

Bodemactiviteit en landgebruik

De bodem van Voedselbos Ketelbroek in vergelijking met een akker en een natuurgebied



Datum:	7-6-2018
Auteur:	Walter R. Baas
Begeleider:	Wouter van Eck
Examinator:	Richard Kraaijvanger



Bodemactiviteit en landgebruik

De bodem van Voedselbos Ketelbroek in vergelijking met een akker en een natuurgebied

Colofon

Opdracht: Bodemactiviteit en landgebruik
De bodem van Voedselbos Ketelbroek in vergelijking met een akker
en een natuurgebied

Datum: 7-6-2018

Auteur: Walter R. Baas
Walter.R.Baas@Gmail.com

Begeleider: Wouter van Eck

Examinator: Richard Kraaijvanger

Onderwijsinstelling: Van Hall Larenstein
Larensteinselaan 26-A
6882 CT Velp



Voorwoord

Voor u ligt het onderzoek “Bodemactiviteit en landgebruik”. Mijn interesse voor dit onderwerp is ontstaan tijdens de bodemkundelessen aan het Van Hall Larenstein. Tijdens mijn minor aan de universiteit van Wageningen heb ik diverse vakken gevolgd die met dit onderwerp te maken hadden zoals: biologische interacties in bodems, decompositie van strooisel, agroforestry en bodem-plant relaties. Tijdens mijn afstudeerperiode wou ik mij graag verder verdiepen in dit onderwerp. In onderling overleg met mijn opdrachtgever Wouter van Eck van Voedselbos Ketelbroek heeft deze wens vorm gekregen. Het onderzoek is uitgevoerd in de periode februari tot en met juni 2018. Tijdens deze periode ben ik begeleid door Richard Kraaijvanger van hogeschool Van Hall Larenstein.

Ten eerste zou ik graag mijn dank willen betuigen aan Wouter van Eck voor de begeleiding en de ruimte die hij gaf om mijn eigen onderzoek vorm te geven. Richard Kraaijvanger zou ik van harte willen bedanken voor de goede begeleiding en het opwekken van mijn interesse voor bodemkunde. Ook zou ik Sieger Broers en Sylvia de Jager van het Van Hall Larenstein willen bedanken voor hun medewerking en het uitlenen van het benodigde materiaal. Bovendien wil ik mijn dank betuigen aan Karla Weber voor de hulp met het tellen van de regenwormen. Suzy Rebisz wens ik veel succes bij de afronding van haar onderzoek. Ook bedank ik Staatbosbeheer en Henk Coenen dat we op hun grondgebied onderzoek hebben mogen uitvoeren. Gedurende mijn gehele opleiding heb ik veel steun van mijn vrienden en familie gekregen hier ben ik hen zeer dankbaar voor.

Ik wens u veel plezier toe bij het lezen van dit rapport,

Walter Baas

Arnhem, 7 juni 2018

Samenvatting

Dit onderzoek gaat in op de relatie tussen bodemactiviteit en landgebruik. Hiervoor is gekeken naar de biologische activiteit in de bodem bij drie verschillende vormen van landgebruik. Bodembiodiversiteit staat onder druk in Nederland en de rest van Europa; dit komt mede door de huidige vorm van de conventionele landbouw. Er is in dit onderzoek gekeken naar de bodemactiviteit van agroforestry in vergelijking met andere vormen van landgebruik op hetzelfde bodemtype. Er is in totaal gekeken naar drie typen landgebruik: agrarisch, agroforestry en natuur.

Om de biologische activiteit in de bodem te meten is gekeken naar het humusprofiel, het aantal en de soorten regenwormen en het aantal springstaarten. Dit is in drie deelgebieden gedaan: een wintertarwe akker, Voedselbos Ketelbroek en natuurgebied De Bruuk. Het humusprofiel is bepaald door middel van ongeroerde bodemboringen. Om de springstaarten en regenwormen te onderzoeken zijn ongestoorde monsters van de bodem genomen. De bodemfauna is gescheiden van de grond en vervolgens geteld en de regenwormen zijn op soort gedetermineerd.

Uit het onderzoek is gebleken dat de biologische activiteit in de bodems van de drie gebieden verschillend is. In het voedselbos en de akker heeft zich een mull-humusprofiel ontwikkeld; mull-humusprofielen worden gekenmerkt door een snelle organische stof kringloop. In de akker was deze snelle omzetting te danken aan antropogene activiteit. In het voedselbos vindt de snelle omzetting plaats door biologische activiteit (bioturbatie). De populatie regenwormen van het voedselbos is significant groter dan de populatie in de akker. In het natuurgebied is een moder-humusprofiel ontwikkeld. In een moder-humusprofiel is de kringloop van organisch materiaal trager en vindt strooiselophoping plaats. In het natuurgebied zijn significant meer springstaarten aanwezig in de laag van 5 tot 10 cm diepte dan de andere twee gebieden; vermoedelijk komt dit doordat de strooisellaag in het natuurgebied dikker is dan in de twee andere gebieden. De totale populaties van springstaarten verschillen niet significant van elkaar. Er is geen significant verschil omdat er een te grote variatie in het aantal springstaarten tussen de monsters zat.

Voedselbossen zouden naast voedselproductie ook een rol kunnen spelen in het behoud van regenwormpopulaties. Het is zeer belangrijk dat bodemfauna en bodembiodiversiteit worden behouden. Bodemfauna is een essentiële schakel in duurzaam bodembeheer. Het kan door deze reden potentieel interessant zijn om de aanleg van voedselbossen op landbouwgrond te stimuleren. Tot op heden is het niet makkelijk gebleken voor boeren om over te stappen op agroforestry. Dit komt doordat de huidige wettelijke kaders het niet aantrekkelijk maken om agroforestry te bedrijven. Indien in de toekomst subsidieregelingen zouden worden aangepast, als compensatie voor de ecosystemediensten die agroforestry levert, kunnen meer boeren overstappen op agroforestry.

Begrippen en afkortingen

‰: Promille; 1 per 1.000.

Ø: Diameter.

Aggregaten: een cluster van b.v. bodemdeeltjes of bodemfauna.

Agroforestry: Samenvoeging van Agro (agrarisch) en Foresty (bosbouw); Het combineren van landbouw of veeteelt met het telen en beheren van bomen en of struiken.

Antropogene activiteit: Menselijke activiteit.

Bioturbatie: Het door elkaar vermengen van de bodem door organismen.

Bodemprofiel: Een beschrijving van de bodemhorizonten die te onderscheiden zijn in kleur textuur, structuur en abiotische factoren. Bij een bodemprofiel wordt uitsluitend gekeken naar 0 tot 120 cm ten opzichte van maaiveld.

