



EFFECT VAN BEHEERINTENSITEIT OP REGENWORMEN IN LAAGVEENPERCELEN

Dennis van der Grift
12-8-2023

Effect van beheerintensiteit op regenwormen in laagveenpercelen



AERES
HOGESCHOOL

Dennis van der Grift
Aeres hogeschool Almere, Toegepaste Biologie
Amsterdam
12-8-2023
Afstudeerdocent: Floris Keizer

Voorwoord

Dit verslag is gaat over het afstudeeronderzoek naar het effect van beheerintensiteit op de regenwormen in laagveenpercelen. Dit verslag is gemaakt door een student Toegepaste biologie aan hogeschool Aeres Almere. Het verslag is een openbaar stuk.

Het verslag is voor iedereen die geïnteresseerd is in beheerintensiteit van landbouw, regenwormen en weidevogels. Dit verslag kan gebruikt worden als referentie voor andere onderzoeken of als informatiebron voor het opzetten van beheermaatregelen.

Met het onderzoek heb ik samengewerkt met de Vrije Universiteit Amsterdam binnen het project Veen Vitaal. Ik wil graag professor Matty P. Berg en PhD studente Lianne Woudstra bedanken voor hun begeleiding en samenwerking. Verder wil ik PhD studente Sanne Bethe en Duco Krist bedanken voor hun samenwerking. Tot slot wil ik graag mijn afstudeerdocent Floris Keizer bedanken voor zijn begeleiding.

Dennis van der Grift

12-8-2023

Inhoudsopgave

Abstract	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding	6
2. Materiaal en methode.....	9
2.1 Onderzoekpercelen	9
2.2 Samples nemen en data verzamelen	11
2.3 Drooggewicht	11
2.4 Abiotische factoren	11
2.5 Analyse	11
3. Resultaten.....	13
3.1 Regulier versus natuur inclusieve oever.....	13
3.2 Oever versus perceel.....	15
3.3 Samenhang parameters met abiotische factoren.....	17
3.3.1 pH	17
3.3.2 Watercontent	17
3.3.3 Bulkdensiteit.....	18
3.3.4 Compactie.....	18
4. Discussie	19
5. Conclusie	21
6. Aanbevelingen.....	22
Bronnenlijst	23
Bijlagen	28
Bijlage I: Keysom-02 Sampling and preserving earthworms and macrofauna by catch	28
Bijlage II: quantile-quantile plots, 1m	34
Bijlage III quantile-quantile plots, 6,40 m	35
Bijlage IV: regressiegrafieken pH.....	36
Bijlage V: regressiegrafieken watercontent	37
Bijlage VI: regressiegrafieken bulkdensiteit	38
Bijlage VII: regressiegrafieken compactie	39

Abstract

Due to the intensification of agriculture since the Second World War, biodiversity in agricultural areas has declined. This is particularly concerning for meadow birds. One of the reasons for this decline is the reduction in food availability, specifically that of rainworms. As a result, there are fewer rainworms overall, and they are less accessible to meadow birds. This research examined the effect of management intensity on rainworm populations in peat bog plots in Spaarnwoude. Twenty plots were studied, comparing the nature-inclusive shore with the regular shore, and eight plots were compared between shores and fields. The study found that the regular shores had more and larger rainworms compared to the nature-inclusive shores. The regular shores also showed higher species diversity. The differences in abundance, dry weight (g), and length (cm) were statistically significant. When comparing shores and fields, the average species diversity was higher on the shores, while the dry weight and length had higher averages in the fields. The abundance values overlapped the most between the two. However, no significant differences were observed in any of the indicators. The conclusion is that there is a positive effect of regular management intensity on rainworm populations in peat bog plots. This contradicts some other studies that suggest regular management intensity is not beneficial for rainworms. The discrepancy in conclusions could be due to differences in environmental factors. High water content (%) in the nature-inclusive shores may have influenced the results of this study. As the findings of this research are conflicting, it is recommended to conduct more studies on the effect of management intensity on rainworms, particularly in peat bog plots, to reach a definitive answer. Until more research is conducted, it is advisable to maintain enough peat plots where regular management intensity is applied to prevent unintentional declines in rainworm populations. Additionally, it is essential to avoid making the parcels too wet. Finally, it would be beneficial to investigate the accessibility of rainworms to meadow birds and the food intake of meadow birds under different management intensities in lowland parcels.

Samenvatting

Door de intensivering van landbouw vanaf de tweede wereldoorlog is de biodiversiteit bij landbouwgebieden achteruit gegaan. Zo gaat het niet goed met de weidevogels, onder meer omdat het voedselaanbod verminderd is. Zo neemt het aantal regenwormen af en ze in de grond minder goed bereikbaar voor de weidevogels.

In dit onderzoek is gekeken naar het effect van beheerintensiteit op de regenwormen in laagveenpercelen. In het landbouwgebied Spaarnwoude is op twintig percelen onderzoek gedaan naar de regenwormen en de omgevingsfactoren. De natuur inclusieve oever is vergeleken met de reguliere oever en er is bij acht percelen een vergelijking gedaan tussen oevers en percelen. Bij het onderzoek is naar voren gekomen dat er meer en grotere regenwormen waren bij de reguliere oevers dan bij de natuur inclusieve oevers. Ook is er een hogere soortenrijkdom te vinden bij de reguliere oevers. Het verschil van abundantie, drooggewicht (g) en lengte (cm) was significant. Bij de vergelijking tussen de oevers en de percelen is naar voren gekomen dat de gemiddelde soortenrijkdom hoger is in de oevers. Drooggewicht en lengte hebben hogere gemiddelden in de percelen. Bij de abundantie overlappen de waarden van de samples het meeste. Hier zijn bij alle indicatoren geen significante verschillen waargenomen.

De conclusie is dat er positief effect is van de reguliere beheerintensiteit op de regenwormen in laagveenpercelen. Andere onderzoeken tonen echter juist aan dat de reguliere beheerintensiteit niet goed is voor de regenwormen. Het verschil tussen de conclusies kan komen door verschillen in de omgevingsfactoren. De conclusie van dit onderzoek kan veroorzaakt zijn door te hoge watercontent (%) bij natuur inclusieve oevers.

Omdat dit onderzoek afwijkende conclusies trekt, wordt aanbevolen om meer onderzoek te doen naar het effect van beheerintensiteit op regenwormen. Vooral op laagveenpercelen zou er meer onderzoek hiernaar gedaan moeten worden om uiteindelijk tot een eenduidig antwoord te komen. Totdat er meer onderzoeken zijn uitgevoerd, is de aanbeveling om nog voldoende laagveenpercelen waarop reguliere beheerintensiteit wordt gedaan in stand te houden, om te zorgen dat de regenwormenpopulaties niet onbedoeld achteruitgaan. Ook is het goed om te weten dat de percelen niet te nat moeten worden gemaakt. Tot slot zal het goed zijn om onderzoek te doen naar de bereikbaarheid van de regenwormen voor de weidevogels en de voedselopname van de weidevogels bij de verschillende beheerintensiteiten op laagveenpercelen.

1. Inleiding

In de afgelopen decennia, vanaf het einde van de tweede wereldoorlog, is de landbouw in Europa en Noord-Amerika sterk geïntensiveerd (Kester, 1981). Tijdens de intensivering werd er veel aan ruilverkaveling gedaan, waardoor grotere percelen ontstonden. Bij de intensivering werd steeds vroeger in het jaar gemaaid met steeds grotere machines. Om dit mogelijk te maken, is de waterstand in de sloten en daarmee de grondwaterstand verlaagd. Daarnaast werd meer mest gebruikt om de primaire productie te verhogen. De boeren kregen meer vee, waardoor begrazing en mestproductie zijn toegenomen (Van Groen, 2020). Door de intensivering van het landgebruik is de biodiversiteit op de landbouwpercelen afgenomen (Benton et al., 2003; Sutcliffe et al., 2015). Ook in Nederland zijn de effecten van intensivering van landbouw op de biodiversiteit zichtbaar (Hooijmeijer et al., 2021). Zo gaan bijvoorbeeld de populaties weidevogels achteruit. Nederland is een belangrijk gebied voor weidevogels, zo verbleven in het jaar 2000 40% van de Europese populatie in Nederland (Teunissen & Soldaat, 2006). De resultaten van Meetnet Broedvogels van SOVON laten zien dat de weidevogelpopulaties vanaf 1990 tot heden matig afnemen. Dit betekent dat de afname circa 5% per jaar is (SOVON, 2023).

De afname van de populaties weidevogels is gelinkt aan de intensivering van de landbouw. Dit komt door verlaging van waterstand en een compactere en drogere bodem, wat leidt tot afname van totale en beschikbare voedselaanbod (Benton et al., 2002; Donald et al., 2001; Tanis et al., 2020). Verminderd totale voedselaanbod wordt onder andere veroorzaakt door de sterke afname van insecten (Geiger et al., 2010; van der Scheer & Blacquière, 2020). Dit levert voornamelijk problemen op voor de kuikens van weidevogels, die voornamelijk afhankelijk zijn van insecten tijdens de eerste weken van hun leven (Benton et al., 2002; van Groen, 2020). Naast meer sterfte door verhongering sterven ook meer kuikens door predatie en het maaien (Schekkerman & Müskens, 2010; Roodbergen et al., 2010; Altenburg & Wymenga, 2011; van Groen, 2020). Naarmate de weidevogels ouder worden, worden regenwormen steeds belangrijker als voedselbron (Van Eekeren et al., 2022). Het lijkt erop dat het maaibeheer effect heeft op de soortenrijkdom en abundantie van regenwormen. Zo is de soortenrijkdom en abundantie aan regenwormen lager bij percelen die vaker gemaaid worden, dan bij de percelen die minder vaak gemaaid worden (Hyvönen et al., 2021). Tegenwoordig wordt er veel gebruik gemaakt van mestinjecties. Mestinjecties is het toebrengen van vloeibare mest in de bodem. Het gebruik van mestinjecties zorgt ervoor dat de bovenste laag van de bodem opdroogt, waardoor de regenwormen in de bodem minder bereikbaar zijn voor de weidevogels. Hierdoor is de voedselbeschikbaarheid aan regenwormen lager geworden (Leeuwen et al., 2019; Onrust et al., 2019; van Groen, 2020). Daarnaast zitten meer regenwormen buiten het bereik van de snavels, omdat de regenwormen dieper in de bodem gaan zitten bij grondwaterpeil verlaging. Hoewel volwassen vogels langere snavels hebben dan de kuikens, kost het hun ook meer moeite om in hun voedselbehoefte te voorzien, doordat de regenwormen buiten bereik zitten en de bodem te hard is geworden (Guldenmond et al., 1995; Swagemakers et al., 2009; van Groen, 2020). Door bovenstaande beheermaatregelen hebben dus ook volwassen weidevogels meer moeite om aan de juiste voedselhoeveelheid te komen. Dit komt doordat de regenwormen minder bereikbaar zijn en dat de weidevogels meer energie moeten stoppen in regenwormen te vangen om voldoende biomassa aan regenwormen binnen te krijgen voor hun energiebehoefte.

Hoe snel en in welke mate de weidevogels last hebben van de hiervoor genoemde problemen, hangt af van de manier van jagen op de regenwormen. Weidevogels kunnen in twee groepen worden verdeeld: de tastjagers en de zichtjagers. (Onrust, 2017; van Eekeren et al., 2022). Tastjagers zijn weidevogels met lange snavels, ze steken de snavel in de bodem om op de tast regenwormen te pakken, zoals de grutto en scholekster. De tastjagers vangen vooral regenwormen die in de bodem

zitten. Zichtjagers zijn weidevogels met korte snavels en de regenwormen vinden op zicht, zoals de kievit en plevier (Onrust, 2017; Louis Bolk Instituut, z.d.). Zichtjagers ondervinden als eerste problemen als regenwormen zich naar diepere grondlagen verplaatsen, doordat ze niet meer zichtbaar zijn op het grondoppervlak. Bij een hogere mate van verdroging komen ook de tastjagers in de problemen, omdat zij de regenwormen niet meer kunnen bereiken.

De effecten van landbouwintensivering op regenwormen kunnen tussen de ecologische groepen van regenwormen verschillend zijn. Regenwormen kunnen verdeeld worden in drie ecologische groepen: de strooiselbewoners (epigeïsche regenwormen), de bodembewoners (endogeïsche regenwormen) en de pendelaars (anekische regenwormen) (NutriNorm, 2023). Epigeïsche regenwormen zijn roodkleurig en leven op de oppervlakte of in de bovenste laag van de bodem tot 20 cm diepte. Soorten van epigeïsche regenwormen die verwacht worden op veenweiden zijn: *Bimastos rubidus*, *Bimastos eiseni*, *Dendrobaena octaedra*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus*, *Lumbricus terrestris* en *Satchellius mammalis* (Krediet, 2018 & 2023). Epigeïsche regenwormen zijn de belangrijkste voedselbron voor zichtjagers. De endogeïsche regenwormen zijn grijs en leven in de bodemlaag tot 40 cm diepte. Zij maken horizontale gangen in de bodem, waardoor ze niet aan de oppervlakte komen. Soorten van endogeïsche regenwormen die verwacht worden op veenweiden zijn: *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea cupulifera*, *Aporrectodea limicola*, *Aporrectodea rosea*, *Helodrilus oculatus* en *Octolasion lacteum* (Krediet, 2018 & 2023). Endogeïsche regenwormen zijn een voedselbron voor tastjagers, zolang ze binnen het bereik van de snavel zitten (Onrust, 2017). De anekische regenwormen hebben een roodkleurige kop en zijn voor de rest roze. Deze regenwormen maken verticale gangen en komen voor van de oppervlakte tot 150 cm diepte. Het soort van anekische regenwormen die verwacht wordt op veenweiden is: *Aporrectodea longa* (Krediet, 2018 & 2023). Deze regenwormen komen 's nachts naar de oppervlakte toe om te foerageren. Hierdoor zijn ze 's nachts een voedselbron voor zichtjagers en tastjagers (Van Eekeren et al., 2014; Zanen et al., 2013).

