

WORMENWERK

Hoe kunnen regenwormen de duurzame boer helpen?



Jeroen Onrust

COLOFON

Dit onderzoek werd gefinancierd door het Wereld Natuur Fonds.

Wijze van citeren: Onrust, J. (2021) Wormenwerk. Hoe kunnen regenwormen de duurzame boer helpen? Rapport van Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen.

Foto's: Jeroen Onrust & Theunis Piersma (pagina 8).

Conservation Ecology Group
Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES)
Rijksuniversiteit Groningen
Postbus 11103
9700 CC Groningen

E-mail: J.Onrust@rug.nl



**rijksuniversiteit
groningen**

Inhoud

Samenvatting en vooruitzicht	4
Introductie	5
Methode	9
Resultaten	14
Discussie	25
Dankwoord	28
Literatuurlijst	29
Bijlagen	31

Samenvatting en vooruitzicht

Dit onderzoek heeft ons veel inzicht gegeven over de dynamiek van een regenwormenpopulatie en dat het goed in kaart brengen van een regenwormenpopulatie daarmee nog niet zo eenvoudig is. Het voorjaar van 2021 was bijvoorbeeld een stuk natter dan 2020 en de aantallen regenwormen waren in 2021 daarmee ook ruim vier keer hoger dan in 2020 voor de graslandpercelen in Ferwoude (Fig. B1). De belangrijkste conclusie is dat alles in het boerenland draait om water. Regenwormen blijven namelijk actief als de bodem vochtig is en dat betekent dat ze hun belangrijke werk als ecosysteem-bouwer kunnen blijven uitvoeren en dat ze beschikbaar blijven voor al die wormeneters van het boerenland (Onrust *et al.* 2019, Rundgren 1975).

Percelen met de grootste dynamiek in regenwormen aantallen gedurende het jaar (kruidenrijk grasland en natuurbraakstrook 2), hadden echter ook het hoogste aandeel adulte en rode regenwormen. Het lijkt er dus op dat in die percelen regenwormen beter in staat zijn om met veranderende omstandigheden om te gaan doordat ze waarschijnlijk in een bodem zitten met een bodemstructuur die hen in staat stelt om dieper weg te kunnen kruipen. Hierdoor herstellen deze populaties zich sneller wat waarschijnlijk ook zijn weerslag heeft op het hele functioneren van het ecosysteem van dat perceel.

Dit levert allerlei vragen op voor vervolgonderzoek. Zijn bodems waar regenwormen de kans krijgen om te werken daarmee veerkrachtiger en beter in staat om zonder input van buitenaf te functioneren? Levert dit naast een gezonde regenwormenpopulatie ook een robuust voedselweb op, waar naast rode wormen, ook insecten, weidevogels, koeien en boeren een gezond bestaan op kunnen bouwen?

Wat dit onderzoek heeft duidelijk gemaakt is dat goed kijken naar een belangrijke groep dieren in dat boerenland ons ontzettend veel inzichten geeft over dat hele boerenland. Door niet alleen naar aantallen te kijken, maar juist ook naar hoe die aantallen zich verhouden tot andere seizoenen en percelen en naar hoe een populatie is opgebouwd, kunnen we veel meer zeggen over het functioneren van de wormen in de bodem. Door de komende jaren op een vergelijkbare wijze naar nog meer soortsgroepen te kijken in het Grutto-Landschap project, hopen we nog beter in de vingers te krijgen wat er nodig is om de stap te maken naar een ecologische manier van boeren met aandacht voor biodiversiteit, gezondheid van mens en dier en duurzaamheid.

Introductie

Ze leiden een onzichtbaar bestaan in de duisternis van de nacht en van de bodem, maar het zijn misschien wel de belangrijkste organismen in een ecosysteem: regenwormen. Ze graven gangen door de bodem, ze trekken strooisel in de grond en zorgen ervoor dat het bovengrondse voedselweb weer kan floreren door het sneller vrijmaken van voedingsstoffen uit strooisel, maar ook door zelf als voedselbron te dienen voor de vele wormeneters waaronder weidevogels. In de bodem van het boerenland zijn regenwormen het meest algemeen onder de beestjes groter dan 2 mm (de macrofauna). Hun dichtheid kan oplopen tot wel 1000 individuen per vierkante meter, dat zijn dus 10 miljoen regenwormen per hectare. Samen vertegenwoordigen ze dan hetzelfde gewicht als 2-3 melkkoeien samen, en daarmee overtreffen ze het aantal melkkoeien in de melkveehouderij (biologisch gemiddeld 1 koe per hectare, gangbaar gemiddeld 2 koe per hectare).

Deze aantallen zijn echter niet constant. Regenwormen zijn gevoelig voor veranderingen in het weer en het beheer van de bodem (Onrust 2017). In periodes van droogte kunnen hun aantallen drastisch kelderen (Eggleton *et al.* 2009). Ook bodemverstoring door scheuren of ploegen zorgt voor een afname van het aantal regenwormen (van Eekeren *et al.* 2008). Dat deze vochtminnende organismen desondanks zo succesvol zijn op het droge land heeft waarschijnlijk te maken met hun aanpassingsvermogen om snel te kunnen reageren op veranderende omstandigheden. Een populatie regenwormen is dus dynamisch en aantallen fluctueren tussen jaren, maar ook binnen jaren (Daniel 1992). Het doel van dit onderzoek is om beter inzicht te krijgen in die populatiedynamiek van regenwormen in het boerenland en hoe dit verschilt tussen percelen met een variatie aan boerenbeheer. Naast dat het meer kennis over de biologie van regenwormen oplevert, zal het daarmee ook een belangrijke bijdrage leveren aan hoe we tot een andere landbouw kunnen komen waar de 'bodem' weer het werk doet, omdat een heel scala aan organismen weer een plek hebben. Dit onderzoek staat daarmee aan de basis van het Grutto-Landschap project dat in 2021 van start is gegaan en waarbij er wordt gezocht naar hoe ecologische kennis van sleutelsoorten kan bijdragen aan het herstel van de voedselkringlopen in de melkveehouderij (Hooijmeijer *et al.* 2021).

Het aantal beschrijvende studies over de jaarlijkse dynamiek van regenwormenpopulaties is schaars en zijn voornamelijk uitgevoerd in permanent grasland (Evans & Guild 1947, Gerard 1967, Rundgren 1975, Daniel 1992). In dit onderzoek hebben we gekeken in verschillende typen landbouwpercelen langs een gradiënt van landbouwintensiteit. Grondbewerking kan een desastreus effect hebben op een regenwormenpopulatie (Ernst & Emmerling 2009) en daarom zijn over het algemeen de aantallen en diversiteit in akkerbouwland lager dan in grasland (Lee 1985). Door een jaar lang regelmatig de wormenstand in kaart te brengen in verschillende percelen, proberen we een eerste voorzichtige vergelijking te maken tussen landbouwtype, gewassen, grondbewerking en seizoenen.

Daarvoor hebben we bij Ferwoude (Zuidwest-Friesland) drie percelen (twee graslanden en een maisakker) uitgekozen die vlak bij elkaar lagen (maximaal 500 meter uit elkaar)

en dus dezelfde bodemtype (lichte zavel) hadden, maar verschilden in beheer. Een ander belangrijk argument om juist daar te kijken is dat het gangbare intensieve grasland en maisakker in de nabije toekomst zal worden heringericht naar een meer natuurvriendelijke manier van landbouw waarin ecologische processen weer worden hersteld. Om die veranderingen goed te kunnen meten en wetenschappelijk te kunnen onderbouwen hebben we een goede nulmeting nodig en dit onderzoek was daarvoor een uitgelezen kans. Naast deze drie percelen in Friesland is er ook gekeken naar akkerbouwpercelen (tarwe, aardappel en natuurbraak) met hetzelfde bodemtype in Muntendam (Midden-Groningen).

Er is daarbij niet alleen gekeken naar aantallen regenwormen, maar juist ook naar de verschillende soorten regenwormen. In Nederland komen ongeveer 25 verschillende soorten regenwormen voor die grofweg in te delen zijn in twee groepen op basis van hun voedsel生态学 (Curry & Schmidt 2007). Regenwormen die afhankelijk zijn van plantaardig materiaal aan de oppervlakte worden rode wormen genoemd vanwege hun vaak dieprode kleur. De groep omvat dus zowel de grote pendelaars die permanente gangen hebben en diep in de grond kunnen wegkruipen als strooiselwormen die zich op plekken met veel organisch materiaal ophouden. De andere groep regenwormen zijn de grijze wormen die veelal bodemdeeltjes en humus eten en niet of nauwelijks gepigmenteerd zijn. Rode wormen zijn *humusvormers*, terwijl grijze wormen *humuseters* zijn (Lee 1985). Het was dus belangrijk om niet alleen te kijken naar aantallen regenwormen, maar juist ook naar de verschillende soorten regenwormen.



Regenwormen zijn grofweg in te delen in twee groepen: ongepigmenteerde grijze wormen (boven) en rood gepigmenteerde rode wormen (onder).

Rode wormen zijn veel minder algemeen dan grijze wormen. Op grond van onze eigen metingen (Onrust & Piersma 2019) is gemiddeld een op de vier regenwormen in het boerenland een rode worm. Dat komt waarschijnlijk doordat rode wormen gevoeliger zijn voor droogte en verstoring dan grijze wormen (Onrust *et al.* 2019). Het is dus waarschijnlijk dat in meer ongestoorde bodems meer rode wormen voorkomen. Rode wormen staan aan het begin van de afbraakcyclus doordat ze organisch materiaal de grond intrekken en afbreken, daarmee faciliteren ze gunstige omstandigheden voor andere bodemorganismen zoals bacteriën en schimmels en dragen daarmee bij aan de vruchtbaarheid van de bodem. Ook staan rode wormen aan het begin van de voedselcyclus voor veel regenwormeneters zoals kieviten, lijsters, buizerds en vossen. Rode regenwormen spelen dus een cruciale rol in het ecosysteem en worden daarom ook wel ecosysteem-bouwers genoemd (Onrust *et al.* 2019)

De aantallen individuen in een populatie wordt bepaald door reproductie en sterfte. Een populatie dat groeit bevat relatief meer juveniele individuen dan adulten. Door maandelijks naar de leeftijdsopbouw van een populatie te kijken kun je een beeld krijgen van wanneer sterfte en reproductie plaatsvinden. Adulte regenwormen zijn te onderscheiden van juveniele regenwormen door de aanwezigheid van het zadel (clitellum). Dat is een verdikking van een aantal segmenten dat een rol speelt bij de voortplanting. Per soort is daarom ook gekeken naar het aantal regenwormen met en zonder een zadel.



Adulte regenwormen reproduceren door te paren met een andere individu. Regenwormen zijn hermafrodit en hebben dus zowel mannelijke als vrouwelijke geslachtsorganen, maar zelfbevruchting komt zelden voor (Edwards & Bohlen 1996, Lee 1985). Na de paring vormt zich een cocon rondom het zadel dat vervolgens wordt afgeworpen en in de bodem wordt afgezet. In deze coconnetjes groeit het embryo uit tot een regenworm die vervolgens na enkele maanden uitkomen. Hoewel er meerdere bevruchte eitjes in het cocon zitten, komt er meestal maar één juveniel succesvol uit. Het moment van uitkomen wordt voornamelijk door bodemvochtcondities gestuurd (Lee 1985). Onder droge omstandigheden wordt dit uitgesteld tot het weer vochtiger is. Een regenwormen populatie zou zich dus na een droge periode redelijk snel kunnen herstellen door de coconnetjes overleven en er gelijk nieuwe aanwas is bij vochtigere omstandigheden.