C/N-ratio: De ratio tussen koolstof (C) en stikstof (N).

Ecosysteemdiensten: Diensten die een ecosysteem kan leveren. Dit kunnen producten zijn of regulerende, culturele of ondersteunende diensten.

Eerdlaag: De bovenste laag van de bodem; een vruchtbare laag die ontstaan is door antropogene invloed ten behoeven van landbouw.

Greendeal: is een manier van de overheid om duurzame initiatieven uit de samenleving ruimte te geven. Dit doet de overheid samen met verschillende partijen uit de samenleving. Dit wordt gedaan door informatie te vergaren en wet- en regelgeving weg te nemen.

GWT: Grondwatertrap.

Humusprofiel: Het humusprofiel beschrijft de informatie over de organische stikstofkringloop. Er wordt binnen een humusprofiel verschillende horizonten toegekend aan de hand van afbraakstadia. Bij een humusprofiel wordt uitsluitend gekeken naar 0 tot 50 cm ten opzichte van maaiveld.

ISO/DIS: Internationale Organisatie voor Standaardisatie/ Draft International Standard.

pLn5g: Woudeerdgronden; zandig leem; colluvium in dal.

p – prominente bovengrond; L – leemgronden; n – nat; 5 – zandig leem; g – grind.

Strooisel: Het organisch materiaal dat de vegetatie jaarlijks verliest (takken, vruchten, bladeren en wortels).

VHL: Hogeschool Van Hall Larenstein.

Voedselbos: Een vorm van agroforestry (Engels: foodforest, home garden, forest garden); Hoog diverse ecosystemen met de gelaagde structuur en diverse functies van een natuurlijk bosecosysteem.

WUR: Wageningen University & Research.

Inhoud

Voorwoord	i
Samenvatting.....	ii
Begrippen en afkortingen.....	iii
1. Inleiding	1
2. Kader	2
2.1. Probleemstelling.....	2
2.2. Doel van het onderzoek.....	3
2.3. Bodemleven.....	3
2.4. Onderzoeksvragen.....	5
2.5. Randvoorwaarden	5
2.6. Projectgebied.....	5
2.6.1. Wintertarwe akker	5
2.6.2. Natuurgebied De Bruuk	6
2.6.3. Voedselbos Ketelbroek	6
3. Methode.....	8
3.1. Inventarisatie.....	8
3.1.1. Humus- en bodemprofiel.....	8
3.1.2. Regenwormen.....	8
3.1.3. Springstaarten.....	8
3.2. Analyse data	9
4. Resultaten.....	10
4.1. Bodemprofielen.....	10
4.2. Humusprofielen.....	10
4.3. Regenwormen	10
4.4. Springstaarten	12
5. Discussie	13
6. Conclusie	15
7. Reflectie.....	16
8. Aanbeveling.....	17
Literatuurlijst	18
Bijlagen	21

1. Inleiding

Vaak is een direct voordeel van bomen voor het gewas de reden voor een boer om agroforestry te gaan bedrijven (Cannell, Van Noordwijk, & Ong, 1996). Agroforestry systemen, zoals een voedselbos, kunnen echter ook ecosysteemdiensten leveren. Hier kan de omgeving van profiteren. Ecosysteemdiensten die agroforestry kan leveren zijn behoud van biodiversiteit, het vastleggen van koolstof en het verbeteren van de lucht- en waterkwaliteit (Jose, 2009). Het is van belang dat het effect van agroforestry op ecosysteemdiensten zichtbaar wordt. Hierdoor kunnen beleidsmakers wetten en subsidies aanpassen zodat agroforestry toegankelijker wordt.

In Nederland heeft agroforestry nog geen groot aandeel in het landgebruik. Er is slechts 31.5 hectare agroforestry; dit is 1.5‰ van de landbouwgrond in Nederland (AGFORWARD, 2016). Verschillende partijen hebben samen een “greendeal voedselbossen” gemaakt. In deze greendeal is opgenomen dat er meer onderzoek moet plaatsvinden naar voedselbossen in Nederland. Onderzoek naar bodem (abiotisch), bodemleven en biodiversiteit worden hierin expliciet genoemd. Zowel Hogeschool VHL als Voedselbos Ketelbroek hebben deze greendeal ondertekend (Greendeals, 2017). In 2016 is er door M. Bakker (Msc Farming Systems Ecology, WUR) voor het eerst een onderzoek uitgevoerd naar de duurzaamheid van Voedselbos Ketelbroek. Hierin is gekeken naar de regenwormpopulatie en de aanwezige nutriënten in de bodem van Voedselbos Ketelbroek. Tijdens dit onderzoek zijn de regenwormen geclassificeerd op foerageergedrag. Gelijktijdig met dit onderzoek voert S. Rebisz (Msc International Land and Watermanagement, WUR) in 2018 een onderzoek uit in Voedselbos Ketelbroek; dit onderzoek is gefocust op de chemische en fysische kant van de bodem.