Er bestaan verschillende landbouwwormen. Er zijn landbouwwormen die natuur inclusief zijn, zoals percelen waar aan weidevogelbeheer wordt gedaan. Voorbeelden van weidevogelbeheer dat boeren kunnen doen, is het creëren van kruidenrijke graslanden of plasdraslanden. Met weidevogelbeheer moeten de boeren ook maatregelen treffen bij hun werkzaamheden, zoals alleen bemesten met vaste mest en uitgesteld maaibeheer (Agraaf, 2023; provincie Noord-Holland, 2022). Door weidevogelbeheer en ingestelde weidevogelreservaten zijn belangrijke weidevogelgebieden ontstaan, zoals Wormer- en Jisperveld, Eilandspolder en Spaarnwoude (Teunissen, 2000). Bij natuur inclusieve landbouw bestaat er veel variatie aan beheermaatregelen die genomen worden en aan landgebruik intensiteit (Gies et al., 2019). Zo is er bijvoorbeeld veel variatie bij het beheer van de oevers. De oevers kunnen bijvoorbeeld gemaaid en beweid worden, alleen gemaaid worden of er wordt geen beheer toegepast bij de oever. Veel oevers bij natuur inclusieve landbouw zijn natuurvriendelijke oevers. Het talud van deze oevers loopt geleidelijk af naar de wateroppervlakte toe (Van Breukelen et al., 2003). Op de percelen wordt er geen gebruik gemaakt van kunstmest en wordt er minder vaak gemaaid dan bij reguliere landbouw (Erisman et al., 2017). Een andere landbouwworm dat veel wordt toegepast is reguliere landbouw. Bij reguliere landbouw zijn er geen natuurvriendelijke oevers, worden gehele percelen gebruikt, is er geen vermindering van bemesting en kan er kunstmest worden gebruikt. Ook is er geen aangepast maaibeheer (Levende Have, 2013; Veeteelt, 2023).

De verschillende beheermaatregelen van percelen zorgen voor verschillend beheerintensiteit. Het is niet bekend wat het effect is van beheerintensiteit op laagveenpercelen op de populaties regenwormen. Dit onderzoek wordt gedaan op laagveenpercelen, omdat daar nog weinig onderzoek naar gedaan is. De resultaten van dit onderzoek zijn te gebruiken om aanbevelingen te doen over welke beheerintensiteit en welke maatregelen goed zijn voor de populaties regenwormen. Dit is van belang om te kunnen zien hoe het gaat met het voedselaanbod van regenwormen voor de weidevogels (Korniluk et al., 2021). Want weidevogels profiteren ervan wanneer het voedselaanbod aan regenwormen hoog is (Timmerman et al., 2006). Om het voedselaanbod te bepalen, wordt gekeken naar de volgende parameters: de hoeveelheid regenwormen, de soortenrijkdom, de abundantie en de lengte. Intensiteit heeft mogelijk effect op de soortenrijkdom, aantallen en/of massa van regenwormen. Het kan echter zijn dat de diversiteit en de aantallen niet veranderen, maar de massa wel, omdat de individuen onder stress kleiner worden. Verandering in lichaamsgrootte heeft effect op het voedselaanbod, omdat de weidevogels dan meer wormen moeten eten om genoeg regenwormen binnen te krijgen om aan hun energiebehoefte te kunnen voldoen. Daarnaast is het zo dat kleinere regenwormen gevoeliger zijn voor uitdroging. (Onrust et al., 2019; Bohlen et al., 1995).

De hoofdvraag van dit onderzoek is: Wat is de invloed van beheerintensiteit in laagveenpercelen op regenwormen?

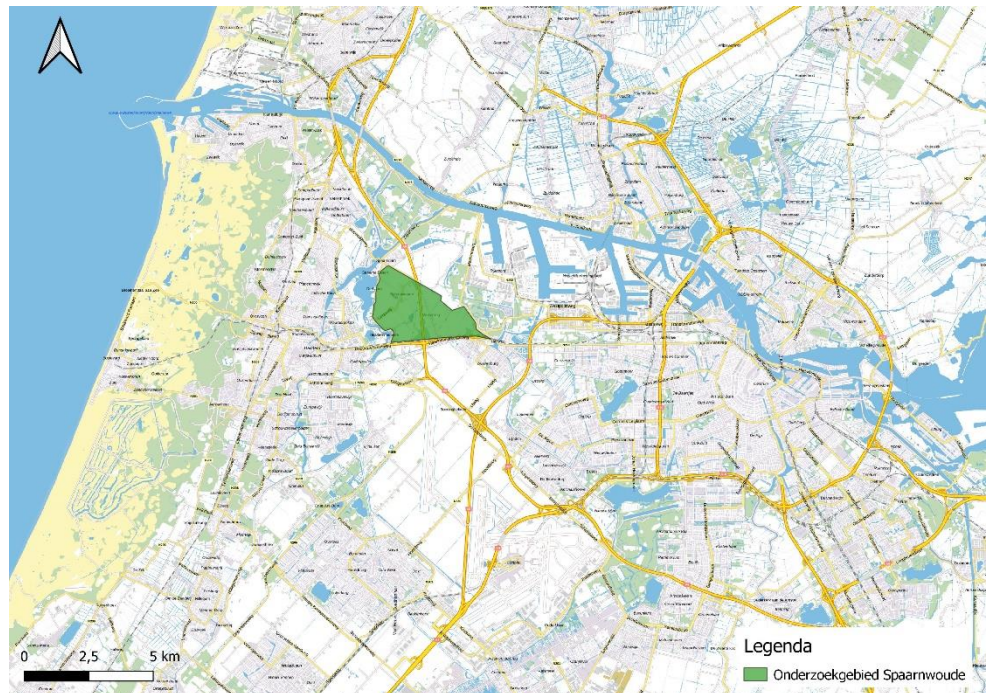
Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn er deelvragen geformuleerd. De deelvragen zijn:

- Wat voor invloed heeft beheerintensiteit op de soortenrijkdom?
- Wat voor invloed heeft beheerintensiteit op de abundantie?
- Wat voor invloed heeft beheerintensiteit op de biomassa?
- Wat voor invloed heeft beheerintensiteit op de lengte-verdeling?

De hypothese is, dat in reguliere percelen meer regenwormen zitten dan in de percelen die natuur inclusief zijn, maar dat de regenwormen wel kleiner en lichter zijn. Door de bemesting hebben de regenwormen genoeg voedsel, waardoor op de percelen met meer bemesting een hogere aantal regenwormen wordt verwacht. De regenwormen zullen kleiner zijn, omdat ze zich hebben aangepast aan de drogere en compactere bodem van reguliere percelen. (Hooijmeijer et al., 2020) Daarnaast is het de verwachting dat de soorten diversiteit op natuur inclusieve percelen groter is dan de reguliere percelen. Doordat de leefomgeving van de natuur inclusieve percelen waarschijnlijk gunstiger is voor de regenwormen, zal hier minder natuurlijke selectie plaatsvinden, waardoor er meer soorten op deze percelen verwacht kunnen worden (Heupink & Prins, 2007).

2. Materiaal en methode

Om antwoord te krijgen op de hoofdvraag is er onderzoek gedaan naar regenwormen op verschillende percelen met verschillende beheerintensiteit. Het onderzoek werd uitgevoerd in het landbouwgebied in Spaarnwoude (figuur 1). Het landbouwgebied ligt tussen Amsterdam, Haarlem en Velsen. Het onderzoek vond plaats van maart 2023 tot juni 2023. Van maart tot midden april werd het veldwerk uitgevoerd. Daarna is de verzamelde data geanalyseerd.

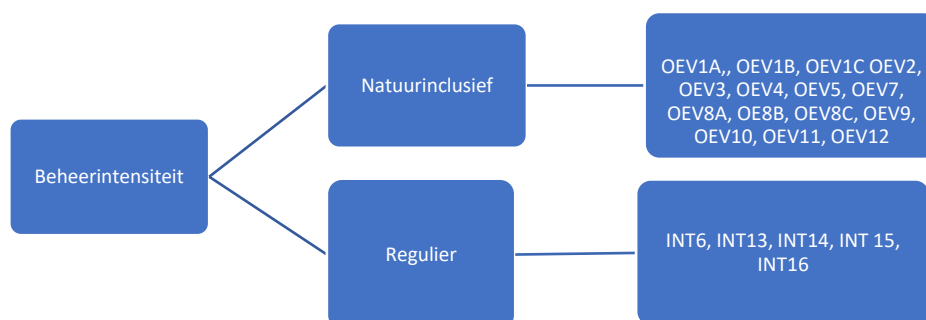


Figuur 1: overzichtkaart van het onderzoeksgebied in Spaarnwoude.

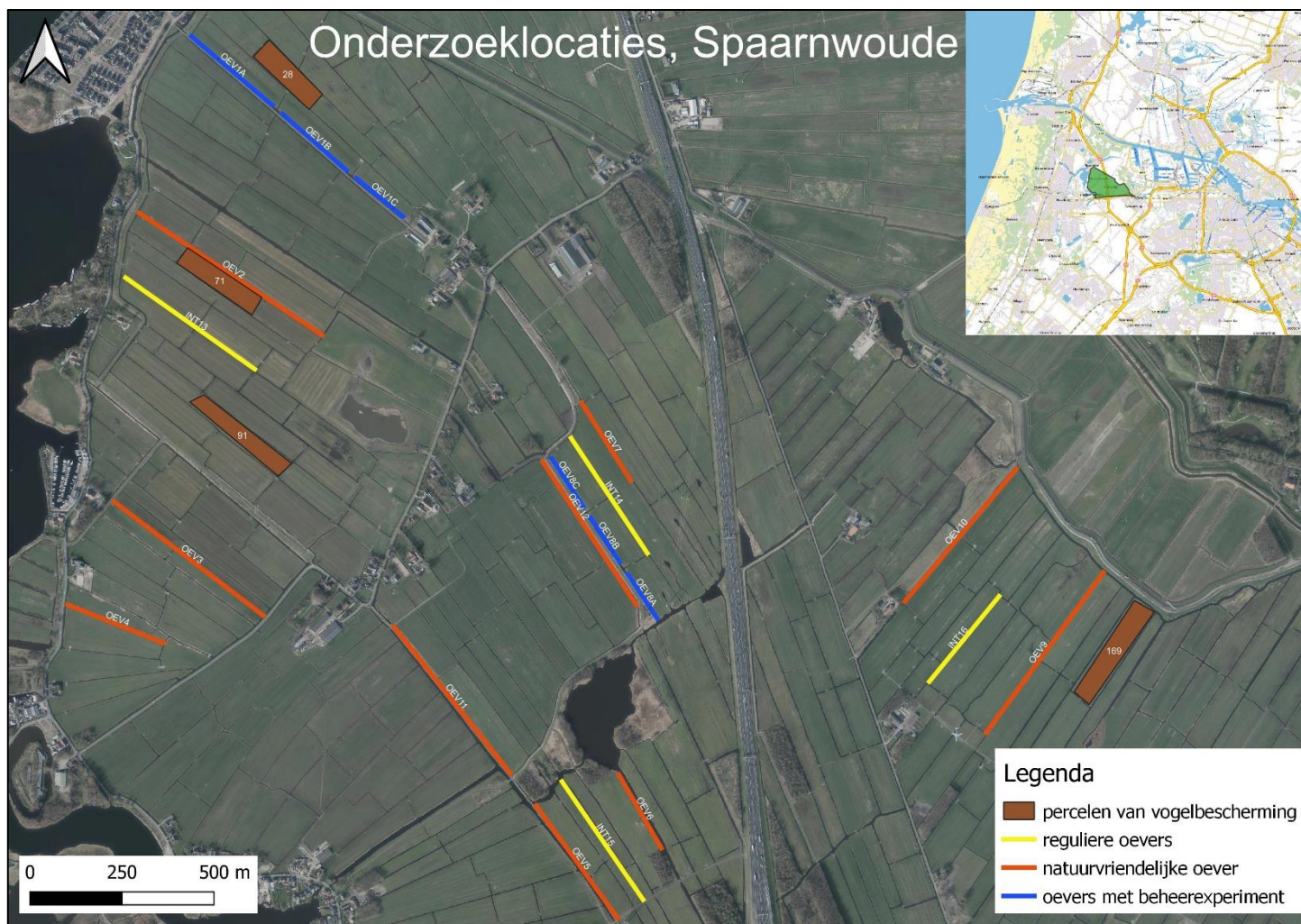
2.1 Onderzoekpercelen

Om te bekijken wat het effect is van de verschillende beheerintensiteiten is er gekeken naar de oevers van de percelen. Het onderzoek werd uitgevoerd bij twintig percelen (figuur 3). De twintig percelen zijn opgedeeld in twee categorieën van beheerintensiteit, namelijk natuur inclusief of regulier (figuur 2). Bij alle twintig percelen is op 1 meter van de sloot vandaan vijf samples per sloot genomen. Deze samples werden gebruikt om de effect van de beheerintensiteit inzichtelijk te maken. De reguliere percelen zijn vergeleken met de natuur inclusieve percelen.

Van de twintig percelen zijn er acht percelen waar ook samples zijn genomen op 6,40 meter van de sloot vandaan. De percelen zijn OEV1A, OEV1B, OEV1C, OEV7, OEV8A, OEV8B, OEV8C en INT14. Bij deze percelen wordt ook een vergelijking gedaan tussen de samples die op 1 meter en op 6,40 meter zijn genomen.



Figuur 2: De verdeling van beheerintensiteit met de bijhorende onderzoeklocaties.



Figuur 3: Onderzoeklocaties

2.2 Samples nemen en data verzamelen

Bij het nemen van samples is het protocol Keysom-02 Sampling and preserving earthworms and macrofauna by catch (bijlage I) zoveel mogelijk gevolgd. Bij elke oever werden regenwormen verzameld. Het verzamelen van de regenwormen werd gedaan door met een spade een kluit aarde van 20X20X20 cm uit de grond te steken, op één meter afstand van het sloot. Dit werd per oever vijf keer gedaan. Als extra informatie zijn bij de percelen OE1A, OE1B, OE1C, OE8A, OE8B, OE8C, OE7 en INT14 ook vijf samples genomen op 6,40 meter van de sloot vandaan. De samples werden op 6,40 meter van de sloot vandaan genomen, zodat de samples altijd in het perceel zelf werden genomen. Ook bij percelen met natuur inclusieve oevers kon zo de samples op de percelen zelf worden genomen. De kluit is volledig handmatig doorzocht op regenwormen. De regenwormen werden ter plekke uit de kluit aarde gehaald en in een potje met 96% ethanol gedaan. De lengte, breedte en het drooggewicht werden bepaald in het laboratorium van VU Amsterdam. De regenwormen werden met behulp van een microscoop tot soortniveau gedetermineerd. Voor het determineren wordt het determinatietabel "Macrofauna - Regenwormen: sleutel tot de algemenere soorten van de Nederlandse regenwormen" gebruikt.

2.3 Drooggewicht

De biomassa is bepaald aan de hand van het drooggewicht. Om het drooggewicht te meten werden de regenwormen na het determineren en het lengte meten individueel in een potje gedaan. De potjes gingen in een vriezer dat op -20 graden Celsius staat, zodat de regenwormen werden ingevroren. Wanneer de regenwormen ingevroren waren, werden de regenwormen 48 uur in de vriesdroger gedaan, waardoor het vocht eruit werd getrokken. Na de 48 uur in de vriesdroger werd het drooggewicht bepaald.