Parende *Lumbricus terrestris* (links, Assen, 10 mei 2021) en *L. castaneus* (rechts, Assen, 31 mei 2021). Het zadel wordt zo gepositioneerd dat het ter hoogte van de mannelijke porie komt te zitten waar vervolgens uitwisseling van ei- en zaadcellen plaatsvindt. Rondom het zadel vormt zich na de paring een cocon dat verhardt en over de kop wordt afgeworpen. In het cocon ontwikkelen de embryo's zich die na enkele maanden (afhankelijk van de weersomstandigheden) uitkomen.

Een complicerende factor bij regenwormen is echter de verticale migratie naar diepere bodemlagen van met name grote (adulte) regenwormen. Dit gebeurt vooral in droge perioden. Vochtige omstandigheden zijn van levensbelang voor regenwormen aangezien ze geen longen hebben en door de huid moeten ademen waarvoor een vochtige huid nodig is (Edwards & Bohlen 1996). Wanneer de bodem uitdroogt hebben regenwormen twee strategieën die verschillen tussen rode en grijze regenwormen. Rode regenwormen proberen te migreren naar diepere bodemlagen waar het nog wel vochtig is. Grijze wormen daarentegen gaan ook wel dieper, maar gaan daarbij ook in rusttoestand (Lee 1985). Ze vormen dan een bolletje en produceren een beschermende slijm laag om ervoor te zorgen dat ze zo weinig mogelijk vocht verliezen. In deze toestand wachten ze de droge periode af. Het maakt grijze wormen daarom ook beter bestand tegen droogte dan rode wormen (Ernst *et al.* 2009). Door regelmatig op dezelfde plekken de wormenstand in kaart te brengen krijgen we uiteindelijk toch een goed beeld van de populatieopbouw en daarnaast geeft het een goed beeld van de activiteit van regenwormen, aangezien actieve regenwormen zich vooral in de toplaag van de bodem ophouden (Onrust *et al.* 2019).

Methode

Vanaf april 2020 tot en met maart 2021 zijn elke maand in Ferwoude en elke drie maanden in Muntendam per perceel telkens 8 plaggen uitgestoken van 20 x 20 x 20 cm. De locaties van de plaggen in het perceel zijn willekeurig gekozen, maar er is wel rekening gehouden met een afstand van minimaal 25 meter tussen de plaggen. De grootte van het bodemonmonster komt overeen met de breedte van de spade wat in het veld makkelijk maakt om een bodemonmonster te nemen. Een groter monster kost meer tijd en een kleiner monster resulteert in meer halve regenwormen wat het determineren en tellen lastig maakt (Smith *et al.* 2008a). De plaggen werden ter plaatse direct met de hand uitgedolven op een kleedje. Hoewel arbeidsintensief, is dit de beste methode om het aantal regenwormen in kaart te brengen (Smith *et al.* 2008).

Echter, regenwormen kunnen ook dieper zitten dan de bovenste 20 cm en worden dan door deze methode gemist. Om dit probleem te overkomen kan er gebruikt worden gemaakt van een irriterende vloeistof (meestal formaline of een milieuvriendelijker alternatief met mosterdoplossing) dat in het gat wordt gegoten waarna de regenwormen omhoog komen kruipen (Pelosi *et al.* 2009). Echter is het de vraag hoe effectief dit is wanneer regenwormen in rusttoestand zitten of wanneer de bodem verzadigd is met water. We hebben er daarom voor gekozen om dit probleem even te laten rusten en alleen naar de regenwormen in de toplaag te kijken.

Alle gevonden regenwormen zijn in het veld verzameld en in een potje per plag meegenomen naar huis. Het gat is na het verzamelen van de regenwormen weer opgevuld met de uitgedolven grond van het bodemonmonster. Thuis heb ik per monster de regenwormen geprobeerd zoveel mogelijk tot op soortsniveau te determineren om ze vervolgens te tellen en te wegen met een nauwkeurigheid van 0.01 gram. De aantallen en het gewicht per monster zijn vermenigvuldigd met 25 om tot een maat van dichtheid (aantal regenwormen per vierkante meter) en biomassa (gram regenwormen per vierkante meter) te komen. De regenwormen zijn na deze procedure weer vrijgelaten in mijn tuin in Assen.

De positie van de zadel is een belangrijk determinatiekenmerk, echter niet alle regenwormen hebben nog een zadel en daardoor is er ook gekeken naar andere kenmerken zoals kleur, positie van de haren (borstels) op de huid en vorm van de kop (Krediet 2019). Een regenworm heeft op elke ring borstels zitten die nauw gepaard, wijd gepaard of verspreid staan. Bij regenwormen loopt vanaf het monddeel twee groeven over de eerste ring naar de tweede ring, bij *tanylobe* soorten loopt die door tot aan de tweede ring, bij *epilobe* soorten lopen die groeven tot halverwege de eerste ring. Rode wormen hebben veelal een *tanylobe* kop, waarschijnlijk omdat deze groep regenwormen blaadjes en dergelijke moeten kunnen vastpakken waarvoor een flexibeler monddeel handiger is. Deze kenmerken zijn lastig met het blote oog te zien en daarom is er gebruik gemaakt van een binoculair met een 10-40x vergroting.

Gedurende de eerste maanden van het onderzoek had ik de beschikking over een handpenetrometer waarmee de doordringbaarheid van de bodem gemeten kan worden. Een penetrometer is een soort ijzeren prikstok die met de hand in één vloeiende beweging de bodem in wordt gedreven. De kracht die daarbij nodig is kan vervolgens

worden afgelezen op de penetrometer. Een droge bodem is harder dan een vochtige bodem en dus is de bodemdoordringbaarheid een indirecte methode om bodemvocht te bepalen. Bij droogte gaan regenwormen in rust en uiteindelijk wordt de bodem te hard om voor een weidevogels zoals de Grutto doorheen te kunnen prikken met zijn snavel. Uit een Duitse studie wordt een bodemweerstand van 125 N/cm² als maximum gebruikt waaronder een Grutto nog in de bodem kan prikken met zijn snavel (Struwe-Juhl 1995). Het is daarmee een belangrijke voedselbeschikbaarheidsvariabele voor wormeneters. Voor de percelen in Ferwoude is daarom tijdens het broedseizoen iedere week vanaf begin april tot en met half juli de bodemdoordringbaarheid gemeten. In november is dit nog een keer herhaald. Bij elk grondmonster is drie keer geprikt en daarvan is het gemiddelde genomen. Daarnaast is tijdens het broedseizoen ook wekelijks de grashoogte gemeten in de twee graslandpercelen in Ferwoude. Dat is gedaan met behulp van een meetstok en een ronde dunne schijf (diameter 25 cm) van piepschuim die op de vegetatie rust waarna op een meetstok de hoogte kan worden afgelezen. Dit is ook drie keer per bodemmonsters herhaald en daarvan is het gemiddelde genomen.



Methode van het steken van een bodemmonster en het vervolgens handmatig uitpluizen op een kleedje in het maisperceel. Ferwoude, 7 mei 2020. Foto's: Theunis Piersma

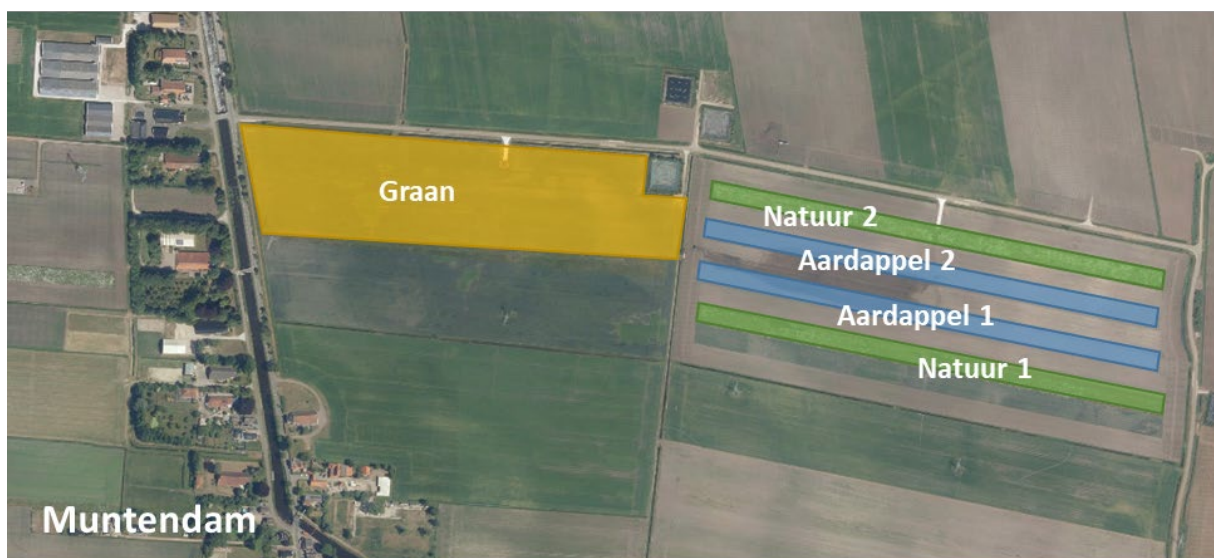
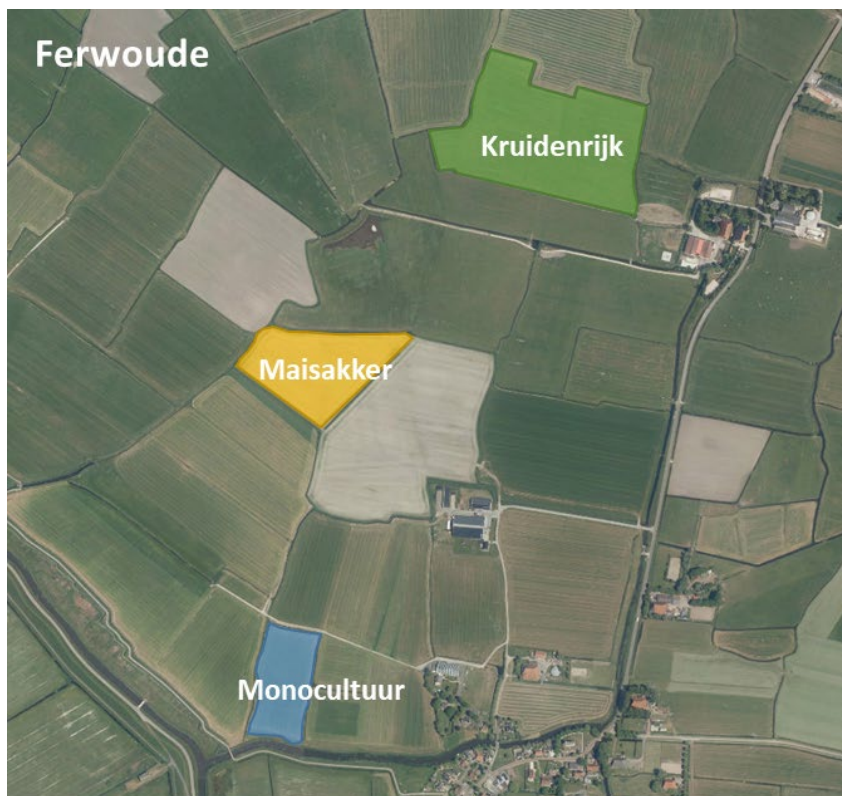
Percelen

In Ferwoude hadden we drie percelen uitgekozen: een oud kruidenrijk grasland dat extensief beheerd wordt (**kruidenrijk**), een gangbaar intensief beheerd grasland waar in het verleden bloembollen hebben gestaan (**monocultuur**) en een maisperceel waar al minstens 15 jaar mais wordt verbouwd (**maisakker**). Zie figuur 1 voor de ligging van de percelen en tabel 1 voor meer informatie over de percelen.