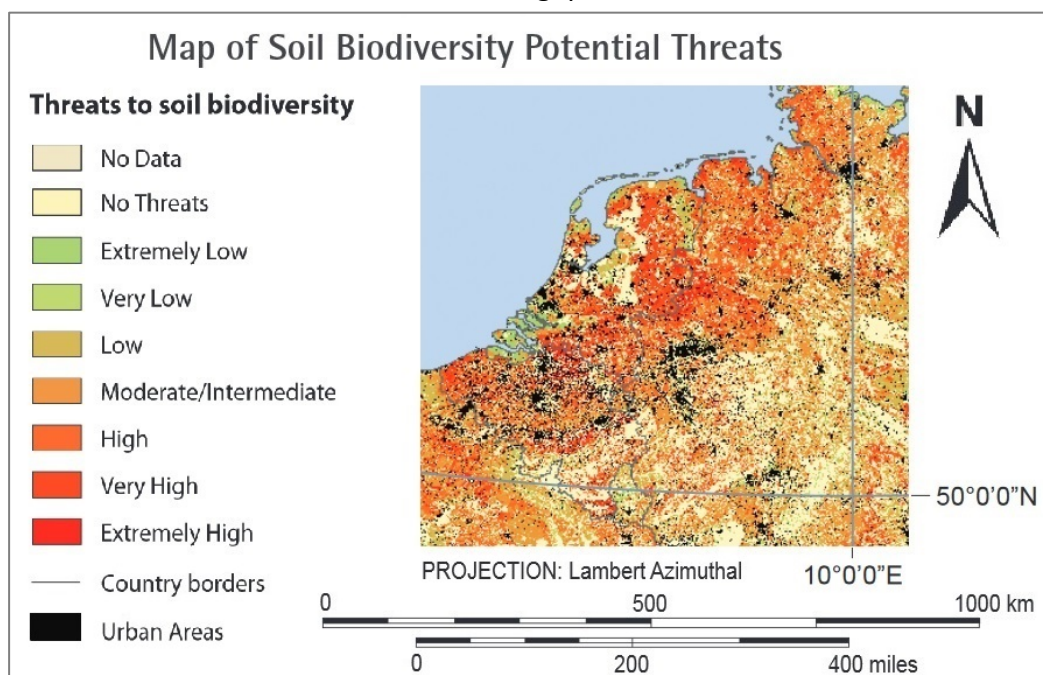
In dit onderzoek is gekeken naar de verschillen en overeenkomsten tussen een akker, een voedselbos en een natuurgebied met betrekking tot de biologische activiteit in de bodem. Hiervoor is gekeken naar springstaarten, regenwormen en het humusprofiel. Het onderzoek levert een bijdrage aan de kennis over de rol die agroforestry kan hebben bij het behoud van bodembiodiversiteit in Nederland. Er zijn diverse voorbeelden van agroforestry systemen in de rest van de wereld met een hoge biodiversiteit (Kumar & Nair, 2006; Harvey & González Villalobos, 2007; Da Silva Moco et al., 2009; Breidenbach et al., 2016). Uit het onderzoek van Da Silva Moca et al. (2009), in Bahia (Brazilië), kwam naar voren dat cacao agroforestry systemen een positief effect hadden op de biodiversiteit van de bodem. De bodemfauna had zelfs een hogere biodiversiteit dan in een natuurlijk bos; dit kwam vermoedelijk doordat het strooisel veel heterogener was in de agroforestry systemen (Da Silva Moco et al., 2009).

2. Kader

Voor onderzoek naar bodemactiviteit en landgebruik is het van belang dat duidelijk wordt waarom het onderzoek is uitgevoerd en wat het doel van dit onderzoek is. In de paragraaf over het bodemleven zal worden aangegeven welke parameters er zijn gebruikt in dit onderzoek om de bodemactiviteit te onderzoeken. Hieruit volgen de onderzoeksvragen en randvoorwaarden. Tot slot zijn de deelgebieden beschreven met elk hun eigen type landgebruik.

2.1. Probleemstelling

Bodembiodiversiteit staat onder druk in Nederland en de rest van Europa. In figuur 1 is te zien hoe groot het potentieel gevaar is voor het verlies van bodembiodiversiteit in Nederland. Deze komt onder andere door intensieve landbouw, bodem-compactie, erosie en het verlies van organische koolstof (Jeffery et al., 2010). Eenjarige landbouwgewassen, zoals mais, hebben een negatief effect op de bodemfauna (Lavelle & Spain, 2003). Door deze druk op de bodembiodiversiteit is het van belang dat er meer onderzoek wordt gedaan naar het effect van voedselbossen op de bodem. De wens om meer onderzoek te doen naar deze vorm van landgebruik is opgenomen in de greendeal voedselbossen (Greendeals 2017). Agroforestry kan ecosysteemdiensten met zich meebrengen (Jose, 2009) die er voor zorgen dat de bodem op een duurzame manier in stand wordt gehouden. Agroforestry zou in de toekomst kunnen bijdragen aan duurzame voedselproductie en duurzaam bodembeheer. Het is van belang dat er verkennend onderzoek plaatsvindt naar de mogelijke ecosysteemdiensten die agroforestry in Nederland kan leveren. Tot op heden is het niet makkelijk voor boeren om over te stappen op agroforestry. Dit komt doordat de huidige subsidies en wet- en regelgeving het niet ondersteunen om agroforestry te bedrijven. Indien naar voren komt dat ook in Nederland voedselbossen belangrijke ecosysteemdiensten met zich meebrengen, zouden in de toekomst subsidies en wetten kunnen worden aangepast.



Figuur 1: Kaart potentiële bedreigingen verlies bodembiodiversiteit; rood is hoge bedreiging voor bodembiodiversiteit, groen is lage bedreiging voor bodembiodiversiteit. (Jeffery et al., 2010)

2.2. Doel van het onderzoek

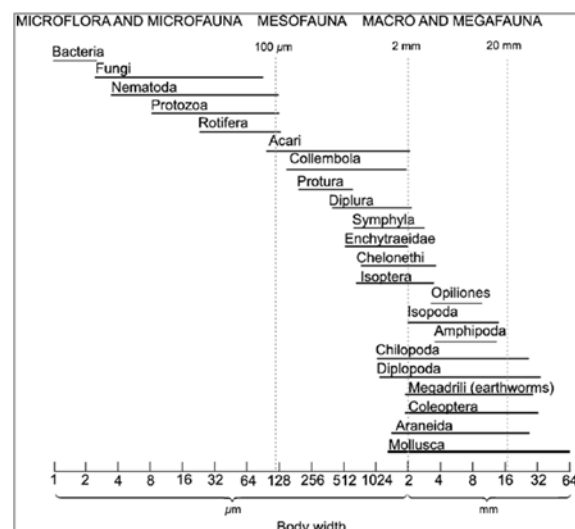
Het doel van dit onderzoek is inzicht geven in het effect van landgebruik op de biologische activiteit in de bodem. Er is onderzocht wat het effect is van landgebruik op de bodem; hiervoor is gekeken naar drie typen landgebruik: agrarisch, agroforestry en natuur. Er is tot op heden vrij weinig bekend over de biologische activiteit en de ontwikkeling van de bodem van voedselbossen in Nederland. Dit is het eerste uitgebreide verkennende onderzoek naar de bodem van een voedselbos in Nederland. Dit onderzoeken en het onderzoek van S. Rebisz zullen inzichtelijk maken wat het effect is van landgebruik op de bodem vanuit twee verschillende perspectieven.

2.3. Bodemleven

Het bodemprofiel geeft weer welke bodemvormende processen er hebben plaatsgevonden in het verleden. De ontwikkeling van een bodemprofiel gaat zeer langzaam. Planten zijn de producenten van organische stof. De decompositie van organisch stof is de basis van het bodemvoedselweb. Er zijn verschillende factoren die een rol spelen in het afbreken van organische stof. De factoren zijn onder te verdelen in vier groepen: de eigenschappen van organische stof, organismes, geologische afzetting en omgevingsfactoren. Deze factoren zijn met elkaar verbonden en hebben ook onderling effect op elkaar (Hoffland & Stomph, 2018).

