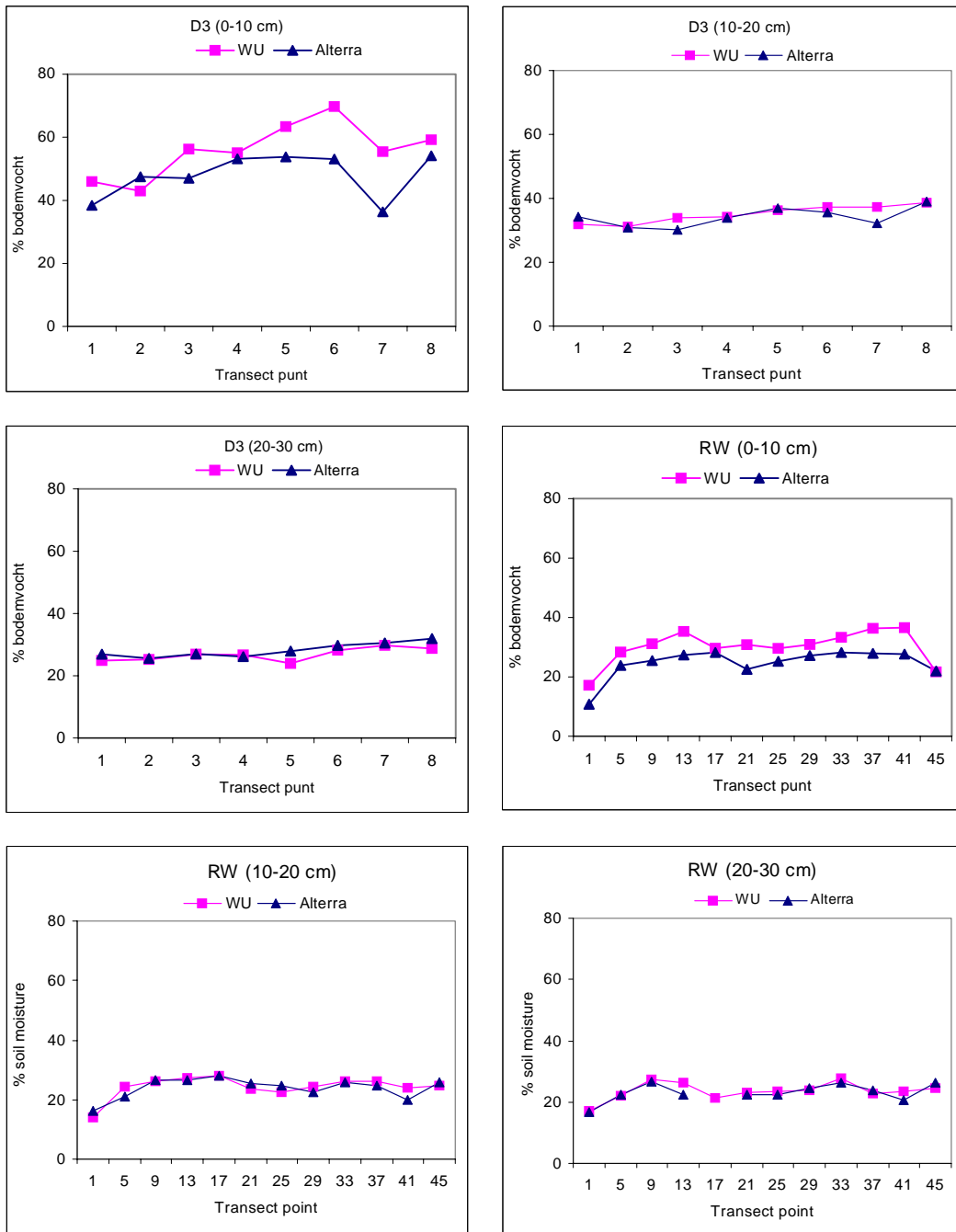
Naar aanleiding van de voorgaande waarneming is de vraag onderzocht in hoeverre het bodemvochtgehalte door een overstroming wordt beïnvloed. De jaarlijkse overstromingen vinden normaal gesproken plaats in de periode van december tot mei (zie Fig. 3). Om een indruk te krijgen van het effect van een overstroming is het bodemvochtgehalte in de 0-10 cm bovenlaag vergeleken voor twee achtereenvolgende tijdstippen, namelijk vlak vóór een overstroming, die in november 2000 plaatsvond, en direct na het terugtrekken van het water in mei 2001. Tevens is het vochtgehalte bepaald in de zomerperiode in augustus 2001.

De resultaten zijn weergegeven in Fig. 10. Het blijkt uit deze figuur dat in tegenstelling tot de verwachting een overstroming in de ADW van weinig of geen invloed is op het bodemvochtgehalte in de bovengrond. Direct na het terugtrekken

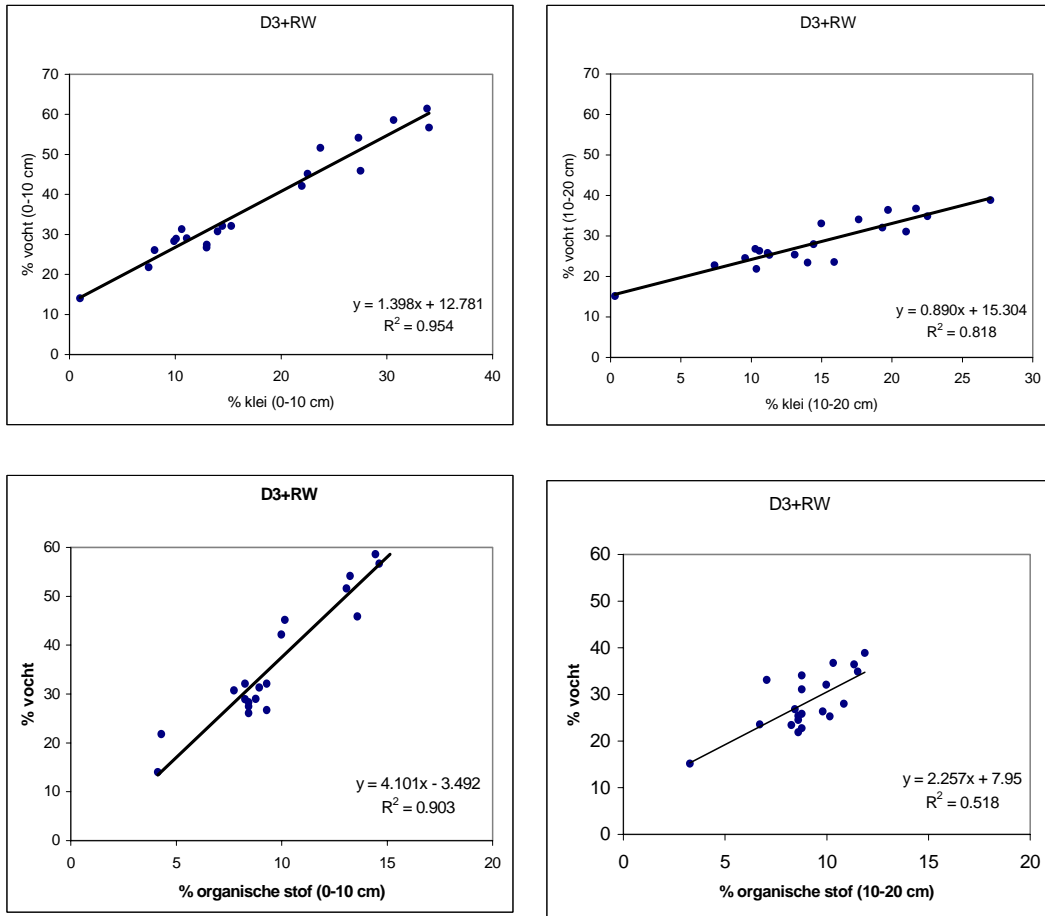
van het water was het oppervlak van de bodem enigszins drassig door de dunne sliblaag die erop was afgezet. Dit was echter van korte duur en binnen een dag na het terugtrekken van het water kon weer normaal op het terrein worden gelopen. Inspectie van het bodemprofiel toonde aan dat de bodemstructuur onder de zodelaag tijdens de overstroming vrijwel geheel droog en kruimelig was gebleven. Ook de grasvegetatie bleef groen en vertoonde nergens tekenen van vergeling door verwelking.

De bovengenoemde waarnemingen leiden tot de conclusie dat regenwormen in de uiterwaarden goed in staat zijn om zich gedurende de periodieke inundaties te handhaven. Dit komt doordat de bodem onder het grensvlak van bodem en water droog blijft. Infiltratie van water in de bodem wordt waarschijnlijk voorkomen doordat de overstroming snel plaatsvindt en er een tegendruk ontstaat vanuit de grote luchtvoorraad die in de bodem wordt opgesloten.

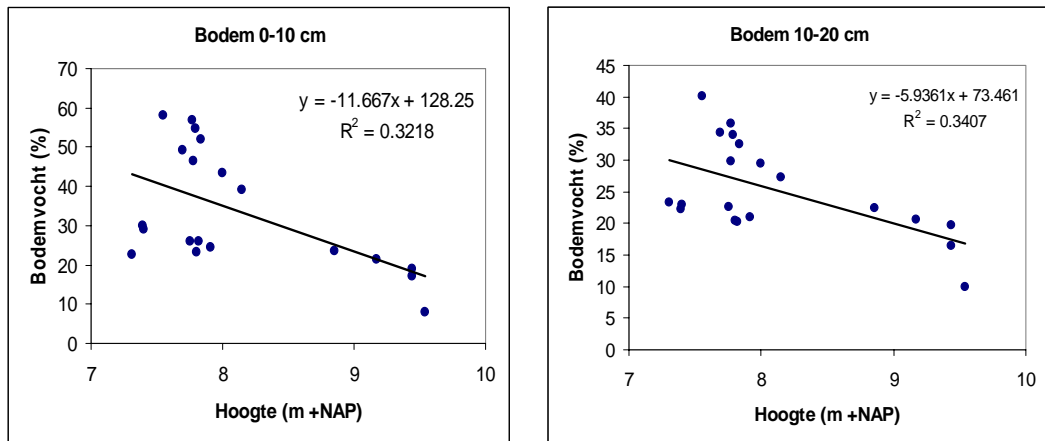
Fig. 10 laat verder zien dat het bodemvochtgehalte in de zomer (augustus) overwegend lager is dan in de winter (november) en het voorjaar (mei). De zomer van 2001 was relatief nat, zodat het verschil naar verwachting het seizoenverschil groter zal zijn in jaren met een droge zomer. De bovengenoemde resultaten suggereren dat een droge zomer van grotere invloed zal zijn op regenwormenpopulaties dan een overstroming.



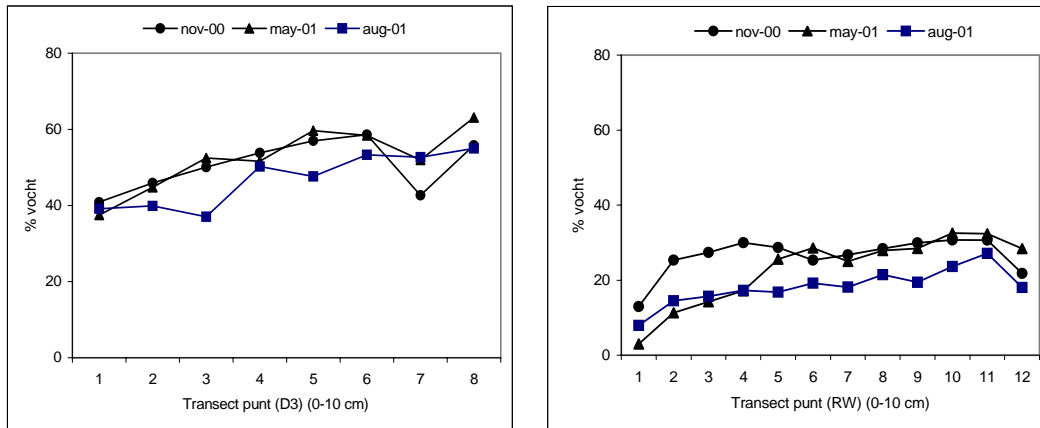
Figuur 7. Bodemvochtgehalten in het D3- en RW-ransect gemeten op drie verschillende diepten. Vergelijking van de meetresultaten van WU en Alterra



Figuur 8. Correlatie tussen het bodemvochtgehalte met het kleigehalte en het organische stofgehalte van de bodem



Figuur 9. Correlatie tussen de hoogteligging en het bodemvochtgehalte van de transectpunten



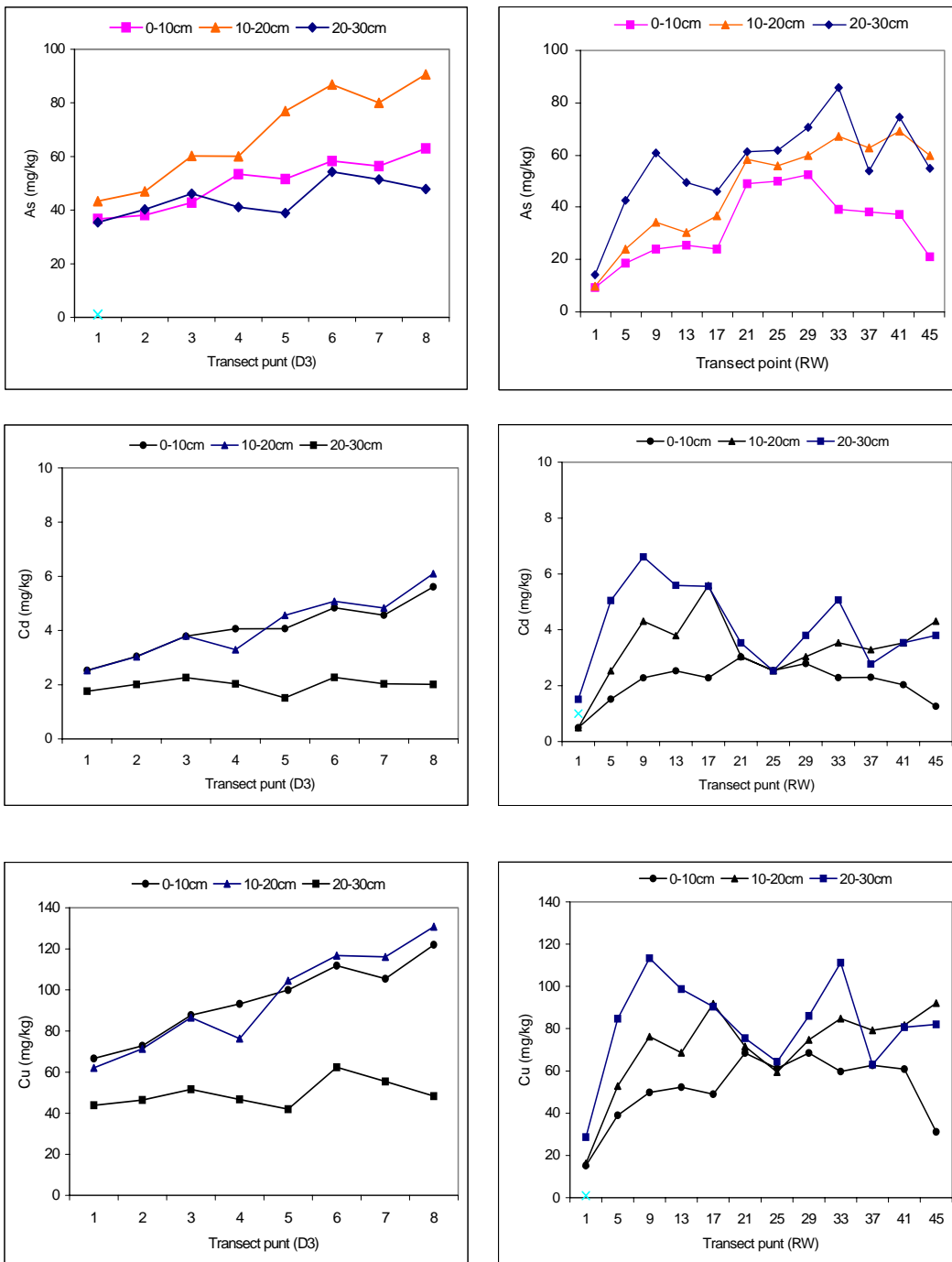
Figuur 10. Het vochtgehalte in de bodem in de transectpunten in D3 en RW gemeten vlak vóór (nov-00) en vlak na (mei-01) een periode van overstroming en in de zomerperiode (aug-01)

### 3.1.2.5 Metaalgehalten

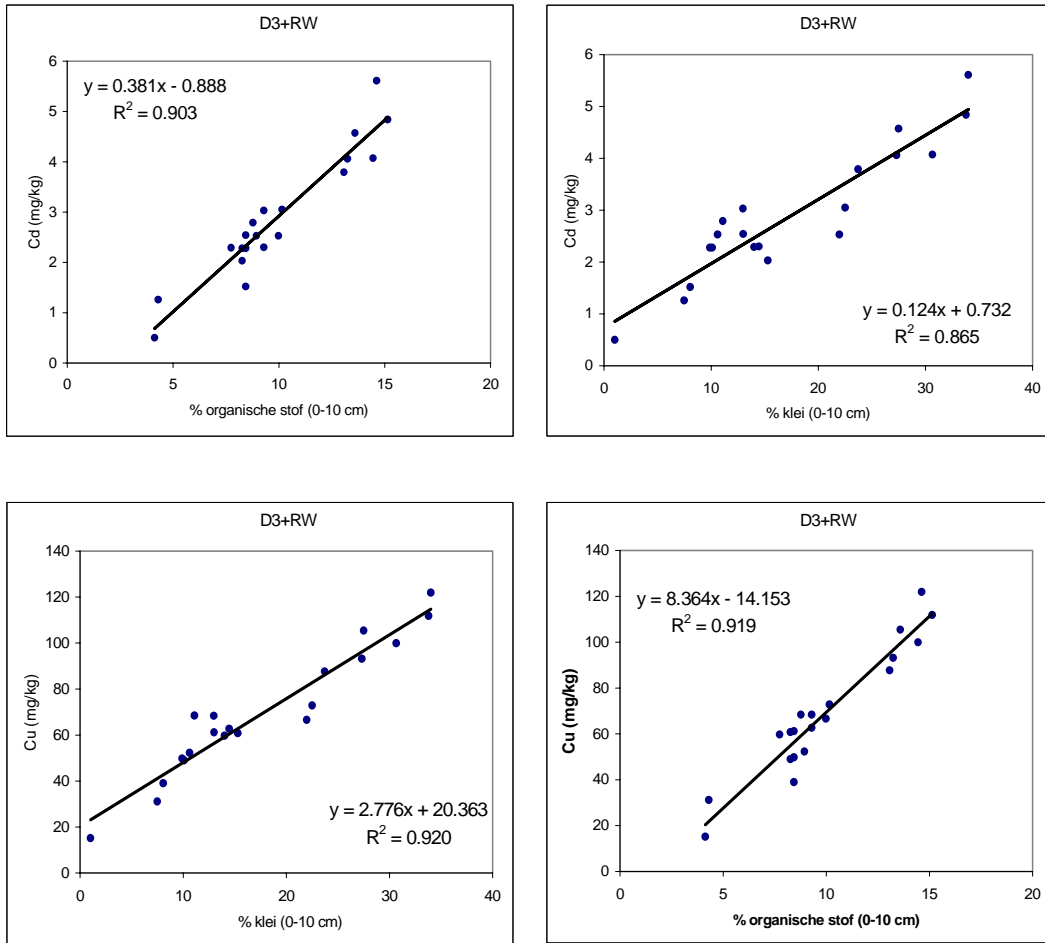
De gemeten totaal-concentraties van cadmium, koper, chroom en nikkel in de bodem van de ADW lagen tussen de streefwaarde en de interventiewaarde in. De gegevens voor deze en andere metalen zijn weergegeven in Bijlage 3. Van As, Cd en Cu is de ruimtelijke variatie in gehalte over de transectpunten geïllustreerd in Fig. 11.

In deelgebied D3 was het arseengehalte het hoogst in de laag van 10-20 cm. Ook in RW kwam het hoogste arseengehalte voor in de diepere laag van 20-30 cm. In D3 was het gehalte van koper het laagst in de diepste laag van 20-30 cm, maar in RW was het omgekeerde het geval. Daar was het metaalgehalte in de laag 0-10 cm het laagst. Een verklaring voor deze verschillen ontbreekt, maar heeft mogelijk te maken met de verticale verdeling van klei en organische stof in het bodemprofiel (Fig. 4). Zoals verwacht mag worden, was het metaalgehalte in sterke mate gecorreleerd met het kleigehalte en het organische stofgehalte van de bodem. De correlaties met het gehalte van Cd en Cu zijn geïllustreerd in Fig. 12.

Samenvattend kan worden gesteld dat met name in de bovengrond (0-10 cm) het metaalgehalte sterk is gecorreleerd met het gehalte aan klei en organische stof en daarmee ook met het gehalte aan bodemvocht. Aan de biobeschikbaarheid van metalen in de ADW en de metaalopname door regenwormen zal elders in een publicatie aandacht worden besteed.



Figuur 11. Het gehalte van arseen, cadmium en koper in de bodem van de transecten in D3 en RW gemeten op drie verschillende diepten



Figuur 12. Correlatie tussen het totaal-gehalte van cadmium en koper met het gehalte aan klei en organische stof in de bodem



## 4 Populatiekarakteristieken

### 4.1 Soortdiversiteit

#### 4.1.1 Klassificatie

De bemonsterde soorten regenwormen zijn onderscheiden naar pedo-ecologische groep naar een klassifikatie van Bouché (1977), te weten:

1. De *epigeïsche* groep, deze is detritivoor en leeft dichtbij het oppervlak in de strooisellaag. Deze groep is rood gepigmenteerd.
2. De *endogeïsche* groep, deze leeft dieper in de organo-minerale zone van de bodem en is meer geofaag dan de eerstgenoemde groep. Deze groep is slechts weinig of zwak gepigmenteerd.
3. De *anecische* groep, deze maakt diepe permanente verticale gangen in de bodem en zet castings af op het oppervlak. 's Nachts wordt plantenmateriaal in de gangen getrokken. Deze detritivore groep is rood gepigmenteerd.

De aanwezigheid van rode pigmentatie houdt verband met fysiologische aanpassingen van de soort, zoals de mate van zuurstofbehoefte, die nodig zijn om in de bodem te kunnen overleven. De soorten die in de ADW zijn gevonden kunnen volgens de bovengenoemde klassifikatie als volgt worden ingedeeld:

1. Endogeïsche groep met *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica*, *Allolobophora cupulifera*
2. Epigeïsche groep met voornamelijk *L. rubellus* en in mindere mate ook *Lumbricus castaneus* en *Eiseniella* sp.
3. Anecische groep met *Lumbricus terrestris*.

#### 4.1.2 Soortensamenstelling

In de periode van twee jaar dat het onderzoek plaatsvond in de ADW konden in totaal een negental verschillende soorten Oligochaeta worden geïdentificeerd. Deze soorten zijn samengebracht in Tabel 3. Een diversiteit van negen soorten kan als optimaal worden beschouwd voor een gematigd west-europees graslandecotoop, waar gewoonlijk acht tot tien soorten voorkomen (Satchell 1967; Evans and Guild 1947). In deelgebied D3 was het aantal gevonden soorten iets groter dan in RW. In RW zijn drie soorten niet aangetroffen, namelijk *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora cupulifera* en *Eiseniella* sp. Aangezien alle drie typisch vochtminnende soorten zijn zou hun afwezigheid in RW mogelijk kunnen samenhangen met de relatief drogere

bodem in dit deelgebied (zie Fig. 10). Echter met zekerheid is dit niet te stellen, aangezien *Allolobophora chlorotica*, die eveneens een typisch vochtminnende soort is, wel in RW voorkwam.

Van de epigeïsche groep waren vooral *Lumbricus* soorten dominant vertegenwoordigd, terwijl de endogeïsche groep vooral was vertegenwoordigd door *Aporrectodea* en *Allolobophora* soorten. Opmerkelijk was het ontbreken van *Octolasion* soorten in de ADW. De soort *Octolasion tyrtaeum* komt wel voor in andere uiterwaarden die zijn onderzocht (Ma et al. 1998). Van de anecische groep was *Lumbricus terrestris* in de ADW aanwezig, maar ontbrak *Aporrectodea longa*. De afwezigheid van *A. longa* in de ADW wordt bevestigd door onderzoek in andere uiterwaarden, waar de soort eveneens afwezig is (Ma et al. 1998). Een verklaring hiervoor kan vooralsnog niet worden gegeven.

Tabel 3. Soorten bemonsterd in de deelgebieden Rijswaard (RW) en Deel 3 (D3) van de ADW in verschillende monsterperiodes

Soort	Nov'00		Mei'01		Aug'01		Nov'01		Mei'02		Aug'02	
	D3	RW	D3	RW	D3	RW	D3	RW	D3	RW	D3	RW
<i>Lumbricus rubellus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lumbricus castaneus</i>	+	+	+			+	+	+	+			
<i>Lumbricus terrestris</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+		+
<i>Aporrectodea caliginosa tuberculata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aporrectodea caliginosa caliginosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aporrectodea rosea</i>					+							
<i>Allolobophora chlorotica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Allolobophora cupulifera</i>			+		+		+		+		+	
<i>Eiseniella sp.</i>									+			

Verrassend was de vondst van *Allolobophora cupulifera* in de ADW. Dit is een zeldzame vochtminnende soort die alleen in west-europa voorkomt (Ma & Bodt 2002; Muldowney & Schmidt 2002). Tot dusver zijn slechts vondsten gemeld uit Frankrijk, Denemarken, Ierland en het westen van Duitsland. De soort wordt onder meer gekenmerkt door een lichaamsbouw met in totaal 80 tot 120 segmenten en vier paar setae van het nauw-gepaarde type per segment. Het prostomium is van het open epilobe type. De voorste dorsale poriën beginnen tussen segment 5 en 6 en de mannelijke poriën bevinden zich op segment 15. Het zadelvormige clitellum beslaat de segmenten 26-32 met als opvallend kenmerk de aanwezigheid van twee paar puberteitstuberkeles in de vorm van zuignapvormige cupuli op segment 28 en segment 30 (Fig. 13).

Een geïsoleerde populatie van *A. cupulifera* is aangetroffen in een stuk laaggelegen vochtig grasland nabij een oude strang in deelgebied D3. Het verloop van deze lokale populatie is in de maanden mei, augustus en november 2001 gemonitord. De hoogste populatiedichtheid van 52 adulte exemplaren per m<sup>2</sup> werd bereikt in november. De volwassen wormen hadden een gemiddeld gewicht van 209 mg versgewicht, met een individuele variatie tussen 160 en 290 mg. Uit de zeldzaamheid van voorkomen en de relatief geringe omvang van de populaties kan worden afgeleid dat *A. cupulifera* een soort is die zeer specifieke eisen aan het milieu stelt. De soort lijkt zich vooral op te houden in de directe omgeving van water.



*Figuur 13. Allolobophora cupulifera, een zeldzame soort waarvan een kleine lokale populatie in deelgebied D3 van de ADW is gevonden. De onderste foto toont een anomaal exemplaar met een incompleet paar cupuli. Voor een uitvoerige beschrijving, zie Ma & Bodt (2002)*

Bij de bemonsteringen die uitgevoerd zijn in mei 2001 is in een transectpunt van deelgebied D3 een morfologisch afwijkend exemplaar van *A. cupulifera* aangetroffen (Ma & Bodt 2002). Dit exemplaar bezat 86 segmenten, waarbij het clitellum de segmenten 15-22 besloeg. Een paar cupuli bevond zich op segment 16-17, terwijl van het tweede paar op segment 18-19 één van de cupuli ontbrak (Fig. 13). Een dergelijke asymmetrische configuratie wijst op een anomalie. Bij inwendig onderzoek bleek dat de krop en de spiermaag aanwezig was ter hoogte van de segmenten 15-18, maar naar voren toe bleken de inwendige geslachtsorganen te ontbreken. Dit doet vermoeden bij dit exemplaar er sprake is van een traumatisch verlies van lichaamssegmenten die vervolgens zijn geregenereerd, echter zonder de regeneratie van de bijbehorende inwendige geslachtsorganen.

Tabel 4. Percentage adulten in populaties van *Allolobophora chlorotica* in D3 en RW transecten. N is het totaal aantal individuen per transect

Percentage adulten in populaties van <i>A. chlorotica</i>				
	D3	N	RW	N
Nov '00	45.8%	166	25.3	146
May '01	48.1%	206	64.7	286
Aug '01	3.4%	118	0.0	52

Van enkele van de belangrijkste soorten die in de ADW zijn geregistreerd kunnen de volgende eigenschappen worden vermeld.