2.4 Abiotische factoren

Per perceel is er gekeken naar omgevingsfactoren. De omgevingsfactoren waarnaar gekeken werd zijn vochtgehalte, bulkdensiteit, compactie en pH. De data van de abiotische factoren is verkregen van een PhD student van Vrije Universiteit Amsterdam, die meewerkt aan het project VeenVitaal. Per onderzoekslocatie is een gemiddelde waarde berekend van vier metingen. De metingen zijn genomen op 40 cm, 80 cm, 3,60 meter en 6,40 meter van het sloot. Er is naar deze abiotische factoren gekeken, om te kunnen verklaren waarom de regenwormpopulaties anders reageren per beheerintensiteit en meetlocatie.

2.5 Analyse

Om te kijken wat voor effect beheerintensiteit heeft op de soortenrijkdom, abundantie, biomassa en lengte-verdeling van regenwormen, werd de data geanalyseerd door gebruik te maken van grafieken en statistische toetsen. De analyse is gedaan in R studio versie 2023.03.01+446. Om soortenrijkdom uit te kunnen drukken in waardes, is de Shannon-wiener index gebruikt.

De beheerintensiteit van de percelen werden met elkaar vergeleken aan de hand van de parameters: Shannon-wiener, abundantie, lengte (cm) en drooggewicht (g) van de regenwormen. Met de verzamelde data is per parameter het gemiddelde berekend per beheerintensiteit.

Voor de analyse zijn boxplots gemaakt. In de eerste set boxplots is de beheerintensiteit regulier en natuur inclusief met elkaar vergeleken. De beheerintensiteit is op de x-as gezet en de parameters op de y-as. In de tweede boxplots is de data gebruikt van de acht percelen waar samples zijn genomen op 1 meter en op 6,40 meter van de sloot af. In de boxplots behoren de samples van 1m bij de oever en de samples op 6,40 meter bij het perceel. Om de significantie te bepalen voor de vergelijkingen van de beheerintensiteit is de Mann Withney u test gebruikt, omdat de data niet

normaal verdeeld was en de aantallen niet aan elkaar gelijk waren. De significantie voor de vergelijkingen tussen de oevers en de percelen is de Friedman test gebruikt. Dit is gedaan omdat de data niet normaal verdeeld was, maar wel gelijke aantallen had. In bijlagen II en III zijn quantile-quantile plots van de data te zien, dat weergeeft dat de data niet normaal verdeeld is.

Verder zijn er ook correlatiegrafieken met een regressielijn gemaakt en correlatieanalyses uit gevoerd met de parameters de abundantie, drooggewicht, Shannon-wiener en lengte op de y-as en de omgevingsfactoren watercontent (%), bulkdensiteit (Kg/m^3), pH, compactie (N/cm^2) op de x-as. Deze grafieken zijn gemaakt om de resultaten uit de staafdiagrammen te kunnen verklaren. Om de significantie te bepalen van de correlaties, zijn in Excel regressieanalyses uitgevoerd. In tabel 1 staat wat de correlatie is bij de waarde van correlatie determinatiecoëfficiënt (R^2).

Tabel 1: Hier wordt de strekte van de correlatie bij de determinatiecoëfficiënt (R^2) weergegeven.

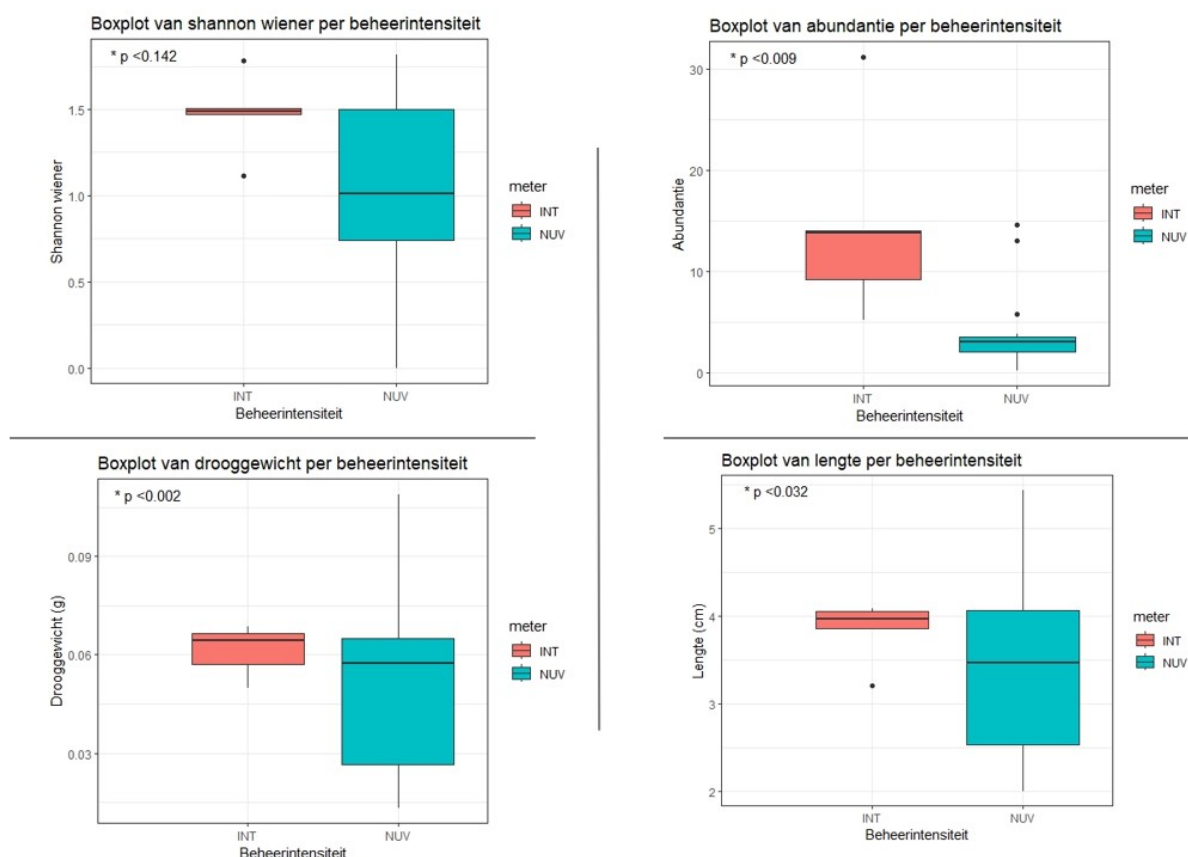
Waarde van R^2 (positief of negatief)	Betekenis
0,00 tot 0,19	Een zeer zwakke correlatie
0,20 tot 0,39	Een zwakke correlatie
0,40 tot 0,69	Een matige correlatie
0,70 tot 0,89	Een sterke correlatie
0,90 tot 1,00	Een zeer sterke correlatie

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven. Als eerste wordt er gekeken naar de verschillen en de overeenkomsten tussen de resultaten van reguliere oevers en natuur inclusieve oevers. Ten tweede worden de resultaten van acht percelen weergegeven waar gekeken wordt naar de verschillen en de overeenkomsten tussen de oevers (1 meter) en de percelen (6,40 meter). Tot slot wordt de samenhang van de parameters met de abiotische factoren weergegeven.

3.1 Regulier versus natuur inclusieve oever

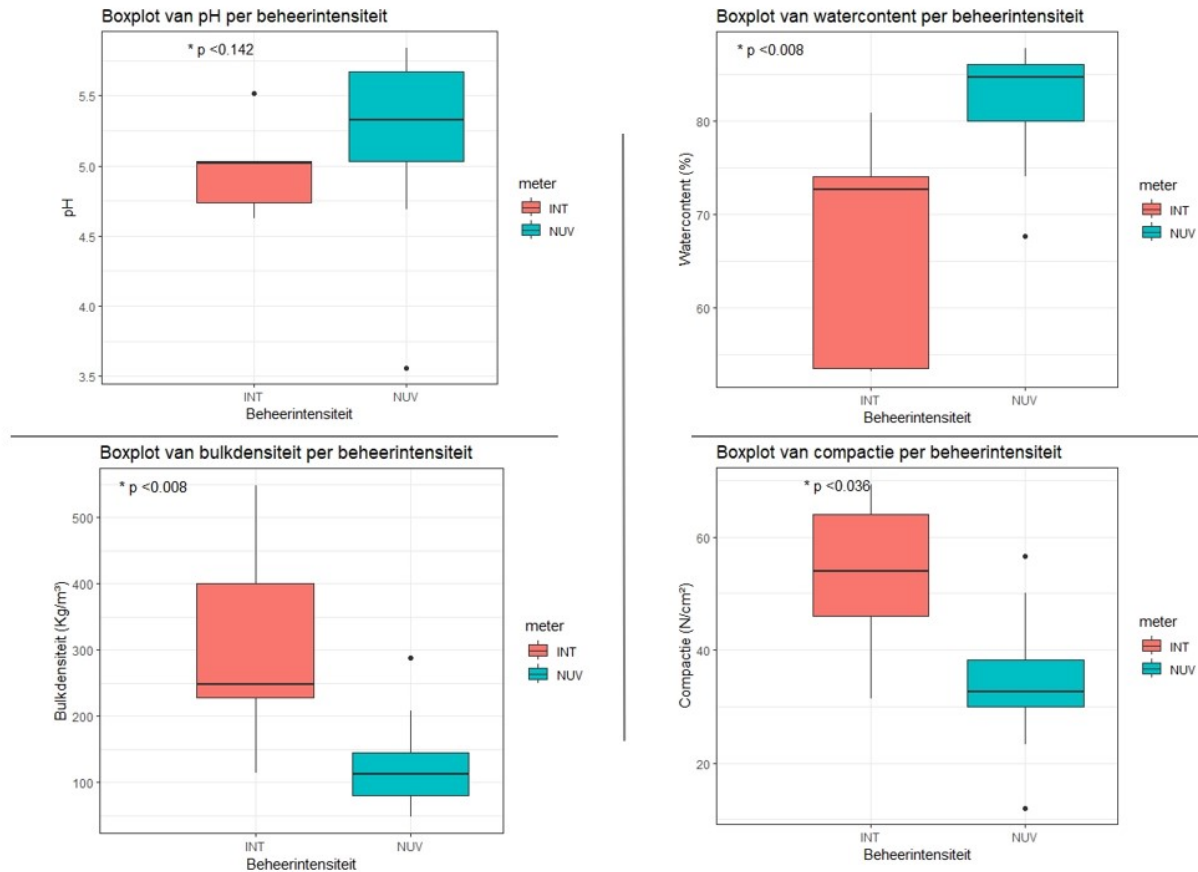
In figuur 4 zijn de boxplotten te zien voor de vergelijking tussen reguliere oevers (INT) en natuur inclusieve oevers (NUV). De natuur inclusieve oevers hebben bij de shannon wiener, drooggewicht en lengte een hogere spreiding van de resultaten dan de reguliere oevers. Er is een significant verschil in het totaal aantal regenwormen (abundantie) aangetoond tussen natuur inclusieve oevers en reguliere oevers, waarbij er gemiddeld een hoger aantal regenwormen wordt waargenomen in reguliere oevers. Ook bij de gemiddelde drooggewicht en gemiddelde lengte is er significant verschil aangetoond tussen reguliere oevers en natuur inclusieve oevers. Er zijn gemiddeld langere en zwaardere regenwormen waargenomen in reguliere oevers. Er is geen significant verschil in soortenrijkdom tussen reguliere oevers en natuur inclusieve oevers. De gemiddeld soortenrijkdom is hoger in de reguliere oevers.



Figuur 4: In de vier boxplotten worden de parameters vergeleken tussen reguliere oevers en natuur inclusieve oevers.

De verschillen en de overeenkomsten van de omgevingsfactoren worden in figuur 5 weergegeven. Bij pH en watercontent zijn de gemiddelden hoger in de natuur inclusieve oevers. Bij bulkdensiteit en compactie zijn de gemiddelden hoger in de reguliere oevers. De verspreiding van de resultaten van de reguliere percelen is bij watercontent het grootst. Alleen bij pH heeft de reguliere percelen een uitschieter. De natuur inclusieve percelen hebben bij elke abiotische factor een uitschieter, maar er is

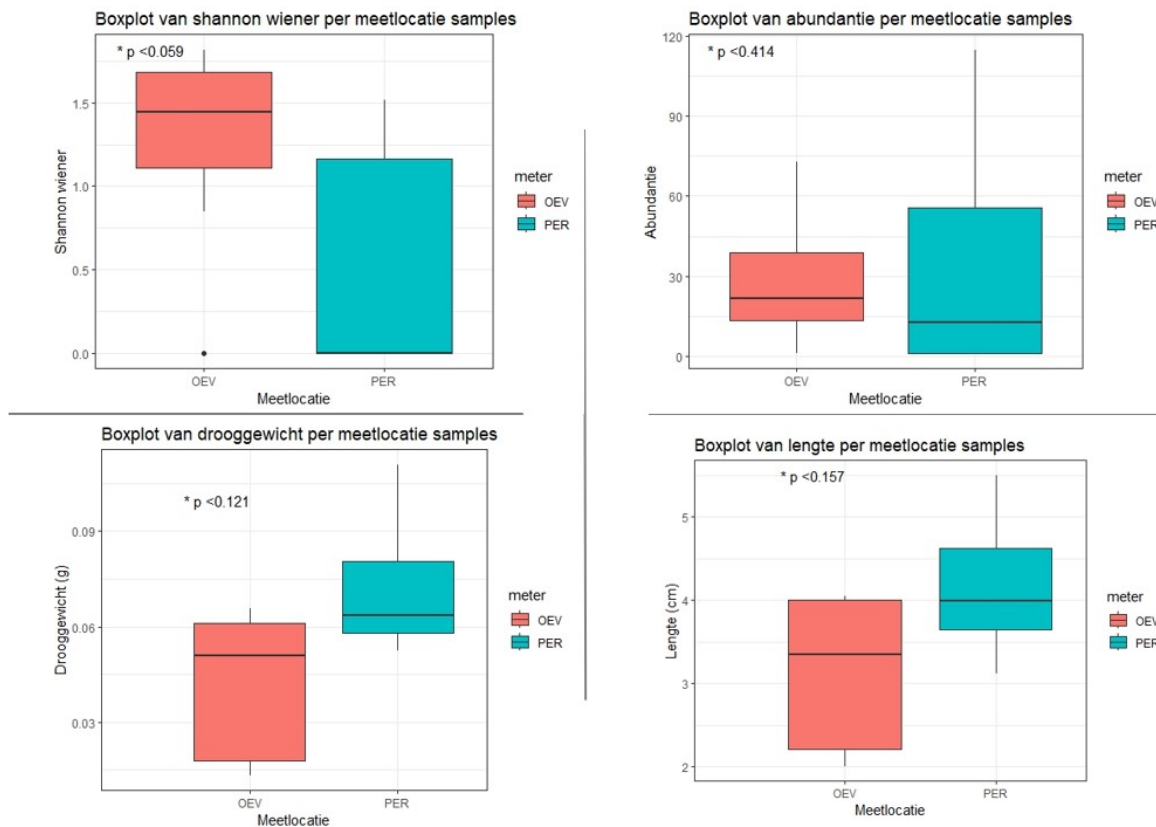
een minder grote spreiding in de resultaten dan de reguliere percelen, behalve bij de pH. Bij watercontent, bulkdensiteit en compactie is er een significant verschil aangetoond tussen reguliere percelen en natuur inclusieve percelen. Bij pH en watercontent zijn gemiddeld hogere waarden waargenomen in natuur inclusieve oevers. Bij bulkdensiteit en compactie zijn gemiddeld hogere waarden waargenomen in reguliere oevers.