In Muntendam is gekeken op een gangbaar graanperceel (**tarwe**) en een perceel waar verschillende gewassen in stroken van 9 meter naast elkaar worden geteeld. Hier heb ik naar twee **aardappel** percelen gekeken en twee **natuur**braakstroken. Op deze laatste stroken is een mengsel van grassen en kruiden ingezaaid ten behoeve van de biodiversiteit. Natuurbraakstroken liggen er voor drie jaar en worden alleen jaarlijks (gedeeltelijk) gemaaid. Er is gekozen voor twee aardappel- en twee natuurbraakstroken vanwege een verschil in bouwplan uit voorgaande jaren. 2019 was het eerste jaar waarin de natuurbraakstroken waren aangelegd. In 2018 stond in Natuur 1 nog aardappel en in Natuur 2 gerst. In de aardappelstroken stonden in 2019 bieten en in 2018 stond in Aardappel 1 ook aardappels en in Aardappel 2 stond gerst. Aangezien gerst intensief en diep wortelt wordt het ook als rustgewas gebruikt om de bodem na een jaar met rooivruchten zoals aardappels tot rust te laten komen. De minder intensieve verstoring van de bodem en een hogere input van stro- en wortelresten, heeft zeer waarschijnlijk een positief effect op de regenwormenpopulaties. Tussen de onderzochte stroken liggen stroken met bieten, deze zijn niet onderzocht. In Muntendam is bemonsterd in de maanden april, juli, november en januari.

Tabel 1: Informatie over de onderzochte percelen.

Locatie	Perceel	Grootte	Bodem	Beheer
Ferwoude	Kruidenrijk	6.0 ha	Lichte zavel 70%, zware zavel 30%	Extensief gangbaar. Vaste stalmest, één snede in juni, daarna beweiding
	Maisakker	2.8 ha	Lichte zavel 100%	Jaarlijks mais, begin van seizoen bemesting met vaste mest, drijfmest en kunstmest.
	Monocultuur	1.7 ha	Lichte zavel 100%	Intensief gangbaar. Vaste stalmest, kunstmest en drijfmest, geen beweiding. 4 x maaien in 2020.
Muntendam	Graan	7.6 ha	Lichte zavel 100%	Tarwe in 2020, aardappel in 2019. groenbemester in winter.
	Natuur 1	1.7 ha	Lichte zavel 100%	Vanaf 2019 een mengsel van grassen, granen en kruiden, in 2018 aardappel
	Natuur 2	1.7 ha	Lichte zavel 91%, veen 9%	Vanaf 2019 een mengsel van grassen, granen en kruiden, in 2018 gerst.
	Aardappel 1	1.7 ha	Lichte zavel 100%	Aardappel in 2020, bieten in 2019, aardappel in 2018.
	Aardappel 2	1.7 ha	Lichte zavel 92%, veen 8%	Aardappel in 2020, bieten in 2019, gerst in 2018.



Figuur 1: Locaties van de onderzochte percelen in 2020-2021.



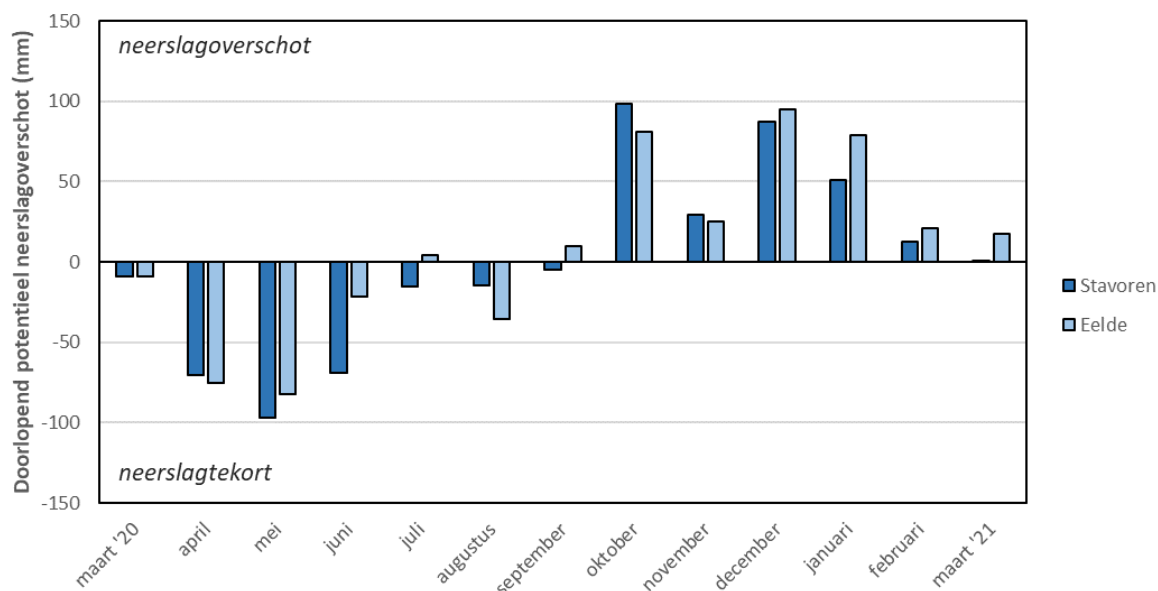
Het kruidenrijk grasland in juni, Ferwoude, 20 juni 2020.



Aardappelland, Muntendam, 16 juli 2020.

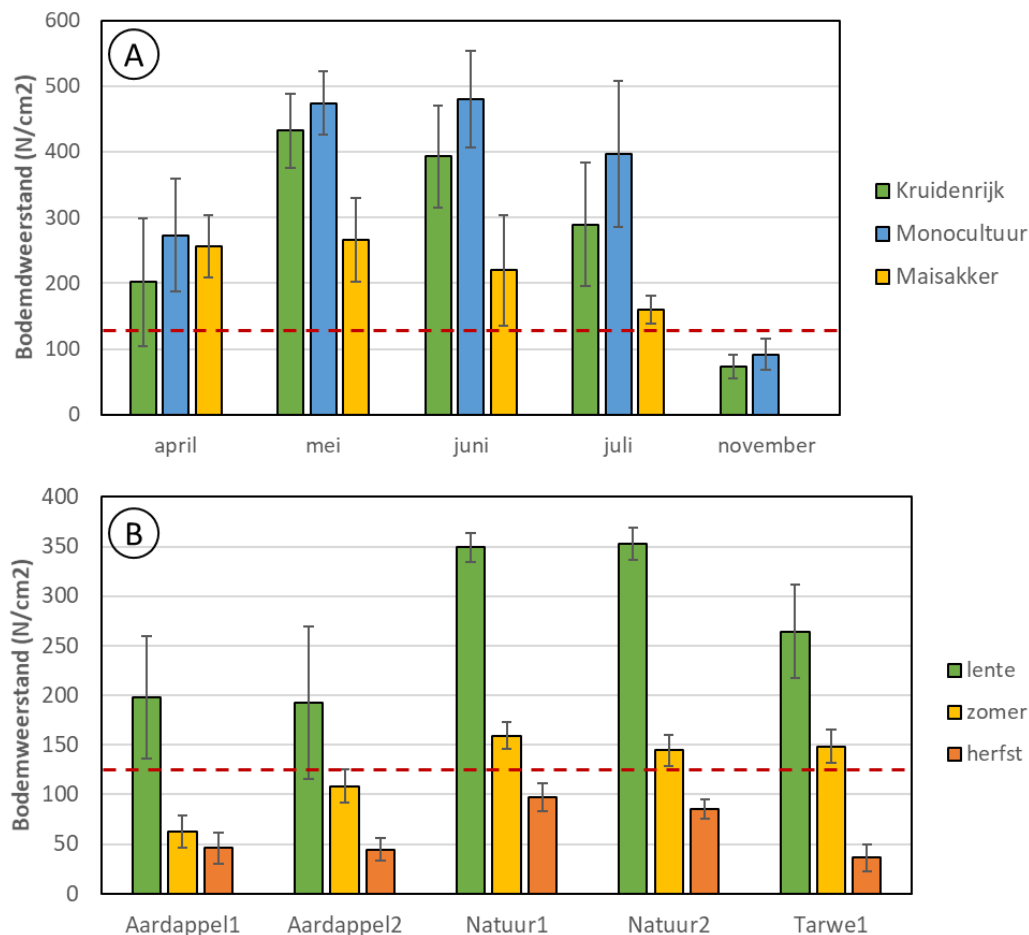
Resultaten

De lente van 2020 werd gekenmerkt door zeer droge omstandigheden. Van half maart tot en met juni viel er nauwelijks regen terwijl de verdamping snel toenam wat resulteerde in een neerslagtekort (Fig. 1). Vanaf juli viel er weer regen van enige omvang.



Figuur 1: Doorlopend potentieel neerslagoverschot in millimeters berekend per maand voor KNMI-weerstations in Stavoren Fr (donkerblauw) en Eelde Dr (lichtblauw). Een negatieve waarde betekent een neerslagtekort (meer verdamping dan neerslag), een positieve waarde betekent een neerslagoverschot (neerslag hoger dan verdamping).

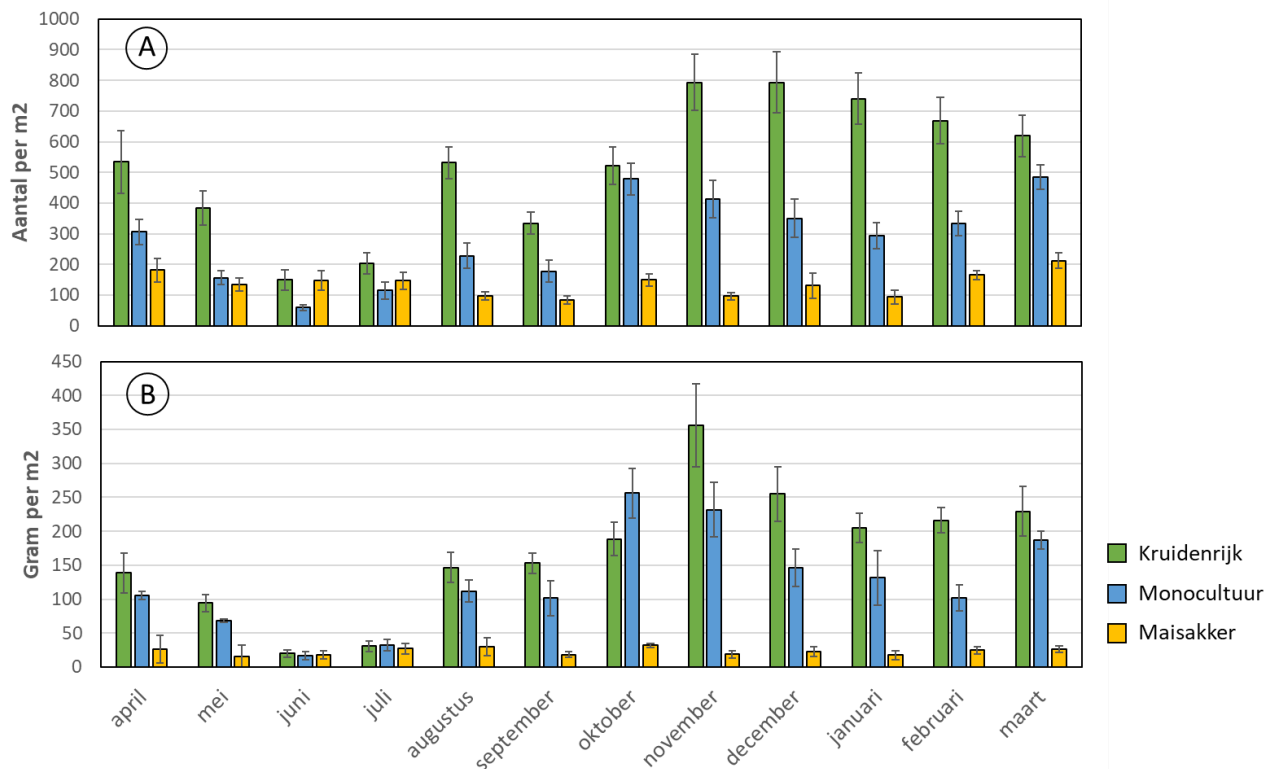
Door de droogte in het voorjaar nam de hardheid van de bodem toe wat resulteerde in een hogere bodemweerstand in de bovenste 10 cm van de bodem (Fig. 2, Fig. B2). In de zomer nam de bodemweerstand weer af en was het laagst in de herfst. In alle percelen lag in het voorjaar de bodemweerstand een stuk hoger dan deze waarde. In percelen die geploegd worden ligt de bodemweerstand lager, waarschijnlijk doordat het ploegen de bodemstructuur openbreekt wat resulteert in een lossere bodemstructuur en wellicht ook doordat er minder fijnere wortels zijn die het lastiger maken om in de bodem te kunnen prikken