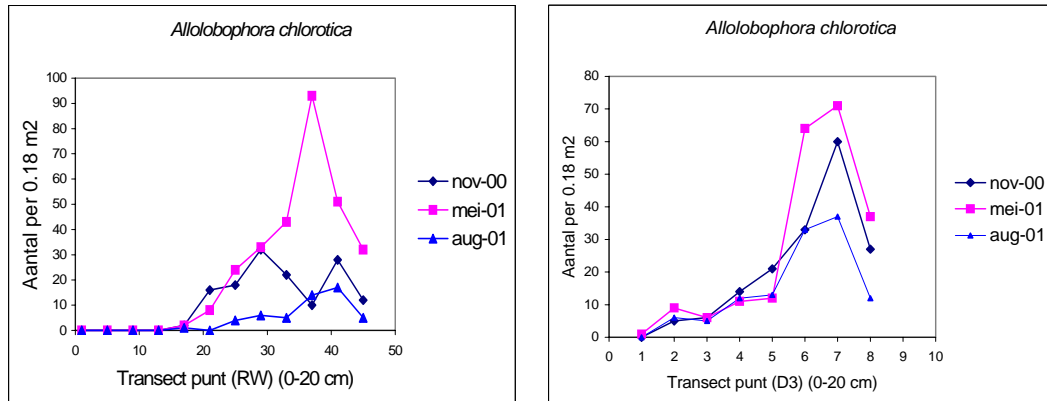
#### ***Allolobophora chlorotica***

Deze vochtminnende soort is typerend voor de uiterwaarden (Ma et al. 1998). Ook in de ADW kwam *A. chlorotica* veruit het meest dominant voor. Deze soort is vaak te vinden in vochtige organische bodems langs de oevers van meren en rivieren, zowel in kleigrond als zandgrond in een brede pH range variërend van 4 tot 8.

Fig. 14 laat de populatierespons zien in de drie verschillende seizoenen. Tijdens de zomerdroogte in augustus vertoonde de populatiedynamiek een duidelijke dip. De aantalsdichtheid van *A. chlorotica* is in mei gemiddeld hoger dan in november. Dat duidt erop dat deze soort geen last heeft van de overstromingen, maar juist positief hierop reageerde.

Andere waarnemingen die erop wijzen dat de soort *A. chlorotica* sterk afhankelijk is van het gehalte aan bodemvocht zijn:

1. in het vochtiger gedeelte van het D3-transect is de aantalsdichtheid van de soort hoger dan in het drogere deel van het transect,
2. in het hoger gelegen relatief droge, zandige gedeelte van het RW transect, met name in de transectpunten RW1, RW5 en RW9, is de soort totaal afwezig.



Figuur 14. *Allolobophora chlorotica*, aantalsdichtheden in D3 en RW in drie opeenvolgende seizoenen

Het is opmerkelijk dat in de zomerperiode behalve de totale grootte van de populatie van *A. chlorotica* ook het percentage adulten daarin sterk afnam. Dit houdt in dat de droogte ook een demografische verandering in populatieopbouw teweeg kan brengen. Tijdens de bemonstering in augustus bedroeg het percentage adulten hooguit slechts enkele procenten, terwijl in de rest van het jaar het percentage rond de 50% schommelde (Tabel 4).

#### ***Aporrectodea caliginosa***

Na *A. chlorotica* volgt *A. caliginosa tuberculata* als de meest talrijk voorkomende soort in de ADW. Deze soort komt vaak voor langs de wateroevers en heeft een voorkeur voor een hogere pH range van 6 of hoger. Van de *tuberculata*-vorm was de gemiddelde aantalsdichtheid hoger in D3 dan in RW, hoewel dit verschil minder duidelijk was in het tweede jaar van bemonstering. Vergeleken met de *tuberculata*-vorm kwam de *caliginosa*-vorm in veel lagere dichtheden voor in de ADW. Deze subspecies is alleen aangetroffen in transectpunt RW33. Mogelijk zijn beide vormen in competitieve interactie met elkaar. De dichtheid van *A. caliginosa* toonde een afnemende tendens over de lengte van het D3-transect. Deze afnemende tendens in aantalsdichtheid was consistent in de twee jaren van bemonstering. In het RW-transect werd geen consistent patroon in de aantalsdichtheid tussen de twee opeenvolgende jaren van bemonstering gevonden.

#### ***Lumbricus rubellus***

De soort *L. rubellus* heeft een brede verspreiding in verschillende habitats en in een brede pH range. Echter in zowel D3 als RW waren de aantalsdichtheden van deze soort relatief laag in vergelijking met soorten als *A. chlorotica*. Ook waren er binnen de transecten geen duidelijke trends in populatieaantallen aan te wijzen.

#### ***Lumbricus terrestris***

Deze soort komt vaak voor in permanent grasland op klei met hoge pH, maar dit geldt blijkbaar niet zozeer voor rivieroevers. De soort is alleen aangetroffen in deelgebied D3, hoewel het hier om relatief lage aantallen ging. In deelgebied RW was de soort geheel afwezig. Het is een grote soort met een lengte van 9 tot 35 cm.

### 4.1.3 Zeldzaamheid

De gevonden soorten van regenwormen in de ADW kunnen als volgt worden geklassificeerd naar categorie van zeldzaamheid van voorkomen:

- Categorie I (algemeen voorkomend = soorten die altijd consistent in alle monsters zijn aangetroffen): *Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea caliginosa tuberculata*, *Aporrectodea caliginosa caliginosa* en *Allolobophora chlorotica*.
- Categorie II (vrij zeldzaam = soorten die vrij vaak in de monsters aanwezig waren): *Lumbricus castaneus* en *Lumbricus terrestris*.
- Categorie III (zeldzaam = soorten die slechts soms in de monsters aanwezig waren): *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora cupulifera*, *Allolobophora antipai* en *Eiseniella tetraedra*.
- Categorie IV (zeer zeldzaam = soorten die in geen van de monsters aanwezig waren, terwijl ze er wel verwacht werden): *Aporrectodea longa* en *Octolasion tyrtaeum*.

Ter illustratie van het verschil in soortdiversiteit tussen D3 en RW is in Tabel 5 de aantallen per soort weergegeven. In Tabel 6 is dat nog eens gedaan voor de goed determineerbare adulte stadia. Uit het aantal lege vakjes in de tabellen is te zien dat de soortdiversiteit in deelgebied RW veel lager was dan in D3. Ook het aantalsniveau per soort was lager in RW dan in D3. Met name in transectpunt RW-1 was de dichtheid erg laag te noemen.

De verschillen tussen D3 en RW zijn het duidelijkst voor de gegevens met betrekking tot de adulte stadia. Opvallend is het grote aantal lege vakjes in het RW-transect in augustus. Dit duidt erop dat in de zomerperiode er vrijwel geen adulte stadia in RW aanwezig zijn. De omstandigheden zijn blijkbaar ongunstiger in deelgebied RW dan in D3. Dit kan vooral samenhangen met het bodemvochtgehalte in RW dat lager is dan het bodemvochtgehalte in D3 (zie Fig. 10).

Het valt op dat *L. terrestris* in een deel van beide transecten volledig ontbrak. In het D3-transect was dat het geval in de punten 6 t/m 8 en in het RW-transect in 21 t/m 45. Dit kan mogelijk worden toegeschreven aan het feit dat deze soort in het veld een sterk patchy distributie bezit.

Tabel 5. Totaal aantal wormen (alle stadia) per soort bemonsterd per transectpunt per 0,18 m<sup>2</sup> in D3 en RW

Totaal aantal in D3 – november 2000										
Transect D3	L. rub	L. cast	L. terr	L. sp	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup	A. sp
1	3		11	2	37		1			20
2	5	4	3	13	39	1		5		28
3	5	20	2	10	38		1	6		41
4	7	5	1	23	51	3		14		31
5	13	4		19	44	3		21		26
6	8	7		43	28	18		33		46
7	9			36	10	6		60		10
8	7			12	5	10		27		6
totaal	57	40	17	158	252	41	2	166	0	208

Totaal aantal in D3 – mei 2001										
Transect D3	L. rub	L. cast	L. terr	L. sp	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup	A. sp
1	2	1	5	2	56	2		1		22
2	7	5	2	3	77	4		9		8
3	8		3	8	63			6		10
4	3			8	33	4		11		7
5	6	3		7	37	5		7	1	14
6	8	1		8	49	3		64		6
7	15	2		11	20	17		71		9
8	3				3	12		37	3	12
totaal	52	12	10	47	338	47	0	206	4	88

Totaal aantal in D3 – augustus 2001										
Transect D3	L. rub	L. cast	L. terr	L. sp	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup	A. sp
1	2			1	40		1			8
2	6		1	2	62	1		6		4
3	6		1	1	44	2		5		6
4	9			7	47			12		4
5	10			4	28			13		9
6	11			4	43	6	1	33		14
7	4			1	21			37	4	14
8	4			2	18			12	6	16
totaal	52	0	2	22	303	9	2	118	10	75

Totaal aantal in RW – november 2000

Transect RW	L. rub	L. cast	L. terr	L. sp	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup	A. sp
1				1	5					
5			3	6	11					8
9		2	5	6	16					18
13			5	4	15					21
17		1	1	4	17			2		10
21	4	5		3	13			22		23
25	2		2	1	5			18		12
29	4			8	20			32		24
33	2			7	8	2		22		16
37	2			1				10		
41	1							28		
45					2			12		1
<b>totaal</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>41</b>	<b>112</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>146</b>	<b>0</b>	<b>133</b>

Totaal aantal in RW – mei 2001

Transect RW	L. rub	L. cast	L. terr	L. sp	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup	A. sp
1										
5	1			2	2					7
9	2			1	9					17
13	1				12					19
17	1				23			2		24
21					2			8		8
25								24		3
29					3			33		4
33					4	1		43		11
37	1				17			93		
41					1			51		1
45					5			32		
<b>totaal</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>78</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>286</b>	<b>0</b>	<b>94</b>

Totaal aantal in RW – augustus 2001

Transect RW	L. rub	L. cast	L. terr	L. sp	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup	A. sp
1										
5	1				2					
9				2	4					
13	1			1	13					3
17	1		1	1	12			1		
21					1					
25				3	4			4		
29	1			3	3			6		4
33	2	1		1	9			5		3
37	3			3	1			14		
41	2			1	1			17		
45					1			5		
<b>totaal</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>51</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>10</b>



Tabel 6. Aantal adulten per soort per 0,18 m2 per meetpunt en per bemonsteringsperiode

Aantallen adulten - november 2000								
Transect	L. rub	L. cast	L. terr	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup
D3	rub	cast	terr	tub	cal	ros	chlor	cup
1	2		2	13		1		
2	4	3	1	10	1		1	
3	5	20	2	11		1	1	
4	2	4		17	3		8	
5	13	4		14	2		5	
6	8	7		10	6		12	
7	7			4	6		34	
8	7			5	10		15	
totaal	48			84			76	

Aantal adulten - mei 2001								
Transect	L. rub	L. Cast	L. terr	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup
D3	rub	Cast	terr	tub	cal	ros	chlor	cup
1		1		23	2		1	
2	3	5		29	4		3	
3	5			34			2	
4	2			13	4		7	
5	5	3		12	5		7	1
6	3	1		14	3		29	
7	9	2		4	17		34	
8	2			3	12		16	3
totaal	29			132			99	

Aantal adulten - augustus 2001								
Transect	L. rub	L. cast	L. terr	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor	A. cup
D3	rub	cast	terr	tub	cal	ros	chlor	cup
1						1		
2	6			6	1		1	
3	4		1	10	2			
4	7			21			1	
5	10			11				
6	3			10	6	1	2	
7	2			1	1			4
8	4			3				6
totaal	36			62			4	

Aantal adulten - november 2000

Transect RW	L. rub	L. cast	L. terr	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor
1				3			
5				4			
9		2		1			
13				3			
17		1					1
21	4	5		2			8
25	2						3
29	3			8			1
33	2				2		
37	2						7
41	1						14
45				1			3
totaal	14			22			37

Aantal adulten - mei 2001

Transect RW	L. rub	L. cast	L. terr	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor
1							
5							
9				3			
13				3			
17				8			
21				1			3
25							8
29				1			16
33					1		28
37							72
41							41
45							17
totaal				16			185

Aantal adulten in RW - augustus 2001

Transect RW	L. rub	L. cast	L. terr	A.c. tub	A.c. cal	A. ros	A. chlor
1							
5							
9							
13							
17							
21							
25							
29	1						
33	1						
37	2						
41							
45							

## 4.2 Aantalsdichtheid

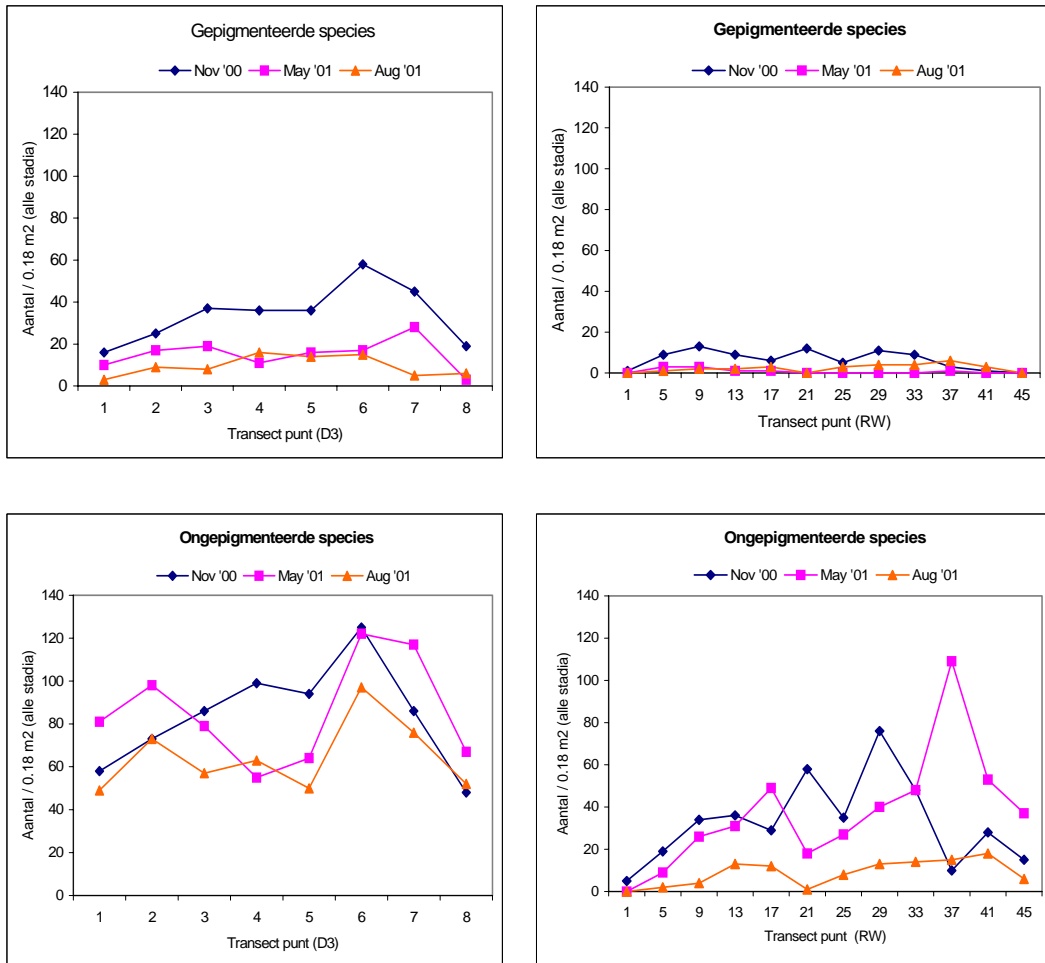
### 4.2.1 Ruimtelijke en temporele variatie

In de Bijlagen is een overzicht opgenomen van gegevens die betrekking hebben op de aantalsdichtheid van alle soorten in de transecten van D3 en RW in drie verschillende seizoenen. Bijlage 4 bevat de gegevens voor het eerste jaar van het onderzoek, terwijl Bijlage 5 de bemonsteringsresultaten weergeeft van het tweede jaar. Per kolom zijn de totale aantallen van alle ontwikkelingsstadia van juveniel, subadult en adult samen opgeteld.

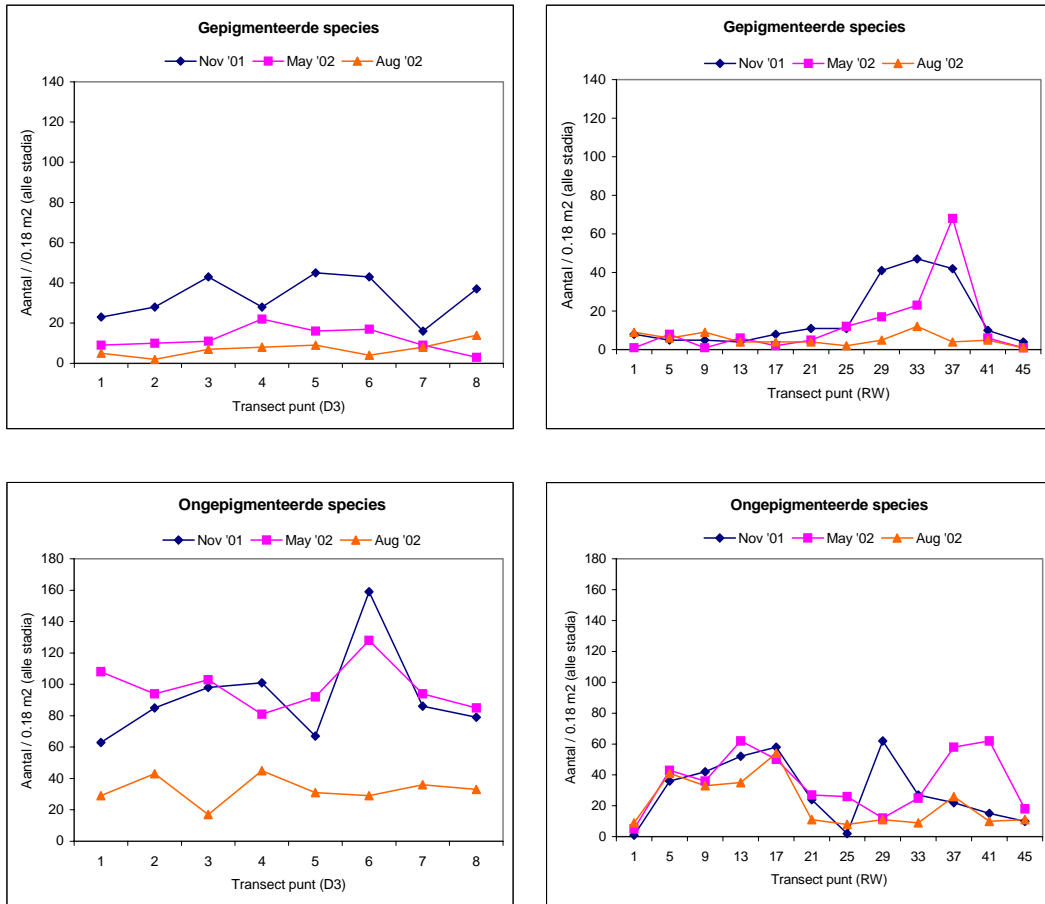
Determinatie op soortsniveau geschiedde op basis van uitwendige morfologische kenmerken. Dit is minder betrouwbaar voor het juveniele en subadulte stadium. Een uitzondering hierop vormt *Lumbricus terrestris*, die ook in het onvolwassen stadium nog redelijk goed determineerbaar is. Aangezien het is vaak niet mogelijk is om juvenielen en subadulten op soort te brengen is een aparte kolom ('epi') ingevoerd waarin alle epigeïsche soorten zijn samengebracht en een kolom ('endo') waarin alle endogeïsche soorten zijn samengebracht. In de praktijk van de ADW omvat de kolom 'epi' alle *Lumbricus* species met uitzondering van *Lumbricus terrestris*. De kolom 'endo' omvat alle species van *Aporrectodea* en *Allolobophora*. De anecische soorten, die in de ADW alleen *Lumbricus terrestris* omvatten, zijn ondergebracht in de kolom 'anec'. De op naam gebrachte adulte stadia zijn ondergebracht in de kolom van de betreffende soort, bijvoorbeeld de kolom 'rub', 'cast', etc. In de kolom 'total' zijn alle aantallen van alle soorten bij elkaar opgeteld, met uitzondering van de anecic groep. In de kolom 'total+anec' is dat gedaan inclusief de anecische groep.

In Fig. 15 zijn de aantalsdichtheden van de gepigmenteerde en ongepigmenteerde groepen per transect samengevat voor het eerste jaar van bemonstering. In Fig. 16 is dit herhaald voor het tweede jaar. De resultaten van de twee jaren bleken redelijk consistent te zijn. Voor de gepigmenteerde groep in D3 is geen duidelijk systematisch patroon in populatiegrootte over het transect te herkennen. Het enige wat opvalt is dat het populatieniveau vrijwel altijd het hoogst is in het najaar (november). In globaal afnemende volgorde geldt voor het populatieniveau: november > mei > augustus.

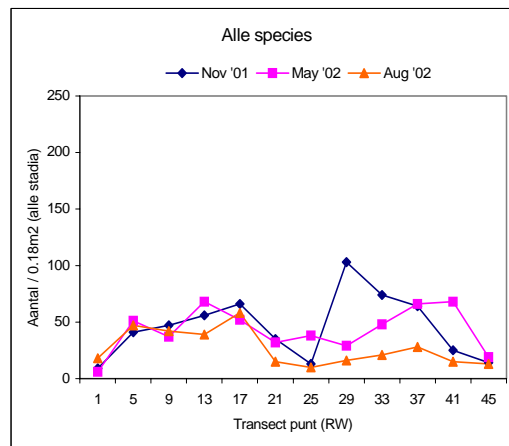
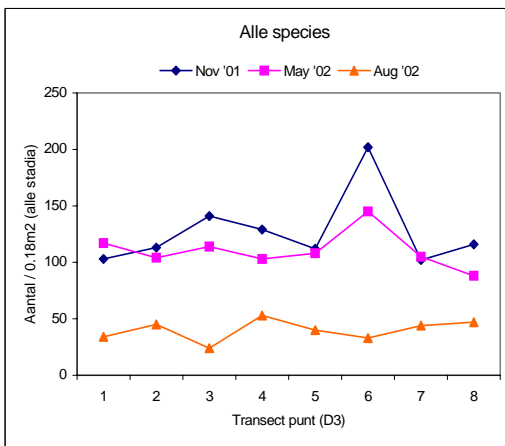
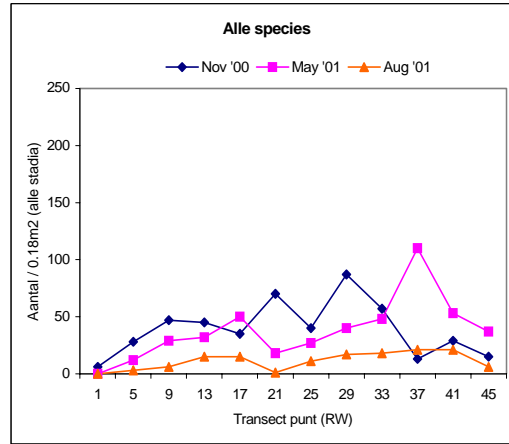
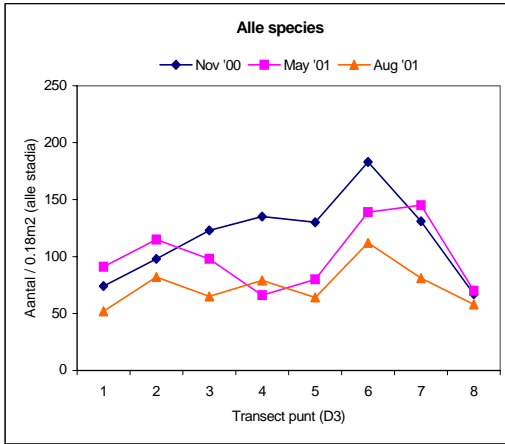
Wat betreft de ongepigmenteerde groep lijkt de populatie een maximum grootte te bereiken in punt 6 van het D3-transect. Ook voor de ongepigmenteerde wormen zien we dat de populatiegrootte de neiging heeft om in augustus terug te vallen naar het laagste niveau. Vergelijken we de grootte van de ongepigmenteerde groep met die van de gepigmenteerde groep dan zien we dat de eerstgenoemde groep een hoger populatieniveau heeft. Dit verschil in niveau is op een vrij consistente wijze in de twee bemonsteringsjaren is terug te vinden. In Fig. 17 zijn de populatiegegevens samengevat voor alle soorten samen.



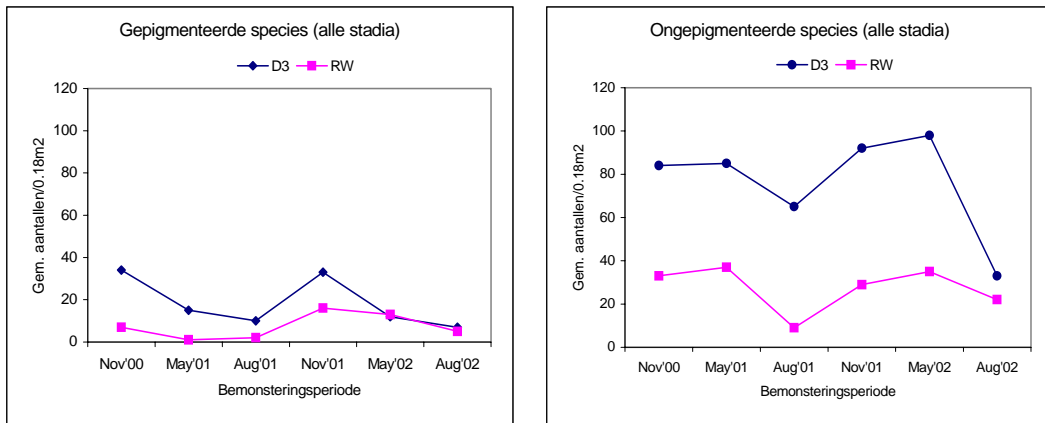
Figuur 15. Aantalsdichtheid van de gepigmenteerde en ongepigmenteerde groepen in het D3- en RW-transect gedurende het eerste jaar van bemonstering



Figuur 16. Aantalsdichtheid van de gepigmenteerde en ongepigmenteerde groepen in het D3- en RW-transect gedurende het tweede jaar van bemonstering

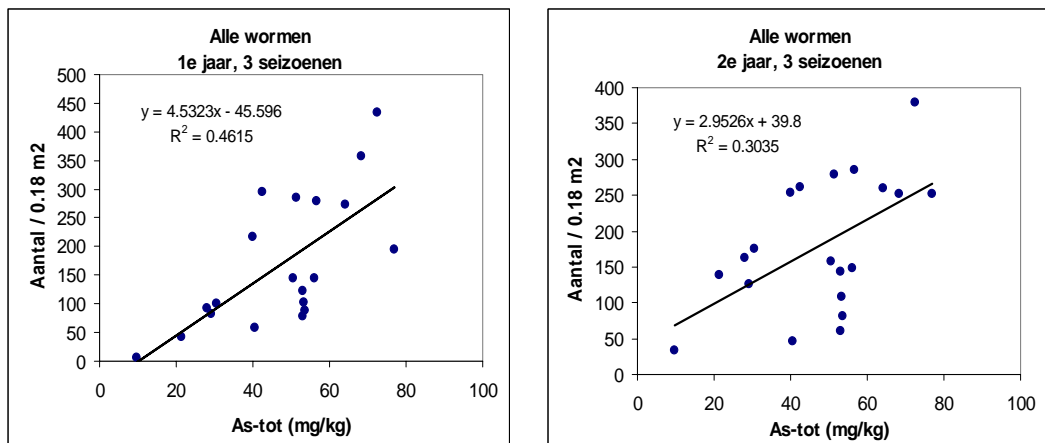


Figuur 17. Aantalsdichtheid van alle wormen in het transect in D3 en RW gedurende het eerste en tweede jaar van bemonstering

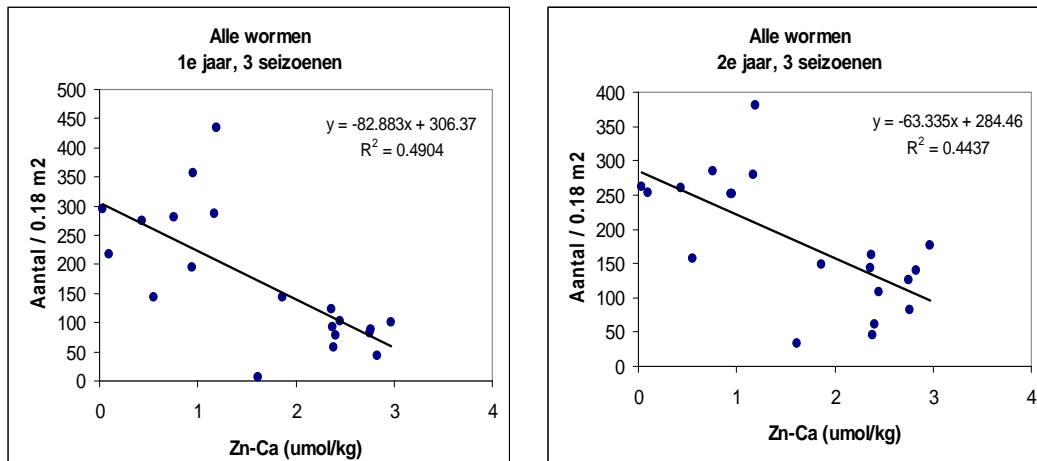


Figuur 18. Aantalsfluctuatie van de totale populatie wormen in het transect in D3 en RW in de loop van de tijd

In Fig. 18 is de aantalsdichtheid van de totale populatie uitgezet tegen de tijd. In deze laatstgenoemde figuur is duidelijk te zien dat het aantalsniveau hoger is in deelgebied D3 dan in RW, met name geldt dat voor de ongepigmenteerde groep. De totale populatie in D3 en RW fluctueert op een duidelijk synchrone wijze in de tijd, waarbij in de zomerperiode (augustus) er sprake is van een dip in de gemiddelde aantalsdichtheid.