De bovengenoemde factoren bepalen hoe de organische stof cyclus verloopt en welk type humus wordt gevormd. Verschillende lagen van humusvormen in de bodem vormen het humusprofiel. Het humusprofiel geeft informatie over de standplaatseigenschappen en de organische stofkringloop (Van Delft, De Waal, Kemmers, & Mekink, 2006). De humusprofielen zijn onder te verdelen in drie hoofdgroepen: mull, moder en mor. Meer informatie over de verschillende humusprofielen is te vinden in bijlage 1. Het humusprofiel kan sneller veranderen in vergelijking met het bodemprofiel, indien de samenstelling van de aanwezige flora en fauna en/of omgevingsfactoren veranderen. Een verandering van landgebruik betekent vaak ook een verandering van vegetatie en elke plant heeft zijn eigen strooiseigenschappen. De belangrijkste eigenschappen van strooisel met betrekking tot de afbraaksnelheid zijn: de hoeveelheid polyfenolen, de ratio tussen koolstof en stikstof (C/N-ratio) en de hoeveelheid calcium (Den Ouden, Muys, Mohren, & Verheyen, 2010; Berg & McClaugherty, 2008; Hoffland & Stomph, 2018).

Er zijn diverse groepen organismes die een rol spelen in de decompositie van organische stof. Deze zijn onder te verdelen in de volgende groepen: microflora, microfauna, mesofauna, macrofauna en megafauna (zie figuur 2). De indeling van het bodemleven is gemaakt op basis van de diameter van de flora en fauna. De diameter geeft namelijk aan welke poriën van de bodem voor deze organismes toegankelijk zijn (Van Groenigen & De Deyn, 2017).



Figuur 2: Classificatie van bodemorganisme (Swift, 1997)

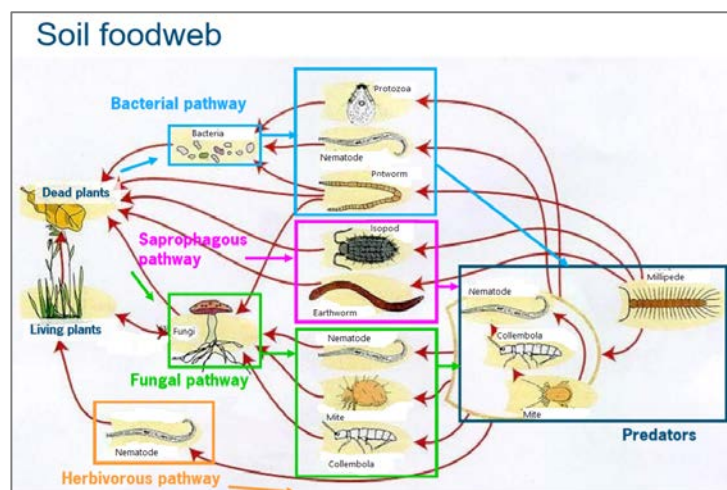
Bacteriën (*Bacteria*) en schimmels (*Fungi*) zorgen voor het overgrote gedeelte van de decompositie. Schimmels en bacteriën hebben zowel stikstof (N) als koolstof (C) nodig om te overleven. Het dominante afbraakorganisme wordt daarom ook gedeeltelijk bepaald door de C/N-ratio (zie tabel 1). Als de C/N-ratio lager is dan de kritieke C/N-ratio van het afbraakorganisme dan vindt er mobilisatie van stikstof plaats. Strooisel is niet homogeen; dit betekent dus dat er in een gebied zowel mobilisatie als immobilisatie van stikstof kan plaatsvinden. Een groot verschil tussen bacteriën en schimmels is dat schimmels hyfen/schimmeldraden hebben. Hierdoor kunnen schimmels nutriënten van elders uit de bodem transporteren naar het substraat dat dient afgebroken te worden (Van Groenigen & De Deyn, 2017).

Tabel 1: Eigenschappen van schimmels en bacteriën (Van Groenigen & De Deyn, 2017)

Schimmels	Bacteriën
Komen meer voor in ongestoorde ecosystemen.	Komen meer voor in gestoorde ecosystemen.
Groeien bij lage pH.	Groeien niet bij lage pH.
Afbraak van substraat met hoge C/N-ratio.	Afbraak van substraat met lage C/N-ratio.
Grote variëteit aan enzymen om moeilijk afbreekbaar organische stof af te breken.	Kleinere variëteit aan enzymen om makkelijk afbreekbaar organische stof af te breken.
Door hyfen is het mogelijk om nutriënten te transporteren naar het substraat.	Beperkte mogelijkheden om nutriënten naar het substraat te transporteren.
Kritieke C/N-ratio ± 30 .	Kritieke C/N-ratio ± 12.5 .

Bodemfauna heeft een belangrijke rol in het creëren van structuur in de bodem en het verkleinen van de organische stof. Kleiner organisch materiaal is voor schimmels en bacteriën beter af te breken (Van Groenigen & De Deyn, 2017). Voor dit onderzoek is er gekeken naar de volgende faunagroepen: regenwormen (*Lumbricidae*) en springstaarten (*Collembola*). Regenwormen behoren tot de macrofauna ($\varnothing > 2\text{mm}$) en springstaarten behoren tot de mesofauna ($\varnothing 0,1$ tot 2mm) (Swift, 1997). De reden dat deze twee soortgroepen zijn geselecteerd, is omdat dit twee belangrijke faunagroepen zijn in de bodem en het bodemvoedselweb (zie figuur 3).

Regenwormen fourageren op plantenresten. Regenwormen hebben een groot effect op de bodemstructuur. Dit komt gedeeltelijk door de gangen die ze graven in de bodem. Deze gangen hebben een effect op de hydrologie (Van Groenigen & De Deyn, 2017). Regenwormen eten in een keer veel organisch materiaal, bodemdeeltjes en microben op om dit vervolgens (gedeeltelijk verteerd) uit te werpen. Hierdoor



Figuur 3: Soil foodweb – Bodemvoedselweb (versimpeld) (Van Groenigen & De Deyn, 2017)

krijgt men de vorming van macro-agregaten (Hallett & Caird, 2017). Agregaten zijn belangrijk voor het behoud van nutriënten en water in de bodem. Ook versnellen regenwormen de decompositie doordat ze het strooisel verkleinen en er meer oppervlakte is voor microben om de het organische stof af te breken. Bovendien zorgen regenwormen, met name diepgravende, ervoor dat organische stof beter wordt vermengd in de bodem (Van Groenigen & De Deyn, 2017). De mesofauna, waaronder springstaarten, zijn terug te vinden op meerder plekken in het bodemvoedselweb. De uitwerpselen van mesofauna worden moder genoemd (Van Delft et al., 2006). Springstaarten voeden vooral op schimmels en ook zijn er carnivore soorten (Van Groenigen & De Deyn, 2017). Door deze twee groepen te selecteren worden verschillende soorten binnen het voedselweb (saprophagous- and fungal pathway & predators) in dit onderzoek meegenomen.