Figuur 2: Bodemweerstand in Newton per vierkante centimeter voor Ferwoude (A) en Muntendam (B). Gemeten met een handpenetrometer in de bovenste 10 cm van de bodem. De rode horizontale stippellijn geeft de grens van 125 N/cm² waaronder een Grutto nog in de bodem kan pikken.

Regenwormendichtheid en biomassa

Regenwormen deden in 2020 hun naam eer aan door tijdens de droge periode te verdwijnen en pas na de zomerregens weer actief te worden. Na april nam in Ferwoude de dichtheid en de biomassa aan regenwormen af tot een dieptepunt in juni en juli (Fig. 3). Vanaf augustus namen de aantallen weer toe en piekten in het najaar. Dit patroon was echter niet zichtbaar in het maisperceel. Hier bleven de aantallen het hele jaar door laag. Dat de aantallen in de twee graslandpercelen in een vrij korte tijd weer toenamen suggereert dat de droogte niet voor grote sterfte zorgde, maar dat regenwormen dus zeer waarschijnlijk uit de grond zaten omhoog kropen. Na de herfst namen de aantallen geleidelijk weer af, door in het vroege voorjaar weer toe te nemen. De dichtheid aan regenwormen was in het kruidenrijke graslandperceel altijd het hoogst. De biomassa was echter in oktober 2020 in het monocultuur perceel iets hoger, waarschijnlijk doordat er meer grotere en dus zwaardere regenwormen werden gevonden dan in het kruidenrijke perceel.

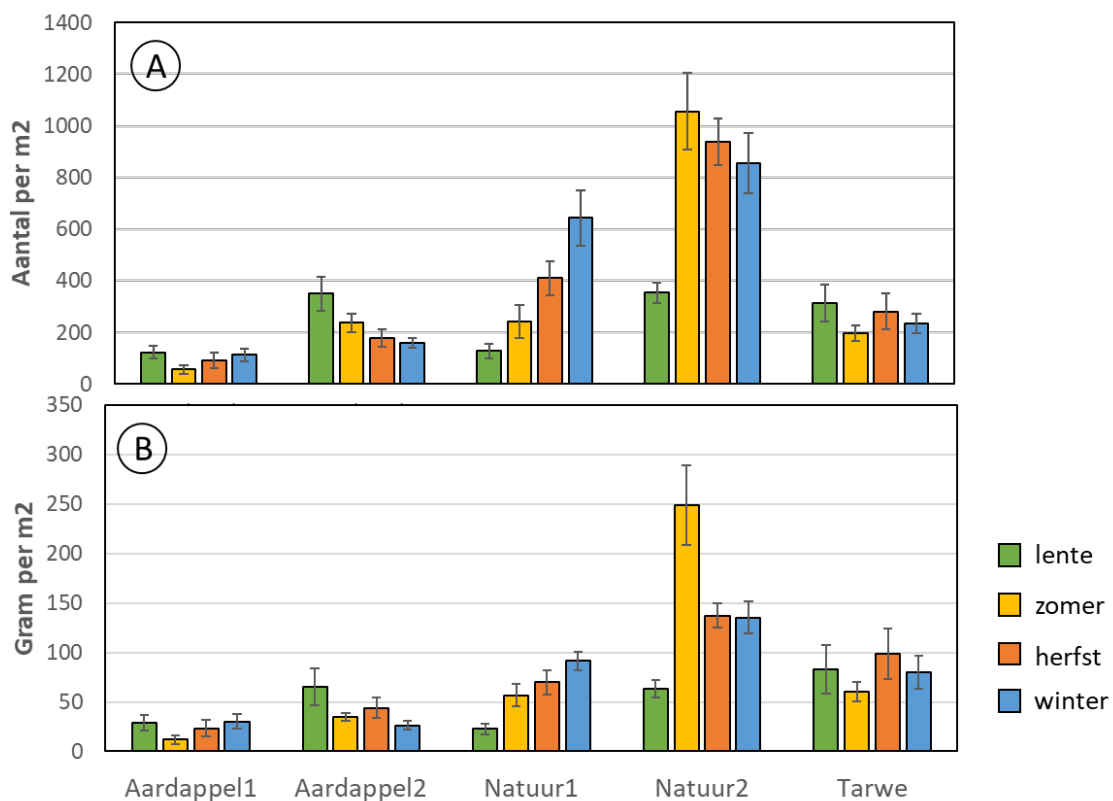


Figuur 3: Dichtheid in aantal regenwormen per vierkante meter in de drie percelen in Ferwoude Fr (A) en biomassa in gram per vierkante meter (B) per maand.



Maisakker in Ferwoude, 17 juli 2020.

De percelen in Muntendam lieten gedurende het jaar een wisselend beeld zien. De droge lente zorgde wel voor lagere dichtheden en biomassa en in sommige percelen namen de aantallen daarna weer toe (Natuur 1 en Natuur 2), maar in sommige percelen bleven de cijfers min of meer gelijk aan die van het voorjaar (Aardappel 1 en Tarwe) en in het Aardappel 2 perceel namen de aantallen zelfs af na de lente (Fig. 4). Ook opvallend is het verschil tussen de percelen met hetzelfde gewas. Hoewel vrij laag, zijn de aantallen in de strook Aardappel 2 bijna tweemaal zo hoog als in strook Aardappel 1. Datzelfde geldt ook, maar in veel hogere dichtheden, voor de natuurbraakstroken waar Natuur 2 een stuk hoger scoort dan Natuur 1.



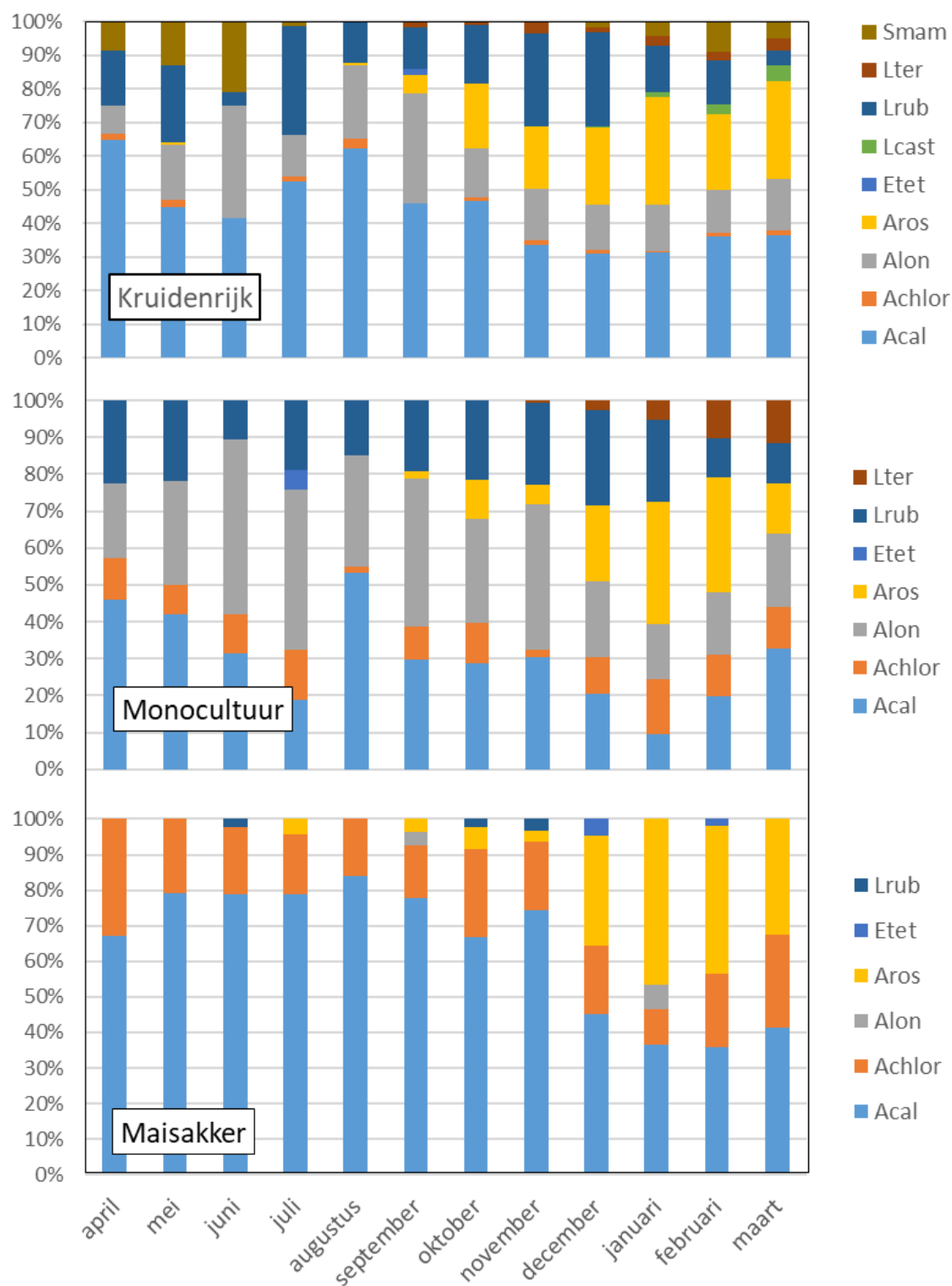
Figuur 4: A. Dichtheid in aantal regenwormen per vierkante meter in de drie percelen in Muntendam en B. biomassa in gram per vierkante meter per seizoen.

Soortensamenstelling

In Ferwoude had het kruidenrijke grasland gemiddeld 6 soorten regenwormen, het monocultuur grasland gemiddeld 5 soorten en de maisakker gemiddeld 3 soorten. Opvallend is dat de soortencompositie gedurende het jaar niet gelijk is (Fig. 5). In het kruidenrijke perceel werd in het voorjaar bijvoorbeeld de Kleine boomworm (*Satchellius mammalis*) gevonden, maar in de zomer verdween deze soort weer en werd pas in de winter weer gevonden. De Grote blauwkopworm (*Lumbricus terrestris*), de grootse regenworm die we in Nederland hebben en vrij algemeen is, werd ook pas vanaf het najaar gevonden. Dat kan er mee te maken hebben dat het voorjaar droog was en de grote regenwormen dieper in de grond zaten en pas toen de bodem weer vochtiger werd, ze weer in de top laag van de bodem werden gevonden. Een ander opvallend patroon is de toename van de Roze grauwworm (*Aporrectodea rosea*) vanaf het najaar in alle percelen.