Figuur 19. Correlatie tussen aantalsdichtheid van de totale populatie en het totaal-arseengehalte in de bodem (0-20 cm)



Figuur 20. Correlatie tussen de aantalsdichtheid van de totale populatie en de concentratie aan beschikbaar zink in de bodem (0-20 cm)

Fig. 19 laat zien dat de positieve correlatie tussen de totale aantalsdichtheid van drie seizoenen en de concentratie aan totaal-As niet toevallig is, aangezien het resultaat werd bevestigd door het tweede jaar van bemonstering.

De concentratie aan beschikbaar zink (Zn-Ca) in de bodem is sterk negatief gecorreleerd met de variabele bindijks (deelgebied). De concentratie Zn-Ca is hoger in RW dan in D3. De monsters van RW en D3 worden door de variabele bindijks langs de tweede as van elkaar gescheiden. De hoger gelegen monsterpunten in RW liggen daarbij rechts in het diagram, afgescheiden van de andere monsterpunten door de variabele hoogte. De soort *L. rubellus* is sterk positief gerelateerd met de variabele bindijks en negatief gecorreleerd met de variabele Zn-Ca. In de analyse is Zn-Ca ( $p=0.032$ ) als laatste significante variabele toegevoegd. Vergeleken met de andere variabelen was de bijdrage van Zn-Ca aan de aantalsdichtheid van de regenwormen echter relatief klein. De correlatie van de totale populatie, opgeteld over de drie seizoenen, met de concentratie Zn-Ca is weergegeven in Fig. 20 en geldt voor zowel het eerste als het tweede jaar van bemonstering. Een mogelijk effect van zink dient nader te worden onderzocht, aangezien er hier sprake is van een strengeling met de variabele bindijks.

#### 4.2.2 Verticale verdeling

De bemonsterde wormen zijn voor verreweg het grootste deel aangetroffen in een laag tot een diepte van 0-20 cm. In de diepere monsterlaag van 20-30 cm kwamen wormen slechts sporadisch voor. Dat was onverminderd het geval in de zomerperiode toen de populatiedichtheid gemeten in augustus op een lager niveau terecht kwam dan in mei en november. Er zijn dus geen aanwijzingen voor het bestaan van een verticale migratie naar diepere lagen in de zomer.

Ook de afzetting van cocons in de bodem geschiedt grotendeels in de bovengrond. In Tabel 7 is de verticale verdeling te zien van cocons over een diepte van 40 cm beneden maaiveld. De cocons van *L. terrestris* waren apart herkenbaar aan hun



grootte. Duidelijk is in de tabel te zien dat de meeste cocons worden afgezet in de laag van 0-20 cm. Van het totaal aantal afgezette cocons (exclusief cocons van *L. terrestris*) bevond 62% zich in de 0-10 cm laag en 23% in de laag van 10-20 cm. Van de cocons van *L. terrestris* bevond zich 80% gelijkmatig verdeeld over de 0-20 cm laag van de bodem. Deze soort heeft klaarblijkelijk de neiging om de cocons iets dieper af te zetten. De meeste van de gevonden cocons waren leeg. Niet uitgekomen (volle) cocons kwamen slechts sporadisch voor. Dit duidt erop dat het overgrote deel van de cocons reeds vrij spoedig na het afzetten uitkomt.

Uit de verticale verdeling van zowel wormen als cocons kan worden afgeleid dat de bodemlaag van 0-20 cm de belangrijkste leefzone vormt die van belang is voor de ecologie van regenwormen. Naar verwachting zullen bodemparameters van specifiek deze laag overwegend van invloed zijn op de grootte van regenwormenpopulaties.

#### **4.2.3 Effecten van overstroming**

Uiteraard speelt de hoogteligging van de transectpunten een rol bij de frequentie van overstroming. Het effect van overstromingen in de ADW is onderzocht door de grootte van de populaties vlak vóór de overstromingsperiode te vergelijken met de grootte vlak erna. De perioden waarin de bemonsteringstransecten geheel of gedeeltelijk onder water stonden kunnen worden afgeleid uit gegevens in Fig. 3 en Tabel 1. De overstromingen vonden globaal plaats van begin december tot half mei, doch niet noodzakelijk steeds op hetzelfde tijdstip. Zo vond er in december 2000 geen overstroming plaats, terwijl dit wel het geval was in december 2001. Ook was er in de maanden maart, april en mei van het eerste jaar sprake van een langere aaneengesloten periode van hoogwater dan in dezelfde periode in het tweede jaar. In het eerste jaar hadden de laagst gelegen transectpunten in deze periode twee maanden onafgebroken onder water gestaan, terwijl de hoogstgelegen punten in dezelfde periode slechts enkele dagen onder water stonden. De historie van overstroming van een monsterplek is dus van invloed op de grootte en samenstelling van de populatie op die plek.

Tabel 7. Aantal cocons in twee bodemmonsters per transectpunt in RW in november 2000. Tussen haakjes is het aantal cocons van *L. terrestris* weergegeven

Transect punt	Volle cocons			Lege cocons		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
1	1 (0)	0	1	8 (8)	15 (15)	5 (5)
5	0	0	0	2 (2)	2 (2)	2 (2)
9	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	2 (0)	0	2 (0)
17	0	0	0	1 (0)	0	0
21	0	0	1 (0)	0	3	0
25	0	0	0	4 (2)	3	2 (1)
29	0	0	0	4 (1)	0	1 (0)
33	0	0	0	4 (1)	0	1 (0)
37	5 (0)	0	0	10 (0)	0	0
41	1 (0)	0	0	14 (0)	0	0
45	0	0	0	6 (2)	0	0
totaal	7 (0)	0	2 (0)	55 (15)	23 (17)	13 (8)

Vergelijken we de aantalsdichtheden in november en mei dan blijkt dat de populatiegrootte van gepigmenteerde/epigeïsche groep meestal kleiner wordt, maar dat er in dat opzicht geen duidelijke verschillen aanwezig zijn voor de populatie van ongepigmenteerde/endogeïsche groep (Fig. 15 en 16). Dat wil zeggen dat er alleen voor de eerstgenoemde groep er sprake zou kunnen zijn van een effect van overstroming. Zoals hierboven reeds is aangegeven was de zodelaag tijdens de overstroming dichtgeslagen, maar eronder bleef de kruimelige bodemstructuur met luchtporiën gehandhaafd. Een grotere kwetsbaarheid van de gepigmenteerde soorten voor overstroming zou een mogelijke verklaring kunnen bieden voor het feit dat het aantalsniveau van de gepigmenteerde soorten gemiddeld circa 4 tot 5 keer hoger lag dan het niveau van de gepigmenteerde soorten.

Samenvattend kan gesteld worden dat overstroming een verschillende invloed had op de populatiegrootte van epigeïsche/gepigmenteerde en endogeïsche/ongepigmenteerde soorten. De gegevens duiden erop dat de gepigmenteerde groep minder goed bestand is tegen de nadelige effecten van overstroming dan de dieper in de bodem levende ongepigmenteerde groep.

Tabel 8. Totale biomassa van alle soorten per transect en per bemonsteringsperiode

Totale biomassa alle species (g/0.18 m2)										
Transect	nr	nov-00	nov-01	gem.	mei-01	mei-02	gem.	aug-01	aug-02	gem.
D3	1	28.89	29.68	29.28	28.88	26.55	27.72	16.47	7.52	11.99
D3	2	23.17	29.80	26.48	43.48	19.72	31.60	28.65	9.98	19.32
D3	3	29.48	30.22	29.85	36.67	21.33	29.00	28.03	6.13	17.08
D3	4	28.14	25.25	26.70	15.97	21.03	18.50	28.42	9.65	19.04
D3	5	30.56	23.59	27.07	22.05	22.63	22.34	22.64	7.30	14.97
D3	6	29.56	37.78	33.67	34.23	26.07	30.15	30.64	5.97	18.30
D3	7	27.00	14.83	20.91	35.95	19.61	27.78	19.73	7.29	13.51
D3	8	14.22	19.99	17.10	14.43	14.53	14.48	14.17	7.52	10.84
RW	1	4.01	8.66	6.34	0.00	5.15	2.58	0.00	16.34	8.17
RW	5	10.12	22.22	16.17	2.50	27.85	15.17	2.38	17.81	10.10
RW	9	14.13	25.91	20.02	8.95	19.16	14.05	2.22	22.46	12.34
RW	13	11.21	30.45	20.83	7.81	39.10	23.45	5.08	16.60	10.84
RW	17	11.84	32.17	22.01	14.85	19.54	17.19	5.91	23.45	14.68
RW	21	12.35	13.10	12.73	3.07	11.93	7.50	0.52	6.48	3.50
RW	25	6.64	4.91	5.77	4.69	20.70	12.70	2.10	3.24	2.67
RW	29	20.35	3.66	12.01	9.29	13.98	11.63	4.92	2.49	3.71
RW	33	12.65	17.79	15.22	11.78	22.22	17.00	7.53	7.82	7.67
RW	37	3.14	23.74	13.44	24.28	22.19	23.23	5.57	10.48	8.02
RW	41	5.04	7.78	6.41	12.41	17.69	15.05	4.42	2.63	3.52
RW	45	2.21	6.53	4.37	8.10	4.98	6.54	0.99	4.03	2.51

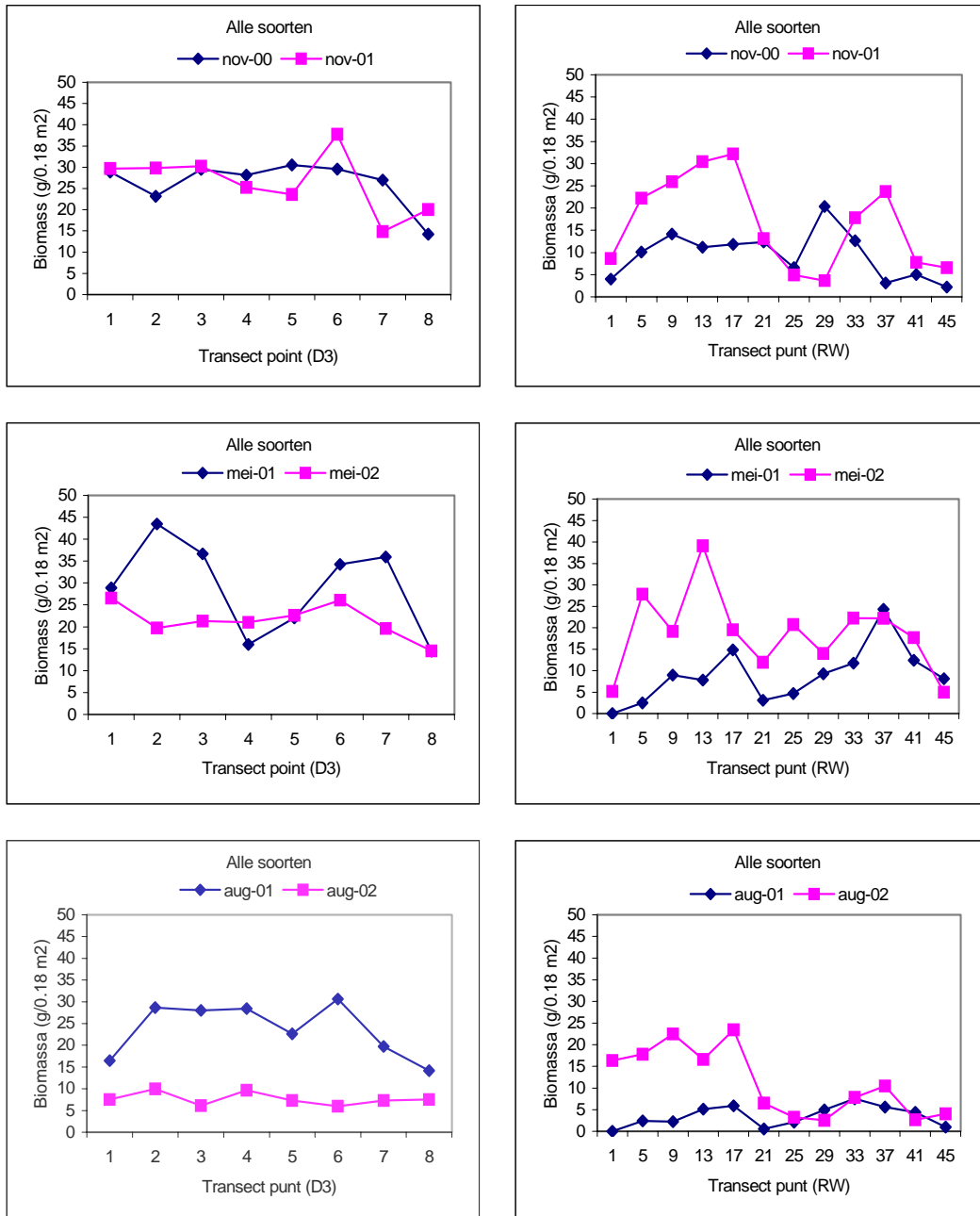
## 4.3 Biomassadichtheid

### 4.3.1 Ruimtelijke en temporele variatie

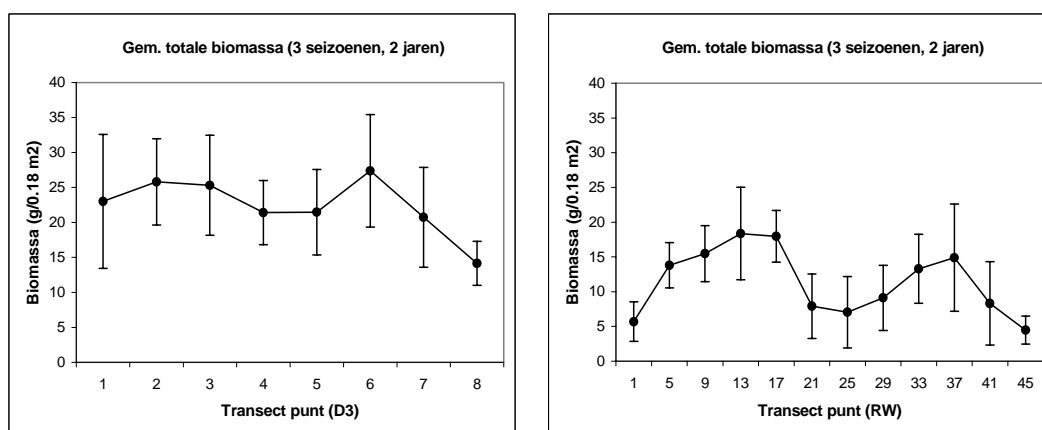
Vanwege de soorts- en leeftijdsgebonden variatie in de lichaamsgrootte van individuen in een populatie is in dit onderzoek naast de aantallen ook de biomassa bepaald als een belangrijke maat voor de populatie-omvang. De reden is dat een populatie met relatief veel juvenielen een kleinere biomassa zal hebben vergeleken met een populatie met hetzelfde aantal individuen maar relatief veel grote adulte individuen. Ook zal een populatie van een relatief grote soort, zoals bijvoorbeeld *L. terrestris*, reeds bij relatief lage aantallen een aanzienlijke biomassa kunnen bezitten vergeleken met een soort die kleiner is. De bepaling van de biomassa geeft een belangrijk aanvullend inzicht in de grootte van een populatie naast gegevens over het aantal individuen. Ecologisch gezien is de biomassa van groot belang voor de berekening van stofstromen in een ecosysteem, zoals in de kringloop van nutriënten

of bij de bioaccumulatie van verontreinigende stoffen in voedselketens. Ook als voedsel voor wormetende soorten van predatoren is de biomassa van regenwormen van belang.

Gegevens van de populatiebiomassa van de individuele soorten zijn weergegeven in Bijlage 6 voor het eerste jaar en in Bijlage 7 voor het tweede jaar van de bemonstering. Uit deze gegevens kan de biomassa van de totale populatie in de ADW worden berekend. De biomassa van de totale populatie per seizoen is samengevat in Tabel 8 en in Fig. 21.



Figuur 21. Totale biomassa van alle soorten in november, mei en augustus van twee opeenvolgende jaren in D3 en RW



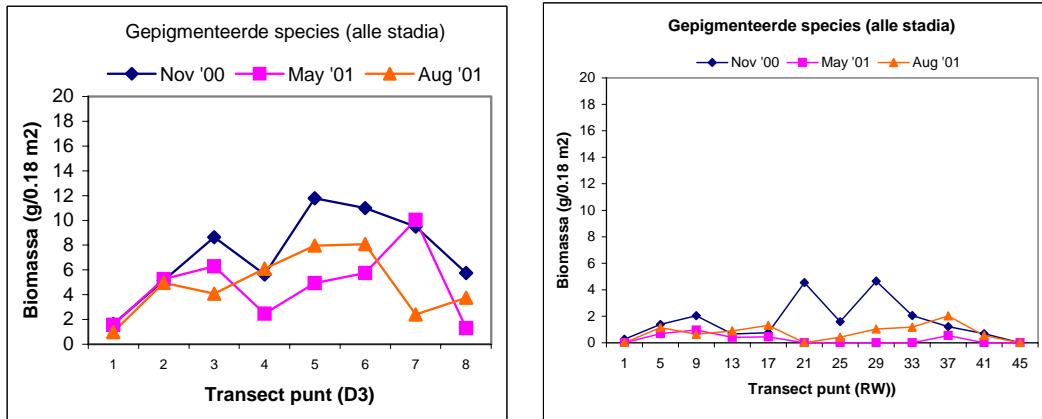
Figuur 22. Gemiddelde ( $\pm$  SD) totale biomassa van alle wormen in D3 en RW per transectpunt

In Fig. 22 zijn de data samengevat en zijn de overall gemiddelden weergegeven over de twee bemonsteringsjaren en de drie seizoenen. De resultaten laten zien dat de populatie sterk in omvang kan fluctueren, zowel tussen jaren en seizoenen als tussen de sublocaties. Hierdoor zal het minder zinvol zijn om correlatie-analyses met milieufactoren uit te voeren met een dataset die betrekking heeft op eenmalige waarnemingen, maar zal gekeken moeten worden naar gemiddelde waarden in de tijd.

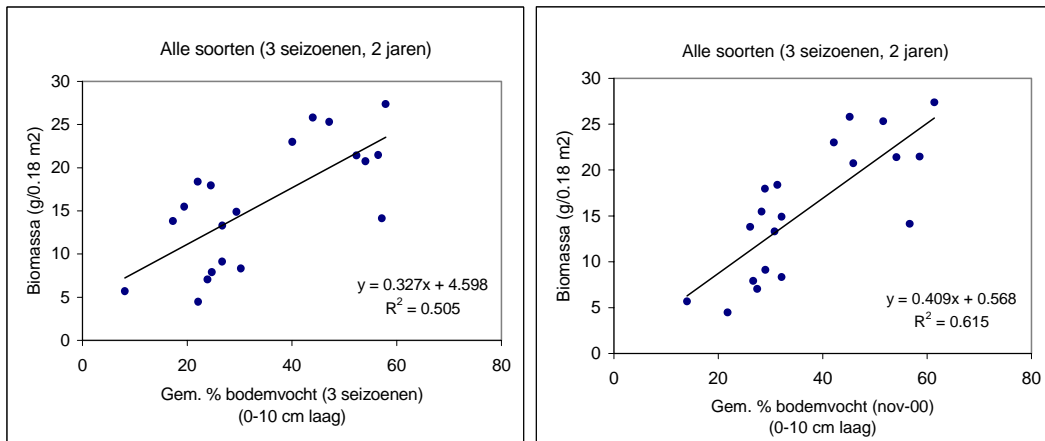
Tabel 9. Overall gemiddelde van de totale biomassa aan regenwormen (kg versgewicht per hectare) in deelgebied D3 en RW in drie seizoenen

Periode	Transect D3	Transect RW
Mei	1400	769
Augustus	868	406
November	1466	719

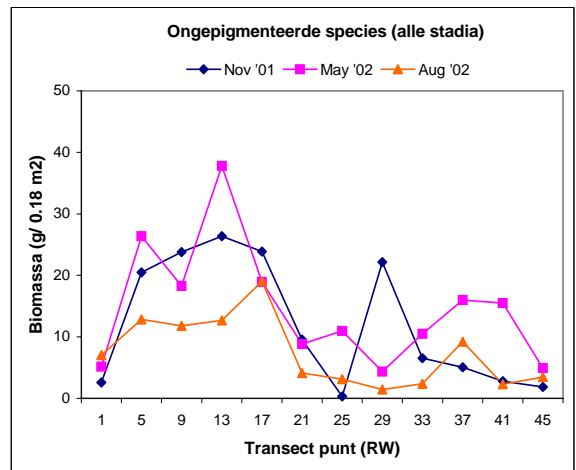
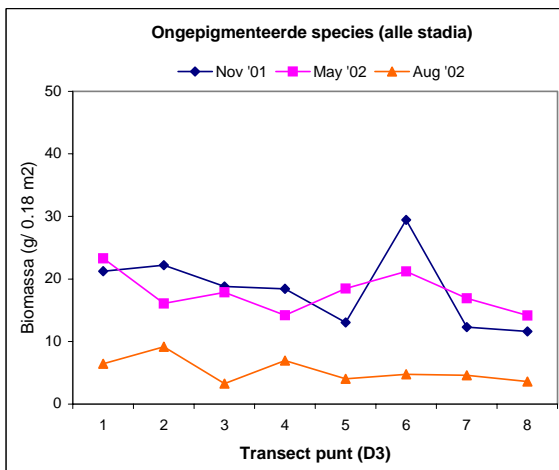
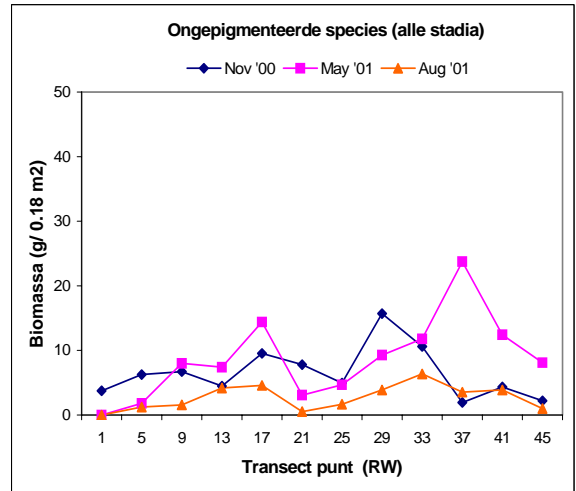
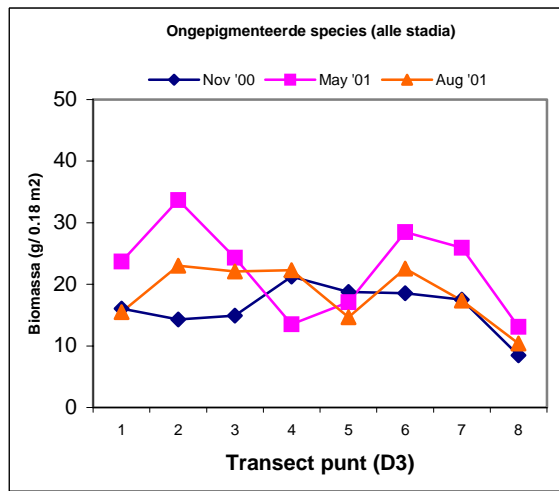
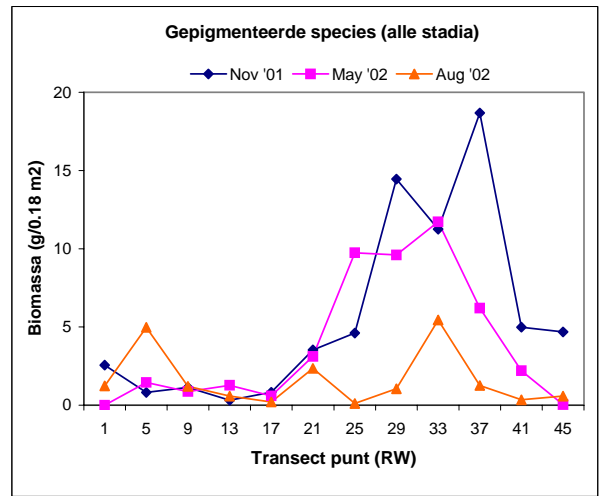
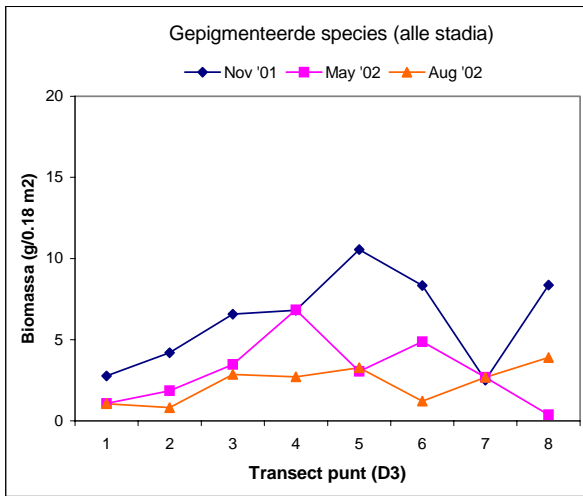
De gegevens vermeld in Tabel 8 kunnen worden omgerekend naar de gemiddelde biomassa aan regenwormen per hectare. De resultaten zijn samengevat in Tabel 9. Daaruit blijkt dat de populatiebiomassa plaatselijk en per seizoen kan variëren tussen 400 en 1500 kg versgewicht per hectare. Gemiddeld wordt de biomassa bijna gehalveerd in de zomerperiode ten opzichte van de biomassa in het voorjaar en najaar. Na de dip in de zomerperiode herstelt de populatie-omvang zich blijkbaar volledig in het najaar. Tevens is in Tabel 9 te zien dat de populatiebiomassa in D3 in het voorjaar en najaar gemiddeld ongeveer twee keer groter is dan in RW, ongeacht het seizoen. In deelgebied D3 kan een hectare grasland ongeveer anderhalf ton versgewicht aan wormen bevatten, terwijl dat in RW ongeveer de helft daarvan is. Afhankelijk van de locatie in het gebied kunnen de uiterwaarden een aanzienlijk voedselaanbod leveren aan wormenetende soorten van vogels en zoogdieren.



Figuur 23. Correlatie tussen de biomassa van de totale populatie wormen en het bodemvochtgehalte



Figuur 24. Biomassadichtheid van gepigmenteerde soorten (exclusief *L. terrestris*) in het transect in D3 en RW gedurende het eerste en tweede jaar van bemonstering



Figuur 25. Biomassadichtheid van ongepigmenteerde soorten in het transect in D3 en RW gedurende het eerste en tweede jaar van bemonstering.

Het gemiddelde verdelingspatroon van de wormen over de transecten kan gebruikt worden voor het bestuderen van de mogelijke correlaties met ecologisch relevante milieufactoren. Voor het vochtgehalte is de gemiddelde meetwaarde genomen van de bepalingen van Alterra en WU gemeten over de drie seizoenen en de twee jaren samen.

In Fig. 23 is de correlatie van de populatiebiomassa met het bodemvochtgehalte weergegeven. Het blijkt dat het bodemvochtgehalte minstens 50% van de variatie in de populatiebiomassa kan verklaren. Het onderste deel van de figuur laat zien dat de waarde van R-kwadrat van de correlatie kan worden verhoogd tot 62% door specifiek het vochtgehalte van het najaar (november 2000) als uitgangspunt te nemen. Data van vochtgehalten gemeten in mei ( $R^2 = 0.42$ ) en augustus ( $R^2 = 0.46$ ) leiden eerder tot een verslechtering dan een verbetering van de correlatie. In ieder geval lijkt het vochtgehalte van de bodem een belangrijke invloed te hebben op de grootte van de totale regenwormenpopulatie. Ook de eerdergenoemde daling van de populatiegrootte tijdens de relatief droge zomerperiode wijst op een mogelijke rol van het bodemvocht als een belangrijke sturende ecologische factor.