Figuur 5: In de vier boxplotten worden de omgevingsfactoren vergeleken tussen reguliere oevers en natuur inclusieve oevers.

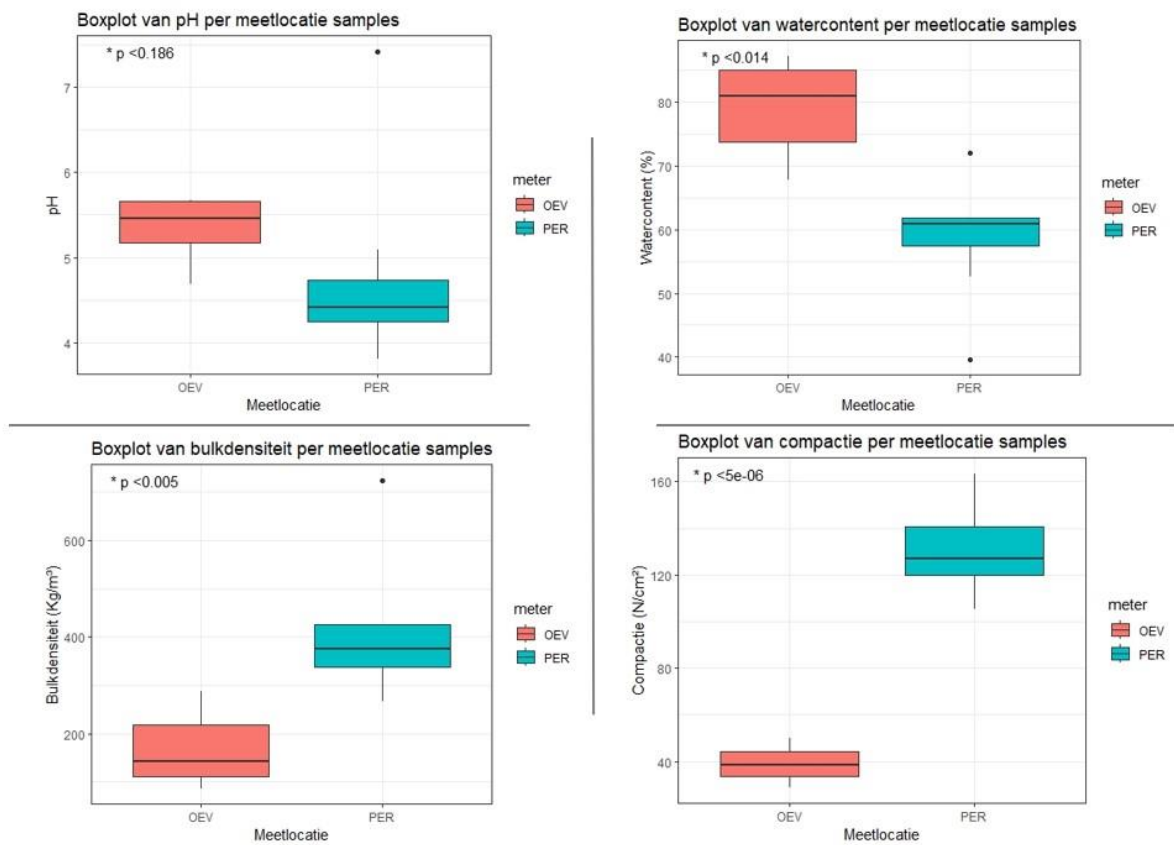
3.2 Oever versus perceel

Er is ook gekeken naar de verschillen en overeenkomsten tussen oevers en percelen, dit is met samples van acht percelen gedaan, zie figuur 6. De resultaten van de samples op 1 meter behoren tot de oevers en de resultaten op 6,40 meter behoren bij de percelen. De gemiddelde soortenrijkdom is hoger in de oevers. Drooggewicht en lengte hebben hogere gemiddelden in de percelen. Bij de abundantie overlappen de waarden van de samples het meeste. Bij alle indicatoren zijn er geen significante verschillen aangetoond tussen de oevers en de percelen.



Figuur 6: In de vier boxplots worden de parameters vergeleken tussen reguliere oevers en natuur inclusieve oevers.

In figuur 7 worden de vergelijkingen van de abiotische factoren tussen de oevers (1 meter) en percelen (6,40 meter) weergegeven. pH en watercontent zijn gemiddeld hoger bij de oevers. De gemiddelde bulkdensiteit en compactie is groter in de percelen. Er is een significant verschil aangetoond bij watercontent, bulkdensiteit en compactie tussen de oevers en de percelen. Bij pH is er geen significant verschil tussen de oever en het perceel.



Figuur 7: In de vier boxplotten worden de omgevingsfactoren vergeleken tussen reguliere oevers en natuur inclusieve oevers.

3.3 Samenhang parameters met abiotische factoren

Om een verklaring te kunnen geven over de verschillen tussen de beheerintensiteiten en de meet locaties, is er gekeken naar de samenhang tussen de parameters en de abiotische factoren. Dit is gedaan met behulp van regressieanalyses en regressiegrafieken.

3.3.1 pH

Tabel 2 geeft de correlatie weer. Op 1 meter is er een matig negatieve correlatie te zien tussen de pH waarde en drooggewicht en lengte. Op 6,40 meter is bij drooggewicht en lengte geen correlatie te zien. Bij shannon wiener en abundantie op 6,40 meter is er een sterke positieve correlatie met pH. Op 1 meter is er geen correlatie gevonden tussen pH en de soortenrijkdom en abundantie. Zie bijlage IV voor de regressiegrafieken.

Tabel 2: Regressieanalyse van pH met de parameters. * = Er is een significantie.

PH	R², 1M	P-VALUE, 1M	R², 6,40M	P VALUE, 6,40M
SHANNON WIENER	0,0115	0,652042	0,500482	0,049666*
ABUNDANTIE	-0,0019	0,853885841	0,742899	0,005919*
DROOGGEWICHT (G)	-0,4751	0,000774506*	-0,000261	0,969687
LENGTE (CM)	-0,27	0,018951849*	-7,78E-09	0,999835

3.3.2 Watercontent

In tabel 3 en bijlage V is te zien dat er op 1 meter alleen een matig negatief correlatie is tussen watercontent en abundantie. De andere parameters hebben geen correlatie met watercontent. Op 6,40 meter is er geen correlatie te zien.

Tabel 3: Regressieanalyse van watercontent met de parameters. * = Er is een significantie.

WATERCONTENT (%)	R², 1M	P-VALUE, 1M	R², 6,40M	P VALUE, 6,40M
SHANNON WIENER	-0,084571	0,213536	-0,230074	0,229062
ABUNDANTIE	-0,254546	0,023293*	-0,444781	0,070842
DROOGGEWICHT (G)	-0,004387	0,78144	-0,259714	0,197014
LENGTE (CM)	-0,007146	0,723092	0,126645	0,386936

3.3.3 Bulkdensiteit

In tabel 4 en bijlage VI is te zien dat op 1 meter is een significante zwakke positieve correlatie is tussen bulkdensiteit en abundantie. Op 6,40 meter is er ook een positieve correlatie te zien tussen bulkdensiteit en abundantie, dit is een matig positieve correlatie. Bulkdensiteit heeft op 1 meter en op 6,40 meter geen andere correlatie met een parameter.

Tabel 4: Regressieanalyse van bulkdensiteit met de parameters. * = Er is een significantie.

BULKDENSITEIT (KG/M³)	R², 1M	P-VALUE, 1M	R², 6,40M	P VALUE, 6,40M
SHANNON WIENER	0,104608	0,164219	0,29906	0,160721
ABUNDANTIE	0,283046	0,015755*	0,548745	0,035521*
DROOGGEWICHT (G)	0,002161	0,845693793	0,098544	0,44893
LENGTE (CM)	0,007146	0,723092	-0,045458	0,612185

3.3.4 Compactie

Er is een zwakke positieve correlatie tussen compactie en abundantie op 1 meter, tabel 5 en bijlage VII . Er is geen andere correlatie gevonden op 1 meter. Op 6,40 meter is er een matig positieve correlatie tussen compactie en abundantie. Er is verder geen correlatie gevonden tussen compactie en de andere parameters.

Tabel 5: Regressieanalyse tussen compactie en de parameters. * = Er is een significantie.

COMPACTIE (N/CM²)	R², 1M	P-VALUE, 1M	R², 6,40M	P VALUE, 6,40M
SHANNON WIENER	0,006804	0,729547	0,359666	0,116054
ABUNDANTIE	0,274738	0,017676*	0,66447	0,013682*
DROOGGEWICHT (G)	0,006068	0,744093	-0,000141	0,97771
LENGTE (CM)	0,020776	0,544329	-0,020315	0,736354

4. Discussie

Het onderzoek is uitgevoerd bij twintig laagveenpercelen in Spaarnwoude. Er is gekeken naar het effect van de beheerintensiteit. De reguliere oevers zijn vergeleken met de natuur inclusieve oevers. Er is ook een vergelijking gedaan tussen oevers en percelen. De oevers verschilden van elkaar door verschillende omgevingsfactoren. Hierdoor kon er geen schaal gemaakt worden van de beheerintensiteit en moest er gekeken worden naar de twee uiterste, namelijk regulier en natuur inclusief. Om de significantie uit te rekenen bij de boxplots, werd de significantie tussen de medianen gebruikt omdat de data niet normaal verdeeld waren. De meeste onderzoeken gebruiken voor de analyse ANNOVA waarbij de gemiddelde wordt vergeleken. Dit was niet mogelijk bij dit onderzoek, omdat er meer natuur inclusieve percelen waren dan reguliere percelen. Als het aantal natuur inclusieve percelen en reguliere percelen gelijk waren geweest, kon er wel ANNOVA worden gebruikt (Hansen & Engelstad, 1999; Kleijn et al., 2008). Dat ANNOVA niet gebruikt is, maakt het lastiger om de resultaten te vergelijken met de andere onderzoeken. Er werd wel gebruik gemaakt van de juiste onderzoeksmethoden waardoor er geldige resultaten uit het onderzoek voortkwamen.

Bij het onderzoek werden de factoren voedingsstoffen N/P en vegetatie dichtheid niet meegenomen. Deze factoren hebben wel grote invloed op de regenwormen populaties en kunnen verschillen door de beheerintensiteit (Chauhan, 2014; Onrust 2017). Ook al zijn deze factoren niet meegenomen, toch kan met de omgevingsfactoren pH, watercontent, bulkdensiteit en compactie het indirecte effect van de beheerintensiteit op de regenwormen worden vastgelegd.

Bij de intensieve oevers zijn significant meer en grotere regenwormen waargenomen dan bij natuur inclusieve oevers. Ook is er een grotere soortenrijkdom waargenomen bij intensieve oevers. De gemiddelde soortenrijkdom is hoger in de oevers dan in de percelen. Drooggewicht en lengte heeft hogere gemiddelden in de percelen dan in de oevers.

Dat de regenwormen groter en zwaarder zijn bij intensieve oevers komt door de verschillen in de omgevingsfactoren. Zo is er een verschil te zien tussen de pH waarden. Bij de regressieanalyse is er een matig negatieve correlatie te zien tussen pH met drooggewicht en pH met lengte. Dus als de pH lager wordt, zijn de regenwormen kleiner en lichter. Bij de intensieve oevers is er een lagere pH waarde waargenomen. Mede mogelijk door de pH zijn de regenwormen groter en zwaarder bij de reguliere oevers. Hetzelfde verband is te zien bij de vergelijking tussen de oevers en de percelen. Bij de percelen is er een lagere pH geconstateerd en de regenwormen zijn ook kleiner. Het verband tussen pH en de drooggewicht en lengte is ook te zien in *The Influence of Temperature, pH and C/N Ratio on the Growth and Survival of Earthworms in Municipal Solid Waste* (Hau et al., 2005). In Grutto landschap project, Jaarverslag 2020 (Hooijmeijer et al., 2020) komt naar voren dat de regenwormen kleiner zijn bij intensiever beheermanagement. Dit is anders dan de resultaten van dit onderzoek. Dit kan komen door verschil in de abiotiek van de onderzoeklocaties. Het onderzoekgebied van Grutto landschap project is in zuid west Friesland. Het kan zijn dat de watercontent daar anders is en ook ander bodemtype is. Wat de waardes zijn in zuid west Friesland is niet gevonden.

De abundantie van de regenwormen is op reguliere oevers groter dan op natuur inclusieve oevers. Dit kan komen door meerdere abiotische factoren. Zo is correlaties gevonden tussen abundantie met watercontent, abundantie met bulkdensiteit en abundantie met compactie. Bulkdensiteit en compactie hebben een significante zwakke positieve correlatie met abundantie op 1 meter en een significante matige positieve correlatie op 6,40 meter. Watercontent heeft een significante zwakke negatieve correlatie met abundantie op 1 meter. De abiotische factoren hebben ook effect op elkaar (Chan & Barchia, 2007).

In *The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration* en andere onderzoeken (Yvan, et al., 2012) komt naar voren dat de compactie negatief effect heeft op de abundantie van regenwormen. Dit is anders dan bij dit onderzoek naar voren is gekomen. Bij dit onderzoek is juist een positieve correlatie waargenomen tussen de compactie en abundantie. Dit is ook te zien in de resultaten. De compactie op reguliere oevers is groter en de abundantie is ook tegelijk groter dan op natuur inclusieve oevers met een minder grote compactie. Dat bij een grotere compactie ook grotere abundantie is waargenomen kan komen door de watercontent. De natuur inclusieve oevers had een hoge watercontent. Dit was tijdens het veldwerk ook te merken, de gaten waar van de genomen samples vulde zich gelijk met water. Het kan zijn dat de natuur inclusieve oevers te nat waren voor de regenwormen. In *Role of Earthworms in Soil Fertility and Factors Affecting Their Population Dynamics: A Review* staat dat 60% tot 70% watercontent optimaal is voor de regenwormen. Bij de natuur inclusieve oevers was de watercontent meestal hoger dan 80%. Dit kan dus te hoog zijn geweest voor de regenwormen populatie. De intensieve oevers waren droger en hier is ook hoger abundantie gevonden. Bij hoger compactie was het dus droger, waardoor er ook hoger abundantie is waargenomen.