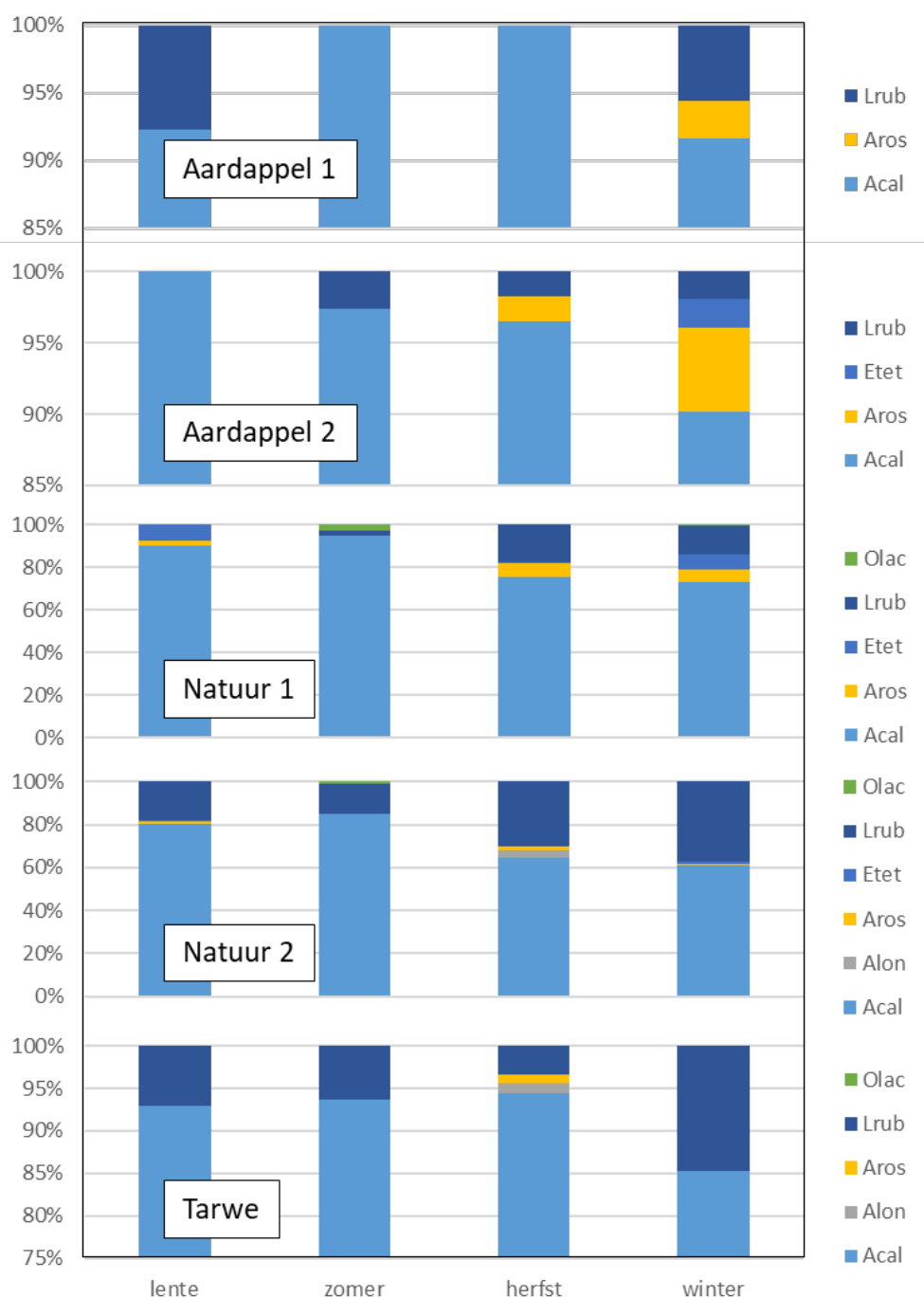
Tabel 2: De gevonden soorten regenwormen ingedeeld per ecologische groep en met de afkortingen zoals gebruikt in figuren 4 en 5 en met de Nederlandse namen naar Krediet (2019).

GROEP	AFKORTING	SOORT	NEDERLANDSE NAAM
ROOD	Etet	<i>Eiseniella tetraedra</i>	Vierhoekworm
	Lcast	<i>Lumbricus castaneus</i>	Kastanjeblauwkopworm
	Lrub	<i>Lumbricus rubellus</i>	Gewone blauwkopworm
	Lter	<i>Lumbricus terrestris</i>	Grote blauwkopworm
	Smam	<i>Satchellius mammalis</i>	Kleine boomworm
GRIJS	Achlor	<i>Allolobophora chlorotica</i>	Groene regenworm
	Acal	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	Gewone grauwworm
	Alon	<i>Aporrectodea longa</i>	Zwartkopgrauwworm
	Aros	<i>Aporrectodea rosea</i>	Roze grauwworm



Figuur 5: Maandelijke soortencompositie van regenwormen in Ferwoude. Zie voor de volledige namen Tabel 2.

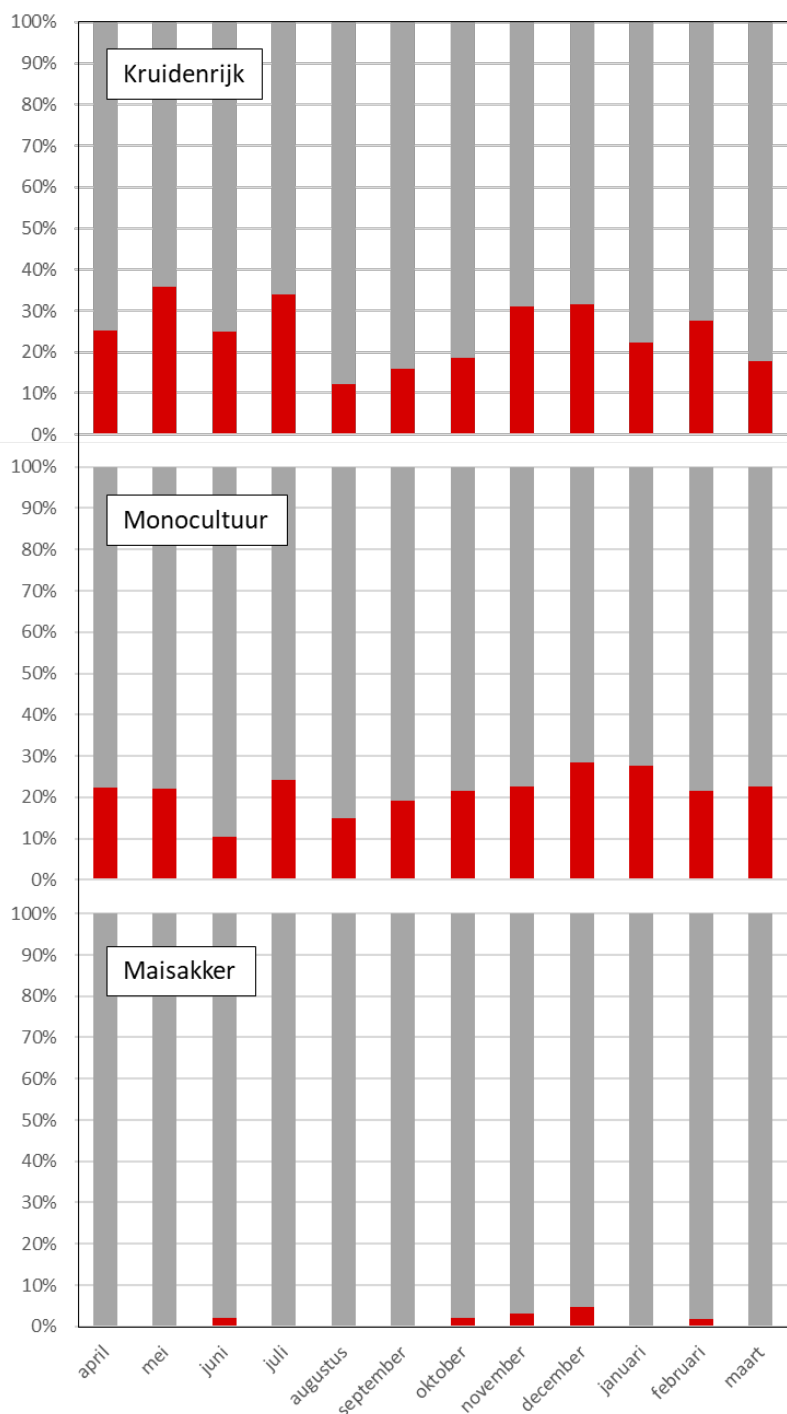
De diversiteit aan regenwormen lag in Muntendam een stuk lager dan in Ferwoude. Gemiddeld werden er per perceel 3 soorten regenwormen gevonden, met in Aardappel 1 de laagste en in Natuur 2 de hoogste diversiteit (Fig. 6). Opvallend is het hoge aandeel van gemiddeld meer dan 90% van de Gewone grauwworm (*Aporrectodea caliginosa*) in de drie akkerbouwpercelen, alleen in de natuurbraakstroken lag dit percentage lager.



Figuur 6: Soortencompositie van regenwormen in Muntendam voor verschillende seizoenen. Zie voor de volledige soortnamen van de gevonden regenwormen Tabel 2.

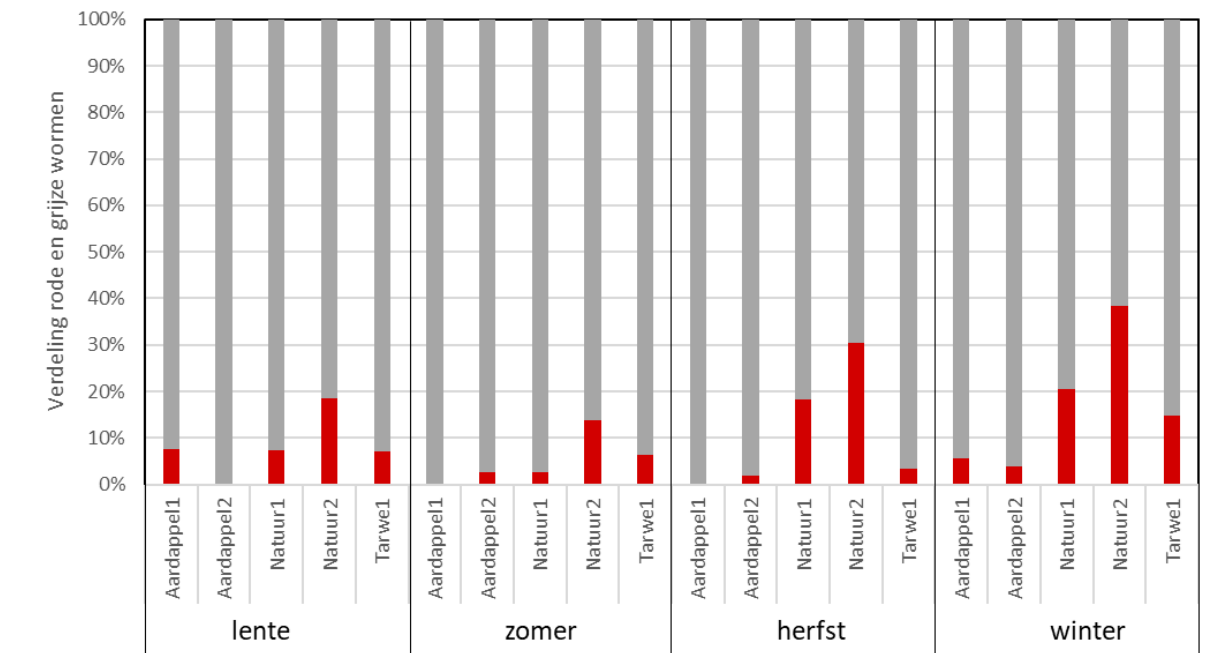
Rode en grijze wormen

Wanneer we gevonden soorten regenwormen opdelen in de twee groepen van rode en grijze wormen (zie tabel 2 voor de indeling), zien we dat gemiddeld genomen 25% van de regenwormen in het kruidenrijke grasland in Ferwoude bestaat uit rode wormen (vijf soorten). In het monocultuur perceel is dit 20% (drie soorten) en in het maisperceel zijn in totaal slechts 4 kleine rode wormen gevonden (één soort) (Fig. 7).