#### 4.3.2 Biomassa per groep

In Bijlage 8 is de biomassa onderscheiden in een gepigmenteerde/epigeïsche en een ongepigmenteerde/endogeïsche groep, met een aparte kolom voor de biomassa van de anecische soort *L. terrestris*.

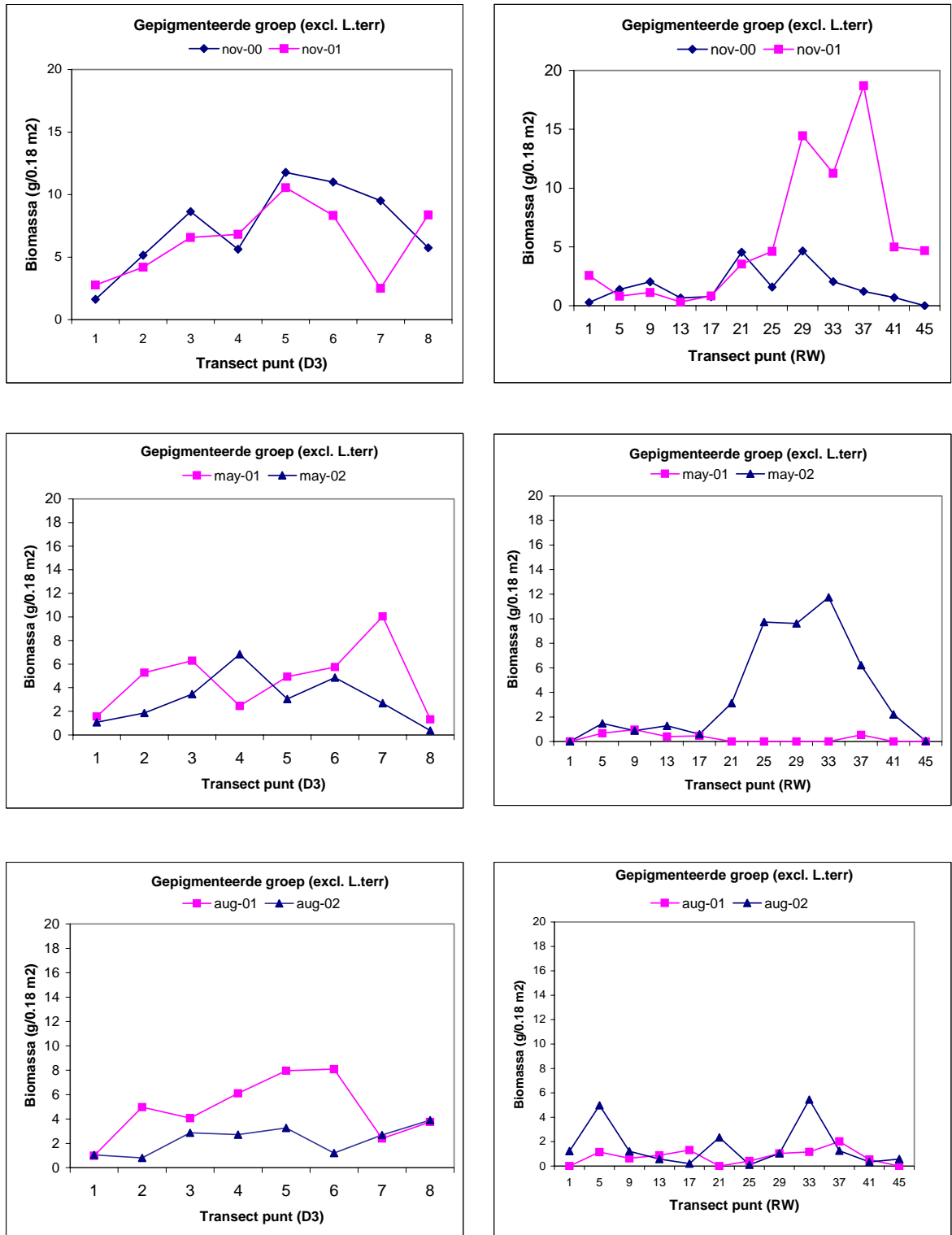
Fig. 24 toont de verdeling van de biomassadichtheid in het D3- en RW-transect van de epigeïsche/gepigmenteerde groep tijdens het eerste en tweede jaar van bemonstering. In Fig. 25 is dit gedaan voor de endogeïsche/ongepigmenteerde soortengroep. Te zien is dat de populatiebiomassa van beide groepen groter was in D3 dan in RW. Uit de figuren kan voorts worden opgemaakt dat het verdelingspatroon van de totale biomassa over het transect vooral wordt bepaald door de endogeïsche groep. Deze groep bezat de grootste biomassa en telde ook de meeste soorten.

Binnen een bepaalde groep verliepen de populatiefluctuaties over het algemeen redelijk synchroon, maar tussen groepen was er weinig overeenkomst in dit opzicht.

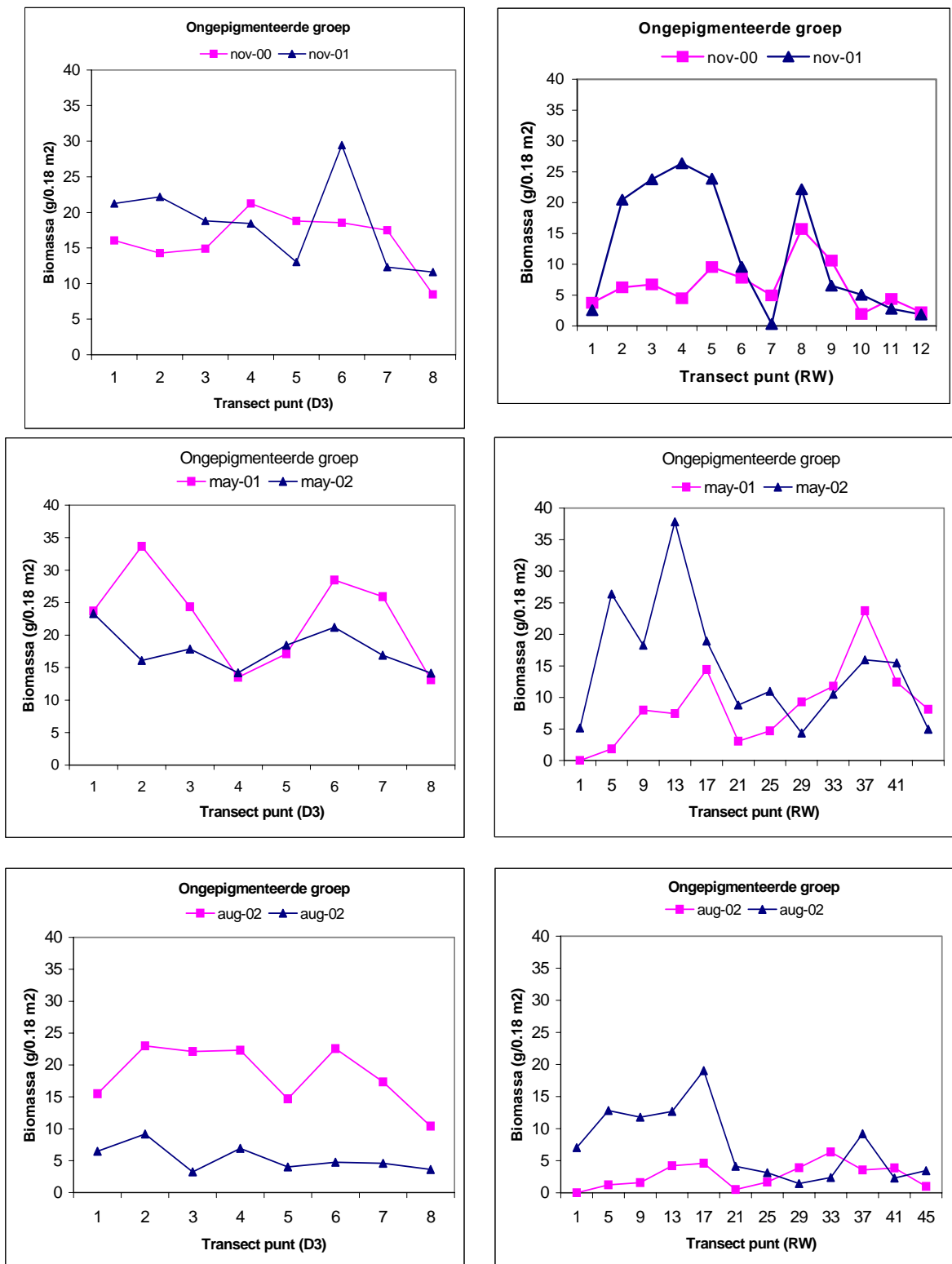
De fluctuatie in biomassa per seizoen tijdens de twee opeenvolgende jaren is voor de gepigmenteerde groep weergegeven in Fig. 26 en voor de ongepigmenteerde groep in Fig. 27. Voor de anecische groep, die overigens geheel bestond uit *L. terrestris*, zijn de fluctuaties weergegeven in Fig. 28

Uit de figuren kan worden opgemaakt dat de populatiebiomassa in hetzelfde seizoen aanzienlijke variaties in de tussen jaren kan vertonen. Geconcludeerd kan worden dat eenmalige waarnemingen voor ecotoxicologisch onderzoek van relatief weinig waarde zijn en dat hiervoor meerjarig onderzoek noodzakelijk is.

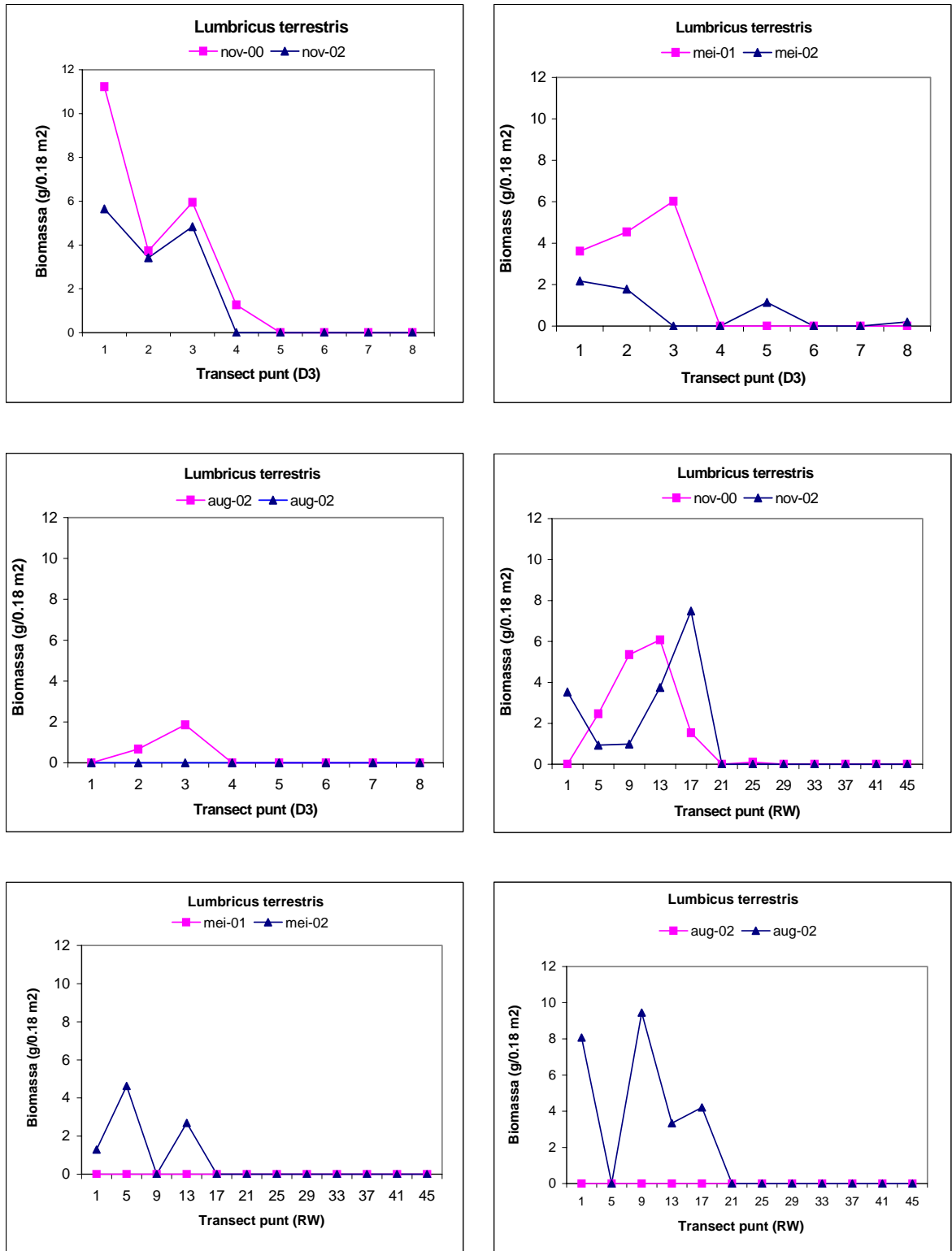




Figuur 26. Vergelijking van de biomassa van de gepigmenteerde groep in de transecten in D3 en RW in drie seizoenen



Figuur 27. Vergelijking van de biomassa van de ongepigmenteerde groep in de transecten in D3 en RW in drie seizoenen



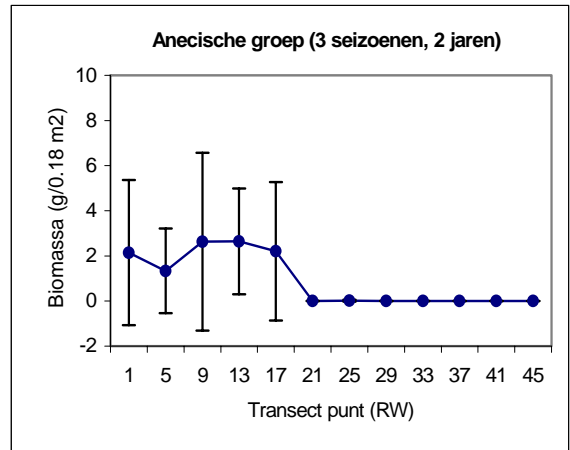
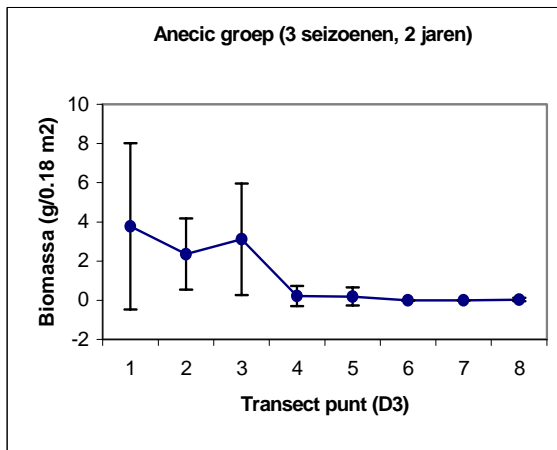
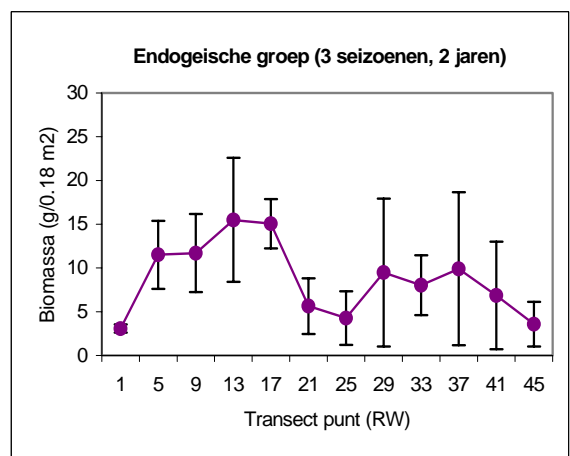
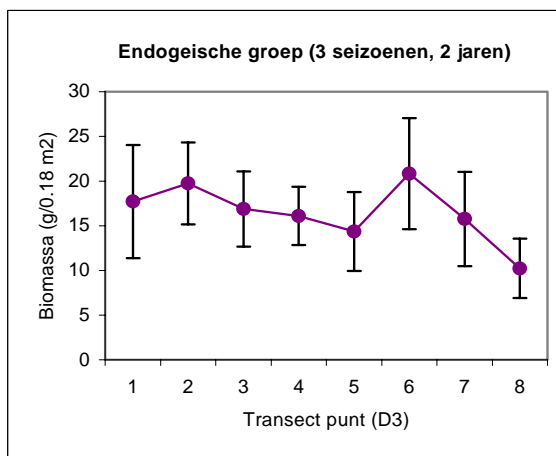
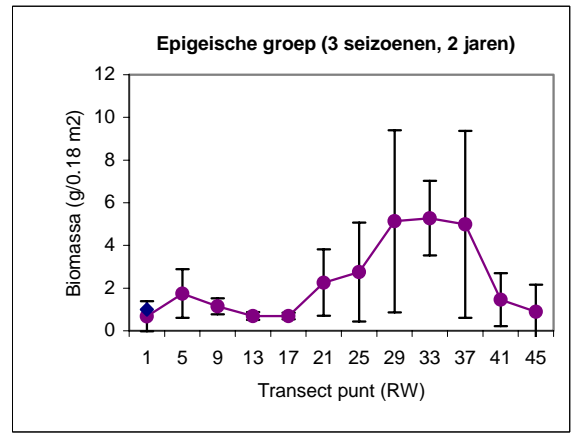
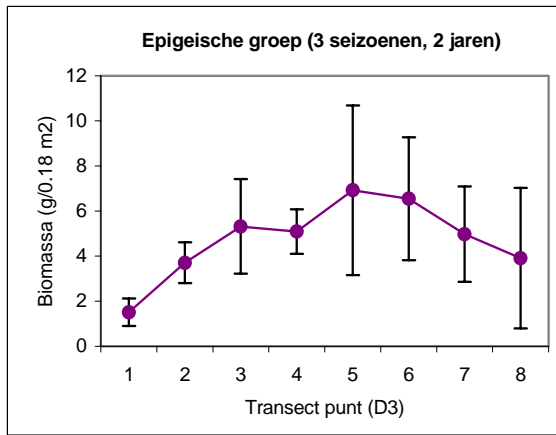
Figuur 28. Vergelijking van de biomassa van *Lumbricus terrestris* tussen twee opeenvolgende jaren in D3 en RW

De grootte van de spreiding over de twee jaren van bemonstering en de drie seizoenen is per pedo-ecologische groep samengevat in Fig. 29. Uit deze figuur blijkt dat de spreiding kleiner is naarmate de populatie in grootte afneemt. Dat duidt erop dat de populatiegrootte consistent laag is in bepaalde delen van het gebied, waarschijnlijk doordat de milieuomstandigheden ter plaatse minder optimaal zijn.

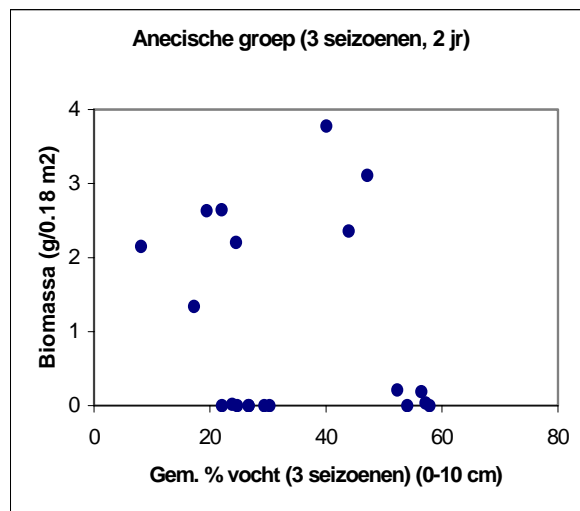
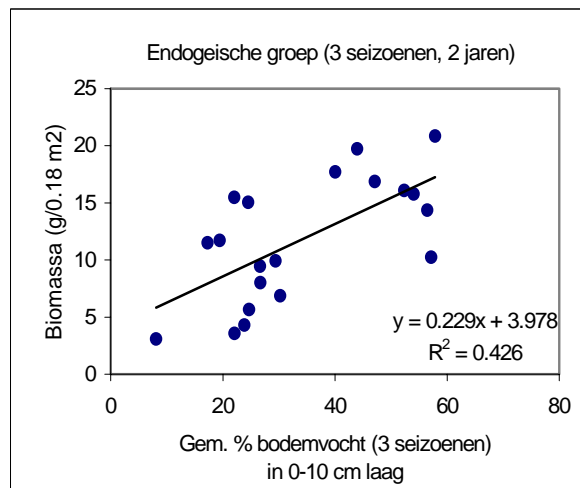
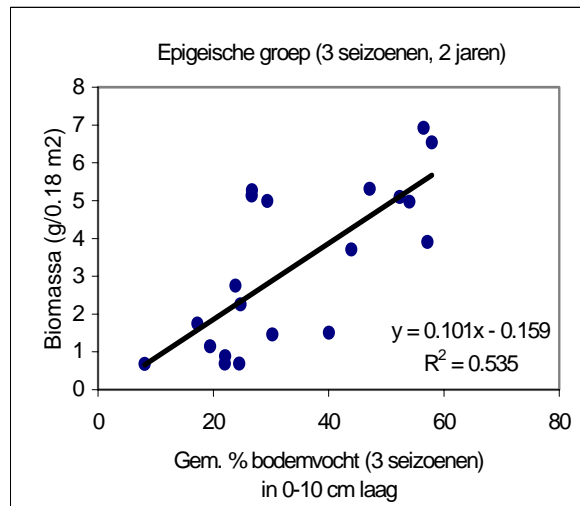
Gekeken is of de correlatie van de populatiebiomassa met het bodemvocht verbeterd kan worden door uit te gaan van een bepaalde pedo-ecologische groep. De resultaten voor de epigeïsche en endogeïsche groepen zijn weergegeven in Fig. 30. Echter vergeleken met eerder vermelde resultaten van de totale biomassa van alle wormen samen (zie Fig. 23) blijkt dat een onderscheid naar pedo-ecologische groep geen substantiële verbetering van de correlatie oplevert. Gebruik van de epigeïsche groep leverde een kleine verhoging van R-kwadraat, maar voor de endogeïsche groep kwam R-kwadraat zelfs op een lagere waarde uit dan gold voor de totale biomassa van alle wormen samen. Voor de anecische groep (*L. terrestris*) was er helemaal geen correlatie met het bodemvochtgehalte aanwijsbaar.

Ook de correlatie van de groepen met het gehalte aan organische stof is bekeken. Dit is voor de verschillende groepen weergegeven in Fig. 31. Aangezien het organische stofgehalte in sterke mate gecorreleerd is met het gehalte aan bodemvocht (zie Fig. 8) waren er weinig verschillen met de bovenstaande conclusies voor het bodemvochtgehalte te verwachten. Inderdaad komen correlaties met het organische stofgehalte vrijwel overeen met correlaties die betrekking hebben op het bodemvocht.

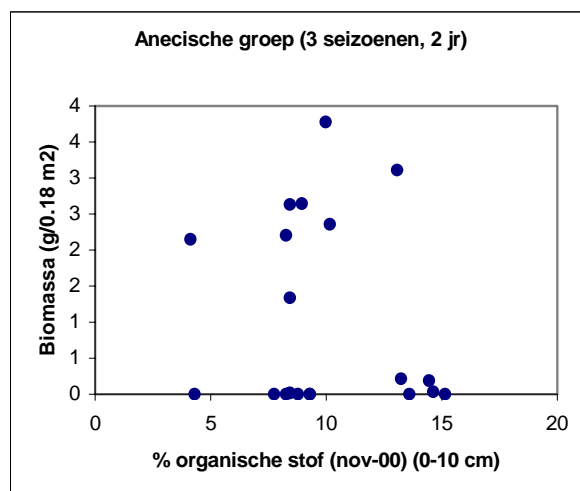
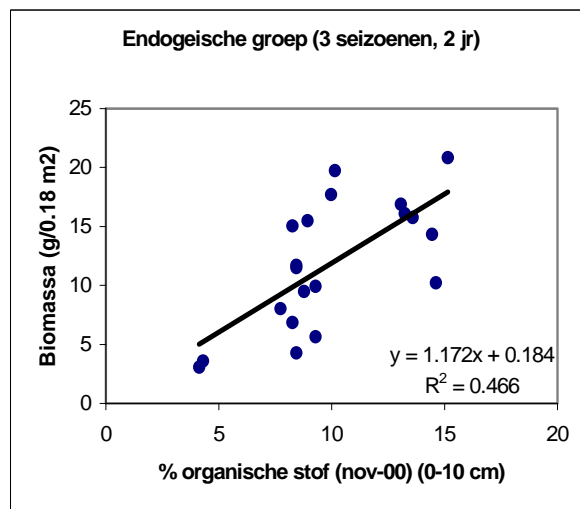
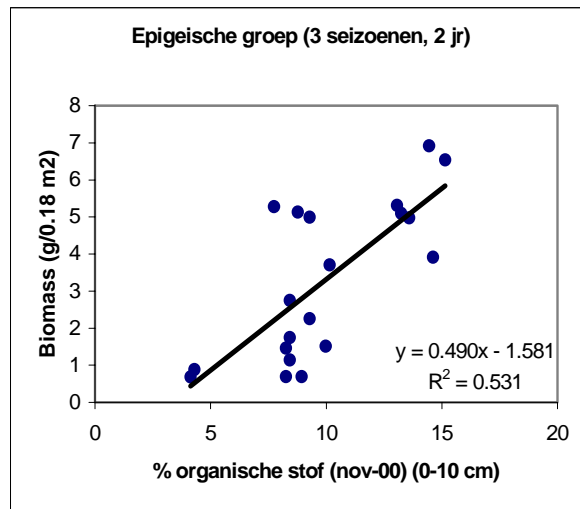
Geconcludeerd kan worden dat de waarde van R-kwadraat voor correlaties tussen de populatiebiomassa en het gehalte aan bodemvocht of organische stof niet kan worden verbeterd door de regenwormen te onderscheiden naar pedo-ecologische groep.



Figuur 29. Gemiddelde ( $\pm$  SD) biomassa van de verschillende pedo-ecologische groepen over het transect in D3 en RW



Figuur 30. Correlatie tussen de biomassa per pedo-ecologische groep met het vochtgehalte van de bodem



Figuur 31. Correlatie tussen de biomassa per pedo-ecologische groep en het organische stofgehalte van de bodem

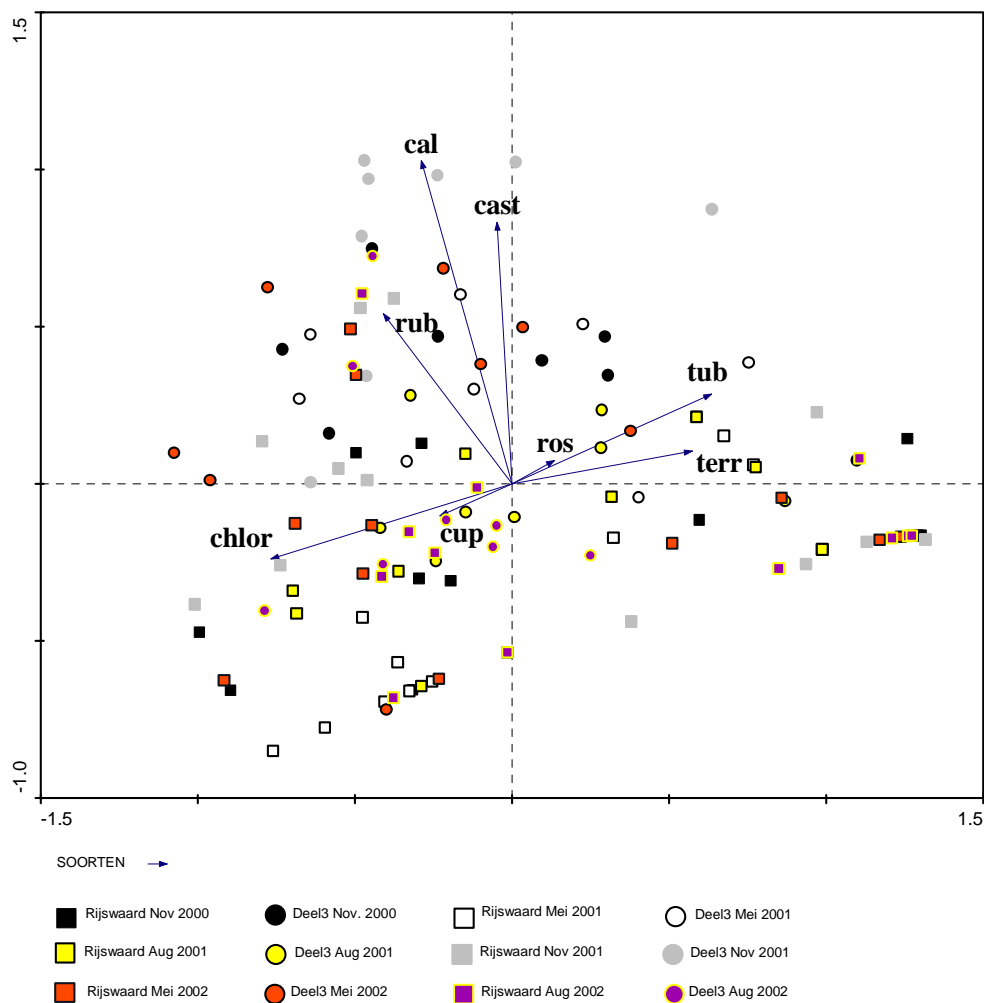
## 4.4 Multivariate analyse

### 4.4.1 PCA-analyse

Een PCA-analyse is uitgevoerd van de gegevens afkomstig van de zes perioden van bemonstering (nov. 2000, mei 2001, aug. 2001, nov. 2001, mei 2002 en aug. 2002), de twee bemonsteringsgebieden (RW met 12 punten en D3 met 8 punten) en in totaal acht soorten regenwormen.