2.4. Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek is als volgt:

Wat zijn de verschillen en overeenkomsten tussen een akker, een voedselbos en een natuurgebied met betrekking tot de biologische activiteit in de bodem?

In dit onderzoek is gekeken naar de biologische activiteit in de bodem. Hiervoor zijn de volgende parameters genomen: humusprofiel en de aanwezigheid van regenwormen en springstaarten.

Deelvragen:

- Hoe groot zijn de populaties van springstaarten en regenwormen in de deelgebieden?
- Zijn er verschillen in habitat en zeldzaamheid tussen de aangetroffen regenwormsoorten in de deelgebieden?
- Welke humusprofielen zijn aanwezig in de deelgebieden?

2.5. Randvoorwaarden

De beoogde betrouwbaarheid van het onderzoek is 95%. Bovendien is het belangrijk dat de deelgebieden binnen dezelfde bodemgroep liggen. Dit zal worden gecontroleerd door bodemboringen voor het bodemprofiel. Het aantal steekproeven per deelgebied is 15 per faunagroep en vijf voor humus- en bodemprofiel.

2.6. Projectgebied

Het onderzoek is uitgevoerd in Groesbeek. Voor dit onderzoek is gekeken naar drie typen landgebruik; agrarische, natuur en agroforestry. Er zijn drie deelgebieden: natuurgebied De Bruuk, een wintertarwe akker en Voedselbos Ketelbroek. De ligging van het projectgebied en de deelgebieden is weergegeven in bijlage 2. Alle drie de deelgebieden liggen op Woudeerdgrond (pLn5g) (Alterra, 2008).

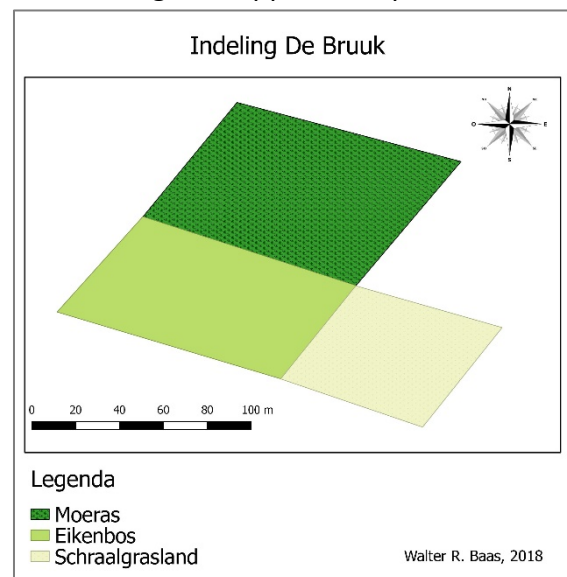
2.6.1. Wintertarwe akker

De wintertarwe akker aan de weg “Bruuk” is eigendom van H. Coenen. Op de akker wordt volgens een conventionele agrarische methode tarwe (*Triticum aestivum*) verbouwd. De akker wordt jaarlijks bemest en geploegd. De tarwe wordt gezaaid voor de winter (oktober-december). Voor het zaaien is kalk gestrooid (S. Rebisz, persoonlijke communicatie, 6-juni-2018). Het gewas wordt geoogst in de zomer. Wintertarwe wordt door veel boeren gezaaid

om de structuur en het humusgehalte van de bodem op het gewenste niveau te behouden (Plattelandswijzer, 2018). Het organische stof gehalte in de akker is gemiddeld 3,6% in de toplaag en op 30 cm diepte is het 5,1% (S. Rebisz, persoonlijke communicatie, 6-juni-2018).

2.6.2. Natuurgebied De Bruuk

Het natuurgebied De Bruuk is in eigendom van Staatbosbeheer. In het begin van de 20^e eeuw was dit gebied nog in gebruik als landbouwgebied. De naam “De Bruuk” is afkomstig van de aanwezige elzenbroekbossen in De Bruuk (Thissen & Brinkhof, 2009). Het natuurgebied bestaat uit diverse stukken nat schraalgrasland en bos van voedselrijke, vochtige gronden. Het deelgebied wat is onderzocht ligt in het noorden van het natuurgebied. Het bestaat uit een stuk bos en een stuk grasland. Zie figuur 4 voor een kaart van het deelgebied in De Bruuk. Het bos bestaat uit twee gedeeltes: een moeras en een eikenbos. Het eikenbos heeft als hoofdboomsoort zomereik (*Quercus robur*) de struiklaag bestaat voornamelijk uit meidoorn (*Crataegus spp.*) en braam (*Rubus spp.*). Ook staat er berk (*Betula spp.*), gewone vogelkers (*Prunus padus*), hazelaar (*Corylus avellana*), (verjonging van) es (*Fraxinus excelsior*), witte abeel (*Populus alba*) en zwarte els (*Alnus glutinosa*). Het nat schraalgrasland is een blauwgrasland (plantengemeenschap: 16Aa01 (Schaminée et al., 2010)). Een belangrijke beheermaatregel in De Bruuk is het voeren van een goed oppervlaktepeil. Om het blauwgrasland in stand te houden wordt er jaarlijks gemaaid. In het bos wordt geen beheer uitgevoerd; er worden alleen ongewenste exoten verwijderd, zoals Amerikaanse eik (*Quercus rubra*) of Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*). In het noordelijke stukje van het bos zijn alle eiken al afgestorven en is een moeras ontstaan. De doelstelling is om het bos in de richting van laagveenbos te laten ontwikkelen (J. Gijsbertsen, persoonlijke communicatie, 31-mei-2018). Het organische stof gehalte in De Bruuk is in de toplaag gemiddeld 27,1% en op 30 cm diepte is het 6,8% (S. Rebisz, persoonlijke communicatie, 6-juni-2018).