Figuur 7: Maandelijke verdeling van rode (detritivore) en grijze (geofage) regenwormen per perceel in Ferwoude.

In Muntendam werden in de lente en de zomer erg weinig rode wormen gevonden, slechts een paar procent van de gevonden regenwormen waren rode wormen (Fig. 8). In de herfst nam dit aandeel echter toe, vooral door de hogere diversiteit in de natuurbraakstroken. In Natuur 1 was gemiddeld 1 op de 5 regenwormen een rode worm, in Natuur 2 was dit zelfs 1 op de 3.



Figuur 8: Verdeling van rode (detritivore) en grijze (geofage) regenwormen per perceel per seizoen in Muntendam.

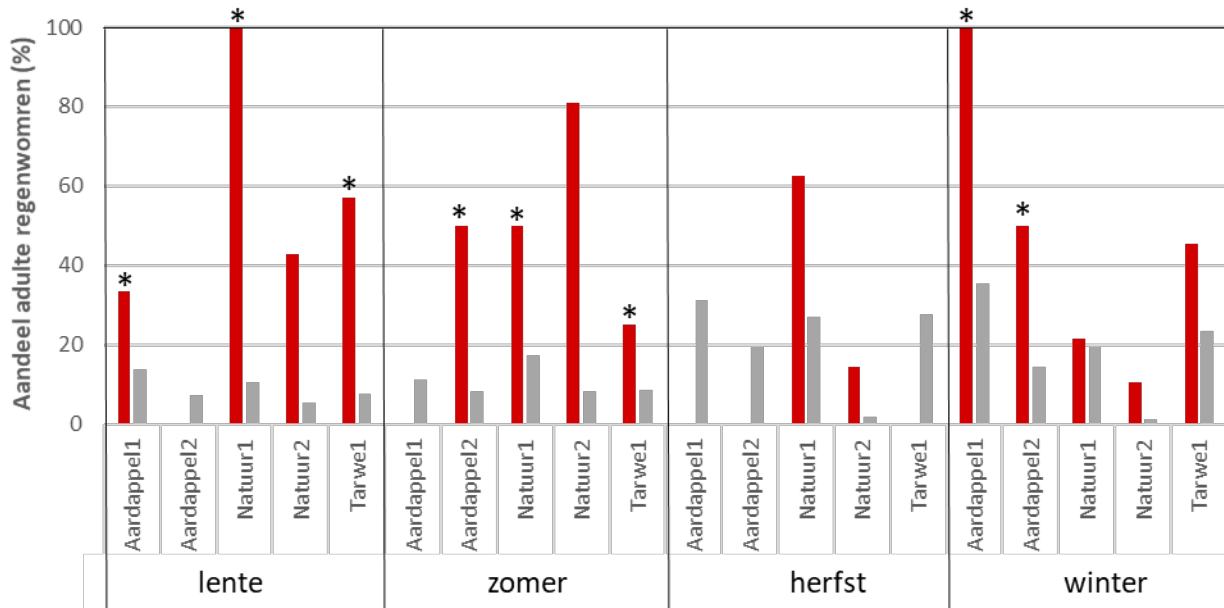


De opbrengst aan regenwormen uit één kluit van 20x20x20 cm in een natuurbraakstrook (Natuur2) in Muntendam, 28 juli 2020.

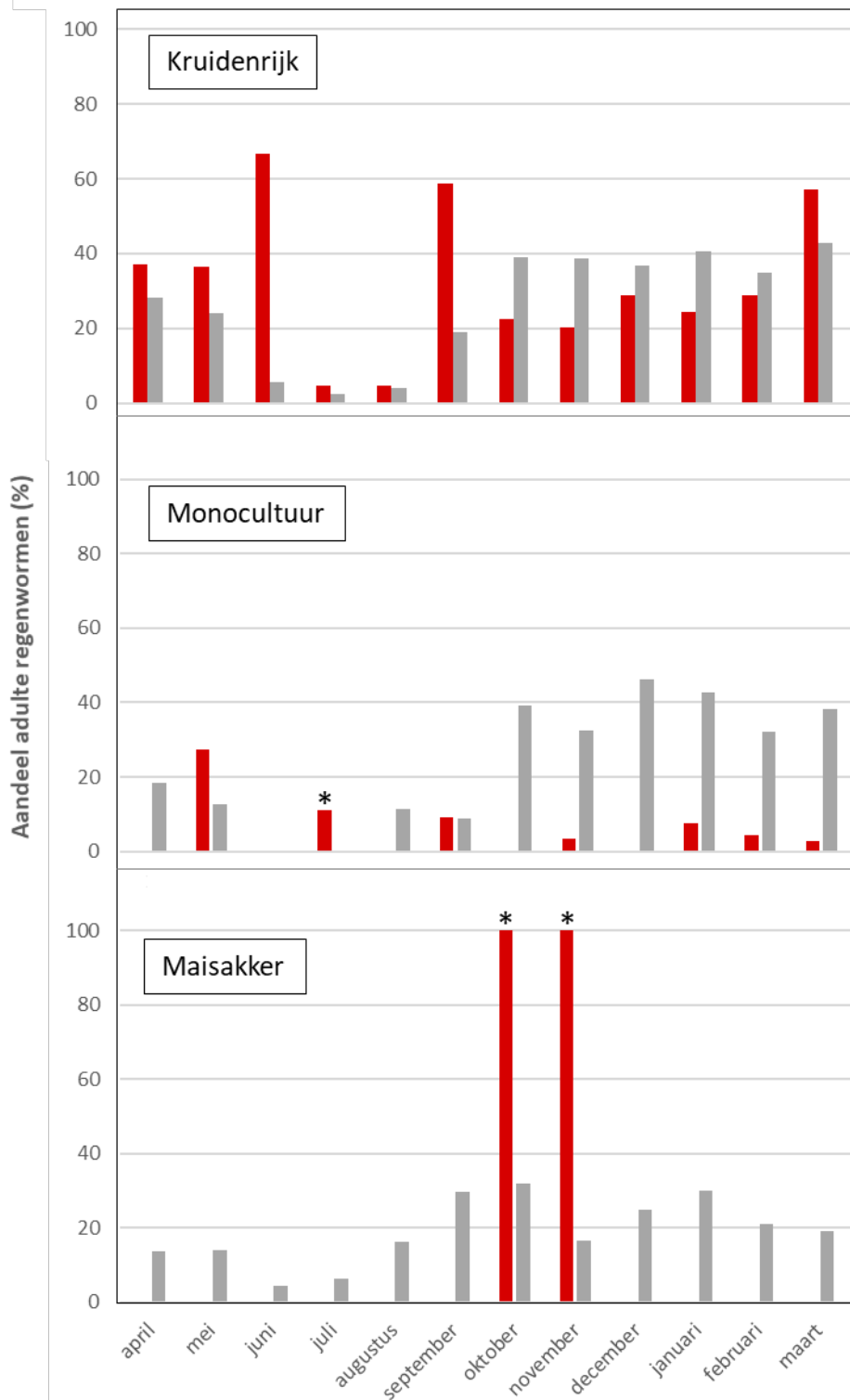
Adulte en juveniele regenwormen

De verhouding tussen regenwormen met een zadel (volwassen) en zonder een zadel (juveniel) is gemiddeld 1 op 5 (20%). In Ferwoude in het kruidenrijke grasland heeft gemiddeld 1 op de 3 van de gevonden rode wormen een zadel, terwijl dat in het monocultuur grasland slechts 1 op de 20 is. In beide percelen is de verhouding voor grijze wormen 1 op de 4 (Fig. 10). In juli en augustus is het aandeel adulte regenwormen erg laag. Wat opvalt aan de resultaten is dat in het voorjaar het aandeel adulte regenwormen afneemt. Dat valt tevens samen met de afname van het totaal aantal regenwormen door de droogte (Fig. 2). De regenwormen die nog wel gevonden worden, zijn dus voornamelijk kleine jonge regenwormen die waarschijnlijk nog niet goed kunnen wegkruipen in de harde grond.

Het plotselinge hoge aandeel rode wormen met zadel in de maisakker in oktober en november wordt veroorzaakt doordat tijdens die ronde slechts één rode worm werd gevonden en die beide keren ook een zadel had. Datzelfde geldt ook voor de hoge waarden in Muntendam in percelen waar weinig rode wormen voorkomen. In figuren 9 en 10 is dit aangegeven met een sterretje. Opvallend is dat het aandeel adulte rode wormen sterk kan fluctueren gedurende het jaar. In zowel het kruidenrijke grasland in Ferwoude als de twee natuurbraakstroken in Muntendam zijn er momenten waarbij er meer adulte dan juveniele regenwormen zijn.



Figuur 9: Aandeel van regenwormen met een zadel (clitellum) per ecogroep (grijze en rode wormen) in Muntendam. Het sterretje boven een staafje geeft aan dat er minder dan tien regenwormen gevonden zijn en dat de resultaten daarmee minder betrouwbaar zijn.



Figuur 10: Aandeel van regenwormen met een zadel (clitellum) per ecogroep (grijze en rode wormen) in Ferwoude. Het sterretje boven een staafje geeft aan dat er minder dan tien regenwormen gevonden zijn en dat de resultaten daarmee minder betrouwbaar zijn.

Discussie

Het maandelijks in kaart brengen van de wormenstand in verschillende type percelen laat mooi zien hoe dynamisch een regenwormenpopulatie is gedurende een jaar, binnen een perceel, maar ook tussen percelen. De seizoensvariatie binnen een perceel lijkt vooral te worden bepaald door het weer. Het recorddroge voorjaar van 2020 zorgde ervoor dat het aantal regenwormen in de toplaag van de bodem sterk afnam (Fig. 3 & 4). Hoewel de aantallen na de droogte weer toenam, was er wel een dipje te zien in het aandeel rode wormen in het voorjaar en de zomer (Fig. 7 & 8). Dat de aantallen zo snel weer toenamen doet vermoeden dat de regenwormen nog wel aanwezig waren, maar dieper in de grond zaten tijdens de droogte en weer naar de toplaag migreerde toen de omstandigheden dat weer toelieten.



Foto's van regenwormen die in rusttoestand zijn vanwege de droogte. Op de foto staat *Aporrectodea longa*, de Zwartkopgrauwworm. Ferwoude, 5 mei 2020.