Het resultaat van de PCA-analyse van de aantalsdata is weergegeven in Fig. 32. De eerste twee assen in de figuur verklaren 61% van de variatie in de soortensamenstelling. Voor de taxa geldt dat deze beter verklaard worden naarmate de pijlen langer zijn. De soorten *A. rosea* en *A. cupulifera* zijn bijvoorbeeld slechts in een paar monsters aangetroffen en hebben daardoor slechts relatief korte pijlen. Opvallend is het onderscheid tussen de monsters genomen in RW en D3. Monsters van D3 zijn vooral aanwezig langs het bovenste deel van as 2 (ronde symbolen), terwijl de monsters uit RW voornamelijk langs het onderste deel van as 2 te vinden zijn (vierkante symbolen). Dit onderscheid lijkt onafhankelijk te zijn van de datum van bemonstering. Het voorkomen van de soorten *A. caliginosa*, *L. castaneus* en *L. rubellus* lijkt onderling sterk gecorreleerd te zijn. Fracties van de soorten *A. caliginosa* en *L. castaneus* zijn groter in D3 dan in RW. In monsters met grote fracties van *A. chlorotica* werd nauwelijks *A. caliginosa* en *L. terrestris* aangetroffen.

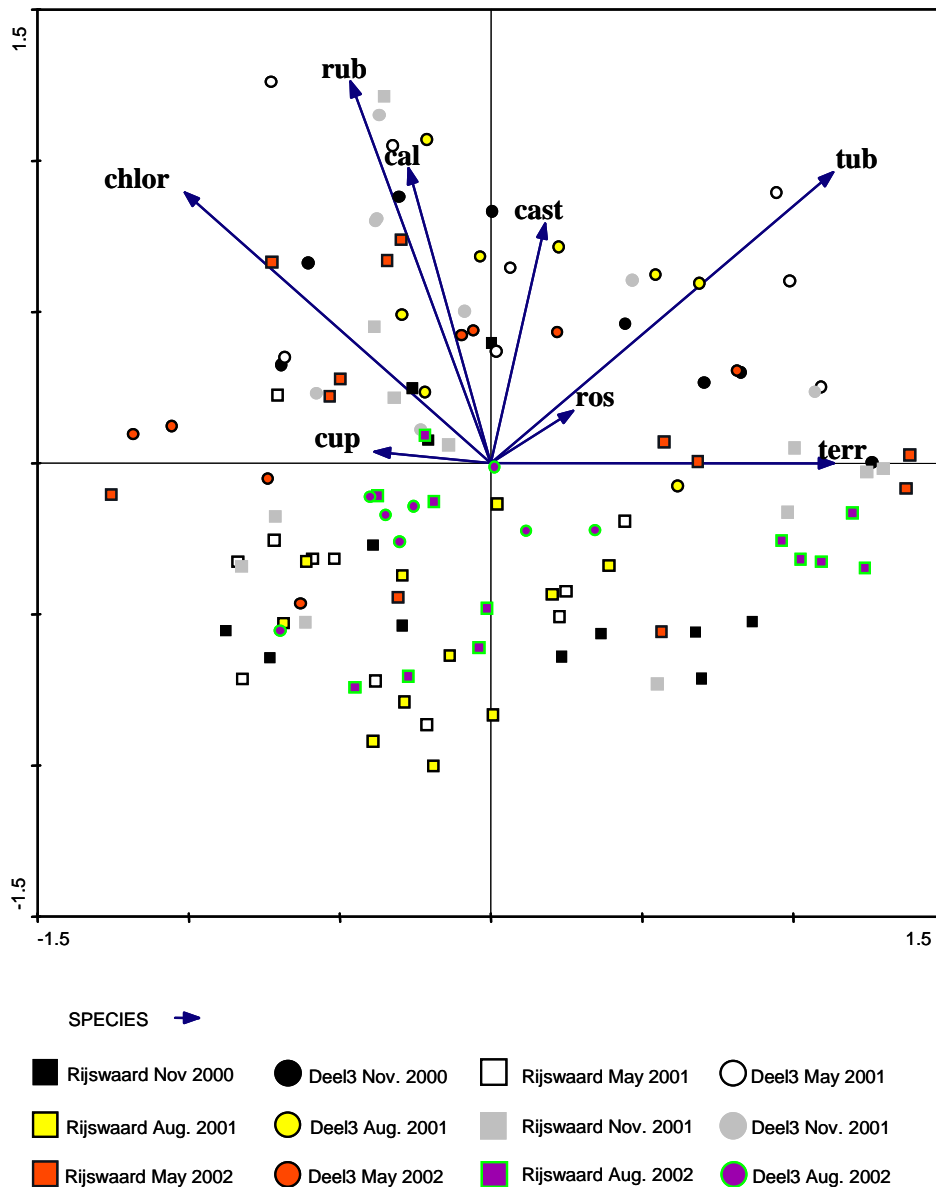




Figuur 32. Diplot van regenwormsoorten en bemonsteringsdata gebaseerd op een PCA-analyse. De eigenwaarden van de eerst 4 assen zijn resp. 0.432, 0.180, 0.138 en 0.087.

*cal* = *A. cal. caliginosa*; *cast* = *L. castaneus*; *chlor* = *A. chlorotica*; *cup* = *A. cupulifera*; *ros* = *A. rosea*; *rub* = *L. rubellus*; *terr* = *L. terrestris*; *tub* = *A. cal. tuberculata*

Het resultaat van de PCA-analyse van de biomassa data is weergegeven in Fig. 33. De resultaten voor biomassa zijn over het algemeen vergelijkbaar met die verkregen met populatieaantallen. De eerste twee assen verklaren 67% van de variatie in de soortensamenstelling. De soorten *A. caliginosa tuberculata*, *L. castaneus* en *L. rubellus* lijken onderling sterk gecorreleerd. De biomassa van *A. caliginosa tuberculata* en *L. castaneus* is groter in D3 dan in RW.



Figuur 33. Diplot van de biomassa van volwassen regenwormsoorten en bemonsteringsdata gebaseerd op een PCA-analyse. De eigenwaarden van de eerst 4 assen zijn resp. 0.401, 0.272, 0.129 en 0.093. De lengte van de pijl is een maat voor de verklaring. cal = *A. cal. caliginosa*; cast = *L. castaneus*; chlor = *A. chlorotica*; cup = *A. cupulifera*; ros = *A. rosea*; rub = *L. rubellus*; terr = *L. terrestris*; tub = *A. cal. tuberculata*

#### 4.4.2 RDA-analyse

De gegevens voor RDA-analyse zijn afkomstig van twee bemonsteringsperioden (nov. 2000 en mei 2001), twee bemonsteringsgebieden (Rijswaard met 12 punten en Deel3 met 8 punten) en in totaal acht regenwormensoorten. De gebruikte variabelen in de analyses zijn weergegeven in Tabel 10. De gemeten concentraties gelden voor de bodemlaag van 0-20 cm.

Tabel 10. Variabelen die gebruikt zijn in de RDA-analyse

Omgevings- variabele	Eenheid	Totaal- gehalte metalen		Beschikbaar gehalte metalen	
			Eenheid		Eenheid
pH		Al-tot	mol/kg	As-Ca	µmol/kg
Vocht	percentage	As-tot	mol/kg	Cd-Ca	µmol/kg
Hoogte	m	Ca-tot	mol/kg	Ni-Ca	µmol/kg
%lutum	percentage	Cd-tot	mol/kg	Pb-Ca	µmol/kg
CEC	Cmol(+)/kg	Cr-tot	mol/kg	Cr-Ca	µmol/kg
Dg onder water		Cu-tot	mol/kg	Cu-Ca	µmol/kg
N-NO3	mol/kg	Fe-tot	mol/kg	Mn-Ca	µmol/kg
N-NH4	mol/kg	Mg-tot	mol/kg	Zn-Ca	µmol/kg
Nts	mol/kg	Mn-tot	mol/kg	Al-Ca	µmol/kg
P-PO4	mol/kg	Ni-tot	mol/kg	Mg-Ca	µmol/kg
Na	mol/kg	Pb-tot	mol/kg		
K	mol/kg	Zn-tot	mol/kg		
DOC	mol C/kg				
IOC	mol C/kg				
C	percentage				
N	percentage				

Het resultaat van de RDA-analyse van de aantalsdata is weergegeven in Fig. 34. Na voorwaartse selectie bleken de volgende variabelen een significant effect op de structuur van de gemeenschappen te hebben: hoogte, bindijks, As-tot en Zn-Ca. De eerste twee assen van het model verklaren bijna 59% van de data. Van deze variatie wordt 95% verklaard door de geselecteerde variabelen. De variabele hoogte is sterk gecorreleerd met de eerste as, terwijl de variabele bindijks sterk is gerelateerd aan de tweede as.

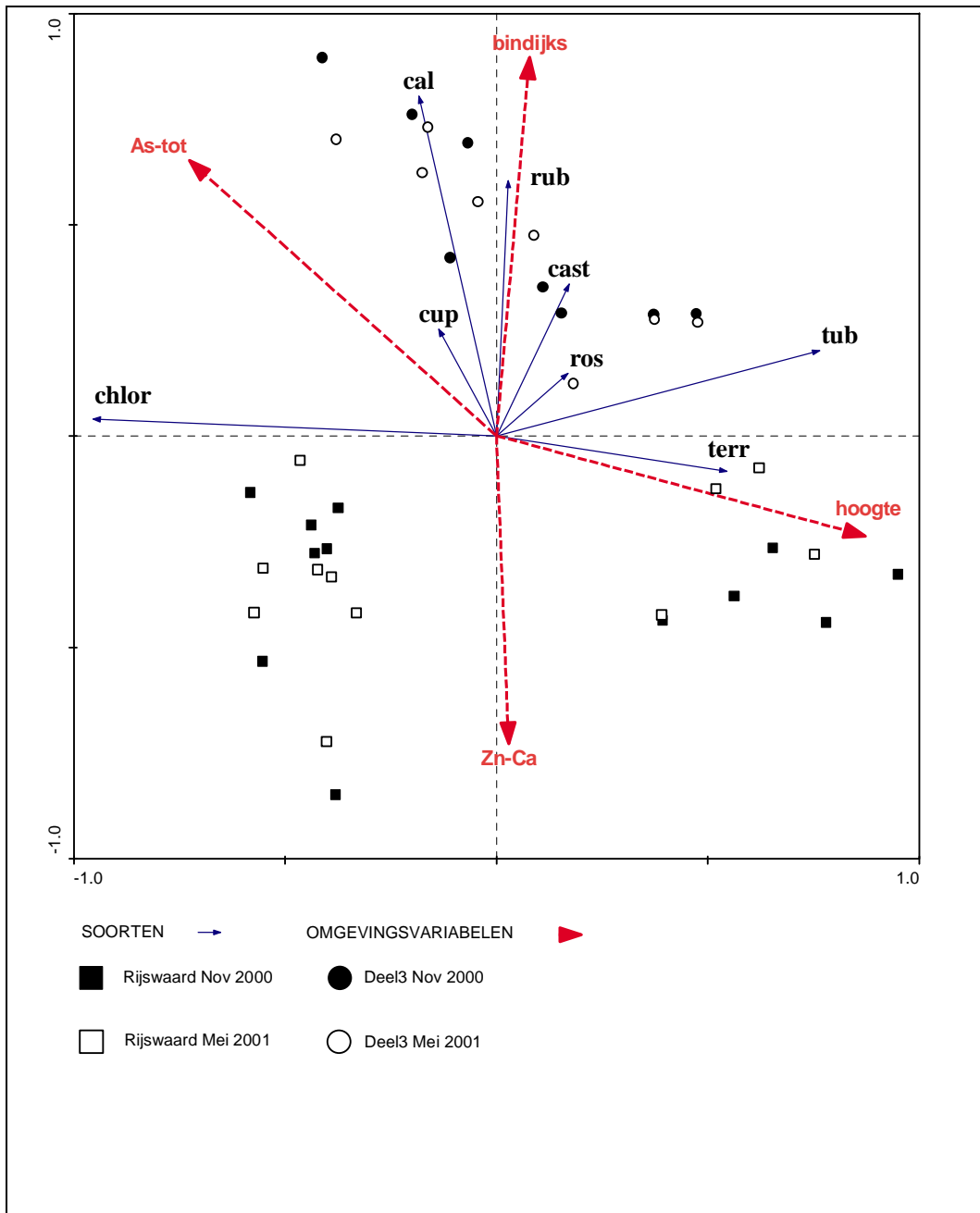
De soort *A. chlorotica* is sterk negatief gecorreleerd met de variabele hoogte. Dat kan mede een gevolg zijn van de bodemtextuur en bodemvocht die in het hoogteprofiel kunnen variëren.

Het gehalte aan totaal-As in de 0-20 cm laag van de bodem is het hoogst in een aantal monsterpunten gelegen in deelgebied D3 en het laagst in de hoger gelegen monsterpunten in deelgebied RW.

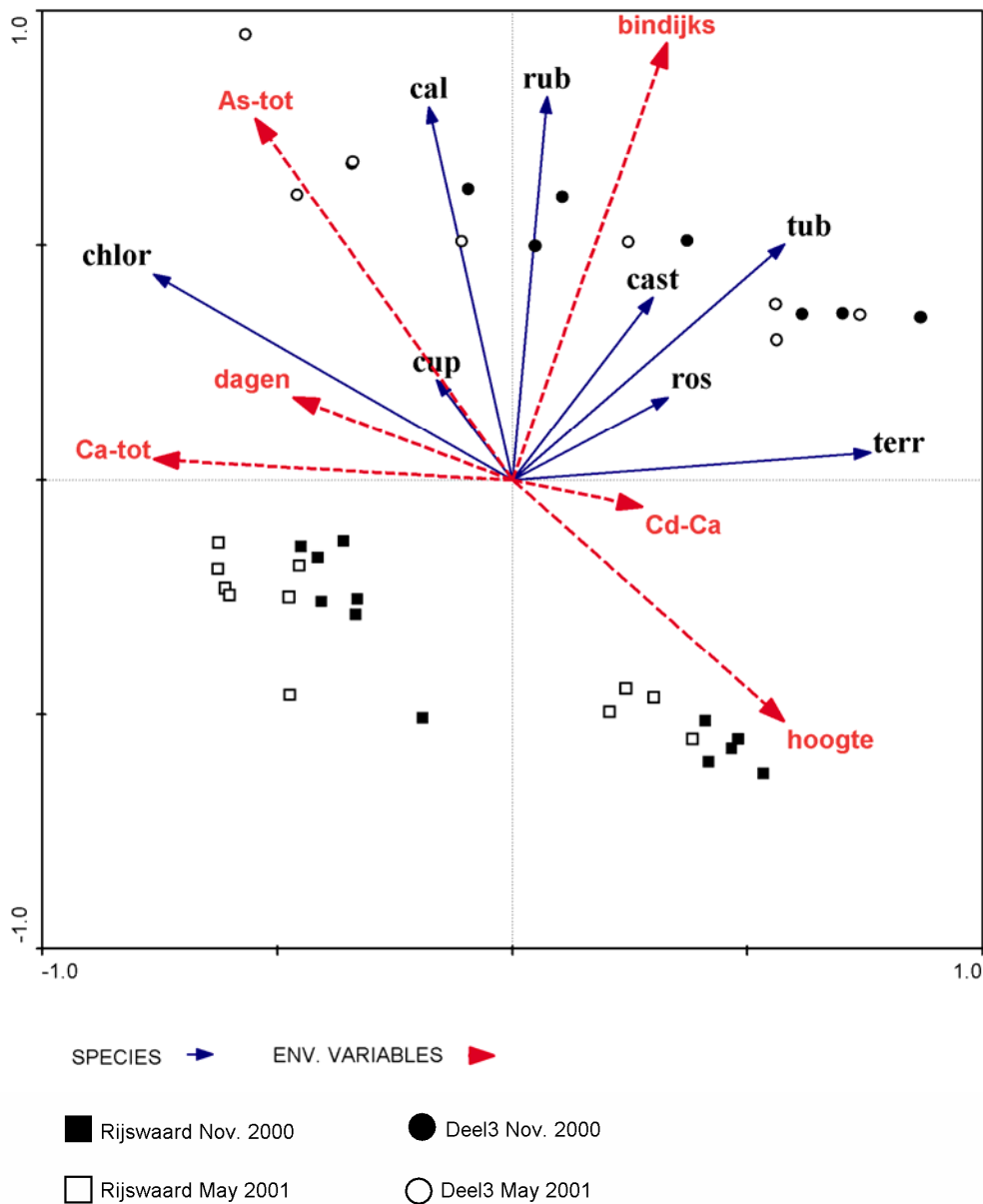
Het resultaat van de RDA-analyse van de biomassa data is weergegeven in Fig. 35. Na voorwaartse selectie bleken de volgende variabelen een significant effect op de structuur van de regenwormgemeenschap te hebben: hoogte, bindijks, As-tot, Cd-Ca, dagen onder water en Ca-tot. De eerste twee assen van het model verklaren bijna 64% van de data. Hiervan wordt 92% verklaard door de geselecteerde variabelen. De variabele Ca-tot is sterk gecorreleerd met de eerste as, terwijl de variabele bindijks sterk is gerelateerd met de tweede as. Het gehalte aan totaal-As is het hoogst in een aantal monsterpunten gelegen in D3 en het laagst in de hoger gelegen punten in RW. De pijlen voor Cd-Ca en dagen onder water zijn relatief kort, zodat hun bijdrage aan de verklaring van de variatie in de data gering is vergeleken met de andere variabelen. De monsters RW en D3 worden door de variabele bindijks van elkaar gescheiden. De hoger gelegen monsterpunten in RW liggen rechts in het diagram, afgescheiden

van de andere punten door de variabele hoogte. De soort *L. terrestris* is sterk positief en de soort *A. chlorotica* is sterk negatief gecorreleerd met de variabele hoogte. De soort *L. rubellus* is sterk positief gecorreleerd met de variabele bindijks.

Uit de analyses van aantallen en biomassa blijkt dat niet de (beschikbare) concentratie van metalen de belangrijkste factor is die de regenwormgemeenschap beïnvloedt, maar de locatie en terreinhoogte. De hoogte is overigens bepalend voor het aantal dagen dat een bemonsteringspunt onder water staat. Er is een significante correlatie tussen de populatiegrootte en de concentratie totaal-As. De hoeveelheid totaal-As correleert sterk met de hoogte van de bemonsteringspunten (Pearson coëfficiënt = -0.73,  $p < 0.0001$ ).



Figuur 34. Triplot van regenwormsoorten, monsterpunten en significante variabelen (Monte Carlo permutatie test,  $p < 0.05$ ) gebaseerd op een RDA-analyse. De eigenwaarden van de eerste 4 assen zijn resp. 0.441, 0.151, 0.023 en 0.005. As-tot = totaal gehalte aan As in mol/kg; Zn-Ca = beschikbaar zinkgehalte in de grond in mmol/kg; hoogte = hoogteligging van het monsterpunt in meters; bindijks = locatie van bemonsteringspunt, 1= Deel3, 0 = Rijswaard. cal = *A. cal. caliginosa*; cast = *L. castaneus*; chlor = *A. chlorotica*; cup = *A. cupulifera*; ros = *A. rosea*; rub = *L. rubellus*; terr = *L. terrestris*; tub = *A. cal. tuberculata*



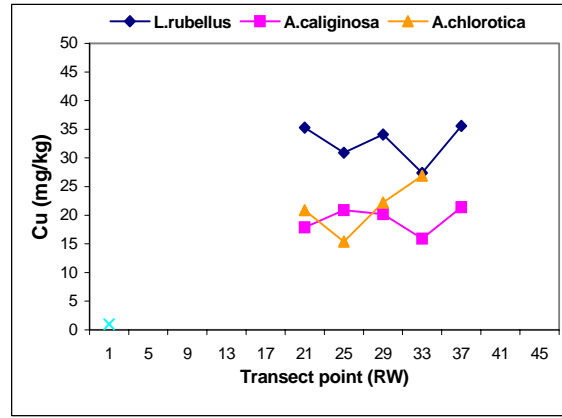
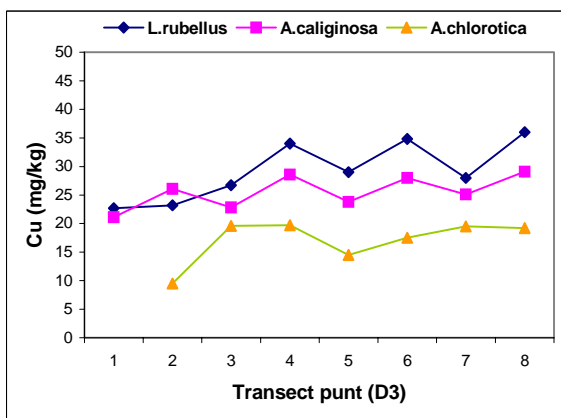
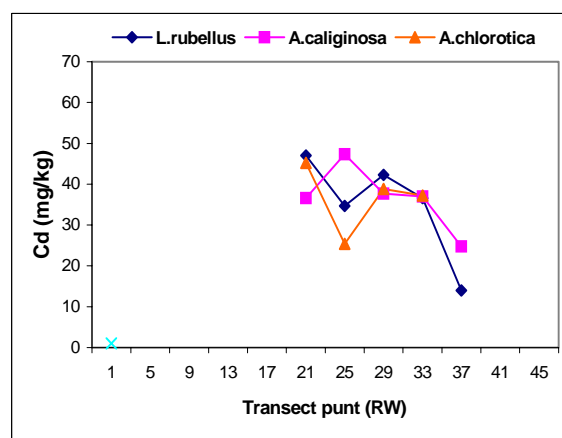
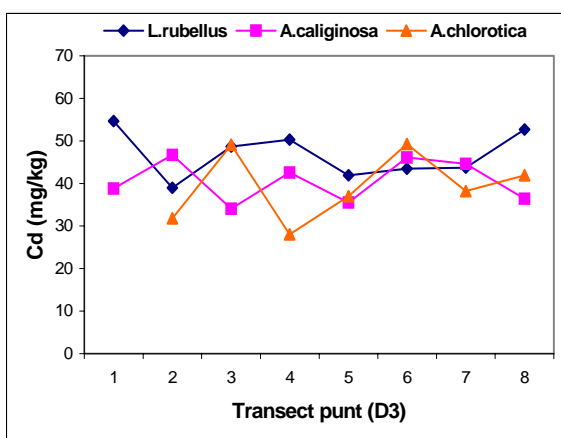
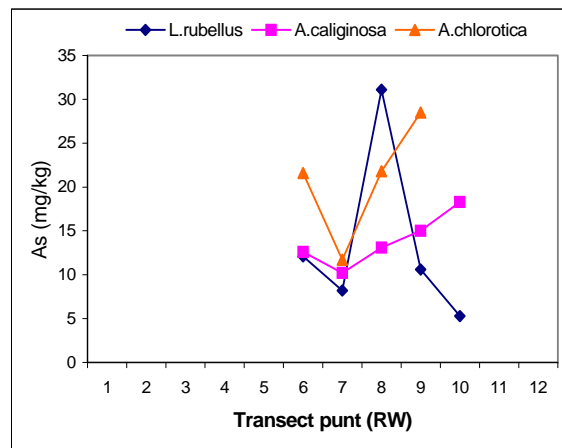
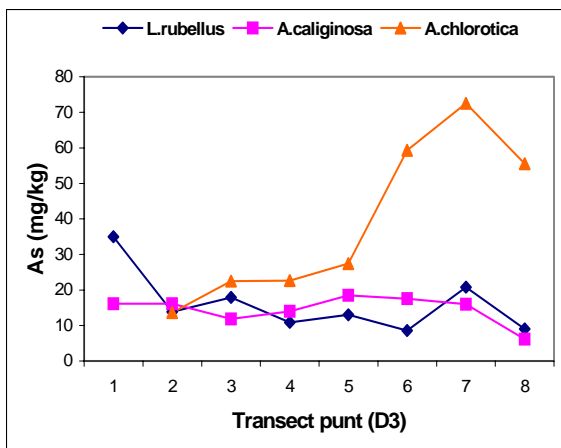
Figuur 35. Triplot van de biomassa van regenwormsoorten, monsterpunten en significante variabelen (Monte Carlo permutatie test,  $p < 0.05$ ) gebaseerd op een RDA-analyse. De eigenwaarden van de eerste 4 assen zijn resp. 0.407, 0.272, 0.129 en 0.093. As-tot = totaal gehalte aan As in mmol/kg; Ca-tot = totaal gehaltes aan Ca in mmol/kg Cd-Ca = beschikbaar cadmium in de grond in  $\mu\text{mol/kg}$ ; hoogte = hoogteligging van het monsterpunt in meters; dagen = aantal dagen dat een bemonsteringspunt in de 6 maanden voor de bemonstering onder water heeft gestaan; bindijks = locatie van bemonsteringspunt, 1= Deel3, 0 = Rijswaard. cal = *A. cal. caliginosa*; cast = *L. castaneus*; chlor = *A. chlorotica*; cup = *A. cupulifera*; ros = *A. rosea*; rub = *L. rubellus*; terr= *L. terrestris*; tub= *A. cal. tuberculata*

## 4.5 Metaalbelasting wormen

Gegevens over de concentratie van metalen in regenwormen zijn weergegeven in Bijlage 9. Er zijn soortspecifieke variaties in metaalgehalten aanwezig. In *Lumbricus rubellus* zijn de gehalten van Al, Cr, Cu, Mn, Ni en Pb hoger dan in *Aporrectodea claiginosa* of *Allolobophora chlorotica*. Dit zijn de drie belangrijkste soorten die in de ADW voorkomen. Het gehalte van Hg was juist lager in *L. rubellus* dan in de andere soorten.

Ter illustratie is in Fig. 36 de belasting van enkele soorten regenwormen met arseen, cadmium en koper weergegeven. Te zien is dat het gehalte aan arseen en cadmium in de wormen redelijk hoog kan oplopen. Van koper blijft het gehalte echter beperkt.

Verder zijn er aanwijzingen dat het metaalgehalte per soort kan verschillen. Het verschil tussen soorten was duidelijker in D3 dan in RW, hetgeen erop duiden kan dat het een mogelijke relatie heeft met de verticale verdeling van de gehalten over het diepteprofiel in de bodem. Het metaalgehalte in de bodem van D3 is namelijk hoger in de bovengrond dan in de diepere bodemlagen (zie Fig. 11). Soorten die dichtbij het bodemoppervlak leven, zoals *L. rubellus*, zullen daardoor sterker worden belast dan meer dieper levende soorten, zoals *A. chlorotica*. De mogelijkheid van interspecifieke verschillen in metaalopname kan evenwel niet worden uitgesloten.



Figuur 36. Gehalten van arseen, cadmium en koper in drie van de meest voorkomende soorten van regenwormen in de ADW



## 5 Discussie

De in dit rapport gevolgde statistische aanpak berust grotendeels op de uitvoering van correlatie-analyses met behulp van grafische methoden vanuit *a priori* kennis. Relaties zijn onderzocht tussen populatie-indices enerzijds en milieuv variabelen anderzijds. Aan deze aanpak werd een groter belang toegekend dan aan een multivariate factoranalyse, aangezien een dergelijke analyse niet noodzakelijk altijd conclusies oplevert die hout snijden. Dat wordt vooral veroorzaakt door de rigoureuze voorwaartse parameterselectie die voor een hanteerbare factoranalyse nodig is. Beide methoden moeten als onderling aanvullend worden beschouwd. Bij de opzet van het veldonderzoek is gebruik gemaakt van transecten met herhaalde metingen over twee jaar. De data die hierdoor werden gegenereerd zijn met name geschikt voor correlatie-analyses, waarbij aan de geschatte waarden nog bepaalde betrouwbaarheids grenzen kunnen worden toegevoegd. De resultaten van de analyses laten iets zien van het ruimtelijke variatie en dynamisch milieu in de ADW die verantwoordelijk zijn voor de ecologische stochasticiteit van de populaties in ruimte en tijd. De resultaten die in dit rapport zijn beschreven laten zien dat er in dit gebied soms dramatische veranderingen in populatiegrootte kunnen optreden zowel tussen opeenvolgende seizoenen als tussen jaren.