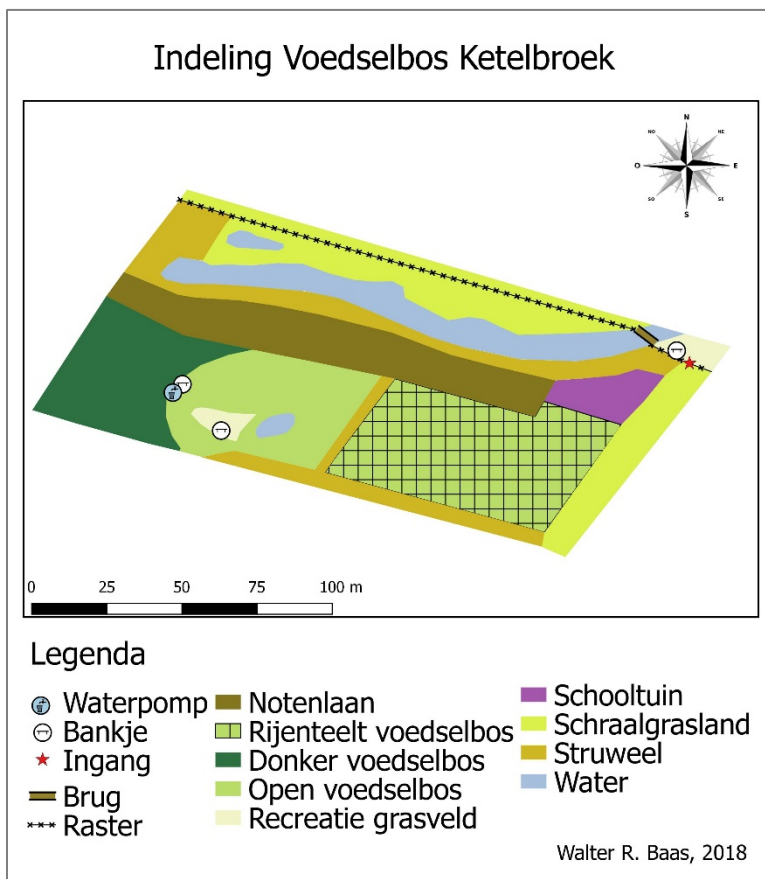


Figuur 4: Kaart indeling deelgebied De Bruuk

2.6.3. Voedselbos Ketelbroek

Ketelbroek bestaat uit verschillende zones (zie figuur 5). Het is opgebouwd uit drie stukken: schooltuin, voedselbos en natuurgebied. De aanleg van Ketelbroek is begonnen in 2009. Het natuurgebied in Ketelbroek bestaat uit stukken struweel en nat schraalgrasland (blauwgrasland; 16Aa01 (Schaminée et al., 2010)). In 2012 is er een beek bij het natuurgebied gegraven. In dit jaar zijn ook de schraalgraslanden geplagd. De schooltuin is opgehoogd met grond uit de beek. Het grasland wordt in stand gehouden door handmatig te verschralen; de biomassa wordt afgevoerd en neergelegd in het rijenteelt systeem. De schooltuin wordt onderhouden door leerlingen van de basisschool Op De Horst. In de schooltuin worden eenjarige gewassen verbouwd op een biologische methode en er wordt hier een keer per jaar geploegd (W. Van Eck, persoonlijke communicatie, 9-mei-2018).

Het voedselbos bestaat uit vier onderdelen: het romantische donkere voedselbos, het romantische open lichtrijke voedselbos, de notenlaan en het rationele rijenteelt voedselbos. De notenlaan en het romantische voedselbos zijn vanaf 2009 aangeplant en er is hier sinds dien nooit meer bodembewerking uitgevoerd. Het rijenteelt voedselbos is in 2012 opgehoogd met de grond uit de beek in het noorden van Ketelbroek. Eind 2012 werd begonnen met de aanplant van de bomen in het rijenteelt voedselbos. In het gehele voedselbos wordt tot op heden bijna geen beheer uitgevoerd. Er is alleen biomassa aangevoerd naar het rijenteelt voedselbos en er zijn eetbare producten geoogst. In de toekomst zal in het voedselbos gedund gaan worden als toekomstbomen in de verdringing komen. In het donkere gedeelte van het romantische voedselbos zijn de belangrijkste boomsoorten: tamme kastanje (*Castanea sativa*), Koreaanse zilverspar (*Abies koreana*), elsbes (*Sorbus torminalis*), winterlinde (*Tilia cordata*), ratelpopulier (*Populus tremula*), berk en beuk (*Fagus sylvatica*). In het lichtrijke gedeelte staan de bomen in een lagere dichtheid. Dit lichte stuk van het romantische voedselbos bestaat uit soorten zoals Chinese mahonieboom (*Toona sinensis*), appel (*Malus spp.*), duindoorn (*Hippophae rhamnoides*) en abrikoos (*Prunus armeniaca*). De notenlaan bestaat uit walnoot (*Juglans regia*) en japanse walnoot (*Juglans ailantifolia*) om de tien meter met daartussen boomsoorten zoals zwarte els en robinia (*Robinia pseudoacacia*). Voor dit rapport is het deelgebied “Voedselbos Ketelbroek” uitsluitend het romantische voedselbos en de notenlaan meegenomen omdat hier de bodem niet is opgehoogd (W. Van Eck, persoonlijke communicatie, 9-mei-2018). Het organische stof gehalte in het romantische voedselbos is gemiddeld 6,7% in de toplaag en 4,1% op 30 cm diepte (S. Rebisz, persoonlijke communicatie, 6-juni-2018).



Figuur 5: Kaart indeling Voedselbos Ketelbroek

3. Methode

De methode van dit onderzoek is gebaseerd op de internationale standaard van ISO en de standaard van bodemkunde van VHL. Indien de internationale standaard niet gevolgd kon worden, is aangegeven waarom hiervan is afgeweken.

3.1. Inventarisatie

Voor dit onderzoek zijn in de drie deelgebieden de volgende gegevens geïnventariseerd: humusprofiel, bodemprofiel, regenwormen (aantallen en soorten) en springstaarten (aantallen). Het bodemprofiel is geïnventariseerd om te controleren of de gegevens van de bodemkaart van Nederland van Alterra (2008) accuraat zijn. De punten voor humus- en bodemprofiel zijn overgenomen uit het onderzoek van M. Bakker (2016); de punten voor de faunagroepen zijn random gegenereerd in QGIS. Ook zijn alle punten voor de akker random gegenereerd in QGIS. Indien een punt niet bereikbaar was; is er een volgend random punt uit QGIS genomen. De bemonsteringslocaties zijn te vinden in bijlage 3.

3.1.1. Humus- en bodemprofiel

Het bodemprofiel en het humusprofiel zullen worden bepaald door middel van de standaardmethode van bodemkunde bij VHL. Het bodemprofiel is bepaald door middel van het veldboekje bodemkunde (Steur, Locheren, & De Bakker, 1987). Het humusprofiel is bepaald aan de hand van de veldgids humusvormen (Van Delft et al., 2006).