De hypothese voor het onderzoek was dat er meer regenwormen zouden zitten bij reguliere percelen dan bij natuur inclusieve percelen. Wel zouden deze regenwormen kleiner en lichter zijn. Er zijn inderdaad meer regenwormen gevonden op reguliere percelen dan natuur inclusieve percelen. De lengte en het gewicht van de regenwormen waren bij reguliere percelen niet kleiner dan bij de natuur inclusieve percelen. Er waren zelfs meer hogere waarden bij lengte en drooggewicht dan bij natuur inclusieve percelen. Ook was de hypothese dat de biodiversiteit van soorten regenwormen bij natuur-inclusieve percelen hoger zal zijn dan de reguliere percelen, dit was niet het geval.

5. Conclusie

In dit onderzoek is gekeken naar de effect van beheerintensiteit op de regenwormen op kaagveenpercelen. In dit hoofdstuk wordt de conclusie gegeven. Eerst worden de deelvragen beantwoord. Daarna wordt het onderzoeksvraag beantwoord.

Effect van beheerintensiteit op de soortenrijkdom

Bij reguliere percelen is er een hogere soortenrijkdom gevonden dan bij natuur inclusieve percelen.

Invloed van beheerintensiteit op de abundantie

De abundantie bij reguliere percelen is hoger dan bij natuur inclusieve percelen. Elke abiotische factor had een effect op de abundantie.

Invloed van beheerintensiteit op biomassa

De biomassa is uitgedrukt in drooggewicht. De gemiddelde drooggewicht is bij reguliere percelen hoger dan de natuur inclusieve percelen. In dit onderzoek met de abiotische factoren waarnaar gekeken is, had de beheerintensiteit via de pH indirect effect op de biomassa.

Invloed van beheerintensiteit op lengte-verdeling

De gemiddelde lengte van de regenwormen is bij de reguliere percelen groter dan bij de natuur inclusieve percelen. Net als bij de biomassa heeft de beheerintensiteit in dit onderzoek met de abiotische factoren waarnaar gekeken is via de pH indirect effect op de lengte van de regenwormen.

Hoofdconclusie (invloed van beheerintensiteit op regenwormen)

Op laagveen percelen heeft beheerintensiteit van reguliere percelen een gunstige invloed op de regenwormen. Bij minder beheerintensiteit zoals bij natuur inclusieve percelen zijn er minder aantal regenwormen, lagere diversiteit en kleinere regenwormen. De beheerintensiteit heeft de grootste invloed op de abundantie. Watercontent heeft veel invloed op het effect van de beheerintensiteit en losstaand effect op de regenwormen.

6. Aanbevelingen

Onderstaand doe ik naar aanleiding van mijn stage-ervaringen aanbevelingen om op de wat langere termijn het onderzoek naar beheerintensiteit op laagveenpercelen in het landbouwgebied van Spaarnwoude te versterken en om op de korte termijn een goede beheerintensiteit te handhaven om de weidevogelspopulatie in stand te houden.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat de bij de oevers reguliere beheerintensiteit op laagveenpercelen niet slecht is voor de regenwormen. Uit andere onderzoeken komt echter juist naar voren dat er minder en kleinere regenwormen zijn bij reguliere beheerintensiteit.

Aanbeveling:

- In verband met de afwijkende conclusies van dit onderzoek, nader onderzoek doen en discussies opstarten naar het effect van beheerintensiteit op regenwormen op laagveenpercelen.

Dat er in dit onderzoek minder en kleinere regenwormen zijn gevonden bij natuur inclusieve oevers kan komen doordat de natuur inclusieve oevers te nat waren voor de regenwormen.

Aanbevelingen:

- Voor de middellange termijn een onderzoek opzetten naar het effect van watercontent op de regenwormen.
- Zodra dit effect bekend is, hier op de wat langere termijn bij de beheermaatregelen en vervolgonderzoeken rekening mee houden.

Totdat er meerdere onderzoeken naar gedaan zijn, er op korte termijn voor zorgen dat in de percelen de watercontent voorlopig onder de 80% blijft. Bij het onderzoek is gekeken op 15 percelen waar natuur inclusieve beheerintensiteit is en op 5 percelen met regulier beheerintensiteit.

Aanbevelingen:

- Op middellange termijn in een vervolgonderzoek naar de effect van beheerintensiteit op regenwormen in laagveenpercelen een gelijk aantal reguliere en natuur inclusieve percelen gebruiken. Hierdoor wordt de data eerder normaal verdeeld en kan het makkelijker vergeleken worden met andere onderzoeken.
- Ook de waarde van voedingstoffen en vegetatiedichtheid meenemen in dat vervolgonderzoek, omdat deze omgevingsindicatoren invloed hebben op de regenwormen populaties. Dit zal dan nog duidelijker beeld geven over het effect van beheerintensiteit op de regenwormen.
- Totdat er meerdere onderzoeken gedaan zijn, er op korte termijn zorgen voor behoud van het reguliere beheer van laagveen percelen. Zo kan worden voorkomen dat onbedoeld de regenwormen populaties op laagveenpercelen achteruit gaan door vermindering van beheerintensiteit.

Uit het onderzoek is gebleken dat de bodem van reguliere oevers compacter was en meer regenwormen bezat. Er is echter geen onderzoek naar gedaan of de bodem te compact is voor de weidevogels om de regenwormen te kunnen pakken.

Aanbevelingen:

- Uitvoeren van onderzoek naar de mate waarin de compactheid van de bodem invloed heeft op de voedselvoorziening van weidevogels.
- De uitkomsten van het onderzoek bij welke beheerintensiteit de weidevogels de meeste biomassa aan regenwormen kunnen krijgen, toepassen om de weidevogelspopulatie in stand te houden.

Bronnenlijst

- Agraaf. (2023). Utrecht wil agrarisch natuurbeheer uitbreiden, 1,5 miljoen euro per jaar extra voor Aanvalsplan Grutto. Geraadpleegd op 19 januari 2023, van <https://www.agraaf.nl/artikel/463724-utrecht-wil-agrarisch-natuurbeheer-uitbreiden>.
- Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. (2011). Weidevogels en predatie: een literatuuroverzicht. Geraadpleegd op 16 mei 2023, van [Altenburg & Wymenga ECOLOGISCH ONDERZOEK \(boerenlandvogelsnederland.nl\)](https://www.altenburg-wymenga.nl/onderzoek/boerenlandvogelsnederland.nl).
- Benton, T. G., Vickery, J. A., & Wilson, J. D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?. *Trends in ecology & evolution*, 18(4), 182-188. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9).
- Benton, T. G., Bryant, D. M., Cole, L., & Crick, H. Q. (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of applied ecology*, 39(4), 673-687. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00745.x>.
- Brandsma, O. H. (1999). Het belang van bemesting voor het voedselaanbod van weidevogels. *De Levende Natuur*, 100(4), 118-123. [Natuurtijdschriften: Het belang van bemesting voor het voedselaanbod van weidevogels](https://www.natuurtijdschriften.nl/onderzoek/bemesting-voedselaanbod-weidevogels).
- Bohlen, P. J., Edwards, W. M., & Edwards, C. A. (1995). Earthworm community structure and diversity in experimental agricultural watersheds in Northeastern Ohio. *Plant and soil*, 170, 233-239. Springer. <https://doi.org/10.1007/BF02183069>.
- Chan, K. Y., & Barchia, I. (2007). Soil compaction controls the abundance, biomass and distribution of earthworms in a single dairy farm in south-eastern Australia. *Soil and Tillage Research*, 94(1), 75-82. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.07.006>.
- Chauhan, R. P. (2014). Role of earthworms in soil fertility and factors affecting their population dynamics: a review. *International Journal of Research*, 1(6), 642-649.
- Curry, J. P. (2004). Factors affecting the abundance of earthworms in soils. *Earthworm ecology*, 9, 113.
- De Goede, R., & Salánki, T. (2020). *Liever regenwormen dan panda's in Gelderland*. Geraadpleegd op 20 april 2023, van [519657 \(wur.nl\)](https://www.wur.nl/nl/onderzoek/landbouw/landbouw-voor-landbouw/landbouw-voor-landbouw).
- Donald, P. F., Green, R. E., & Heath, M. F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1462), 25-29. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1325>.
- Erisman, J. W., van Eekeren, N., Van Doorn, A., Geertsema, W., & Polman, N. (2017). *Maatregelen natuurinclusieve landbouw* (No. 2821). Wageningen Environmental Research.
- Geiger, F., Brunsting, A. M. H., & de Snoo, G. R. (2010). Insect abundance in cow dung pats of different farming systems. *Entomologische berichten*, 70(4), 106-110. [Natuurtijdschriften: Insect abundance in cow dung pats of different farming systems](https://www.natuurtijdschriften.nl/onderzoek/insect-abundance-cow-dung-pats).
- Gies, E., van Doorn, A., Bos, B., & van Os, J. (2019). *Mogelijke toekomstbeelden natuurinclusieve landbouw: uitwerking van toekomstbeelden ten behoeve van de transitieopgave naar natuurinclusieve landbouw* (No. 2957). Wageningen Environmental Research. [Mogelijke toekomstbeelden natuurinclusieve landbouw \(wur.nl\)](https://www.wur.nl/nl/onderzoek/landbouw/landbouw-voor-landbouw/landbouw-voor-landbouw).
- Guldemon, J. A., Sosa Romero, M. C., & Terwan, P. (1995). Weidevogels, waterpeil en nestbescherming: tien jaar onderzoek aan kievit Vanellus Tehran, grutto Limosa Limosa en tureluur Tringa totanus in een veenweidegebied. *Limosa*, 68, 89-96.

- Hansen, S., & Engelstad, F. (1999). Earthworm populations in a cool and wet district as affected by tractor traffic and fertilisation. *Applied soil ecology*, 13(3), 237-250. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(99\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(99)00037-2).
- Hau, J., Qiao, Y., Liu, G., & Dong, R. (2005). The influence of temperature, pH and C/N ratio on the growth and survival of earthworms in municipal solid waste. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.
- Heupink, D., & Prins, U. (2022). Bodemonitoring in het Buitenland van Rhooen. Louis Bolk Instituut. [Het bodemleven van het Buitenland van Rhooen \(louisbolk.nl\)](https://www.louisbolk.nl).
- Hooijmeijer, J. (Ed.), van der Velde, E., Fokkema, R., Howison, R., Onrust, J., Rakhimberdiev, E., Saarloos, A., Groenhof, E., Zeegers, T., & Piersma, T. (2021). *Grutto Landschap Project - Jaarverslag 2020: De staat van ons landschap: biomonitoring van duurzame landbouw innovaties*. Rijksuniversiteit Groningen. <https://www.globalflywaynetwork.org/gfn/wp-content/uploads/2021/03/Grutto-Landschap-Project-2020-Jaarverslag-.pdf>
- Hooijmeijer, J., Piersma, T., Howison, R., Li, Y., Craft, T., Barba Escoto, L., Stessens, M., Rakhimberdiev, E., van der Velde, E., Veenstra, R., Kraamwinkel, C., Onrust, J., Haan, de, W., Fokkema, R., Ligtelijn, M., Lagendijk, G., Keuning, T., & Wildschut, R. (2023). *Grutto Landschap Project - Jaarverslag 2022: De staat van ons landschap: Biomonitoring van duurzame landbouw innovaties*. University of Groningen. https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/623593541/Grutto_Landschap_Project_Jaarverslag_2022.pdf
- Hyvönen, T., Huusela, E., Kuussaari, M., Niemi, M., Uusitalo, R., & Nuutinen, V. (2021). Aboveground and belowground biodiversity responses to seed mixtures and mowing in a long-term set-aside experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322, 107656. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107656>.
- Kester, J. A. (1981). *Agrarische aspecten van heggen en houtwallen: kanttekeningen bij een in het RIN-rapport "bemesting, waterhuishouding, intensivering in de landbouw en het natuurlijk milieu" gegeven visie* (No. 1288). ICW. [254702 \(wur.nl\)](https://www.wur.nl).
- Kleijn, D., Berendse, F., Verhulst, J., Roodbergen, M., Klok, T. C., & van't Veer, R. (2008). *Ruimtelijke dynamiek van weidevogelpopulaties in relatie tot de kwaliteit van de broedhabitat. Welke factoren beïnvloeden de vestiging van weidevogels?* (No. 1579). Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. [dk091W ruimtelijke dynamiek weidevogelpopulaties.PDF \(wur.nl\)](https://www.wur.nl).
- Korniluk, M., Białomyzy, P., Grygoruk, G., Kozub, Ł., Sielezniew, M., Świętochowski, P., ... & Chylarecki, P. (2021). Habitat selection of foraging male Great Snipes on floodplain meadows: importance of proximity to the lek, vegetation cover and bare ground. *Ibis*, 163(2), 486-506. <https://doi.org/10.1111/ibi.12898>.
- Leeuwen, M. V., Oosterbeek, K., Nienhuis, J., & Allen, A. M. (2019). Overwinteringsgebieden van in Nederland broedende Scholeksters. Radboud Universiteit Nijmegen. [210241.pdf \(ru.nl\)](https://www.ru.nl).
- Levende Haven. (2013). Maaien als graslandbeheer. Geraadpleegd op 13 juni 2023, van <https://www.levendehave.nl/artikelen/maaien-als-graslandbeheer>.
- Louis Bolk Instituut. (z.d.). Voedsel voor weidevogels, Vrijwilligers ANV meten aanbod. [3038.pdf \(louisbolk.nl\)](https://www.louisbolk.nl)
- Muldowney, J., Curry, J. P., O'Keeffe, J., & Schmidt, O. (2003). Relationships between earthworm populations, grassland management and badger densities in County Kilkenny, Ireland: The 7th international symposium on earthworm ecology· Cardiff· Wales· 2002. *Pedobiologia*, 47(5-6), 913-919. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00280>.