In deelgebied D3 was de variatie in populatieniveau tussen jaren kleiner dan in het deelgebied RW. Afgezien van de niveauverschillen bleef het populatie-patroon per transect kwalitatief redelijk gehandhaafd. Dit gold zowel voor de epigeïsche, endogeïsche als de anecische groep. Het was daarom zinvol om uit te gaan van een gemiddeld patroon per transect per seizoen voor analyse van de correlatie tussen populatie en milieuparameters. Op deze wijze werden gemiddelde waarden van zes waarnemingen (twee per seizoen) verkregen, waarmee de nodige onzekerheden waren te berekenen. Deze benadering heeft het volgende resultaat opgeleverd.

Het waargenomen populatiepatroon in de transecten kan een gevolg zijn van de variatie in frequentie van overstroming van de transectpunten. In deelgebied RW zal de variatie groter zijn door de aanwezigheid van grotere hoogteverschillen dan in D3. Als gevolg daarvan zullen ook de verschillen in bodemstructuur, chemische belasting of andere factoren in RW een grotere variatie vertonen dan in D3. Direct na het terugtrekken van het water na een overstroming is de grond bovenin de zodelaag enigszins dichtgeslagen, maar onder deze laag bleef een goede kruimelige structuur gehandhaafd. Hierin blijft een bepaald volume aan lucht als een luchtbel in de bodem aanwezig. Het water dringt daardoor niet in de diepere lagen door en de luchtbel maakt tevens de overleving van micro-organismen en bodemfauna in de bodem mogelijk. De overstromingsperiode duurt hooguit enkele maanden, hetgeen niet voldoende is om de bodem in de uiterwaarden anaëroob te maken.

Epigeïsche soorten van regenwormen die dicht aan het oppervlak in de zodelaag leven zullen meer te lijden hebben van de schadelijke gevolgen van een overstroming dan dieper levende endogeïsche soorten. Dit kan een verklaring geven van de

waarneming dat een epigeïsche soort zoals bijvoorbeeld *L. rubellus* niet dominant in de uiterwaarden voorkomt, terwijl dat vaak wel het geval is in permanent grasland. Ook een typische graslandsoort als *Aporrectodea longa* ontbreekt in de ADW. Deze soort ontbreekt echter ook in andere onderzochte uiterwaarden (Ma et al. 1998a). De mogelijkheid kan niet worden uitgesloten dat deze anecische soort gevoelig is voor overstromingen.

Het overgrote deel van de regenwormenpopulatie in de ADW zich blijkt op te houden in de laag van 0-20 cm. In diepere lagen zijn regenwormen slechts zeer sporadisch aangetroffen. De relatieve droogte in de zomerperiode blijkt op alle soorten regenwormen een duidelijke negatieve invloed uit te oefenen. Echter dit droogte-effect wordt steeds gevolgd door een volledig herstel in het late najaar. Een soort als *L. rubellus* staat dus onder invloed van twee negatieve effecten, die op de populatie inwerken. Dit is ten eerste het negatieve effect van de overstromingen en ten tweede het negatieve effect van de zomerdroogte. De soort *A. chlorotica* heeft echter alleen te lijden van de zomerdroogte, zodat dit een verklaring kan geven voor het feit dat deze soort dominant is in de ADW, terwijl *L. rubellus*, die normaliter in grasland een van de dominante soorten is, slechts in relatief lage dichtheden in de ADW voorkomt. *A. chlorotica* is in het zandige deel van het RW-transect waar het vochtgehalte laag is (Fig. 12), volledig afwezig. Het gaat hier om de eerste vier transectpunten van het RW-transect, die samen een afstand overbruggen van 200 meter. Verderop in het transect is *A. chlorotica* wel talrijk aanwezig. Waarom de populatie van *A. chlorotica* in het D3-transect een piek vertoont in de punten 6 en 7 is niet geheel duidelijk. Ook is niet duidelijk waarom *A. tuberculata* over het D3-transect een afnemende tendens vertoont.

Andere vochtminnende soorten van regenwormen zijn *A. rosea*, *A. cupulifera* en *Eiseniella*. Deze soorten bezitten een nauwe ecologische amplitude ten aanzien van bodemvochtcondities. Consistente temporele fluctuatiepatronen in populatiedichtheid kwamen in de data-analyse alleen tevoorschijn met betrekking tot *A. chlorotica* en *A. tuberculata*. Vooral *A. cupulifera* vertoont een snelle respons op bodemvocht. Uit eerder onderzoek naar de ecologische betekenis van bodemvocht is gebleken dat een verhoging van het grondwaterpeil al na een jaar leidt tot een significante populatietoename van *A. cupulifera*, terwijl de populaties van andere soorten onder dezelfde randvoorwaarden veel minder of niet significant reageerden (Siepel et al. 1990).

De soort *A. chlorotica* is voornamelijk in de lager gelegen monsterpunten gevonden, hetgeen overeenkomt met het feit dat *A. chlorotica* een vochtminnende soort is, aangezien de lager gelegen monsterpunten over het algemeen vochtiger zijn dan de hoger gelegen punten. De soort *L. terrestris* is vooral aangetroffen in de hoger gelegen monsterpunten van RW en D3. Deze hoger gelegen monsterpunten worden minder vaak overstroomd, waardoor de populaties van *L. terrestris* zich beter kunnen ontwikkelen. De soort *A. cal. caliginosa* is sterk gecorreleerd met de variabele bindijks; de soort is altijd aangetroffen in monsterpunten gelegen in D3. Hetzelfde geldt voor de soort *L. rubellus*; deze soort wordt echter ook regelmatig aangetroffen in de RW. De soort *A. cal. tuberculata* is zowel in hoge relatieve aantallen in D3 als RW

aangetroffen. Deze soort lijkt meer gecorreleerd te zijn met de hoogte van het monsterpunt dan met de locatie van het monsterpunt (binnen- of buitendijks). Het vochtgehalte van de grond zou de verspreiding van deze soort wel eens kunnen beïnvloeden.

De verontreiniging van de bodem zou de regenwormgemeenschappen in de ADW kunnen beïnvloeden, met name door de hoge concentraties van bepaalde (beschikbare) metalen. Voor bepaalde soorten zijn significante populatie-effecten gevonden voor het totaal-gehalte aan arseen in de bodem en de beschikbare concentratie van zink. De gehalten van deze metalen in de bodem zijn echter sterk gerelateerd aan de hoogte en locatie van de monsterpunten; het daadwerkelijk bestaan van specifieke effecten van deze metalen op regenwormen zal daarom in verder onderzoek nader moeten worden bekeken.

De totale populatie in D3 en RW fluctueert op een duidelijk synchrone wijze in de tijd, waarbij in de zomerperiode (augustus) er sprake is van een dip in populatie-omvang. Omgerekend per hectare komt het totaal aantal wormen overeen met een gemiddelde van 5-6 miljoen wormen per hectare in voor- en najaar en van 3-4 miljoen per hectare in de zomer. In de literatuur zijn tijdens piekperioden wormenpopulaties beschreven met 600.000 tot 1.200.000 individuen per hectare (Guild 1955). Onder optimale bodemcondities in permanent grasland zijn echter ook hogere populatie-aantallen van 3 miljoen per hectare voor epigeïsche wormen en 6 miljoen voor endogeïsche wormen beschreven (Ma et al. 1990). In de ADW is sprake van hoge wormendichtheden met aantallen en biomassa die overeenkomen met deze maximale dichtheden. Dit wijst op het belang van de uiterwaarden als potentieel belangrijk voedselzoekgebied voor vermivore diersoorten.

Tot slot nog enkele opmerkingen over het metaalgehalte in de regenwormen. Een gehalteniveau van 40-50 mg/kg aan cadmium die in regenwormen in de ADW is gemeten komt overeen met gehalten die gemeten zijn in regenwormen in andere uiterwaarden van de Waal (Ma et al. 1998). Dit niveau ligt lager dan in de sterker verontreinigde Maas-uitwaarden, waar gehalten van cadmium tot 150 mg/kg in regenwormen voorkomen (Kerkhofs et al. 1994). Dergelijke hoge gehalten vormen een potentiële toxische belasting van vermivore diersoorten, zoals dassen, die de Maas-gebieden hun voedsel te zoeken (Ma & Broekhuizen 1989). De ADW kan echter in dit opzicht veel minder risicovol worden geacht.



## 6 Conclusies

1. In de Afferdensche en Deestsche Waarden is de soortdiversiteit en de grootte van de regenwormenpopulatie in deelgebied D3 (5-6 miljoen wormen per hectare in voor- en najaar) vergelijkbaar met populaties die onder optimale omstandigheden in permanent grasland worden gevonden. Deelgebied RW heeft een lagere soortdiversiteit en populatiegrootte dan D3.
2. De lagere soortdiversiteit in deelgebied RW hangt niet samen met een geringere grootte van het bemonsteringsgebied, aangezien de lengte van het bemonsteringstransect in RW juist aanzienlijk langer was dan in D3.
3. De variatie in populatiedynamiek en soortdiversiteit in de ADW hangt vooral samen met het bodemvochtgehalte. De bodem in deelgebied D3 heeft een groter vochtvasthoudend vermogen dan in RW vanwege de zwaardere kleigrond en een hoger organische stofgehalte in de bovengrond.
4. De populatiebiomassa in deelgebied D3 bedraagt circa 1500 kg versgewicht per hectare. Ter vergelijking, dit komt overeen met het gewicht van drie volwassen koeien. In RW ligt de biomassa ongeveer de helft lager, mogelijk als gevolg van het lagere bodemvochtgehalte in dit deelgebied. De aantallen wormen in de ADW kunnen worden geschat op enkele miljoenen per hectare.
5. De hoge wormdichtheden in de ADW laten zien dat de uiterwaarden potentieel belangrijk kunnen zijn als voedselzoekgebied voor vermivore diersoorten. Dit levert een belangrijk aangrijpingspunt voor het beheer van de uiterwaarden.
6. In de ADW waren de epigeïsche soorten, zoals *Lumbricus rubellus*, minder succesvol dan de endogeïsche soorten. De endogeïsche soort *Allolobophora chlorotica* was de meest dominant voorkomende soort. Een mogelijke verklaring is dat epigeïsche soorten kwetsbaarder zijn voor het directe fysieke effect van een overstroming dan de endogeïsche soorten die meer beschermd dieper in de bodem leven. Daarbij komt het feit dat de ADW een vochtig gebied is dat optimaal is voor soorten zoals *A. chlorotica*.
7. *Octolasion* soorten, die wel in andere uiterwaarden zijn gevonden, waren in de ADW afwezig. Een verklaring hiervoor ontbreekt. De afwezigheid in uiterwaarden van de in grasland voorkomende soort *Aporrectodea longa* werd ook voor de ADW bevestigd. Een mogelijkheid is dat deze soort kwetsbaar is voor overstromingen.

8. In de ADW is de zeldzame west-europese soort *Allolobophora cupulifera* aangetroffen. Deze vochtminnende soort is nieuw voor Nederland (Ma & Bodt, 2002).
9. Het bodemvochtgehalte wordt weinig of niet beïnvloed door een overstroming, maar is meer afhankelijk van het seizoen. Tijdens een overstroming blijft de bodem onder het grensvlak van water en bodem droog en behoudt haar kruimelige structuur. Infiltratie van water tijdens een overstroming wordt mogelijk voorkomen door tegendruk die wordt uitgeoefend vanuit de opgesloten luchtvoorraad in de bodem. Populaties van regenwormen blijken in staat te zijn om een overstromingsduur van minstens enkele maanden te overleven.
10. Van de soorten van regenwormen die potentieel in grasland behoren voor te komen kunnen de soorten in de ADW worden ingedeeld in de volgende categorieën van zeldzaamheid:

Categorie I (algemeen voorkomend): *Lumbricus rubellus*,  
*Aporrectodea caliginosa tuberculata*, *Aporrectodea caliginosa caliginosa*,  
*Allolobophora chlorotica*.

Categorie II (vrij zeldzaam): *Lumbricus castaneus*, *Lumbricus terrestris*.

Categorie III (zeldzaam): *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora cupulifera*, *Allolobophora antipai*, *Eiseniella tetraedra*.

Categorie IV (zeer zeldzaam/afwezig): *Aporrectodea longa*,  
*Octolasion tyrtaeum*.

11. Tijdens de relatief droge zomerperioden vertoont de populatiedynamiek een verlaging van 5-6 miljoen naar 3-4 miljoen per hectare in deelgebied D3. Een dergelijke demografisch effect van droogte is met name goed zichtbaar voor populaties van *A. chlorotica*. Het percentage adulten in de populatie van deze soort neemt dan relatief af. Een verticale migratie naar diepere bodemlagen in de droogteperiode is niet waargenomen.
12. Bij ecotoxicologisch veldonderzoek dient rekening te worden gehouden met de leefzone van regenwormen in de bodem. Deze bedraagt 0-20 cm. Met de verticale verdeling van verontreiniging en ook de verdeling van bodemvocht, klei en organische stof in deze bodemlaag dient rekening te worden gehouden.
13. Gezien de grote fluctuaties die de populatiegrootte in de tijd kunnen vertonen zijn correlatieve analyses van populatiegrootte met milieufactoren alleen zinvol indien de waarnemingen zich uitstrekken over een meerjarige periode.

14. De metaalgehalten van regenwormen in de ADW komen overeen met gehalten die elders voor de uiterwaarden van de Waal zijn gerapporteerd (Ma et al. 1998a). Deze gehalten liggen aanzienlijk lager dan in de uiterwaarden van de Maas, waar volgens de literatuur sprake is van een potentieel bedreigende belasting van vermivore diersoorten (Ma & Broekhuizen 1989, Kerkhofs et al. 1994, Hendriks et al. 1995b).
15. Met mogelijke uitzondering van het gehalte aan totaal-arseen en beschikbaar zink zijn er geen aanwijzingen gevonden dat de metaalverontreiniging in de bodem van de ADW van invloed is op de daarin aanwezige populaties van regenwormen.





## Literatuur

- Beyer, W.N. 2001. Estimating toxic damage to soil ecosystems from soil organic matter profiles. *Ecotoxicology* 10:273-283.
- Bouché M.B. 1977. Stratégies lombriciennes. In: Lohm U, Persson T (eds) Soil organisms as components of ecosystems. *Ecological Bulletin* (Stockholm) 25:122-123.
- Darwin, C. 1881. *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms with some Observations on their Habits*. John Murray, London.
- De Jonge, J., J.M. Brils, A.J. Hendriks & W.C. Ma 1999. Ecological and ecotoxicological surveys of moderately contaminated floodplain ecosystems in the Netherlands. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 2:9-18.
- Evans, A.C. & W.J. McL. Guild 1947. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility I: Biological studies in the field. *Ann. Appl. Biol.* 34:307-330.
- Guild, W.J.McL. 1955. Earthworms and soil structure. In: Kevan, D.K. (ed.) *Soil Zoology*. Butterworths, London, pp. 83098.
- Hendriks, J., W.-C. Ma, S. Kerkhofs & T. Smits 1995a. Giftige stoffen een belemmering voor natuurontwikkeling in uiterwaarden? *H<sub>2</sub>O* 28:595-597.
- Hendriks, J., W.-C. Ma, J.J. Brouns, E.M. de Rooter-Dijkman & R. Gast 1995b. Modelling and monitoring organochlorine and heavy metal accumulation in soils, earthworms and shrews in Rhine-Delta floodplains. *Archives Environmental Contamination and Toxicology* 29:115-127.
- Kerkhofs, M.J.J., W. Silva & W.-C. Ma 1994. Zware metalen en organische microverontreinigingen in bodem, regenwormen en dassen in het winterbed van de Maas bij Grave. Reports of the Ecological Rehabilitation of Rivers nr. 55-1994. RIZA/IBN-DLO. 41p.
- Ma, W.C. 1987. Heavy metal accumulation in the Mole, *Talpa europea*, and earthworms as an indicator of metal bioavailability in terrestrial environments. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 39:933-938.
- Ma, W.C. 1990. Bioaccumulatie en effecten van schadelijke stoffen in het terrestrisch milieu, biomonitoring met regenwormen. *De Levende Natuur* 91:168-173.

- Ma, W.C. 1998. Soil pollution in riverine floodplains; a threat to terrestrial macro-invertebrates ? In: H.P. Wolfert (ed.) Ecological Rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse: Report 1996-1997. RIZA, Lelystad. 15-16.
- Ma, W.C. 2000. System-oriented ecotoxicological research at Alterra. NWO-SSEO Newsletter 2:4-6.
- Ma, W.C. 2002a. The Afferdensche en Deestsche Waarden: ecotoxicological research in a highly dynamic system. NWO-SSEO Newsletter 5:6-8.
- Ma, W.C. & J. Bodt 2002b. Het voorkomen van de regenworm *Allolobophora cupulifera* in Nederland (Oligochaeta: Lumbricidae). Nederlandse Faunistische Mededelingen 16:57-62.
- Ma, W.C. & S. Broekhuizen 1989. Belasting van dassen *Meles meles* met zware metalen: Invloed van de verontreinigde Maaswaterwaarden ? Lutra 32:139-151.
- Ma, W.C. & H. Eijsackers 1989. The influence of substrate toxicity on soil macrofauna return in reclaimed land. In: J.D. Majer (ed.) Animals in Primary Succession – The Role of Fauna in Reclaimed Land. Cambridge University Press, pp. 223-244.
- Ma, W.C. & S. Talmage 2001. Chapter 4. Insectivora. In: R.F. Shore & B.A. Rattner (eds.). Ecotoxicology of Wild Mammals. John Wiley & Sons. Pp. 123-158.
- Ma, W.C., L. Brussaard & J.A. de Ridder 1990. Long-term effects of nitrogenous fertilizers on grassland earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) : Their relation to soil acidification. Agriculture, Ecosystems and Environment 30:71-80.
- Ma, W.C., H. Sijpeel & J.H. Faber 1998a. Bodemverontreiniging in de uiterwaarden: een bedreiging voor de terrestrische macroinvertebratenfauna ? EHR Publicatie no. 72, RIZA, Lelystad. 87 pp.
- Ma, W.-C., A. van Kleunen, J. Immerzeel & P.G.J. de Maagd 1998b. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by earthworms: Assessment of equilibrium partitioning theory in in situ studies and water experiments. Environmental Toxicology and Chemistry 17:1730-1737.
- Ministerie V&W 1998. Beleidsnotitie Actief Bodembeheer Rivierbed. Min. V& W, Den Haag.
- Muldowney, J. & O. Schmidt 2002. *Allolobophora cupulifera* Téry (Oligochaeta: Lumbricidae) in Ireland: first records for the British Isles. Megadrilogica 9:29-32.
- Satchell, J.E. (ed.) 1967. Lumbricidae. In: Burgess, A. & F. Raw (eds.) Soil Biology. Academic Press, London. Pp. 259-322.

- Siepel, H., P.A. Slim & W. Ma 1990. Effecten van verschillen in mestsoort en waterstand op vegetatie en fauna van klei-op-veen graslanden in de Alblasserwaard. RIN-rapport 90/8, 50 pp.
- Ter Braak, C.J.F. & P. Šmilauer (2002) CANOCO reference manual and Canodraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Iacata, NY, USA. pp. 500.
- Van den Brink, N.W., N.M. Groen, J. de Jonge, A.T.C. Bosveld 2003. Ecotoxicological suitability of floodplain habitats in the Netherlands for the little owl (*Athene noctua vidalii*). Environmental Pollution 122:27-134.
- Van der Perk, J.C. 1996. Afferdenschte en Deestsche Waarden. Inrichtingsplan. Min. V&W, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, RIZA. Arnhem.
- Van Vliet, P., S. van der Zee, W. Didden & W. Ma 2002. Bodemvervuiling in uiterwaarden. Natuur & Techniek wetenschapsmagazine, Maart 2002, 56-57.



## Bijlagen



## Bijlage 1 Gemeten gehalten van nutriënten, macroelementen, pH, DOC, C/N en organische stof in de transecten in deelgebied D3 en RW

Datum	transect	nr	cm diepte	mg/kg N-NO3	mg/kg N-NH4	mg/kg Nts	mg/kg P-PO4	mg/kg Na	mg/kg K	CaCl2-pH	mg C/kg DOC	mg C/kg IOC	mg/g C	mg/g N	% C	% N	C/N ratio	% OM
nov-00	D3	1	0-10	43.47	5	63.72	0.63	30.03	45.66	7.08	339.69	71.98	58	4	5.8	0.4	14.5	9.98
nov-00	D3	2	0-10	29.77	4.71	49.64	0.95	23.27	47.77	7.1	322.56	52.45	59	4	5.9	0.4	14.75	10.15
nov-00	D3	3	0-10	17.14	5.5	39.7	1.54	24.36	50.58	6.95	368.51	37.61	76	6	7.6	0.6	12.67	13.07
nov-00	D3	4	0-10	10.93	4.87	32.89	0.89	23.44	36.81	7.05	406.39	14.21	77	5	7.7	0.5	15.4	13.24
nov-00	D3	5	0-10	27.22	6.6	50.89	2.53	22.26	77.66	6.93	409.56	8.08	84	6	8.4	0.6	14	14.45
nov-00	D3	6	0-10	28.71	7.18	52.73	2.81	31.89	84.93	6.88	443.85	55.86	88	6	8.8	0.6	14.67	15.14
nov-00	D3	7	0-10	21.42	3.99	40.33	1.09	25.51	35.31	7.08	357.76	8.56	79	6	7.9	0.6	13.17	13.59
nov-00	D3	8	0-10	8.98	4.93	30.34	0.99	23.22	59.89	7.09	366.25	42.2	85	6	8.5	0.6	14.17	14.62
nov-00	D3	1	10-20	9.98	1.96	23.3	0.18	22.2	24.54	7.32	183.51	46.76	41	3	4.1	0.3	13.67	7.05
nov-00	D3	2	10-20	6.85	1.96	20.21	0.13	20.37	21.59	7.31	199.39	53.48	51	3	5.1	0.3	17	8.77
nov-00	D3	3	10-20	4.8	2.24	19.03	0.33	21.11	29.01	7.26	259.28	26.42	58	4	5.8	0.4	14.5	9.98
nov-00	D3	4	10-20	3.17	1.32	14.88	0.13	19.75	17.65	7.34	191.21	47.05	51	3	5.1	0.3	17	8.77
nov-00	D3	5	10-20	4.34	2.11	17.79	0.38	38.72	26.6	7.29	217.55	39.9	60	4	6	0.4	15	10.32
nov-00	D3	6	10-20	4.47	2.42	18	0.43	30.52	34.49	7.29	234.01	11.34	66	4	6.6	0.4	16.5	11.35
nov-00	D3	7	10-20	3.79	1.78	17.17	0.33	27.04	18.42	7.29	232.67	45.56	67	4	6.7	0.4	16.75	11.52
nov-00	D3	8	10-20	3.88	1.62	16.19	0.18	25.9	19.85	7.31	212.97	22.67	69	4	6.9	0.4	17.25	11.87
nov-00	D3	1	20-30	3.51	1.82	13.77	-0.03	14.73	23.95	7.44	142.03	50.26	31	2	3.1	0.2	15.5	5.33
nov-00	D3	2	20-30	3.23	1.02	11.74	-0.03	18.41	18.43	7.44	120.67	46.08	34	2	3.4	0.2	17	5.85
nov-00	D3	3	20-30	1.99	1.06	10.46	0.13	15.2	22.48	7.43	135.91	41.52	37	2	3.7	0.2	18.5	6.36
nov-00	D3	4	20-30	2.2	1.06	10.71	0.13	17.19	19.09	7.43	133.63	37.47	34	2	3.4	0.2	17	5.85
nov-00	D3	5	20-30	2.65	1.11	9.41	0.13	30.29	22.2	7.5	114.23	31.29	29	2	2.9	0.2	14.5	4.99
nov-00	D3	6	20-30	2.65	1.51	10.26	0.18	24.69	26.72	7.45	127.12	31.48	38	2	3.8	0.2	19	6.54
nov-00	D3	7	20-30	2.19	0.81	8.33	0.13	23.12	18.27	7.46	97.4	45.04	34	2	3.4	0.2	17	5.85
nov-00	D3	8	20-30	1.74	0.7	8.03	0.03	21.06	13.33	7.48	86.78	35.96	32	2	3.2	0.2	16	5.5
nov-00	RW	1	0-10	1.85	1.64	8	1.24	1.97	29.15	7.42	50.61	31.89	24	1	2.4	0.1	24	4.13
nov-00	RW	5	0-10	6.97	3.45	20.88	1.59	16.86	23.66	7.17	137.4	48.73	49	2	4.9	0.2	24.5	8.43
nov-00	RW	9	0-10	4.27	3.01	18.34	1.84	8.84	39.51	7.14	156.86	25.54	49	3	4.9	0.3	16.33	8.43
nov-00	RW	13	0-10	11.7	4.39	26.96	1.88	9.77	59.63	7.12	154.35	24.06	52	3	5.2	0.3	17.33	8.94
nov-00	RW	17	0-10	5.36	2.21	15.92	1.3	12.3	22.48	7.3	123.82	25.43	48	2	4.8	0.2	24	8.26
nov-00	RW	21	0-10	68.12	3.44	78.89	0.71	7.83	172.35	7.47	126.72	15.41	54	3	5.4	0.3	18	9.29
nov-00	RW	25	0-10	6.69	2.31	18.26	0.7	12.88	31.97	7.5	135.93	25.9	49	2	4.9	0.2	24.5	8.43
nov-00	RW	29	0-10	8.47	1.98	17.75	0.66	17.5	38.48	7.51	137.68	19.29	51	2	5.1	0.2	25.5	8.77

nov-00	RW	33	0-10	7.56	2.13	17.66	0.81	14.57	43.26	7.44	129.58	21.32	45	2	4.5	0.2	22.5	7.74
nov-00	RW	37	0-10	94.4	3.86	107.31	1.02	13.32	201.24	7.38	161.79	22.87	54	3	5.4	0.3	18	9.29
nov-00	RW	41	0-10	8.85	3.55	21.18	0.84	12.71	58.58	7.37	132.42	37.76	48	2	4.8	0.2	24	8.26
nov-00	RW	45	0-10	4.61	1.77	11.65	1.22	7.75	51.74	7.49	75.34	9.36	25	1	2.5	0.1	25	4.3
nov-00	RW	1	10-20	1.92	1.37	7.49	0.32	2.85	30.41	7.5	54.18	30.21	19	1	1.9	0.1	19	3.27
nov-00	RW	5	10-20	11.13	1.54	20.59	1.14	14.18	20.69	7.26	109.01	32.29	51	2	5.1	0.2	25.5	8.77
nov-00	RW	9	10-20	3.16	1.64	12.84	1.04	15.88	24.52	7.26	122.62	28.81	57	3	5.7	0.3	19	9.8
nov-00	RW	13	10-20	15.89	1.91	25.68	1.2	13.89	85.61	7.26	120.02	14.25	49	3	4.9	0.3	16.33	8.43
nov-00	RW	17	10-20	3.29	1.1	11.88	1.3	18.31	12.8	7.23	117.8	13.51	63	3	6.3	0.3	21	10.84
nov-00	RW	21	10-20	7.93	0.91	14.39	0.45	25.45	36.18	7.51	90	10.35	50	2	5	0.2	25	8.6
nov-00	RW	25	10-20	2.37	0.35	7.18	0.05	20.56	14.67	7.73	71.1	11.38	39	2	3.9	0.2	19.5	6.71
nov-00	RW	29	10-20	3.11	1.32	9.93	0.46	24.64	29.6	7.55	147.04	27.73	48	2	4.8	0.2	24	8.26
nov-00	RW	33	10-20	3.48	0.91	9.28	0.45	28.82	34.03	7.56	79.07	18.46	51	2	5.1	0.2	25.5	8.77
nov-00	RW	37	10-20	86.81	1.51	90.64	0.45	32.07	48.75	7.57	93.47	21.2	50	2	5	0.2	25	8.6
nov-00	RW	41	10-20	3.62	1.14	8.96	0.53	19.04	32.3	7.56	68.85	27.6	50	2	5	0.2	25	8.6
nov-00	RW	45	10-20	4.5	2.27	13.19	0.91	33.61	39.19	7.39	116.58	29.56	59	2	5.9	0.2	29.5	10.15
nov-00	RW	1	20-30	2.45	0.83	6.42	0.33	3.34	27.99	7.48	40.43	22.73	32	1	3.2	0.1	32	5.5
nov-00	RW	5	20-30	4.24	1.08	11.14	0.78	16.16	14.81	7.2	85.52	25.88	61	3	6.1	0.3	20.33	10.49
nov-00	RW	9	20-30	2.06	1.09	9.8	0.84	25.08	22.33	7.27	106.6	13.44	82	3	8.2	0.3	27.33	14.1
nov-00	RW	13	20-30	7.86	1.48	15.56	0.83	14.96	103.92	7.23	95.64	16.82	66	3	6.6	0.3	22	11.35
nov-00	RW	17	20-30	1.19	1.44	8.33	1.34	17.62	13.38	7.16	90.64	11.61	52	2	5.2	0.2	26	8.94
nov-00	RW	21	20-30	13.2	0.9	19.83	0.5	13	49.38	7.54	86.23	12.55	50	2	5	0.2	25	8.6
nov-00	RW	25	20-30	1.68	0.31	6.18	0.05	30.32	13.96	7.69	71.59	7.4	42	2	4.2	0.2	21	7.22
nov-00	RW	29	20-30	2.44	0.81	7.77	0.3	29.18	25.61	7.55	91.57	28.68	56	2	5.6	0.2	28	9.63
nov-00	RW	33	20-30	4.46	0.81	10.05	0.46	47.24	37.46	7.52	78.52	30.7	60	2	6	0.2	30	10.32
nov-00	RW	37	20-30	29.07	0.63	34.8	0.43	35.45	30.55	7.58	78.87	27.05	45	2	4.5	0.2	22.5	7.74
nov-00	RW	41	20-30	2.81	0.63	6.89	0.23	24.07	28.07	7.6	59.28	25.34	49	2	4.9	0.2	24.5	8.43
nov-00	RW	45	20-30	4.75	0.76	10.51	0.81	29.26	28.43	7.45	77.19	16.93	57	2	5.7	0.2	28.5	9.8
may-01	D3	1	0-10	15.4	6.28	35.99	0.68	21.26	54.43	7.25	308.98	28.61	18	1	1.8	0.1	18	3.1
may-01	D3	2	0-10	12.82	6.21	34.4	0.78	36.11	42.75	7.29	383.05	33.12	64	4	6.4	0.4	16	11.01
may-01	D3	3	0-10	40.36	8.38	64.13	3.21	32.95	171.88	7.09	385.23	31.67	77	6	7.7	0.6	12.83	13.24
may-01	D3	4	0-10	22.37	8.37	48.71	1.15	34.54	60.09	7.19	479.28	47.7	76	5	7.6	0.5	15.2	13.07
may-01	D3	5	0-10	58.53	9.3	93.88	2.04	47.23	133.1	7.12	459.47	54.05	49	2	4.9	0.2	24.5	8.43
may-01	D3	6	0-10	38.07	9.24	63.37	1.09	37.84	105.55	7.24	433.29	53.58	81	5	8.1	0.5	16.2	13.93
may-01	D3	7	0-10	4.68	1.72	11.74	0.07	13.97	19.16	7.73	84.54	27.2	22	1	2.2	0.1	22	3.78
may-01	D3	8	0-10	17.04	8.05	40.78	0.95	44.74	52.43	7.26	488.54	44.07	80	6	8	0.6	13.33	13.76
may-01	D3	1	10-20	11.42	2.44	23.58	0.13	14.9	29.63	7.54	178.71	23.14	21	1	2.1	0.1	21	3.61
may-01	D3	2	10-20	9.78	3	24.53	0.33	22.91	19.86	7.46	221.32	30.26	50	3	5	0.3	16.67	8.6