3.1.2. Regenwormen

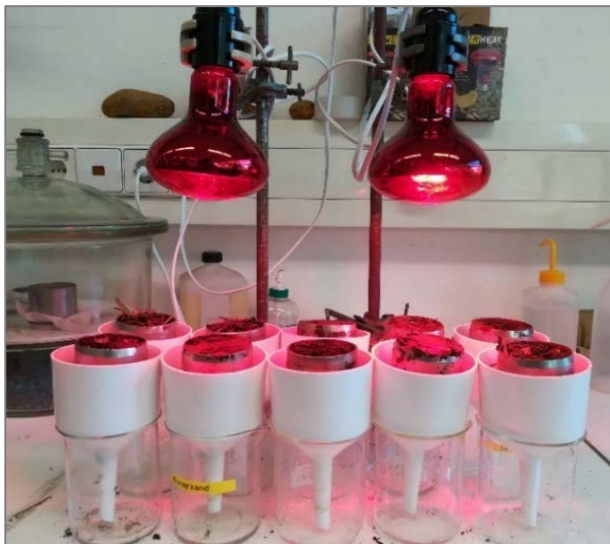
In de deelgebieden zijn 15 steekproeven genomen om de regenworm populatie in beeld te brengen. In eerste instantie was de insteek om dit volgens de methode ISO/DIS 23611-1 (Römbke et al., 2006) uit te voeren (zie bijlage 4). Dit houdt in dat er voor elk monster een gat wordt gegraven van 50cm×50cm van 20cm diep en vervolgens de wormen handmatig worden gezocht en gedetermineerd. Het voordeel van deze methode is dat dit de internationale standaard is voor onderzoek naar regenwormen (bij agrarische onderzoek). Het bleek echter dat in de realiteit deze methode niet uitvoerbaar was omdat het uitsorteren van de grond te tijdsintensief is, diepgravende wormen vaak niet goed konden worden geïnventariseerd en het een grote inpakt op de bodem heeft.

De methode die is gebruikt in dit onderzoek is als volgt. Er is een ongeroerd bodemmonster genomen tot 50 cm diep of tot de grondwaterstand. Hiervoor is een tweedelige wortelboor van Eijkelkamp gebruikt (Ø 80 mm). De reden dat dieper is gegaan dan de 20cm uit de ISO methode is omdat de eerdlaag dikker is dan 20cm. De grond uit dit bodemmonster is vervolgens ter plekke handmatig uitgekamd en de regenwormen zijn gedetermineerd met behulp van de OPAL regenwormen determinatiesleutel (Jones & Lowe, 2014).

3.1.3. Springstaarten

Voor de springstaarten is geïnventariseerd volgens ISO/DIS 23611-2 (Römbke et al., 2006); aangepast aan het aanwezige materiaal van VHL. Bij deze methode is het van belang dat er een ongestoorde bodemmonster wordt genomen; deze monsters worden vervolgens onder het “MacFayden-apparaat” gezet (zie figuur 6). Er zijn monsters genomen met Kopecky-cilinders (Ø 50 mm, hoogte 51 mm, inhoud 100cm³) tot 10 cm diepte (twee ringen per bemonsteringslocatie). De reden dat tot 10 cm diepte is gegaan, is omdat springstaarten met

name voorkomen in de strooisellaag (Eaton, Barbercheck, Buford & Smith, 2004). De twee lagen (0-5cm en 5-10cm) zijn echter wel apart genoteerd. In de analyse is zowel gekeken naar de afzonderlijke lagen als naar het totaal. De monsters zijn genomen met behulp van een ringhouder van Eijkelkamp. De ringen zijn vervolgens 24 uur onder het MacFayden-apparaat gezet. De cilinders stonden in een trechter met een zeef onder een warmtelamp. Dit zorgt ervoor dat de springstaarten uit de grond worden verdreven door de hitte van bovenaf. Het apparaat stond afgesteld op een temperatuur van 28° Celsius op de bovenkant van de monsters. Voor de opstelling zijn “Powerheat Warmtelamp Infrarood 60 Watt” gebruikt. Onder elke trechter stond een bekglas van 200ml, met daarin 10ml water (temperatuur en vocht gebaseerd op: Bieri, Delucchi, & Lienhard, 1978). Nadat de monsters onder de warmtelamp vandaan werden gehaald, zijn de trechters uitgespoeld in de bekglazen totdat er geen zichtbare resten (bodemdeeltjes en springstaarten) meer aanwezig waren. De bekglazen zijn vervolgens uitgeschonken in een petrischaal. De springstaarten zijn met behulp van een vergrootglas geteld in de petrischaal.



Figuur 6: Opstelling MacFayden-apparaat

Stappenplan onderzoeksproces

1. Boring voor bodemprofiel tot 120 cm.
2. Ongeroerd grondmonster met wortelboor tot 50 cm.
3. Bepalen humusprofiel met veldgids humusvormen.
4. Regenwormen uitsorteren uit grond van boring.
5. Regenwormen determineren met OPAL-sleutel.
6. Monsters nemen met Kopecky-ringen.
7. Ringen onder MacFayden-apparaat voor 24 uur.
8. Trechters leegmaken en tellen springstaarten.
9. Analyseren van de data.

Figuur 7: 9-stappenplan onderzoeksproces

3.2. Analyse data

Bij de bodem- en humusprofielen is gekeken of er grote verschillen zijn in de vijf meetpunten, indien dit het geval is zal gekeken worden of dit verklaard kan worden. Voor de regenworm populaties is de statistische toets ANOVA uitgevoerd. Bij deze statistische toets wordt gekeken of het aantal regenwormen in minstens een van de drie gebieden significant afwijkt van de andere gebieden. Ook is er gekeken naar de samenstelling van de volwassen regenwormen. De populaties van zowel regenwormen als springstaarten tussen de gebieden (Akker-Bruuk, Bruuk-Ketelbroek & Ketelbroek-akker) zijn met elkaar vergeleken. Hierbij is eerst met een F-toets getest of de varianties verschillen; als de berekende P-waarde kleiner is dan 0,05 verschillen de varianties significant. Daarna is voor elke combinatie een t-toets uitgevoerd; een t-waarde van kleiner dan 0,05 duidt op een significant verschil in gemiddelde. De statistische analyse is uitgevoerd aan de hand van Whitlock en Schluter (2015). Het aantal springstaarten en regenwormen wordt bijna altijd als een aantal per vierkante meter gegeven. Om de gegevens uit dit onderzoek te kunnen vergelijken met de bestaande literatuur zijn de gemiddelde van de monsters omgerekend naar een gemiddelde per vierkante meter. In figuur 7 is het volledige onderzoeksproces schematisch weergegeven in een 9-stappenplan.