Ook het aantal adulte rode regenwormen was in augustus in het kruidenrijke grasland opvallend hoog, wat suggereert dat die wormen na de droogte weer naar de toplaag waren gekropen. Een regenwormenpopulatie bevat bijna altijd meer onvolwassen dan volwassen dieren. Gerard (1967) vond echter van januari tot en met maart juist meer volwassen dieren en beweert dat dat komt omdat er minder nieuwe aanwas zou zijn vanwege de koude. Uit de gegevens van dit onderzoek blijkt dat de verhouding volwassen en onvolwassen dieren geen hele grote veranderingen laat zien buiten het droge voorjaar om. Op een speldenprikje in februari 2021 na, was de winter niet dermate koud dat de bodem voor lange tijd bevroor en regenwormen in rust gingen. Hier speelde dus vooral de droogte een belangrijke rol wat voor minder aanwas zorgde en wat resulteerde in een hoger aandeel adulte regenwormen na de zomer toen die weer actief werden.

Gerard (1967) heeft ook maandelijks de regenwormen in kaart gebracht van een grasland in Engeland in het jaar 1959 en liet ook zien dat in droge maanden de aantallen regenwormen drastisch kunnen dalen. De regenwormen zaten tijdens droge periodes ook dieper en waren in rusttoestand. Ook Rundgren (1975) heeft maandelijks gekeken naar regenwormen en dan vooral naar de diepte van verschillende soorten en liet daarmee zien dat het vooral de grotere regenwormen zijn die diep kunnen wegkruipen. Jonge kleine regenwormen zijn waarschijnlijk fysiek nog niet in staat om zich in diepere bodemlagen te wurmen. Daniel (1992) stelt dat populatie fluctuaties van *Lumbricus terrestris* vooral veroorzaakt worden door juvenielen en dat adulten een vrij constante dichtheid lieten zien gedurende twee jaar. De Grote blauwkopworm (*Lumbricus terrestris*) is een pendelaar en grote adulte individuen kunnen dan inderdaad dieper wegkruipen wanneer de omstandigheden ongunstig zijn of als er roofdieren zijn.

Als we kijken naar de twee ecogroepen regenwormen dan zijn er wel opvallende verschillen tussen de percelen. Adulte rode regenwormen komen in het monocultuur grasland en de maisakker in Ferwoude niet of nauwelijks voor. Dat zou kunnen komen doordat er veel sterfte plaatsvindt doordat deze percelen intensiever worden gebruikt. Ploegen bijvoorbeeld kan een desastreus effect hebben op een regenwormenpopulatie. Een ander opvallend patroon in de data is, wanneer we kijken naar bouwland versus grasland, dat de aantallen regenwormen in bouwland veel minder fluctueren dan in grasland. Het maisperceel liet namelijk nauwelijks variatie zien in aantallen en biomassa. Het zijn daar voornamelijk kleine onvolwassen regenwormen die gevonden werden. Dat kan erop duiden dat er veel sterfte plaatsvindt en dat regenwormen zich niet kunnen ontwikkelen tot volwassen stadium. De soorten die er voorkomen zijn ook toleranter voor bodemverstoring (Ivask *et al.* 2007). Dat er überhaupt nog aanwas is van juveniele regenwormen kan komen doordat regenwormen of coconnetjes worden aangevoerd met de mest, maar regenwormen kunnen ook meer coconnetjes produceren wanneer de overleving van juvenielen laag is (Lee 1985). In het vervolgonderzoek zou het daarom interessant zijn om ook het aantal coconnetjes in de bodem te tellen.

Rode wormen lijken gevoeliger te zijn voor bodemverstoring dan grijze wormen en daarom worden in graslanden over het algemeen relatief meer rode wormen gevonden dan in bouwland (Smith *et al.* 2008b). In onze data speelt dat vooral in het maisperceel die jaarlijks geploegd wordt, terwijl het monocultuur grasland al meerdere jaren grasland is. Het is daarom opvallend dat daar relatief weinig adulte rode regenwormen voorkomen. Wanneer we kijken naar de percelen in Muntendam, dan zien we een vergelijkbaar patroon in de akkers met aardappel en tarwe, maar in de natuurbraakstroken die het jaar daarvoor nog zijn aangelegd (en dus geploegd), komen wel degelijk veel volwassen rode wormen voor. Blijkbaar is het dus niet alleen bodemverstoring dat een rol speelt.

Het strokenteelt perceel in Muntendam met dezelfde gewassen op gelijke bodemtype en beheer lieten mooi zien welke factoren ook belangrijk kunnen zijn. De aantallen en biomassa van regenwormen was in natuurbraakstrook 2 een stuk hoger dan in natuurbraakstrook 1 en datzelfde gold ook (hoewel in veel lagere aantallen) voor

aardappelstrook 2 en aardappelstrook 1. Zoals in tabel 1 valt af te lezen is het verschil tussen deze stroken vooral wat er in 2018 is verbouwd, in stroken 1 was dit suikerbiet en in stroken 2 was dit gerst. Aangezien gerst een minder intensieve grondbewerking nodig heeft en gunstiger is voor het bodemleven (met name als voedselbron door hogere wortelbiomassa en oogstresten) dan suikerbieten, lijkt het erop dat dit voor de regenwormenpopulatie (vooral ook voor rode wormen) zelfs na enkele jaren nog een gunstig effect heeft. Gelijktijdig met dit onderzoek heb ik ook gekeken naar twee akkerpercelen in Korengarst (nabij Noordbroek Gr), een ander bodemtype, maar met vergelijkbare resultaten als in Muntendam (zie bijlage 3 voor de resultaten). Evans & Guild (1947) lieten ook zien dat de agrarische geschiedenis van een perceel de structuur van een regenwormenpopulatie sterk bepaald. Opvallend was ook de hoge en dichte vegetatie in natuurbraakstrook 2 (zie onderstaande foto).



Natuurbraakstrook 1 (links) en natuurbraakstrook 2 (rechts). Muntendam, 28 juli 2020.

Dit werk geeft ons inspiratie voor allerlei vervolgonderzoek. Zijn bodems waar regenwormen de kans krijgen om te werken daarmee veerkrachtiger en beter in staat om zonder input van buitenaf te functioneren? Levert dit naast een gezonde regenwormenpopulatie ook een robuust voedselweb op, waar naast rode wormen, ook insecten, weidevogels, koeien en boeren een gezond bestaan op kunnen bouwen?

Dankwoord

Ik bedank het Wereld Natuur Fonds voor het mogelijk maken om een jaar lang naar regenwormen te mogen kijken. Ruth Howison bedankt voor het lenen van de handpenetrometer. Ik bedank Theunis Piersma en Ben Koks voor de inhoudelijke discussies over de opzet van het onderzoek. En Theunis ook heel erg bedankt voor je input voor dit rapport.

En voor alle hulp in het veld met het steken en uitpluizen van bodemmonsters bedank ik Anke Zonderland, Rienk Fokkema, Maarten Vervoort, Thomas Oudman, Theunis Piersma, Renée Veenstra en Marycha Franken.

Maar mijn grootste dank gaat uit naar de boeren waar ik dit onderzoek heb mogen uitvoeren en hopelijk ook nog lang kan blijven uitvoeren: Peter-Harry Mulder, Geuko ten Have, Pieter van der Valk, maatschap Esveld en Epke en Anke Zonderland.

Allemaal heel erg bedankt!



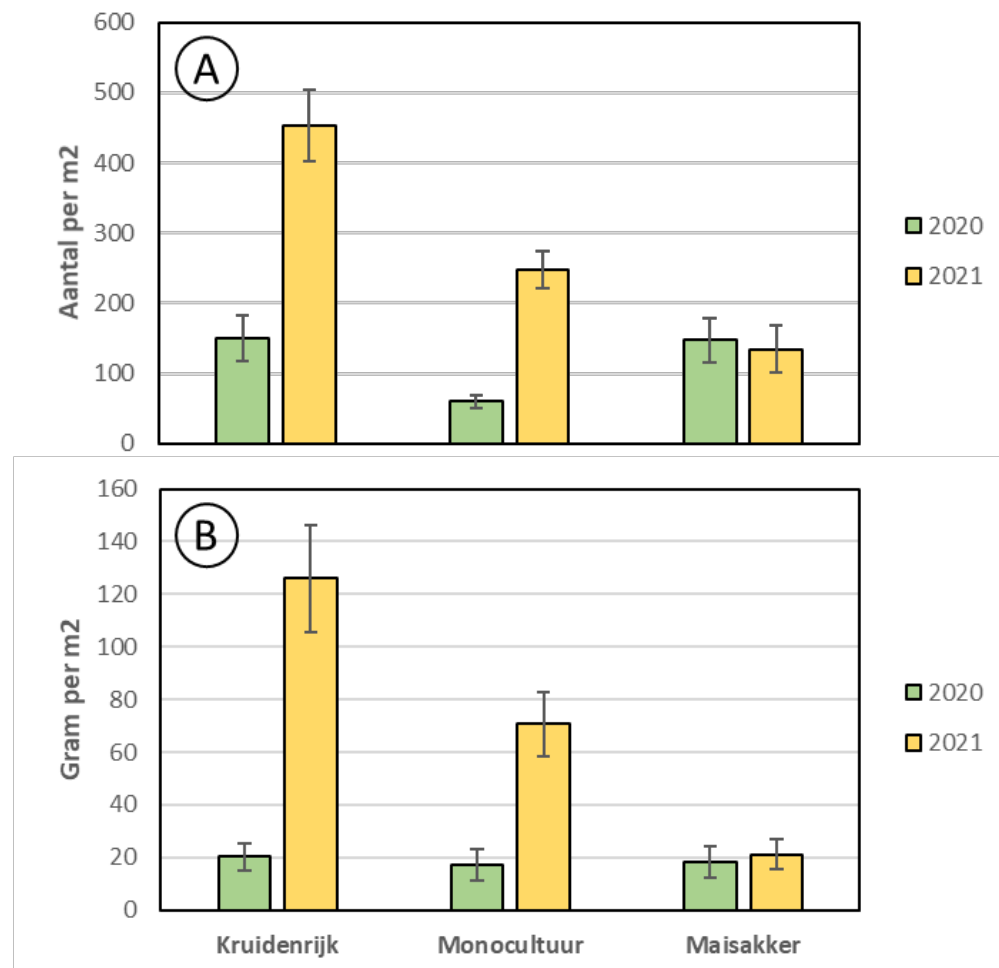
Literatuurlijst

- Curry, J.P. & Schmidt, O. (2007) The feeding ecology of earthworms - A review. *Pedobiologia* **50**: 463-477.
- Daniel, O. (1992) Population dynamics of *Lumbricus terrestris* L. (Oligochaeta: Lumbricidae) in a meadow. *Soil Biology and Biochemistry* **24**: 1425-1431.
- Edwards, C.A. & Bohlen, P.J. (1996) *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman & Hall, London.
- van Eekeren, N., Bommel, L., Bloem, J., Schouten, T., Rutgers, M., de Goede, R., Reheul, D. & Brussaard, L. (2008) Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology* **40**: 432-446.
- Eggleton, P., Inward, K., Smith, J., Jones, D.T. & Sherlock, E. (2009) A six year study of earthworm (Lumbricidae) populations in pasture woodland in southern England shows their responses to soil temperature and soil moisture. *Soil Biology and Biochemistry* **41**: 1857-1865.
- Ernst, G., Felten, D., Vohland, M. & Emmerling, C. (2009) Impact of ecologically different earthworm species on soil water characteristics. *European Journal of Soil Biology* **45**: 207-213.
- Ernst, G. & Emmerling, C. (2009) Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology* **45**: 247-251.
- Evans, A.C. & Guild, W.J.M. (1947) Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. I. Biological studies in the field. *Annals of Applied Biology* **34**: 307-330.
- Gerard, B.M. (1967) Factors affecting earthworms in pastures. *Journal of Animal Ecology* **36**: 235-252.
- Hooijmeijer, J.C.E.W.¹, van der Velde, E.¹, Fokkema, R.¹, Howison, R.¹, Onrust, J.¹, Rakhimberdiev, E.¹, Saarloos, A.², Groenhof, E.¹, Zeegers, T.³ & Piersma, T.¹ (2021) Grutto-Landschap Project Jaarverslag 2020. Rapport van ¹Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen, ²Division of Toxicology, Wageningen University, ³EIS Kenniscentrum Insecten.
- Ivask, M., Kuu, A. & Sizov, E. (2007) Abundance of earthworm species in Estonian arable soils. *European Journal of Soil Biology* **43**: 39-42.
- Krediet, A. (2019) *De Nederlandse Regenwormen*. Stichting Jeugbondsuitgeverij.
- Lee, K.E. (1985) *Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press Australia.
- Onrust, J. (2017) *Earth, Worms & Birds*. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, Campus Fryslân.