may-01	D3	3	10-20	30.13	4.2	48.65	1.59	28.33	68.85	7.22	270.88	31.61	67	4	6.7	0.4	16.75	11.52
may-01	D3	4	10-20	9.03	2.74	23.9	0.22	21.52	21.38	7.48	259	38.41	58	3	5.8	0.3	19.33	9.98
may-01	D3	5	10-20	14.82	1.97	30.03	0.23	32.56	17.51	7.51	218.31	31.76	49	2	4.9	0.2	24.5	8.43
may-01	D3	6	10-20	16.91	3.73	32.93	0.33	18.54	69.57	7.51	237.61	25.75	63	3	6.3	0.3	21	10.84
may-01	D3	7	10-20	1.18	0.9	3.94	0.08	6.82	13.44	7.83	41.12	18.06	17	1	1.7	0.1	17	2.92
may-01	D3	8	10-20	18.75	3.96	37.43	0.38	31.87	24.62	7.45	337.08	37.59	86	5	8.6	0.5	17.2	14.79
may-01	RW	1	0-10	1.37	1.92	5.91	0.62	5.43	22.97	7.18	52.22	25.75	61	4	6.1	0.4	15.25	10.49
may-01	RW	5	0-10	1.67	3.52	13.72	1.32	16.2	39.49	7.13	156.88	35.07	87	5	8.7	0.5	17.4	14.96
may-01	RW	9	0-10	3.7	4.51	17.87	1.03	13.71	166.98	7.18	147.07	31.32	48	2	4.8	0.2	24	8.26
may-01	RW	13	0-10	4.22	3.72	18.28	0.94	18.75	33.22	7.26	161.15	29.45	45	2	4.5	0.2	22.5	7.74
may-01	RW	17	0-10	1.9	4.08	16.84	1.14	21.18	24.47	7.14	183.55	42.64	52	2	5.2	0.2	26	8.94
may-01	RW	21	0-10	10.53	3.23	22.43	0.68	32.8	42.46	7.34	130.98	36.32	54	2	5.4	0.2	27	9.29
may-01	RW	25	0-10	11.17	2.69	21.32	0.28	32.08	64.98	7.47	112.89	36.47	50	2	5	0.2	25	8.6
may-01	RW	29	0-10	13.14	2.83	24.16	0.48	47.17	41.81	7.4	122.84	40.39	48	2	4.8	0.2	24	8.26
may-01	RW	33	0-10	15.97	2.54	25.27	0.48	38.73	48.08	7.48	100.76	27	50	2	5	0.2	25	8.6
may-01	RW	37	0-10	13.35	4.5	28.17	0.77	49.52	65.08	7.33	164.24	38.12	54	3	5.4	0.3	18	9.29
may-01	RW	41	0-10	30.82	3.58	43.24	0.99	50.37	54.73	7.4	139.65	33.07	57	3	5.7	0.3	19	9.8
may-01	RW	45	0-10	22.88	5.03	37.94	0.88	38.52	148.88	7.37	149.3	34.97	49	3	4.9	0.3	16.33	8.43
may-01	RW	1	10-20	1.33	0.87	3.86	0.87	4.88	16.94	7.12	31.85	16.22	43	2	4.3	0.2	21.5	7.4
may-01	RW	5	10-20	2.15	2.06	11.78	1.07	13.65	29.53	7.17	142.38	35.8	63	3	6.3	0.3	21	10.84
may-01	RW	9	10-20	5.77	2.65	16.57	0.98	7.01	257.13	7.2	123.45	19.5	47	2	4.7	0.2	23.5	8.08
may-01	RW	13	10-20	4.2	2.44	13.77	0.98	12.54	30.72	7.23	112.47	32.81	51	2	5.1	0.2	25.5	8.77
may-01	RW	17	10-20	5.71	2.29	16.77	1.18	22.12	17.15	7.18	143.96	17.69	52	2	5.2	0.2	26	8.94
may-01	RW	21	10-20	4.44	1.21	10.49	0.37	11.55	26.03	7.44	70.58	31.1	45	2	4.5	0.2	22.5	7.74
may-01	RW	25	10-20	4.28	1.34	9.85	-0.03	25.99	22.29	7.56	72.62	29.7	42	1	4.2	0.1	42	7.22
may-01	RW	29	10-20	4.36	0.77	9.63	0.47	32.24	21.53	7.51	66.92	28.07	46	2	4.6	0.2	23	7.91
may-01	RW	33	10-20	3.31	0.88	9.21	0.38	25.59	40.83	7.5	83.47	31.5	49	2	4.9	0.2	24.5	8.43
may-01	RW	37	10-20	7.8	1.07	13.52	0.47	29.24	42.4	7.53	74.37	35.47	40	2	4	0.2	20	6.88
may-01	RW	41	10-20	12.57	2.29	20.42	0.68	32.22	36.4	7.45	70.92	33.3	48	2	4.8	0.2	24	8.26
may-01	RW	45	10-20	6.94	3.57	15.89	1.03	20.34	116.48	7.44	70.3	33.48	55	2	5.5	0.2	27.5	9.46
Min				1.18	0.31	3.86	-0.03	1.97	12.8	6.88	31.85	7.4	17	1	1.7	0.1	12.67	2.92
Max				94.4	9.3	107.31	3.21	50.37	257.13	7.83	488.54	71.98	88	6	8.8	0.6	42	15.14
Mean				12.16	2.72	23.77	0.74	22.93	46.87	7.36	168.48	30.27	52.38	2.74	5.24	0.27	20.73	9.01



## Bijlage 2 Bodemvochtgehalten in de transecten in deelgebied D3 en RW

Bodemvochtgehalte (%)											
Transect	nr	Diepte (cm)	nov-dec 2000			mei 2001			Aug 2001		
			WU	Alterra	Alterra	WU	Alterra	Alterra	WU	Alterra	Alterra
D3	1	0-10	45.93	37.56	39.19	34.83	37.13	40.59		39.19	
D3	2	0-10	42.93	48.27	46.57	40.88	49.57	43.95		39.51	40.32
D3	3	0-10	56.21	51.57	42.43	51.97	52.06	53.35		45.98	28.09
D3	4	0-10	55.08	53.14	53.20	49.80	55.25	49.96		47.35	53.10
D3	5	0-10	63.39	55.36	52.16	52.54	69.31	57.10		47.97	47.28
D3	6	0-10	69.70	58.85	47.35	57.35	59.24	58.64		50.73	55.86
D3	7	0-10	55.44	28.28	44.34	28.74	56.71	70.40		51.42	53.94
D3	8	0-10	59.21	54.09	54.19	69.70	61.38	58.20		54.58	55.35
D3	1	10-20	31.97	39.51	28.90	27.04	27.70	28.78		25.04	15.69
D3	2	10-20	31.25	31.10	30.64	31.80	30.08	30.92		27.95	25.39
D3	3	10-20	33.85	28.73	31.90	39.16	34.18	33.20		27.50	17.30
D3	4	10-20	34.13	32.05	36.04	35.45	34.46	32.98		30.25	27.86
D3	5	10-20	36.40	39.55	34.59	36.63	41.91	38.68		21.39	30.94
D3	6	10-20	37.17	37.46	33.92	36.87	37.87	35.79		33.55	35.24
D3	7	10-20	37.40	29.09	35.65	21.40	35.37	40.69		35.36	37.96
D3	8	10-20	38.70	38.68	39.41	52.53	38.82	40.38		38.24	36.80
D3	1	20-30	24.91	29.38	24.52		24.59	24.60		15.96	15.20
D3	2	20-30	25.23	26.30	24.82		26.17	25.48		15.80	19.61
D3	3	20-30	26.90	28.96	25.01		27.26	26.90		20.48	14.12
D3	4	20-30	26.69	9.41	22.90		29.59	22.85		18.80	23.32
D3	5	20-30	24.00	26.30	29.52		33.88	28.76		11.61	18.88
D3	6	20-30	28.22	30.18	29.35		31.04	27.75		24.71	26.28
D3	7	20-30	29.71	27.67	33.34		24.55	35.19		24.39	26.51
D3	8	20-30	28.78	34.30	29.54		31.12	37.43		20.44	22.86
D3	1	30-40		21.95	24.72		22.71	22.46		12.25	12.30
D3	2	30-40		27.08	17.75		25.47	22.76		13.50	11.08
D3	3	30-40		20.54	19.76		22.36	21.77		12.23	11.32

D3	4	30-40	15.55	11.45	22.43	20.77	11.08	16.68		
D3	5	30-40	18.79	19.15	28.75	25.10	6.00	9.91		
D3	6	30-40	25.91	21.99	23.09	17.92	12.07	11.20		
D3	7	30-40	23.76	22.75	19.35	32.10	24.21	19.28		
D3	8	30-40	22.34	19.76	28.15	22.48	19.22	15.71		
RW	1	0-10	17.21	9.76	11.85	4.21	1.65	3.04	5.72	10.17
RW	5	0-10	28.35	23.91	23.73	11.51	11.31	11.05	15.15	13.82
RW	9	0-10	31.13	24.96	25.97	14.07	15.50	13.07	16.43	14.94
RW	13	0-10	35.32	26.80	27.88	16.69	15.82	19.01	16.23	18.39
RW	17	0-10	29.67	28.28	28.09	21.07	27.77	27.93	17.16	16.38
RW	21	0-10	30.81	21.91	23.22	29.38	30.10	26.32	18.84	19.53
RW	25	0-10	29.60	26.10	24.46	23.03	26.13	25.84	19.71	16.59
RW	29	0-10	30.90	27.64	26.62	24.51	30.23	28.91	20.14	22.74
RW	33	0-10	33.34	29.67	26.69	25.55	29.47	30.35	18.70	20.13
RW	37	0-10	36.30	25.00	30.84	32.93	30.13	34.63	23.00	24.31
RW	41	0-10	36.57	27.21	28.11	34.03	30.98	32.11	27.21	26.99
RW	45	0-10	21.65	27.01	16.83	32.55	28.71	24.02	21.13	14.96
RW	1	10-20	14.13	17.27	15.18	5.56	7.98	7.88	6.35	8.49
RW	5	10-20	24.46	18.07	24.1	14.08	18.13	14.99	11.59	11.09
RW	9	10-20	26.20	26.84	26.08	16.18	18.30	18.31	14.78	15.51
RW	13	10-20	27.10	27.09	25.89	17.65	19.97	23.41	12.66	16.45
RW	17	10-20	28.15	27.59	28.11	19.94	26.45	24.14	15.73	15.40
RW	21	10-20	23.54	22.97	28.09	18.82	24.64	22.66	15.54	16.37
RW	25	10-20	22.42	26.81	22.59	21.16	24.90	22.19	15.76	12.86
RW	29	10-20	24.51	22.35	22.37	21.09	19.83	24.13	15.29	16.94
RW	33	10-20	26.02	26.77	24.5	28.20	26.55	24.86	15.77	15.32
RW	37	10-20	26.11	24.61	24.68	22.78	26.34	24.86	18.10	19.50
RW	41	10-20	23.81	26.83	13.1	27.84	27.56	24.31	19.58	18.54
RW	45	10-20	24.68	25.55	26.34	25.04	27.47	24.63	21.58	16.11
RW	1	20-30	17.10	16.70	16.96	11.12	10.90	11.33	10.33	
RW	5	20-30	22.20	22.02	22.55	20.16	19.69	15.15	10.44	
RW	9	20-30	27.41	25.72	27.62	19.69	21.35	11.41	15.13	
RW	13	20-30	26.29	22.42		21.15	20.27	11.33	10.06	

RW	17	20-30	21.49			13.58	6.62	4.41	5.36
RW	21	20-30	22.98		22.3	25.16	26.05	17.80	18.07
RW	25	20-30	23.49	29.29	15.59	25.24	28.33	13.57	15.47
RW	29	20-30	23.90	24.83	24.12	18.24	26.37	8.81	17.44
RW	33	20-30	27.68	28.06	24.28	26.42	28.34	15.67	13.31
RW	37	20-30	22.70	23.88	23.78	25.49	25.60	18.72	22.70
RW	41	20-30	23.62	20.68		26.14	23.81	18.17	15.36
RW	45	20-30	24.56	28.13	24.42	26.88	26.10	24.68	22.36
RW	1	30-40		17.66	16.7	10.97	12.57	12.20	10.73
RW	5	30-40		28.05	25.14	14.32	25.30	13.85	9.84
RW	9	30-40		32.49	30.37	29.29	25.64	11.89	12.18
RW	13	30-40		28.6	28.17	28.27	27.65	13.73	15.37
RW	17	30-40		12.56	17.52	11.00	22.48	2.22	9.07
RW	21	30-40		22.51	26.03	24.84	29.71	19.14	17.77
RW	25	30-40		25.38		24.80	17.85	9.67	13.21
RW	29	30-40		24.4	29.71	24.94	26.81	14.85	17.71
RW	33	30-40		26.92	24.71	27.21	26.67	17.35	10.97
RW	37	30-40		23.1	25.29	26.34	30.31	21.12	20.19
RW	41	30-40		15.07	4.38	29.17	19.61	16.83	5.62
RW	45	30-40		28.16	28.01	28.40	25.76	24.27	28.50



### Bijlage 3 Met koningswater-extractie bepaalde totaalgehalten van zware metalen in de bodem van de transecten in D3 en RW

datum	veld	Nr.	Diepte	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-AES	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
				Mg	Al	Ca	Cr	Mn	Fe	As	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Ti
				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
10-11-00	D3	1	0-10	7772.15	20251.61	22913.05	96.09	704.26	25381.24	36.67	2.53	41.47	155.90	66.63	492.58	338.59
10-11-00	D3	2	0-10	8325.64	21060.89	27423.49	111.84	751.06	27138.49	38.13	3.05	40.42	171.18	72.82	540.91	289.55
10-11-00	D3	3	0-10	8766.72	23897.08	24311.14	128.72	788.72	30189.73	42.78	3.79	45.68	229.41	87.70	669.32	307.22
10-11-00	D3	4	0-10	9103.87	25873.04	26968.99	131.88	911.80	31389.64	53.39	4.06	46.67	261.23	93.20	743.86	349.91
10-11-00	D3	5	0-10	9314.61	24844.87	24641.66	137.49	884.79	31791.40	51.56	4.07	53.99	255.85	99.95	775.63	327.26
10-11-00	D3	6	0-10	9514.66	27605.15	28549.10	150.32	998.74	33056.10	58.34	4.84	56.43	287.39	111.85	834.51	403.18
10-11-00	D3	7	0-10	9193.87	26942.94	29510.09	142.29	995.94	32116.49	56.42	4.57	50.70	274.70	105.45	795.99	373.91
10-11-00	D3	8	0-10	10032.09	29444.40	27953.33	165.82	1137.77	35902.49	63.01	5.61	62.89	284.20	121.94	845.82	373.10
10-11-00	D3	1	10-20	6995.97	16876.08	25464.50	85.64	683.84	23107.42	43.32	2.52	34.75	161.84	62.08	496.93	300.55
10-11-00	D3	2	10-20	7657.69	18576.30	31594.20	101.08	718.89	24695.07	47.00	3.03	37.65	191.41	71.39	577.67	273.41
10-11-00	D3	3	10-20	8468.77	22102.17	34604.47	119.12	933.99	28571.71	60.20	3.80	39.29	298.05	86.56	781.41	315.93
10-11-00	D3	4	10-20	8410.41	21520.13	35781.13	103.75	1051.43	27842.71	60.10	3.29	37.45	272.29	76.30	706.28	288.62
10-11-00	D3	5	10-20	8734.05	23448.07	32154.18	129.24	964.32	29863.46	76.91	4.56	47.39	336.79	104.53	919.89	362.02
10-11-00	D3	6	10-20	9108.01	24375.63	39045.63	139.59	1114.27	32692.29	86.81	5.08	49.87	387.56	116.75	1020.95	330.82
10-11-00	D3	7	10-20	9338.52	24881.52	41180.74	144.82	1029.14	33313.64	80.02	4.83	48.14	391.80	116.10	1022.94	314.57
10-11-00	D3	8	10-20	9344.66	26561.00	38328.98	144.80	1163.40	34301.63	90.68	6.10	52.71	410.30	130.82	1114.51	377.56
10-11-00	D3	1	20-30	6827.56	15498.36	28267.08	57.76	757.22	21743.86	35.41	1.76	30.38	138.78	43.82	382.72	250.82
10-11-00	D3	2	20-30	7628.60	18089.87	34598.12	67.95	876.98	22517.05	40.27	2.01	30.96	155.64	46.43	428.59	283.90
10-11-00	D3	3	20-30	7950.25	19511.43	36843.87	72.92	1187.70	24227.65	46.14	2.26	31.95	182.28	51.68	498.65	287.33
10-11-00	D3	4	20-30	8399.65	20956.72	36848.48	70.89	1120.28	24882.04	41.14	2.03	32.66	163.29	46.71	428.39	290.54
10-11-00	D3	5	20-30	7991.65	18805.77	34437.87	60.46	940.84	23057.44	38.92	1.51	32.25	133.74	41.94	367.00	282.05
10-11-00	D3	6	20-30	9009.51	22129.42	42633.83	83.32	1037.72	26846.91	54.29	2.27	38.51	236.33	62.37	606.63	319.51
10-11-00	D3	7	20-30	10357.93	26714.76	44836.63	83.56	1248.33	30233.37	51.42	2.03	41.40	205.59	55.46	496.74	344.29
10-11-00	D3	8	20-30	9131.69	22368.04	44374.12	73.03	1070.15	25959.39	47.84	2.01	36.64	178.02	48.35	447.34	334.29
13-11-00	RW	1	0-10	2924.03	6118.45	17212.96	32.50	326.12	12019.88	9.50	0.50	12.01	29.23	15.13	143.94	186.28
13-11-00	RW	5	0-10	4675.14	10760.90	24055.37	81.26	542.17	18492.34	18.54	1.52	22.09	70.34	38.98	283.40	250.26
13-11-00	RW	9	0-10	5633.21	12530.20	28146.94	98.87	645.21	22119.50	24.08	2.28	29.16	97.86	49.82	360.25	279.26
13-11-00	RW	13	0-10	6170.87	13630.31	30936.87	101.29	711.54	23884.40	25.32	2.53	30.78	100.90	52.29	376.57	310.99

13-11-00	RW	17	0-10	5666.16	12688.93	28876.57	101.27	632.95	22286.19	24.05	2.28	27.47	96.84	48.99	364.33	300.52
13-11-00	RW	21	0-10	6551.45	13954.64	36794.22	123.89	793.96	23855.60	49.05	3.03	31.47	174.32	68.40	540.34	301.34
13-11-00	RW	25	0-10	6960.63	15594.05	39247.29	104.14	819.11	23323.88	50.17	2.54	26.94	179.21	61.22	545.84	299.11
13-11-00	RW	29	0-10	7264.76	16358.29	40514.62	111.51	860.41	24375.39	52.34	2.79	28.65	193.25	68.43	562.37	303.50
13-11-00	RW	33	0-10	6982.65	15913.59	36689.38	101.66	794.20	24031.84	39.26	2.29	28.47	141.93	59.72	474.26	294.71
13-11-00	RW	37	0-10	7272.21	15856.46	36056.47	104.88	795.53	24961.80	38.37	2.30	31.47	145.41	62.67	476.94	276.73
13-11-00	RW	41	0-10	7511.15	17352.15	37705.73	101.37	788.12	25117.45	37.26	2.03	31.15	138.76	60.82	465.41	307.13
13-11-00	RW	45	0-10	3922.92	8774.42	21329.77	57.80	407.12	13732.73	21.11	1.26	13.57	67.98	31.16	240.38	210.34
13-11-00	RW	1	10-20	3014.31	5640.89	21202.83	45.44	344.60	13685.66	9.85	0.50	15.65	32.82	16.28	161.83	192.49
13-11-00	RW	5	10-20	5151.52	11337.86	26704.96	108.86	616.40	21378.00	24.05	2.53	27.35	104.03	52.78	384.01	260.66
13-11-00	RW	9	10-20	6382.70	15003.00	31791.07	152.15	754.42	26238.57	34.23	4.31	37.27	157.46	76.20	514.25	348.01
13-11-00	RW	13	10-20	6400.53	15067.62	30942.62	141.50	725.21	25944.47	30.58	3.79	37.78	133.54	68.60	475.30	359.32
13-11-00	RW	17	10-20	7018.50	18016.32	31302.52	165.17	818.23	27945.68	36.85	5.59	42.05	192.23	91.86	603.25	398.19
13-11-00	RW	21	10-20	5844.14	12456.85	37534.33	137.32	734.96	22863.75	58.24	3.05	27.09	195.19	71.59	597.64	293.76
13-11-00	RW	25	10-20	7392.68	15828.10	45012.08	93.53	908.76	22654.55	55.99	2.53	23.76	233.95	59.40	620.84	280.21
13-11-00	RW	29	10-20	7398.80	16958.31	42325.95	121.52	887.35	24866.25	59.62	3.04	29.38	225.71	74.69	624.07	327.49
13-11-00	RW	33	10-20	7458.62	16951.47	43433.84	134.18	941.82	26017.52	67.09	3.54	30.87	252.27	84.81	684.91	324.53
13-11-00	RW	37	10-20	7218.06	16224.34	40991.20	136.72	906.38	25303.79	62.53	3.29	31.13	228.99	79.24	637.35	319.73
13-11-00	RW	41	10-20	6676.27	15088.93	40414.01	138.56	894.41	24948.04	69.29	3.53	28.73	229.65	81.63	651.12	296.51
13-11-00	RW	45	10-20	6860.32	16548.78	35048.04	172.22	832.05	26144.15	60.03	4.31	38.00	224.06	92.08	666.73	365.77
13-11-00	RW	1	20-30	3662.97	7766.15	22892.31	70.64	402.37	16236.15	14.38	1.51	19.68	59.54	28.63	243.69	232.22
13-11-00	RW	5	20-30	5487.41	13189.84	30943.72	201.93	609.58	24423.29	42.41	5.05	36.10	174.68	84.69	572.73	372.21
13-11-00	RW	9	20-30	6708.09	15589.25	36318.59	251.85	755.51	29244.90	60.80	6.61	40.58	236.72	113.33	714.60	414.72
13-11-00	RW	13	20-30	6235.91	13431.38	33374.41	218.54	670.88	27054.17	49.56	5.59	40.29	204.71	98.73	625.19	352.70
13-11-00	RW	17	20-30	5171.10	12122.71	25586.44	179.54	563.86	22263.43	46.28	5.56	35.28	185.00	90.41	593.02	323.22
13-11-00	RW	21	20-30	6200.90	13942.82	38113.13	141.36	773.69	23884.82	61.46	3.53	26.50	211.15	75.47	641.41	339.88
13-11-00	RW	25	20-30	6928.56	14805.32	44742.28	98.74	867.16	22652.66	61.66	2.53	22.55	242.70	64.31	678.33	291.08
13-11-00	RW	29	20-30	6906.66	15370.13	43856.71	141.73	876.78	24948.76	70.73	3.80	28.07	260.24	86.03	728.76	306.02
13-11-00	RW	33	20-30	8419.83	19489.36	47457.05	162.11	1046.13	29890.84	85.61	5.07	41.28	333.21	111.20	836.74	315.40
13-11-00	RW	37	20-30	6486.91	14031.91	39432.05	123.44	778.46	22183.40	53.91	2.77	25.22	180.99	62.98	515.27	278.09
13-11-00	RW	41	20-30	6463.27	14395.09	41889.83	134.07	817.08	23671.35	74.63	3.54	25.80	246.26	80.70	653.04	294.96
13-11-00	RW	45	20-30	5567.42	12954.18	31114.91	172.44	678.33	22459.78	55.03	3.80	33.48	182.19	82.04	605.33	322.33



## Bijlage 4 Aantallen per soort per 0.18 m<sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het eerste jaar van bemonstering

De aantallen per soort hebben betrekking op het adulte stadium. Rub = *Lumbricus rubellus*, cast = *Lumbricus castaneus*, ter = *Lumbricus terrestris*, tub = *Aporrectodea caliginosa tuberculata*, cal = *Aporrectodea caliginosa caliginosa*, ros = *Aporrectodea rosea*, chlor = *Allolobophora chlorotica*, cup = *Allolobophora cupulifera*. In de kolom epi zijn alle epigeïsche soorten opgeteld. In de kolom endo is dat gedaan voor alle endogeïsche soorten. De kolom total geeft de aantallen van alle soorten zonder *L. terrestris*. In de kolom total+anec staan de totaal aantallen inclusief *L. terrestris*.