- NOS. (2023). *Mestregels boeren onduidelijk omdat kaartjes met sloten niet kloppen*. Geraadpleegd op 16 februari 2023, van <https://nos.nl/artikel/2463218-mestregels-boeren-onduidelijk-omdat-kaartjes-met-sloten-niet-kloppen>
- NutriNorm. (2023). Regenwormen. Geraadpleegd op 7 juni 2023, van [Regenwormen - NutriNorm](#).
- Onrust, J. (2017). Boeren, wormen & vogels. *Earth, worms & birds*, 131. [JOnrust-diss \(rug.nl\)](#).
- Onrust, J., Wymenga, E., Piersma, T., & Olff, H. (2019). Earthworm activity and availability for meadow birds is restricted in intensively managed grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 56(6), 1333-1342. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13356>.
- Onrust, J., & Piersma, T. (2019). How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273, 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.12.005>.
- Oosterveld, E. B. (2006). Betekenis van waterpeil en bemesting voor weidevogels. *De levende natuur*, 107(3), 134-137. [Natuurtijdschriften: Betekenis van waterpeil en bemesting voor weidevogels](#).
- Oosterveld, E. B., Kleijn, D., & Schekkerman, H. (2008). *Ecologische kenmerken van weidevogeljongen en de invloed van beheer op overleving. Kennisoverzicht en effectiviteit van maatregelen* (No. 2008/090). Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. [dk090W ecologische kenmerken weidevogeljongen.PDF \(wur.nl\)](#)
- Provincie Noord-Holland. (2022). Natuurbeheerplan 2023. Geraadpleegd op 21 april 2023, van [Natuurbeheerplan 2023 - Provincie Noord-Holland](#)
- Pulleman, M. M., Frazao, J. F. T. A., Faber, J. H., de Goede, R. G. M., Groot, J. C. J., & Brussaard, L. (2016). Aandacht voor de regenworm. *Landschap: tijdschrift voor landschapsecologie en milieukunde*, 33(1), 23-26. [377989 \(wur.nl\)](#).
- Roodbergen, M., Schekkerman, H., Teunissen, W. A., & Oosterveld, E. (2010). De invloed van beheer en predatie op de overleving van weidevogelkuikens in Friesland. *Sovon onderzoeksrapport*, 12. SOVON vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. [Ond2010-12 predatie jongen friesland.pdf \(altwym.nl\)](#)
- RVO. (2023). Alles over bufferstroken. Geraadpleegd op 3 maart 2023, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bufferstroken>.
- Schekkerman, H., & Müskens, G. J. D. M. (2000). Produceren Grutto's *Limosa limosa* in agrarisch grasland voldoende jongen voor een duurzame populatie. *Limosa*, 73(4), 121-134. [lim-73_4_schekkerman.pdf \(nou.nu\)](#)
- Singh, S., Sharma, A., Khajuria, K., Singh, J., & Vig, A. P. (2020). Soil properties changes earthworm diversity indices in different agro-ecosystem. *BMC Ecol* 20, 27 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12898-020-00296-5>
- Smits, M. J. W., & van Alebeek, F. A. N. (2007). Biodiversiteit en kleine landschapselementen in de biologische landbouw: een literatuurstudie. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 39. 84 blz.; 1 tab.; 118 ref.; 2 bijl. [untitled \(wur.nl\)](#).
- SOVON. (2023). Indexen broedvogels. "Netwerk Ecologische Monitoring, Sovon, provincies & CBS, www.sovon.nl". Geraadpleegd op 7 juni 2023, van https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.sovon.nl%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2023-05%2Ftrends_broedvogels_1990-2022_sovon_1.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK.
- Sutcliffe, L. M., Batáry, P., Kormann, U., Báldi, A., Dicks, L. V., Herzon, I., ... & Tscharntke, T. (2015). Harnessing the biodiversity value of Central and Eastern European farmland. *Diversity and Distributions*, 21(6), 722-730. <https://doi.org/10.1111/ddi.12288>.

- Swagemakers, P., Wiskerke, H., & Van Der Ploeg, J. D. (2009). Linking birds, fields and farmers. *Journal of Environmental management*, 90, S185-S192. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.020>.
- Tanis, M. M., Marshall, L., Biesmeijer, J. K., & van Kolfschoten, L. (2020). Grassland management for meadow birds in the Netherlands is unfavourable to pollinators. *Basic and applied ecology*, 43, 52-63. <https://doi.org/10.1016/j.baee.2019.12.00>.
- Teunissen, W. (2000). Betekenis van vrijwillige bescherming voor weidevogels. *De Levende Natuur*, 101(1), 7-11. [Natuurtijdschriften: Betekenis van vrijwillige bescherming voor weidevogels](#).
- Teunissen, W. A., & Soldaat, L. L. (2006). Recente aantalontwikkeling van weidevogels in Nederland. *De levende natuur*, 107(3), 70-74. [Natuurtijdschriften: Recente aantalontwikkeling van weidevogels in Nederland](#).
- Teunissen, W. A., & van der Jeugd, H. (2018). Jaar van de Kievit. *De Levende Natuur*, 119(5), 210-215. [Natuurtijdschriften: Jaar van de Kievit](#).
- Timmerman, A., Bos, D., Ouwehand, J., & De Goede, R. G. (2006). Long-term effects of fertilisation regime on earthworm abundance in a semi-natural grassland area. *Pedobiologia*, 50(5), 427-432. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2006.08.005>.
- Van Breukelen, S., Vuister, L., Bongaards, E., Oomen, E., Boudier, H. S., & Rijneker, B. (2003). Natuurvriendelijke Oevers Handreiking. [Microsoft Word - bijlage 1 c Handreiking natuurvriendelijke oevers def.doc \(wur.nl\)](#).
- Van Eekeren, N. J. M., Bokhorst, J., Deru, J., & de Wit, J. (2014). *Regenwormen op het melkveebedrijf: Handreiking voor herkennen, benutten en managen* (No. 2014-004 LbD). Louis Bolk Instituut. [302966 \(wur.nl\)](#).
- Van Eekeren, N. J. M., de Wit, J., Versteeg, C., Hoekstra, N., Pijlman, J., Janssen, P., ... & Lenssinck, F. (2022). *Winst & Weidevogels*. Van Hall Larenstein.
- Van der Scheer, H., & Blacquière, T. (2020). 3. De verscheidenheid van bijen en andere insecten: Biodiversiteit. *Bijenhouden*, 7-9. [3. De verscheidenheid van bijen en andere insecten: Biodiversiteit | Bijenhouden \(wur.nl\)](#).
- Van Groen, F. (2020). Oorzaken afname weidevogels. *De Gierzwaluw*, 58(1), 29-37.
- Van't Veer, R., Sierdsema, H., Musters, C. J. M., Groen, N., & Teunissen, W. A. (2008). Weidevogels op landschapsschaal. *Ruimtelijke en temporele veranderingen. Rapport DK nr. 2008/dk105*. [Microsoft Word - dk105w weidevogels op landschapsschaal.doc \(wur.nl\)](#).
- Veeteelt. (2023). Begin februari beste moment voor eerste kunstmest gift. Geraadpleegd op 13 juni 2023, van <https://veeteelt.nl/gras/begin-februari-beste-moment-voor-eerste-kunstmestgift>.
- Verhulst, J., an Kampen, E., Kleijn, D., & Berendse, F. (2007). Nest site selection of meadow birds in relation to environmental conditions and the presence of hetero specifics. Meadow bird ecology at different sapatial scales. Wageningen Universiteit. [Meadow bird ecology at different spatial scales : responses to environmental conditions and implications for management \(wur.nl\)](#).
- Verhulst, J., Melman, D., & de Snoo, G. (2008). Voedselaanbod voor gruttokuikens in de Hollandse veenweidegebieden. *Tussen Duin & Dijk*, 7(5), 9-12. [Natuurtijdschriften: Voedselaanbod voor gruttokuikens in de Hollandse veenweidegebieden](#).
- Visser, T., Melman, D., Buij, R., & Schotman, A. (2017). *Greppel plas-dras voor weidevogels: betekenis als habitatonderdeel voor weidevogelkuikens* (No. 2845). Wageningen Environmental Research. [425504 \(wur.nl\)](#).

- Wiggers, J. H., Van Ruijven, J., Berendse, F., & De Snoo, G. R. (2016). Effects of grass field margin management on food availability for black-tailed godwit chicks. *Journal for nature conservation*, 29, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.11.001>,
- Wymenga, E., Foppen, R., Melman, T. C. P., & de Snoo, G. R. (2009). *Prioriteitstelling onderzoeksvragen weidevogels*. Alterra. [Microsoft Word - KENNISOVERWEIDVOGELSeindconcept.doc \(wur.nl\)](#).
- Yvan, C., Stéphane, S., Stéphane, C., Pierre, B., Guy, R., & Hubert, B. (2012). Role of earthworms in regenerating soil structure after compaction in reduced tillage systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 55, 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.06.013>.
- Zanen, M., Van Alebeek, F. A. N., & Hanegraaf, M. (2013). Herkenningskaart Regenwormen. <https://edepot.wur.nl/292718>.

Bijlagen

Bijlage I: Keysom-02 Sampling and preserving earthworms and macrofauna by catch



ES 1406

Protocol KEYSOM-02 Sampling and preserving earthworms and macrofauna bycatch

Rationale

Earthworms can be sampled by various methods. Here we explain hand-sorting and chemical extraction, which can be used singly or in combination.

2.1. Hand-sorting in the field

Hand-sorting is a physical or passive method where the worms are directly removed from the soil by hand.

Materials

- simple wire or wooden frames (25 cm x 25 cm)
- spade (flat blade if possible)
- large plastic sheets or trays
- tweezers/forceps, labels, permanent markers
- plastic containers with tight lids (e.g. regular household containers)
- ethanol (70%)
- cool box and ice packs

Procedure

Cut vegetation from the sampling spot without standing on it, then carefully remove the clippings and place wire frame on soil surface. If there is a litter layer, transfer it onto a plastic sheet or tray and sort the earthworms and any other clearly visible macrofauna manually. Excavate a 25 cm x 25 cm x 25 cm deep soil block² (cut along edges first, do not cut inside block). Place the soil block on the plastic sheet or tray, sort through soil manually, remove all earthworms and place them in labelled plastic or glass containers (separately for earthworms and other fauna; the vessel for the latter is filled with 70% ethanol to avoid any predation); carefully check the roots for any earthworms.

To avoid mortality keep the containers cool (in the cool box) and away from sunlight until they can be processed in the laboratory. Keep each replicate sample separate throughout the sorting and identification process. If you do not proceed with chemical extraction, put the sorted soil back into soil pit and leave the spot in a tidy state



Photo 02.1. Manual extraction of soil fauna.

2.2. Chemical expelling in the field (allyl isothiocyanate = mustard oil)

This is a dynamic or behavioural method where the worms are encouraged to leave the soil so that they can be collected from the soil surface. It supplements the hand-sorting and extracts in particular anecic species. The most efficient method is pouring the

² The method was originated by Prof. P. Lavelle to quickly assess soil macrofauna numbers and composition and it was incorporated in the TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Program) handbook of methods (Anderson and Ingram, 1993). Now this method is under ISO23611-5:2011.

Materials

- simple wire or wooden frames (25 cm x 25 cm)
- water drums or lightweight plastic water containers (20 L)
- watering cans (with rose)
- tweezers/forceps, labels, permanent markers
- plastic containers with lids (household equipment)
- cool box and ice packs

Preparation of mustard oil solution (carefully observe safety instructions!): In the lab, mix 2 mL (= 2.04 g) allyl isothiocyanate [Aldrich 37,743-0] into 40 mL isopropanol [2-propanol] in small bottles that can be easily transported to the field (in cool boxes). Just before application in the field, add this mixture to 20 L water in drums and mix vigorously.

Procedure

Apply freshly prepared (see above) dilute mustard oil solution using the watering can to maximum saturation of sampling spot, slowly and avoiding run-off (about 5–10 L, depending on soil conditions and water infiltration). Sit next to the sampling spot and collect the expelled earthworms and any other clearly visible macrofauna with forceps from inside sampling area as they emerge (only attempt to remove worms once they have left their burrows completely). The duration is 15–20 minutes (unless earthworms are still emerging after this time). Put the collected worms and any other macrofauna to containers containing clean tap water to rinse off the irritant. Thereafter they can be transferred to separate labelled plastic or glass containers. Keep the containers away from the sunlight and cool (in the cool box) until they can be processed in the laboratory.

The rinsing and dark, cool storage is important to avoid mortality, dead worms decompose very rapidly and cannot be identified later.

Once the worms have stopped emerging, pour off water on the soil surface and, if you hand sorted the pit first, put the sorted soil back into soil pit and leave the spot in a tidy state. Keep each replicate sample separate throughout the sorting process.

2.3. Processing the collected live material in the laboratory

Materials

- tissue paper
- balance
- Petri dishes
- tweezers/forceps, labels (ideally write on paper with pencil INSIDE the liquid!), permanent markers
- test tubes or vials

Procedure

Rinse each subsample of worms with tap water, blot on paper towels and obtain the fresh weight for total biomass per replicate.

After weighing, place the worms under a fume hood in a deep Petri dish containing a 1:1 solution of 96° ethanol and 10% formalin (alternatively: 70% ethanol) for a few minutes until they stop moving. Put 1-3 earthworms one at a time (rather than a whole handful all at once) so they do not get tangled up into a big mess of earthworms. Wear gloves and avoid inhalation and skin contact of formalin.

Thereafter carefully extend every specimen onto a flat surface and after a few seconds they can be introduced in leak proof vials containing 10% formalin (Alternative: 70% ethanol). Store the labelled vials in horizontal position for at least 24 hours.

If you have preserved the earthworms in formalin at least for 24 hours, put them in a new tube with 4% formalin (10% of the commercial formaldehyde solution) for long-term storage. They can then be stored until identification, yet should be regularly checked for any loss of liquid).

If DNA barcoding analyses are intended, then keep the earthworms in ethanol 96°, replacing the initial amount of ethanol with new one, especially if many or large individuals are in the tubes as the ethanol replaces earthworm body tissue water and may result in flabby (formless, soft-bodies) specimens.

Data

Note sampling date, site coordinates (specifying projection system), dominant vegetation, horizons sampled and person in charge. Calculate total fresh weight of the earthworms collected per replicate. Identification of the specimens and of any other collected fauna optional.

Hazard information (make sure it is up-to-date):

Formaldehyde makes earthworms hard and therefore easier to handle when identifying them to species level. Working with formaldehyde should always take place under controlled laboratory conditions (fume cabinet). Despite these precautions its use is recommended in ISO standard ISO/DIS 23644-1, formalin is toxic and safety precautions must be taken. It should not be breathed, swallowed or come in contact with bare skin or eyes. If external contact does occur wash the area with large amounts of water. If ingested contact a medical center immediately. Formalin has been shown to cause cancer in laboratory animals



Allyl isothiocyanate (AITC) is a colorless to pale-yellow oily liquid with an irritating odor. It causes skin and eye irritation and was also a skin sensitizer. Intolerance and allergic reactions to mustard or radishes may be due to their AITC-content. AITC was of high acute toxicity to laboratory animals by the oral and dermal routes and there was some indication of genotoxicity in mammalian cells in culture.



Literature cited

Anderson, J. M. & Ingram, J. (Eds). 1993. Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods. 2nd Edition. CAB, Oxford. 221p.