- Onrust J. & Piersma, T. (2017) The hungry worm feeds the bird. *Ardea* **105**: 153–161
- Onrust, J. & Piersma, T. (2019) How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **273**: 80-85.
- Onrust, J., Wymenga, E., Piersma, T. & Olf, H. (2019) Earthworm activity and availability for meadow birds is restricted in intensively managed grasslands. *Journal of Applied Ecology* **56**: 1333-1342.
- Pelosi, C., Bertrand, M., Capowiez, Y., Boizard, H. & Roger-Estrade, J. (2009) Earthworm collection from agricultural fields: Comparisons of selected expellants in presence/absence of hand-sorting. *European Journal of Soil Biology* **45**: 176-183.
- Rundgren, S. (1975) Vertical distribution of lumbricids in southern Sweden. *Oikos* **26**: 299-306.
- Smith, J., Potts, S. & Eggleton, P. (2008a) Evaluating the efficiency of sampling methods in assessing soil macrofauna communities in arable systems. *European Journal of Soil Biology* **44**: 271-276.
- Smith, R.G., McSwiney, C.P., Grandy, A.S., Suwanwaree, P., Snider, R.M. & Robertson, G.P. (2008a) Diversity and abundance of earthworms across an agricultural land-use intensity gradient. *Soil and Tillage Research* **100**: 83-88.
- Struwe-Juhl, B. (1995) Effects of conservation measures in the Hohner See area on numbers, breeding success and feeding ecology of the Black-tailed Godwit (*L. limosa*). *Corax* **16**: 153-172.

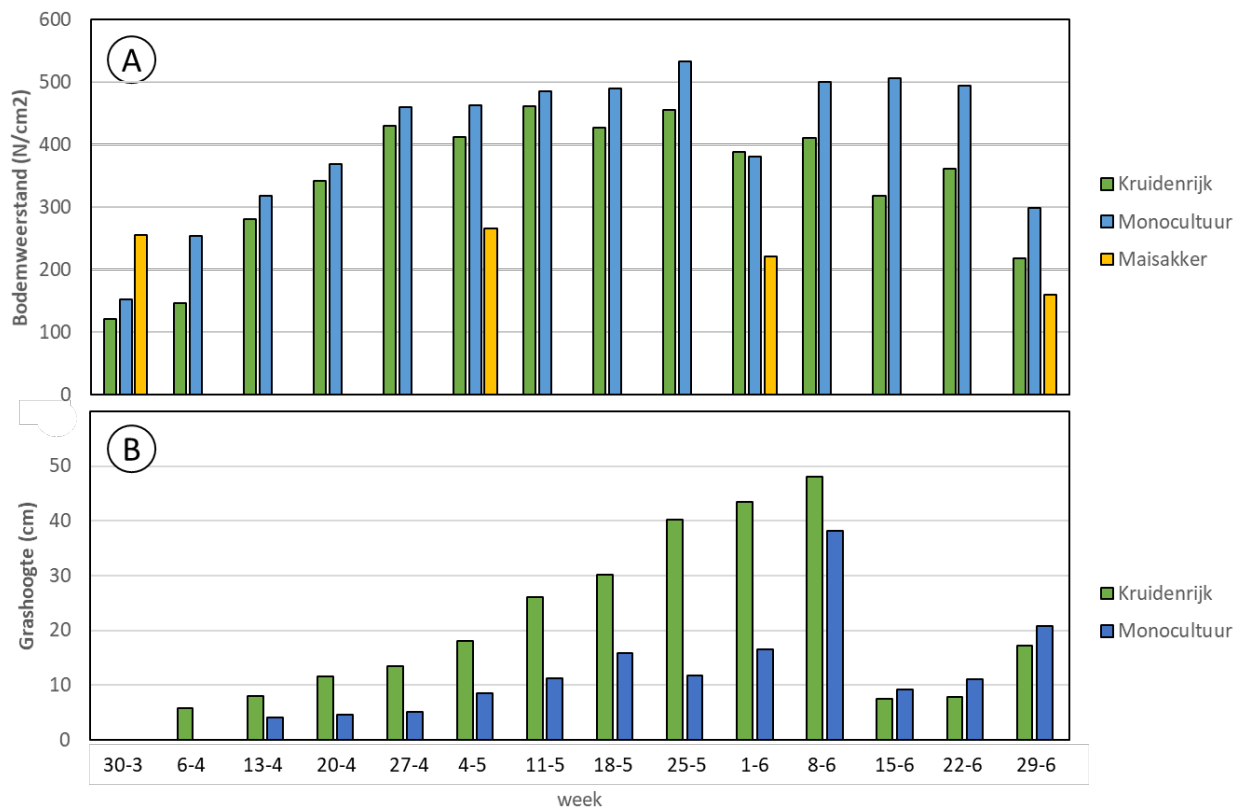
Bijlagen

Bijlage 1: Vergelijking regenwormenpopulatie juni 2020 met juni 2021



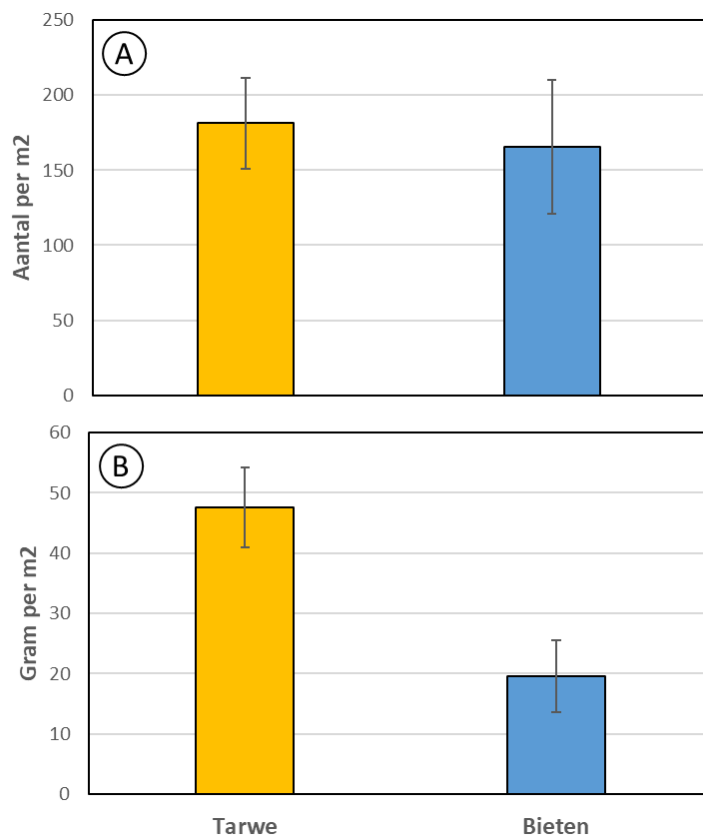
Figuur B1: Dichtheid (A) en biomassa (B) van regenwormen in de drie percelen in Ferwoude in juni 2020 (groene balkjes) en juni 2021 (gele balkjes).

Bijlage 2: Wekelijkse resultaten bodemweerstand en grashoogte Ferwoude in voorjaar 2020



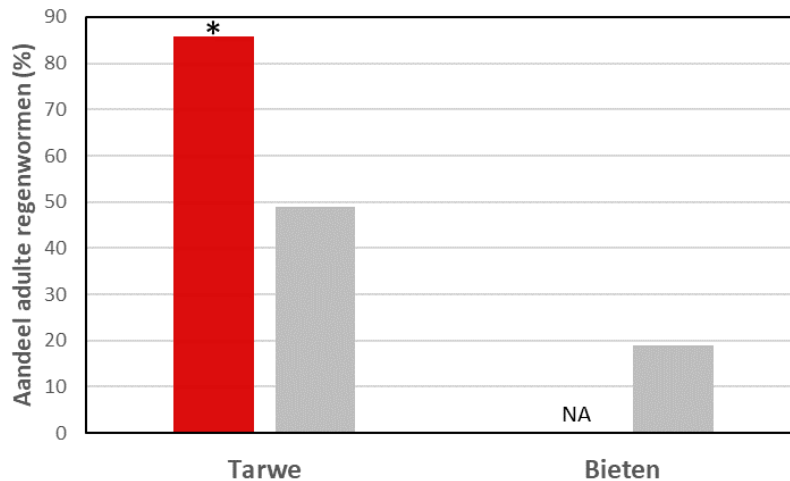
Bijlage 3: Resultaten Korengarst

In het kader van dit project is er ook nog gekeken op het bedrijf van Geuko en Aagtje ten Have in Korengarst bij Noordbroek in Groningen. Dezelfde methode is gebruikt. Omdat het bodemtype dermate afweek (lichte tot zware klei) van de rest van de onderzochte percelen is hier verder niet meer naar gekeken. De resultaten die gevonden zijn wil ik hier wel laten zien, omdat ze toch een vergelijkbaar patroon laten zien als wat we in Muntendam hebben gevonden. Het gaat om twee gangbare percelen waar op beide in 2018 tarwe werd verbouwd, maar in 2019 werd op de een suikerbieten verbouwd en op de ander weer tarwe.



Figuur B3: Dichtheid (A) en biomassa (B) van regenwormen in een tarwe en suikerbietenperceel in Korengarst (Noordbroek Gr) in april 2020.

De dichtheid aan regenwormen was niet verschillend, maar wel de biomassa, met bijna tweeënhalve keer meer gram regenwormen per vierkante meter in het tarweperceel (Fig. B3). Ook als we kijken naar de diversiteit is er een verschil. In het bietenperceel werden slechts twee soorten gevonden: de gewone grauwworm (*Aporrectodea caliginosa*) en de groene regenworm (*Allolobophora chlorotica*), beide grijze wormen. In het tarweperceel werden vijf soorten gevonden: gewone grauwworm (*A. caliginosa*), groene regenworm (*A. chlorotica*), vierhoekworm (*Eiseniella tetraedra*), kastanjeblauwkopworm (*Lumbricus castaneus*) en de gewone blauwkopworm (*L. rubellus*). De laatste drie zijn rode wormen (zie tabel 2).



Figuur B4: Aandeel van regenwormen met een zadel (clitellum) per ecogroep (grijze en rode wormen) in Muntendam. Het sterretje boven een staafje geeft aan dat er minder dan tien regenwormen gevonden zijn en dat de resultaten daarmee minder betrouwbaar zijn.

Ook lag het aandeel adulte regenwormen een stuk hoger in het tarweperceel (Fig. B4). Zes van de zeven gevonden rode wormen hadden een zadel. In het bietenperceel werden geen rode wormen gevonden en slechts 1 op de 5 regenwormen had een zadel.

Hoewel het bodemtype afwijkend was van de overige percelen, laten deze resultaten zien dat het beheer en het type gewas dat verbouwd wordt belangrijker zijn bij het begrijpen van hoe een regenwormenpopulatie zich gedraagt.