Datum	Transect	Nr	rub	cast	terr (anec)	tub	cal	ros	chlor	cup	epi	endo	total	total + anec
nov-00	RW	1				5					1	5	6	6
nov-00	RW	5			3	11					6	19	25	28
nov-00	RW	9		2	5	16					8	34	42	47
nov-00	RW	13			5	15					4	36	40	45
nov-00	RW	17		1	1	17			2		5	29	34	35
nov-00	RW	21	4	5		13			16		12	52	64	64
nov-00	RW	25	2		2	5			18		3	35	38	40
nov-00	RW	29	4			20			32		12	76	88	88
nov-00	RW	33	2			8	2		22		9	48	57	57
nov-00	RW	37	2						10		3	10	13	13
nov-00	RW	41	1						28		1	28	29	29
nov-00	RW	45				2			12			15	15	15
nov-00	D3	1	3		11	37		1			5	58	63	74
nov-00	D3	2	5	4	3	37	1		5		22	61	83	86
nov-00	D3	3	5	20	2	38		1	6		42	86	128	130
nov-00	D3	4	2	5	1	51	3		14		30	99	129	130
nov-00	D3	5	13	4		44	3		21		36	94	130	130
nov-00	D3	6	8	7		28	18		33		58	125	183	183
nov-00	D3	7	9			17	6		60		45	93	138	138
nov-00	D3	8	7			5	10		27		19	48	67	67
mei-01	RW	1												
mei-01	RW	5	1			2					3	9	12	12
mei-01	RW	9	2			9					3	26	29	29
mei-01	RW	13	1			12					1	31	32	32
mei-01	RW	17	1			23			2		1	49	50	50
mei-01	RW	21				2			8			18	18	18
mei-01	RW	25							24			27	27	27
mei-01	RW	29				3			33			40	40	40
mei-01	RW	33				4	1		43			59	59	59
mei-01	RW	37	1			17			93		1	110	111	111
mei-01	RW	41				1			51			53	53	53
mei-01	RW	45				5			32			37	37	37
mei-01	D3	1	2	1	5	56	2		1		5	81	86	91
mei-01	D3	2	7	5	2	77	4		9		15	98	113	115
mei-01	D3	3	8		3	63			6		16	79	95	98
mei-01	D3	4	3			33	4		11		11	55	66	66
mei-01	D3	5	6	3		37	5		12		16	68	84	84
mei-01	D3	6	8	1		49	3		64		17	122	139	139
mei-01	D3	7	15	2		20	17		71		28	119	147	147
mei-01	D3	8	3			8	12		37	3	3	72	75	75
aug-01	RW	1												
aug-01	RW	5	1			2					1	2	3	3
aug-01	RW	9				4					1	4	5	5
aug-01	RW	13	1			13					2	16	18	18
aug-01	RW	17	1		1	4			1		2	5	7	8
aug-01	RW	21				1						1	1	1
aug-01	RW	25				4			4		3	8	11	11
aug-01	RW	29	1			3			6		4	13	17	17
aug-01	RW	33	2	1		9			5		4	17	21	21
aug-01	RW	37	3			1			14		6	15	21	21
aug-01	RW	41	2			1			17		3	18	21	21
aug-01	RW	45				1			5			6	6	6

aug-01	D3	1	1		40		1		2	49	51	51
aug-01	D3	2	6	1	62	1		6	8	73	81	82
aug-01	D3	3	6	1	61	2		5	8	74	82	83
aug-01	D3	4	9		47			12	16	63	79	79
aug-01	D3	5	11		28			13	15	50	65	65
aug-01	D3	6	11		43	6	1	33	15	97	112	112
aug-01	D3	7	4		21	1		37	4	5	77	82
aug-01	D3	8	4		18			12	6	6	52	58

**Bijlage 5 Aantallen per soort per 0.18 m<sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het tweede jaar van bemonstering.**

*Voor een verklaring van de kolommen, zie Bijlage 4.*

Datum	Transect	Nr	rub	cast	terr (anec)	tub	cal	ros	chlor	cup	epi	endo	total	total + anec
nov-01	RW	1			1	1					7	1	8	9
nov-01	RW	5			1	35					4	36	40	41
nov-01	RW	9	1	3	1	42					4	42	46	47
nov-01	RW	13			3	45			1		1	52	53	56
nov-01	RW	17			5	46			20		3	75	78	83
nov-01	RW	21	4	2		6			18		11	24	35	35
nov-01	RW	25	9	1					2		11	2	13	13
nov-01	RW	29	22	4		21	4		27		41	62	103	103
nov-01	RW	33	6	1		11	2		8		47	27	74	74
nov-01	RW	37	26	1		5			17		42	22	64	64
nov-01	RW	41	7			1			14		10	15	25	25
nov-01	RW	45	4						9		4	10	14	14
nov-01	D3	1		10	3	37	17		1		20	80	100	103
nov-01	D3	2	2	14	2	21	35		7		26	85	111	113
nov-01	D3	3	4	8	5	8	34		13		38	98	136	141
nov-01	D3	4	10	4		14	28		13		28	101	129	129
nov-01	D3	5	16	15		14	17		14		44	67	111	111
nov-01	D3	6	9	6		31	40		33	4	43	159	202	202
nov-01	D3	7	2	4		16	4		27	7	16	84	100	100
nov-01	D3	8	8			8	2		27	18	37	79	116	116
mei-02	RW	1			1	5						5	5	6
mei-02	RW	5			5	43					3	43	46	51
mei-02	RW	9	1			36					1	36	37	37
mei-02	RW	13			3	62					3	62	65	68
mei-02	RW	17	1			48			2		1	50	51	51
mei-02	RW	21	4			6			21		5	27	32	32
mei-02	RW	25	12			8			16		12	30	42	42
mei-02	RW	29	13			4	2		5		17	12	29	29
mei-02	RW	33	22			9	2		12		23	25	48	48
mei-02	RW	37	8			5	1		49		8	58	66	66
mei-02	RW	41	3						61		6	61	67	67
mei-02	RW	45				4			14		1	18	19	19
mei-02	D3	1	3		3	95	4		9		6	108	114	117
mei-02	D3	2	1	1	3	38	16		18		7	94	101	104
mei-02	D3	3	1			44	18		17		11	103	114	114
mei-02	D3	4	3	2		28	11		12		22	81	103	103
mei-02	D3	5	2	2	2		29		18		14	91	105	107
mei-02	D3	6	2				20		49	5	17	128	145	145
mei-02	D3	7	3			1	9		47	14	9	80	89	89
mei-02	D3	8				3			21	34	3	85	88	88
aug-02	RW	1	1		6	8					3	9	12	18
aug-02	RW	5			4	25					2	41	43	47
aug-02	RW	9			4	21					5	33	38	42
aug-02	RW	13			2	25					2	35	37	39
aug-02	RW	17			1	47			1		2	54	56	57
aug-02	RW	21	3			5			6		4	11	15	15

aug-02	RW	25			4		4	2	8	10	10
aug-02	RW	29	2		3		1	5	11	16	16
aug-02	RW	33	11		2	2	2	12	9	21	21
aug-02	RW	37	3		7		19	4	26	30	30
aug-02	RW	41			1		9	5	10	15	15
aug-02	RW	45	1		4		4	2	11	13	13
aug-02	D3	1	2		16		7	5	29	34	34
aug-02	D3	2	1		29		4	2	38	40	40
aug-02	D3	3	4		4	5	3	7	17	24	24
aug-02	D3	4	5		26		9	8	45	53	53
aug-02	D3	5	6		14		9	9	31	40	40
aug-02	D3	6	3		8	4	14	4	29	33	33
aug-02	D3	7	5		11		20	1	8	36	44
aug-02	D3	8	6				5	20	14	33	47

**Bijlage 6 Biomassa (g) per soort per 0.18 m<sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het eerste jaar van bemonstering.**

*Voor een verklaring van de kolommen, zie Bijlage 4.*

Datum	Transect	Nr	rub	cast	terr (anec)	tub	cal	ros	chlor	cup	epi	endo	total	total + anec
nov-00	RW	1				3.735					0.272	3.735	4.007	4.007
nov-00	RW	5			2.466	5.112					1.379	6.274	7.653	10.119
nov-00	RW	9		0.429	5.355	5.304					2.037	6.736	8.773	14.128
nov-00	RW	13			6.082	2.768					0.655	4.475	5.130	11.212
nov-00	RW	17		0.187	1.538	3.351			0.441		0.763	4.462	5.225	6.763
nov-00	RW	21	2.839	1.069		4.533			3.276		4.541	9.540	14.081	14.081
nov-00	RW	25	1.372		0.109	1.582			2.203		1.589	4.941	6.530	6.639
nov-00	RW	29	2.150			10.733			3.785		4.649	15.705	20.354	20.354
nov-00	RW	33	0.985			4.737	0.416		3.346		2.055	10.598	12.653	12.653
nov-00	RW	37	1.030						1.931		1.212	1.931	3.143	3.143
nov-00	RW	41	0.686						4.355		0.686	4.355	5.041	5.041
nov-00	RW	45				1.706			2.116			3.914	3.914	3.914
nov-00	D3	1	1.415		11.225	13.896		0.252			1.620	16.045	17.665	28.890
nov-00	D3	2	2.237	0.654	3.733	11.188	0.216		0.873		5.149	14.285	19.434	23.167
nov-00	D3	3	2.369	3.177	5.949	10.940		0.186	0.887		8.630	14.899	23.529	29.478
nov-00	D3	4	1.118	0.761	1.270	15.099	0.643		2.718		5.628	21.239	26.867	28.137
nov-00	D3	5	7.079	0.558		13.316	0.518		2.906		11.777	18.784	30.561	30.561
nov-00	D3	6	4.180	1.082		7.767	3.069		5.017		11.001	18.558	29.559	29.559
nov-00	D3	7	3.114			4.715	1.329		10.839		9.505	17.495	27.000	27.000
nov-00	D3	8	3.504			1.653	2.356		4.194		5.754	8.466	14.220	14.220
mei-01	RW	1												
mei-01	RW	5	0.449			0.610					0.676	1.822	2.498	2.498
mei-01	RW	9	0.636			4.727					0.960	7.988	8.948	8.948
mei-01	RW	13	0.398			4.158					0.398	7.410	7.808	7.808
mei-01	RW	17	0.450			10.136			0.271		0.450	14.401	14.851	14.851
mei-01	RW	21				0.805			1.498			3.071	3.071	3.071
mei-01	RW	25							4.478			4.691	4.691	4.691
mei-01	RW	29				1.541			7.281			9.288	9.288	9.288
mei-01	RW	33				1.234	0.218		9.507			11.778	11.778	11.778
mei-01	RW	37	0.542			3.345			20.388		0.542	23.733	24.275	24.275
mei-01	RW	41				0.784			11.476			12.406	12.406	12.406
mei-01	RW	45				1.795			6.300			8.095	8.095	8.095
mei-01	D3	1	0.981	0.177	3.613	22.939	0.464		0.307		1.555	25.882	27.437	31.050
mei-01	D3	2	4.026	0.860	4.543	31.212	0.815		1.635		5.272	35.592	40.864	45.407
mei-01	D3	3	4.640		6.029	23.299			1.049		6.289	25.409	31.698	37.727
mei-01	D3	4	1.366			9.703	0.925		2.877		2.466	13.959	16.425	16.425
mei-01	D3	5	2.758	0.554		12.654	1.186		2.758		4.929	17.116	22.045	22.045
mei-01	D3	6	3.786	0.232		13.563	1.035		13.888		5.748	28.755	34.503	34.503
mei-01	D3	7	7.289	0.436		6.265	4.866		14.774		10.041	26.475	36.516	36.516
mei-01	D3	8	1.310			2.345	3.304		6.987	0.487	1.526	13.701	15.227	15.227
aug-01	RW	1												
aug-01	RW	5	1.147			1.233					1.147	1.233	2.380	2.380
aug-01	RW	9				1.583					0.637	1.583	2.220	2.220
aug-01	RW	13	0.747			4.196					0.887	4.196	5.083	5.083
aug-01	RW	17	0.939		1.419	4.355			0.237		1.313	4.592	5.905	7.324
aug-01	RW	21				0.518						0.518	0.518	0.518
aug-01	RW	25				0.851			0.826		0.421	1.677	2.098	2.098
aug-01	RW	29	0.614			1.981			1.912		1.031	3.893	4.924	4.924
aug-01	RW	33	0.962	0.137		5.079			1.281		1.167	6.360	7.527	7.527
aug-01	RW	37	1.559			0.784			2.766		2.018	3.550	5.568	5.568
aug-01	RW	41	0.495			0.406			3.471		0.539	3.877	4.416	4.416
aug-01	RW	45				0.314			0.674			0.988	0.988	0.988
aug-01	D3	1	0.779			14.830		0.285			0.984	15.490	16.474	16.474
aug-01	D3	2	4.526		0.673	21.531	0.250		1.066		4.972	23.004	27.976	28.649
aug-01	D3	3	4.006		1.857	20.134	0.491		0.940		4.072	22.099	26.171	28.028
aug-01	D3	4	5.421			19.553			2.383		6.109	22.315	28.424	28.424
aug-01	D3	5	7.647			11.436			2.880		7.959	14.682	22.641	22.641
aug-01	D3	6	6.791			13.237	1.708	0.204	6.321		8.083	22.558	30.641	30.641
aug-01	D3	7	2.123			7.893	0.258		7.127	1.116	2.392	17.341	19.733	19.733
aug-01	D3	8	3.506			5.284			2.441	1.426	3.755	10.411	14.166	14.166



**Bijlage 7 Biomassa (g) per soort per 0.18 m<sup>2</sup> in de 0-20 cm bodemlaag van D3 en RW tijdens het tweede jaar van bemonstering.**

*Voor een verklaring van de kolommen, zie Bijlage 4*

Datum	Transect	Nr	rub	cast	terr (anec)	tub	cal	ros	chlor	cup	epi	endo	total	total + anec
nov-01	RW	1			3.533	2.565					2.565	2.565	5.130	8.663
nov-01	RW	5			0.932	20.379					0.820	20.466	21.286	22.218
nov-01	RW	9	0.503	0.623	0.983	23.799					1.126	23.799	24.925	25.908
nov-01	RW	13			3.754	25.632			0.294		0.323	26.373	26.696	30.450
nov-01	RW	17			7.486	22.346			0.593		0.834	23.852	24.686	32.172
nov-01	RW	21	1.910	0.381		4.620			4.943		3.540	9.563	13.103	13.103
nov-01	RW	25	4.365	0.178					0.296		4.612	0.296	4.908	4.908
nov-01	RW	29	10.220	0.761		11.632	1.266		8.527		14.449	22.143	36.592	36.592
nov-01	RW	33	2.108	0.179		4.173	0.413		1.489		11.250	6.540	17.790	17.790
nov-01	RW	37	14.123	0.204		3.365			1.684		18.690	5.049	23.739	23.739
nov-01	RW	41	4.333			0.533			2.254		4.991	2.787	7.778	7.778
nov-01	RW	45	4.678						1.668		4.678	1.852	6.530	6.530
nov-01	D3	1		1.523	5.657	14.646	4.849		0.177		2.772	21.248	24.020	29.677
nov-01	D3	2	0.877	1.997	3.420	8.316	11.326		1.230		4.189	22.187	26.376	29.796
nov-01	D3	3	2.185	1.139	4.839	1.953	11.216		2.641		6.571	18.812	25.383	30.222
nov-01	D3	4	4.821	0.561		4.744	7.665		2.574		6.824	18.430	25.254	25.254
nov-01	D3	5	6.151	2.016		4.605	4.541		2.580		10.556	13.029	23.585	23.585
nov-01	D3	6	3.889	0.911		8.730	11.336		5.398	0.758	8.331	29.444	37.775	37.775
nov-01	D3	7	0.716	0.483		4.793	0.712		3.402	1.396	2.512	12.317	14.829	14.829
nov-01	D3	8	3.485			2.620	0.406		4.083	3.131	8.369	11.618	19.987	19.987
mei-02	RW	1			1.294	5.154						5.154	5.154	6.448
mei-02	RW	5			4.633	26.381					1.464	26.381	27.845	32.478
mei-02	RW	9	0.882			18.274					0.882	18.274	19.156	19.156
mei-02	RW	13			2.695	37.813					1.282	37.813	39.095	41.790
mei-02	RW	17	0.589			18.344			0.605		0.589	18.949	19.538	19.538
mei-02	RW	21	3.059			2.968			5.839		3.118	8.807	11.925	11.925
mei-02	RW	25	9.738			6.457			4.369		9.738	10.964	20.702	20.702
mei-02	RW	29	8.791			2.049	0.530		1.680		9.614	4.362	13.976	13.976
mei-02	RW	33	11.474			6.541	0.535		2.943		11.734	10.481	22.215	22.215
mei-02	RW	37	6.212			3.731	0.261		11.822		6.212	15.974	22.186	22.186
mei-02	RW	41	1.914						15.486		2.199	15.486	17.685	17.685
mei-02	RW	45				2.069			2.874		0.037	4.943	4.980	4.980
mei-02	D3	1	0.439		2.175	21.140	0.817		1.354		1.067	23.311	24.378	26.553
mei-02	D3	2	0.688	0.122	1.781	7.908	4.348		2.812		1.858	16.084	17.942	19.723
mei-02	D3	3	0.531			8.031	5.623		2.705		3.467	17.861	21.328	21.328
mei-02	D3	4	1.649	0.264		6.842	2.724		2.229		6.839	14.193	21.032	21.032
mei-02	D3	5	0.922	0.352	1.141		9.079		3.042		3.047	18.446	21.493	22.634
mei-02	D3	6	1.249				6.730		7.265	0.830	4.869	21.205	26.074	26.074
mei-02	D3	7	1.345			0.529	2.789		8.367	3.141	2.692	16.914	19.606	19.606
mei-02	D3	8				1.126			4.528	6.760	0.370	14.156	14.526	14.526
aug-02	RW	1	1.008		8.074	6.921					9.309	7.027	16.336	24.410
aug-02	RW	5			4.741	11.741					0.235	12.835	13.070	17.811
aug-02	RW	9			9.456	10.944					10.670	11.785	22.455	31.911
aug-02	RW	13			3.337	12.077					3.920	12.677	16.597	19.934
aug-02	RW	17			4.210	18.518			0.113		4.416	19.036	23.452	27.662
aug-02	RW	21	2.296			2.964			1.170		2.345	4.134	6.479	6.479
aug-02	RW	25				2.414			0.717		0.110	3.131	3.241	3.241
aug-02	RW	29	0.887			0.740			0.233		1.056	1.438	2.494	2.494
aug-02	RW	33	5.329			1.304	0.513		0.420		5.449	2.366	7.815	7.815
aug-02	RW	37	1.196			5.112			4.109		1.255	9.221	10.476	10.476
aug-02	RW	41				0.593			1.688		0.348	2.281	2.629	2.629
aug-02	RW	45	0.580			2.726			0.448		0.580	3.453	4.033	4.033
aug-02	D3	1	0.853			5.266			0.707		1.052	6.463	7.515	7.515
aug-02	D3	2	0.538			8.122			0.353		0.805	9.177	9.982	9.982
aug-02	D3	3	2.166			1.306	1.152		0.358		2.863	3.264	6.127	6.127
aug-02	D3	4	2.317			5.217			0.926		2.706	6.943	9.649	9.649
aug-02	D3	5	2.744			2.385			1.125		3.266	4.035	7.301	7.301
aug-02	D3	6	1.104			1.945	0.860		1.723		1.209	4.758	5.967	5.967
aug-02	D3	7	2.377			2.035			2.160	0.097	2.692	4.594	7.286	7.286
aug-02	D3	8	3.225						0.615	2.162	3.898	3.618	7.516	7.516





**Bijlage 8 Biomassa (g/0.18 m<sup>2</sup>) van de gepigmenteerde en ongepigmenteerde groepen en van *L terrestris* per transect per bemonsteringsperiode**

		Gepigmenteerde groep (excl. L.terr)			Lumbricus terrestris			Ongepigmenteerde groep		
Transect	Nr	Nov-00	Nov-02	mean	Nov-00	Nov-02	mean	Nov-00	1-Nov	Mean
D3	1	1.62	2.77	2.20	11.23	5.66	8.44	16.05	21.25	18.65
D3	2	5.15	4.19	4.67	3.73	3.42	3.58	14.29	22.19	18.24
D3	3	8.63	6.57	7.60	5.95	4.84	5.39	14.90	18.81	16.86
D3	4	5.63	6.82	6.23	1.27	0.00	0.64	21.24	18.43	19.83
D3	5	11.78	10.56	11.17	0.00	0.00	0.00	18.78	13.03	15.91
D3	6	11.00	8.33	9.67	0.00	0.00	0.00	18.56	29.44	24.00
D3	7	9.51	2.51	6.01	0.00	0.00	0.00	17.50	12.32	14.91
D3	8	5.75	8.37	7.06	0.00	0.00	0.00	8.47	11.62	10.04
RW	1	0.27	2.57	1.42	0.00	3.53	1.77	3.74	2.57	3.15
RW	5	1.38	0.82	1.10	2.47	0.93	1.70	6.27	20.47	13.37
RW	9	2.04	1.13	1.58	5.36	0.98	3.17	6.74	23.80	15.27
RW	13	0.66	0.32	0.49	6.08	3.75	4.92	4.48	26.37	15.42
RW	17	0.76	0.83	0.80	1.54	7.49	4.51	9.54	23.85	16.70
RW	21	4.54	3.54	4.04	0.00	0.00	0.00	7.81	9.56	8.69
RW	25	1.59	4.61	3.10	0.11	0.00	0.05	4.94	0.30	2.62
RW	29	4.65	14.45	9.55	0.00	0.00	0.00	15.71	22.14	18.92
RW	33	2.06	11.25	6.65	0.00	0.00	0.00	10.60	6.54	8.57
RW	37	1.21	18.69	9.95	0.00	0.00	0.00	1.93	5.05	3.49
RW	41	0.69	4.99	2.84	0.00	0.00	0.00	4.36	2.79	3.57
RW	45	0.00	4.68	2.34	0.00	0.00	0.00	2.21	1.85	2.03
Transect	Nr	May-01	May-02	mean	May-01	May-02	mean	May-02	May-02	mean
D3	1	1.56	1.07	1.31	3.61	2.18	2.89	23.71	23.31	23.51
D3	2	5.27	1.86	3.57	4.54	1.78	3.16	33.66	16.08	24.87
D3	3	6.29	3.47	4.88	6.03	0.00	3.01	24.35	17.86	21.10
D3	4	2.47	6.84	4.65	0.00	0.00	0.00	13.51	14.19	13.85
D3	5	4.93	3.05	3.99	0.00	1.14	0.57	17.12	18.45	17.78
D3	6	5.75	4.87	5.31	0.00	0.00	0.00	28.49	21.21	24.85
D3	7	10.04	2.69	6.37	0.00	0.00	0.00	25.91	16.91	21.41
D3	8	1.31	0.37	0.84	0.00	0.20	0.10	13.12	14.16	13.64
RW	1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29	0.65	0.00	5.15	2.58
RW	5	0.68	1.46	1.07	0.00	4.63	2.32	1.82	26.38	14.10
RW	9	0.96	0.88	0.92	0.00	0.00	0.00	7.99	18.27	13.13
RW	13	0.40	1.28	0.84	0.00	2.70	1.35	7.41	37.81	22.61
RW	17	0.45	0.59	0.52	0.00	0.00	0.00	14.40	18.95	16.68
RW	21	0.00	3.12	1.56	0.00	0.00	0.00	3.07	8.81	5.94
RW	25	0.00	9.74	4.87	0.00	0.00	0.00	4.69	10.96	7.83
RW	29	0.00	9.61	4.81	0.00	0.00	0.00	9.29	4.36	6.83
RW	33	0.00	11.73	5.87	0.00	0.00	0.00	11.78	10.48	11.13
RW	37	0.54	6.21	3.38	0.00	0.00	0.00	23.73	15.97	19.85
RW	41	0.00	2.20	1.10	0.00	0.00	0.00	12.41	15.49	13.95
RW	45	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	8.10	4.94	6.52
Transect	Nr	May-01	May-02	mean	May-01	May-02	mean	May-02	May-02	mean
D3	1	0.98	1.05	1.02	0.00	0.00	0.34	15.49	6.46	10.98
D3	2	4.97	0.81	2.89	0.67	0.00	0.93	23.00	9.18	16.09
D3	3	4.07	2.86	3.47	1.86	0.00	0.00	22.10	3.26	12.68
D3	4	6.11	2.71	4.41	0.00	0.00	0.00	22.32	6.94	14.63
D3	5	7.96	3.27	5.61	0.00	0.00	0.00	14.68	4.04	9.36
D3	6	8.08	1.21	4.65	0.00	0.00	0.00	22.56	4.76	13.66
D3	7	2.39	2.69	2.54	0.00	0.00	0.00	17.34	4.59	10.97
D3	8	3.76	3.90	3.83	0.00	0.00	0.00	10.41	3.62	7.01
RW	1	0.00	1.24	0.62	0.00	8.07	0.00	0.00	7.03	3.51
RW	5	1.15	4.98	3.06	0.00	0.00	4.73	1.23	12.84	7.03
RW	9	0.64	1.21	0.93	0.00	9.46	1.67	1.58	11.79	6.68
RW	13	0.89	0.58	0.74	0.00	3.34	2.11	4.20	12.68	8.44
RW	17	1.31	0.21	0.76	0.00	4.21	0.00	4.59	19.04	11.81
RW	21	0.00	2.35	1.17	0.00	0.00	0.00	0.52	4.13	2.33
RW	25	0.42	0.11	0.27	0.00	0.00	0.00	1.68	3.13	2.40
RW	29	1.03	1.06	1.04	0.00	0.00	0.00	3.89	1.44	2.67
RW	33	1.17	5.45	3.31	0.00	0.00	0.00	6.36	2.37	4.36
RW	37	2.02	1.26	1.64	0.00	0.00	0.00	3.55	9.22	6.39
RW	41	0.54	0.35	0.44	0.00	0.00	0.00	3.88	2.28	3.08
RW	45	0.00	0.58	0.29	0.00	0.00	0.00	0.99	3.45	2.22



## Bijlage 9 Metaalgehalten in regenwormen in de ADW.

*Monstername nov 2000. rub = Lumbricus rubellus, cal = Aporetodea caliginosa, chl = Allolobophora chlorotica. Adulte stadia*

Transect punt	Worm species	N	Al [mg/kg]	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Hg [ug/kg]	Mn [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
RW37	rub	2	1895	5.3	14.0	13.7	35.6	647	166.9	8.0	16.5	597
	cal	9	222	18.3	24.8	10.0	21.4	2617	29.1	9.3	< 1.8	589
RW33	rub	2	1330	10.6	36.6	25.3	27.4	948	104.3	9.4	10.2	622
	cal	8	494	15.0	37.0	10.4	15.9	3105	40.6	5.2	7.5	951
	chl	10	941	28.5	37.2	12.7	26.9	5595	64.8	6.5	14.4	942
RW29	rub	4	3640	31.1	42.3	33.9	34.1	1650	258.3	13.9	38.1	1081
	cal	7	872	13.1	37.7	8.3	20.2	3731	63.5	4.4	10.3	1098
	chl	14	385	21.8	38.8	4.3	22.2	5960	42.3	3.5	4.9	563
RW25	rub	2	1873	8.2	34.7	35.1	30.9	1893	160.6	10.6	22.5	926
	cal	2	214	10.2	47.3	9.7	20.9	10810	20.7	6.4	< 3.3	877
	chl	7	73	11.7	25.4	< 3.0	15.4	5166	14.2	2.8	< 3.0	468
RW21	rub	2	3279	12.1	47.0	44.5	35.3	3622	239.4	14.8	47.9	1419
	cal	5	544	12.6	36.6	6.7	17.9	4982	44.1	4.4	7.4	1058
	chl	12	699	21.6	45.2	9.8	20.9	5954	56.9	6.8	7.5	682
DIII-1	rub	2	3131	35.0	54.7	16.1	22.7	1736	162.8	9.5	19.5	694
	ter	2	3031	6.0	22.8	19.3	21.8	1350	160.4	9.4	26.3	768
	cal	11	1536	16.1	38.8	10.8	21.1	1963	79.5	5.5	14.7	676
DIII-2	rub	5	2453	13.8	39.0	72.2	23.2	1050	123.6	12.3	19.0	623
	ter	1	1987	5.3	34.6	13.3	22.2	1126	129.0	6.8	18.2	988
	cal	10	2434	16.1	46.7	16.9	26.1	2249	96.0	8.0	22.5	910
	chl	3	129	13.6	31.8	1.7	9.5	2928	17.8	4.5	< 6.0	302
DIII-3	rub	4	3399	17.9	48.7	20.2	26.7	1762	216.8	10.5	30.5	926
	ter	2	2114	13.4	44.5	14.2	21.3	1989	120.7	7.0	23.3	1353
	cal	8	1226	11.8	34.1	18.6	22.8	2437	68.7	8.2	11.4	772
	chl	2	880	22.5	49.1	1.1	19.6	5747	55.3	< 5.0	32.9	643
DIII-4	rub		6683	10.9	50.3	36.6	34.0	2209	257.7	< 3.5	70.2	1372
	cal	20	2141	14.0	42.6	42.0	28.6	3977	93.2	10.2	20.1	914
	chl	13	807	22.6	28.0	26.7	19.7	1569	43.5	1.4	10.4	454
DIII-5	rub	9	3458	13.0	41.9	22.4	29.0	997	160.4	7.6	31.6	1096
	cal	12	1541	18.5	35.5	11.3	23.8	1566	77.8	3.7	16.5	913
	chl	10	334	27.4	37.0	3.3	14.5	2915	28.3	< 1.0	6.4	516
DIII-6	rub	7	4844	8.6	43.5	30.3	34.8	1654	201.2	10.2	45.0	1259
	cal	14	1690	17.5	46.1	25.5	28.0	3919	79.0	5.9	20.8	1067
	chl	18	314	59.3	49.3	4.9	17.5	2803	25.0	1.7	10.0	810
DIII-7	rub	7	4977	20.8	43.7	25.6	28.0	1228	215.4	9.0	39.6	837
	cal	9	806	16.0	44.6	9.4	25.1	2552	46.8	3.6	8.4	1075
	chl	46	582	72.5	38.2	3.8	19.5	1786	38.1	2.9	10.6	750
DIII-8	rub	4	3800	9.0	52.7	28.1	36.0	1428	169.4	6.7	42.5	1183
	cal	11	321	6.1	36.4	7.5	29.1	2935	27.2	< 1.0	9.0	1151
	chl	18	204	55.5	41.9	2.6	19.2	2232	25.5	2.7	9.3	642