Bartlett, M.D., Briones, M.J.I., Neilson, R., Schmidt, O., Spurgeon, D., Creamer, R. 2010. A critical review of current methods in earthworm ecology: From individuals to populations. *European Journal of Soil Biology* 46(2):67-73.

Protocol prepared by:

Maria J.I. Briones

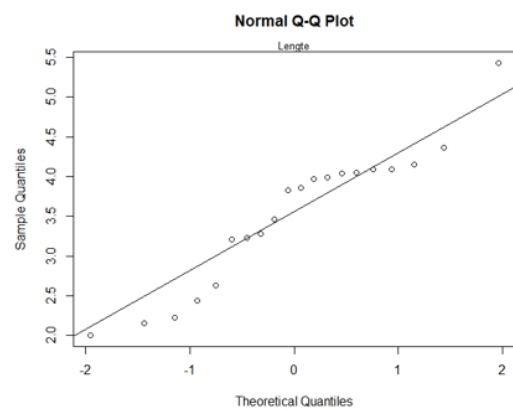
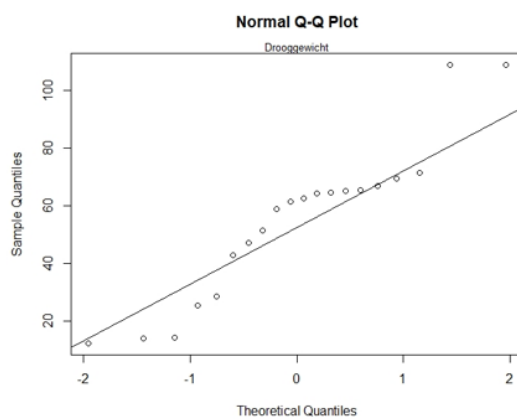
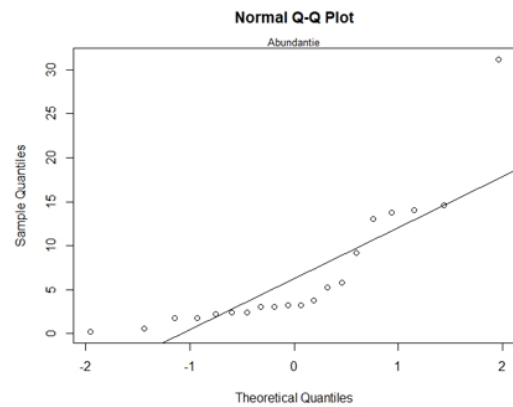
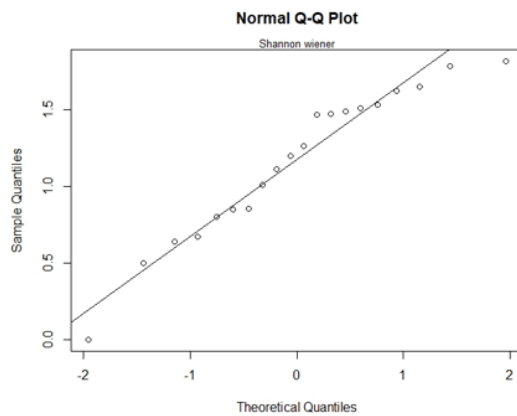
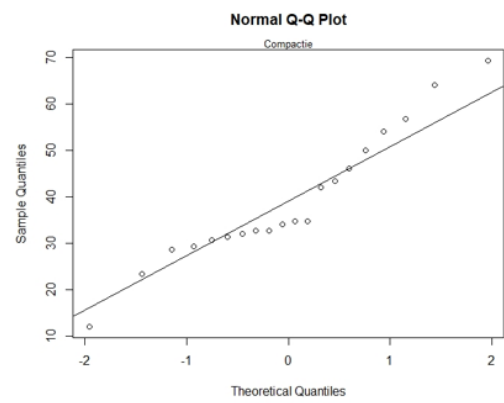
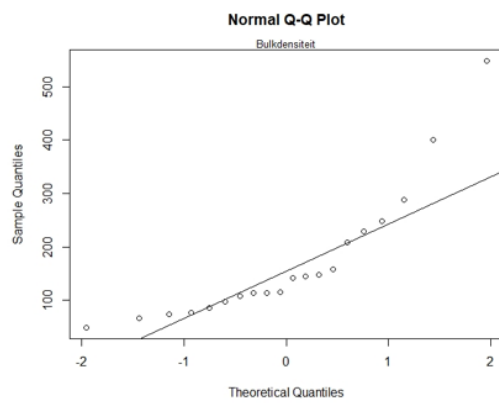
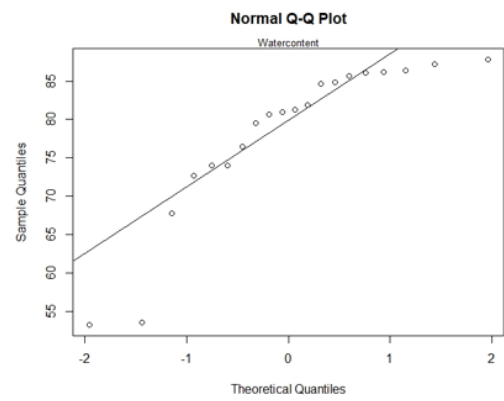
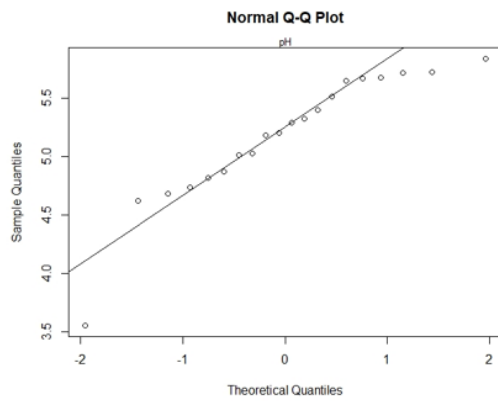
Revised by the KEYSOM team

Date and name of last revision:

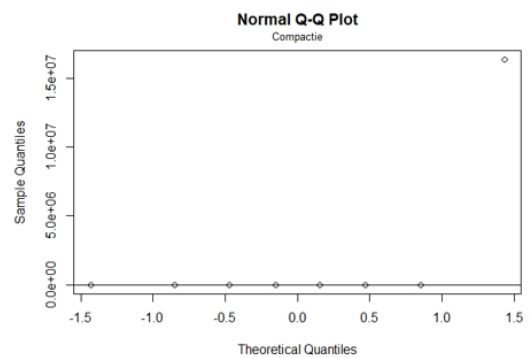
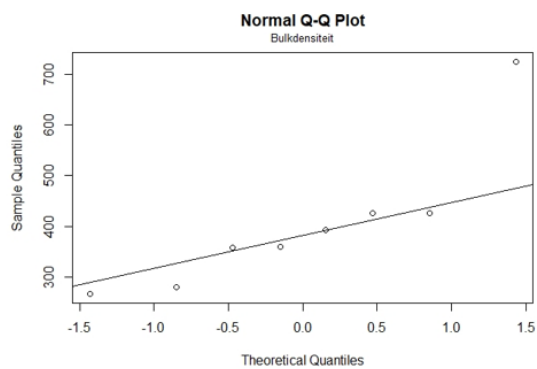
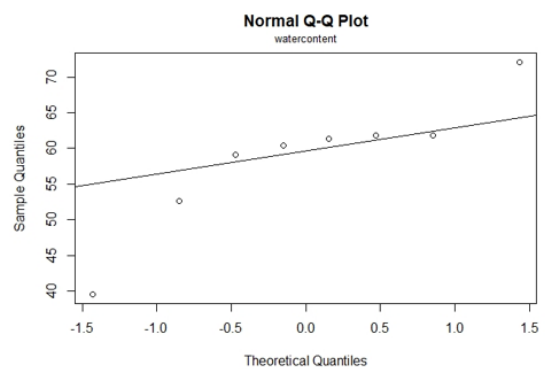
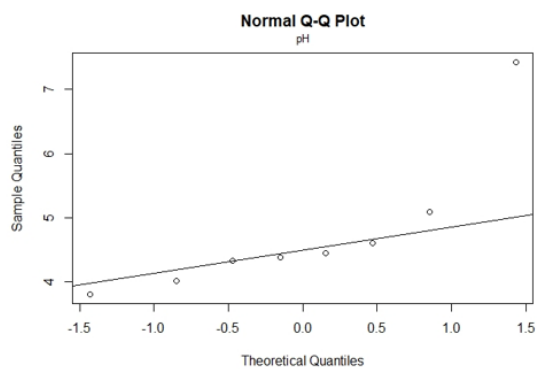
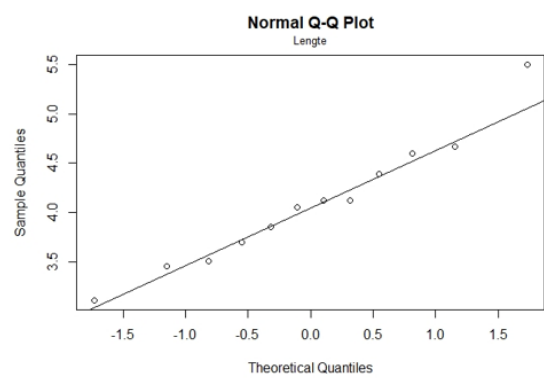
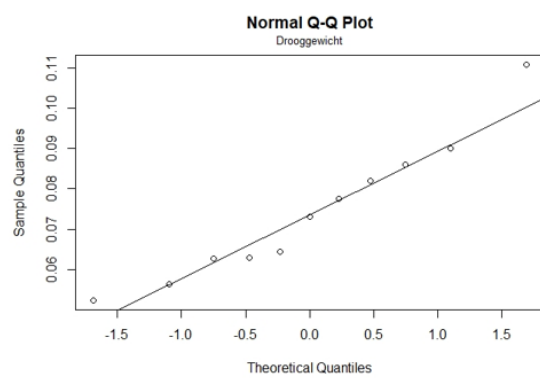
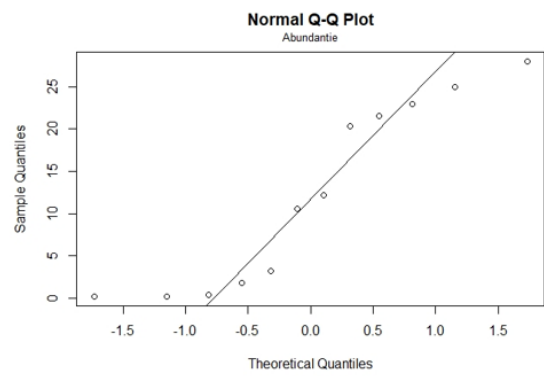
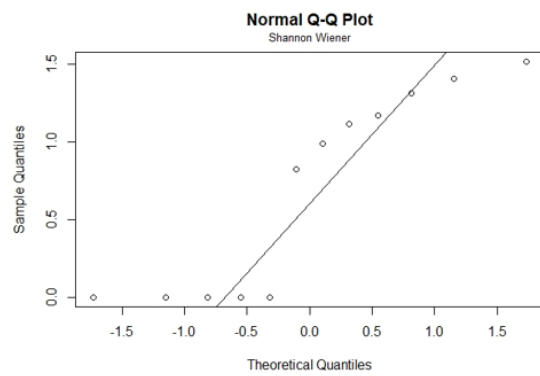
September 26, 2018

March 11, 2019

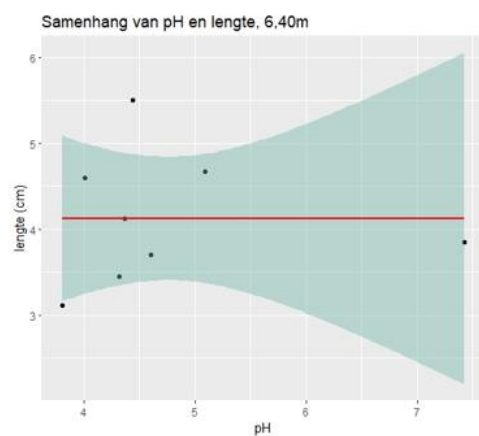
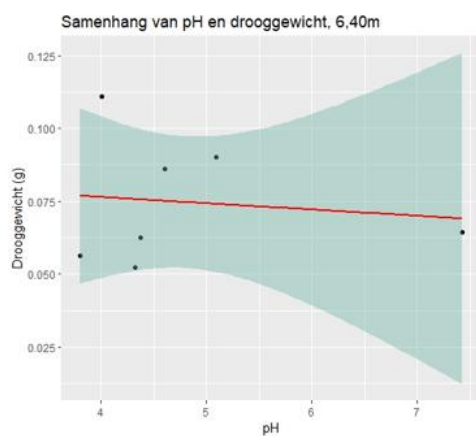
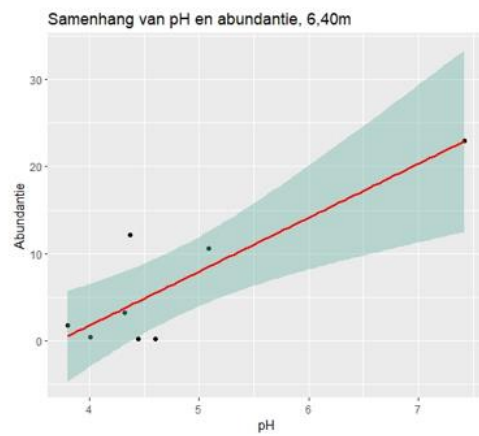
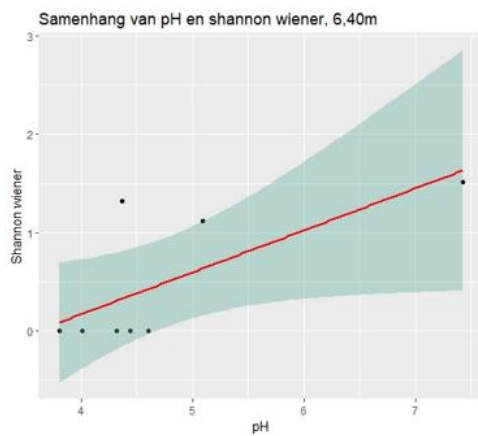
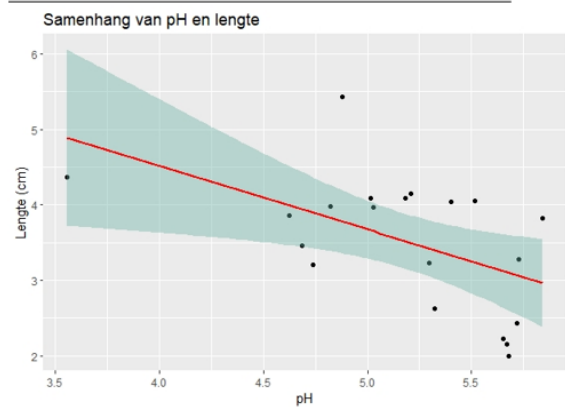
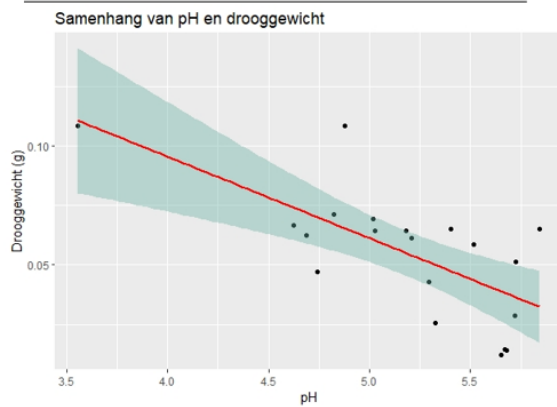
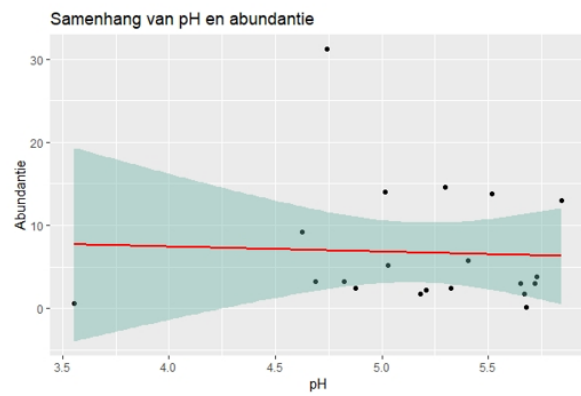
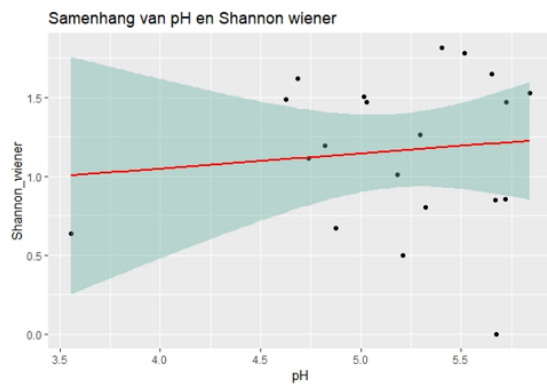
Bijlage II: quantile-quantile plots, 1m



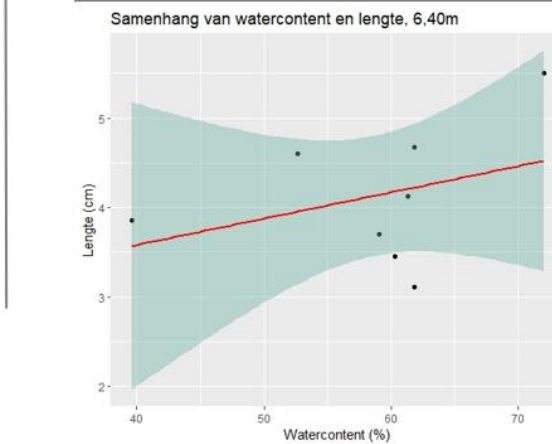
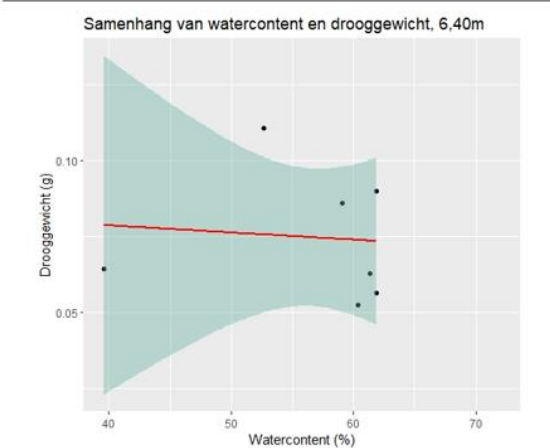
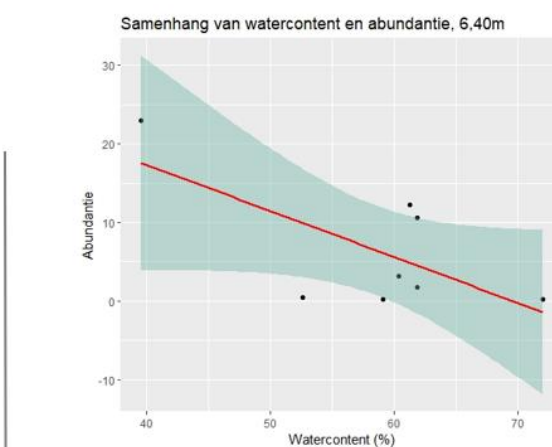
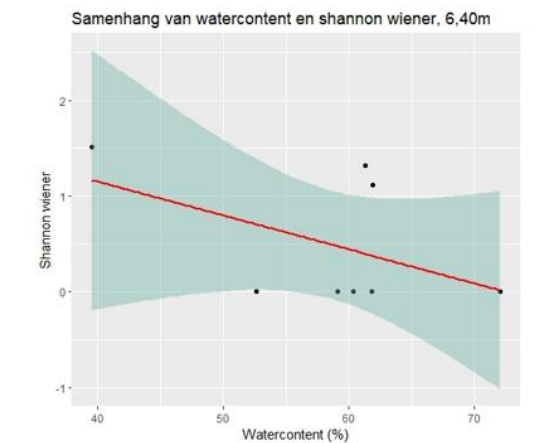
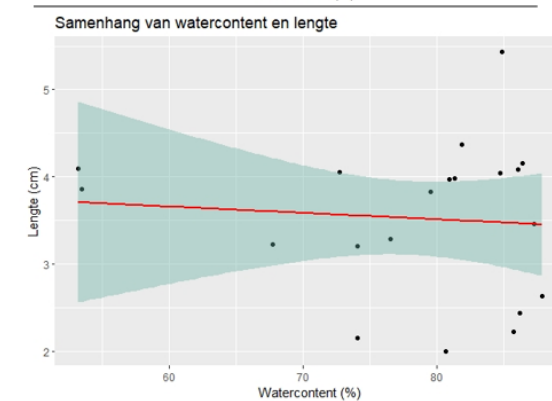
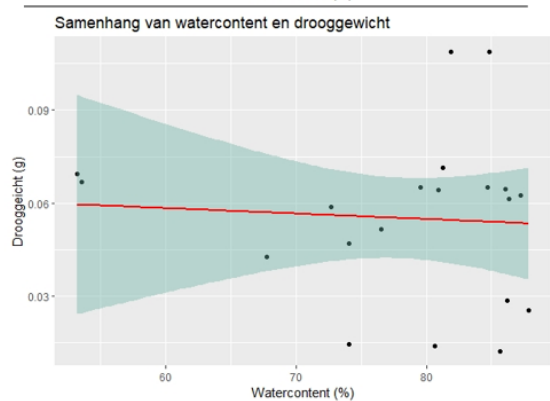
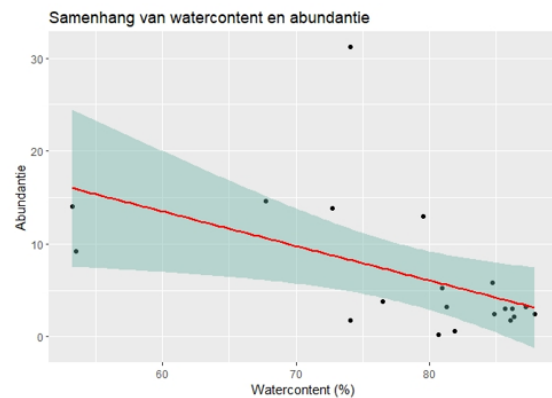
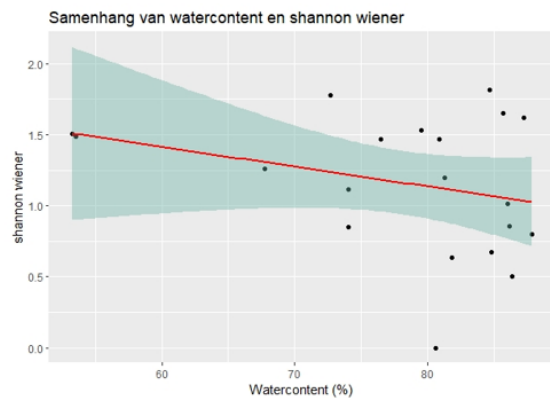
Bijlage III quantile-quantile plots, 6,40 m



Bijlage IV: regressiegrafieken pH

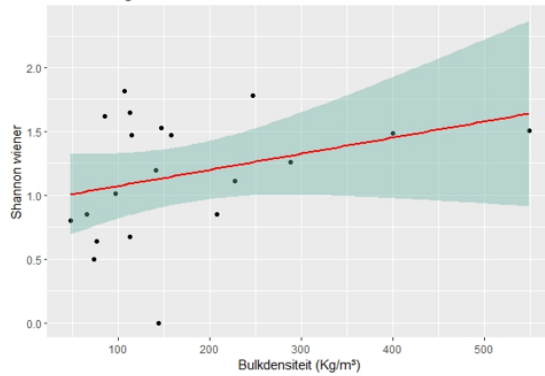


Bijlage V: regressiegrafieken watercontent

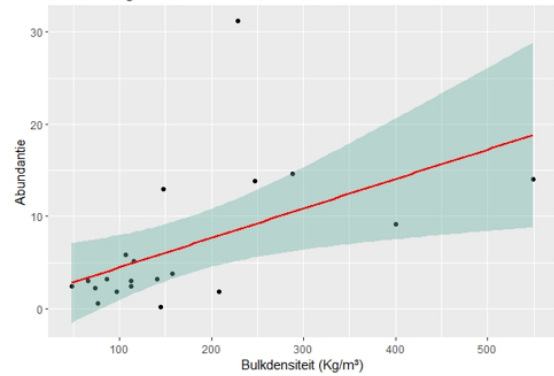


Bijlage VI: regressiegrafieken bulkdensiteit

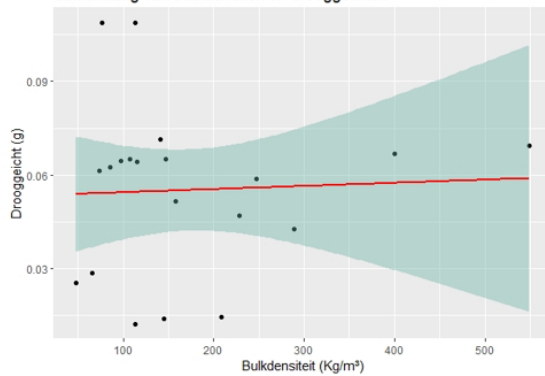
Samenhang van bulkdensiteit en shannon wiener



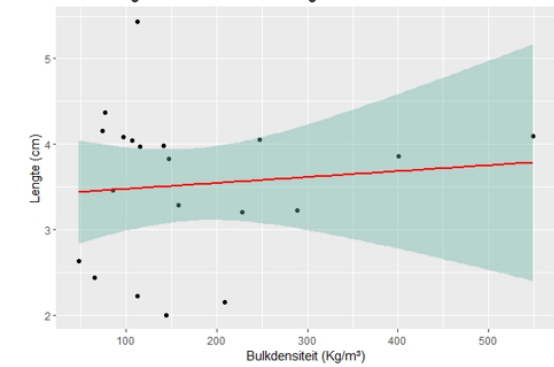
Samenhang van bulkdensiteit en abundantie



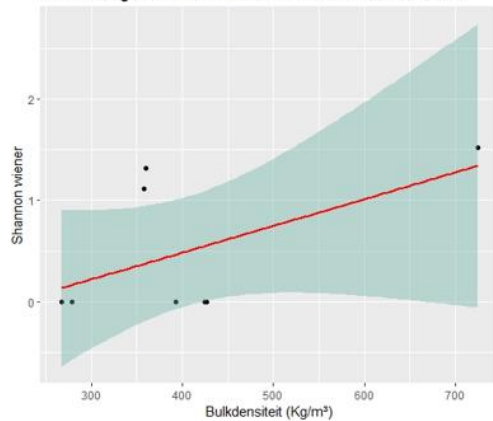
Samenhang van bulkdensiteit en drooggewicht



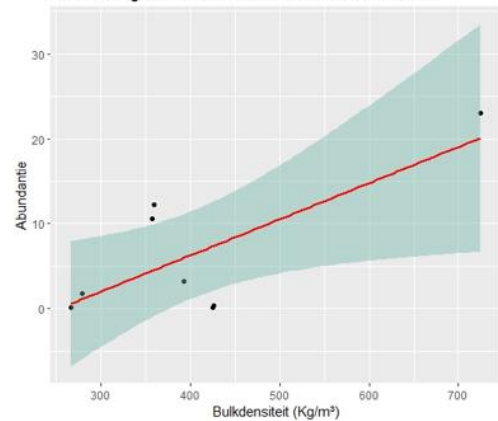
Samenhang van bulkdensiteit en lengte



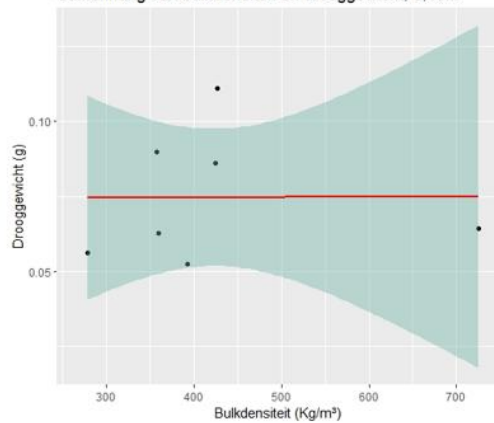
Samenhang van bulkdensiteit en shannon wiener, 6,40m



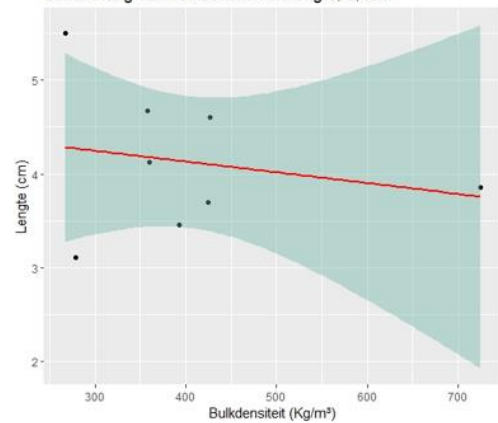
Samenhang van bulkdensiteit en abundantie, 6,40m



Samenhang van bulkdensiteit en drooggewicht, 6,40m



Samenhang van bulkdensiteit en lengte, 6,40m



Bijlage VII: regressiegrafieken compactie