4. Resultaten

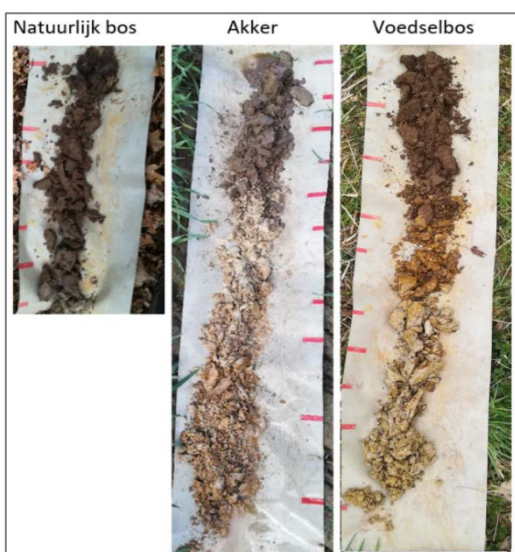
In dit hoofdstuk zullen de resultaten uit het onderzoek worden gepresenteerd. Er zal eerst worden besproken hoe de humus- en bodemprofielen er uit zien. Vervolgens zal er worden ingegaan op de twee onderzochte faunagroepen.

4.1. Bodemprofielen

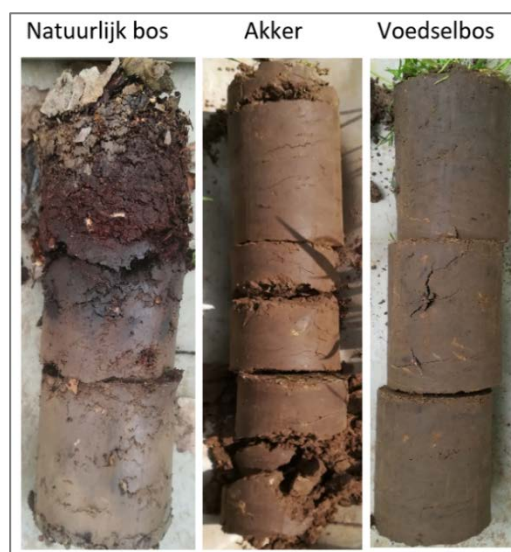
Om het bodemprofiel te bepalen zijn in totaal vijf bodemboringen per deelgebied uitgevoerd. De boorstaten zijn te vinden in bijlage 5. De bodemprofielen van de drie gebieden (zie figuur 8) vallen alle drie onder de woudeerdgronden. Woudeerdgronden zijn kleigronden die onder invloed staan van grondwater en een dikke (30 tot 50 cm) bovengrond hebben (eerdlaag) (Locher & De Bakker 1990).

4.2. Humusprofielen

Er zijn in totaal vijf bodemboringen uitgevoerd per deelgebied om het humusprofiel te bepalen. De drie gebieden hebben elk hun eigen humusprofiel (zie figuur 9). De inventarisatie van de humusprofielen is terug te vinden in bijlage 5. Meer informatie over de verschillende humusprofielen is te vinden in bijlage 1. Het humusprofiel van de akker is Akkerhydromull (LHa). Ketelbroek heeft een Beekhydromull-profiel (LHf). Ook is er op een locatie in Ketelbroek Beekhydromullmoder aangetroffen. Het natuurgebied heeft verschillende humusprofielen: in het eikenbos Boshydromoder (DHB), in de bosrand een Boshydromullmoder (LDHB) en het grasland Schraalhydromullmoder (LDHs).



Figuur 8: Bodemprofielen van links naar rechts: De Bruuk (eikenbos), akker en Voedselbos Ketelbroek

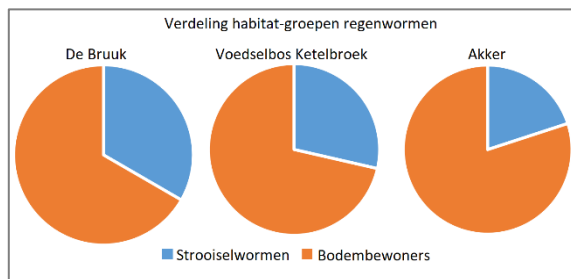


Figuur 9: Humusprofielen van links naar rechts: De Bruuk (eikenbos), akker en Voedselbos Ketelbroek

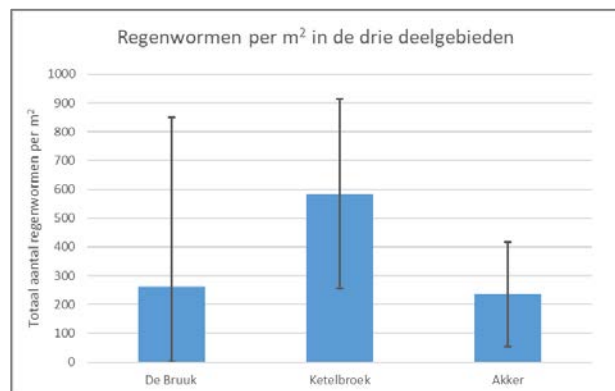
4.3. Regenwormen

Voor alle resultaten van de regenwormtelling zie bijlage 6. Er zijn in totaal 16 steekproeven genomen. Het overgrote deel van aangetroffen regenwormen waren pasgeborene. Ook zijn er een aantal beschadigde regenwormen aangetroffen. Alle volwassen onbeschadigde regenwormen zijn gedetermineerd. De aangetroffen soorten zijn onder te verdelen in drie habitat-groepen: strooiselwormen (*Epigeic*), pendel wormen (*Anecic*) en bodem bewonende wormen (*Endogeic*) (Natural England, 2014). De verdeling van habitat-groepen in de gebieden is weergegeven in figuur 10.

Het gemiddeld aantal regenwormen per vierkante meter is weergegeven in figuur 11. In Voedselbos Ketelbroek werd meer dan het dubbele aantal regenwormen aangetroffen dan in de andere twee gebieden. Door middel van de ANOVA- toets kwam naar voren dat Ketelbroek een significant (p -waardes $< 0,05$) grotere populatie regenwormen heeft dan de andere twee gebieden. Uit de t-toetsen bleek dat er een significant verschil is tussen het aantal regenwormen in Ketelbroek en de akker. Er is geen significant verschil tussen Ketelbroek en De Bruuk en tussen De Bruuk en de akker. Ook zijn er geen significante verschillen tussen de gebieden als het gaat om volwassen en jonge regenwormen. Een overzicht van de aangetroffen regenworm soorten is te vinden in tabel 2.



Figuur 10: De verdeling van habitat-groepen (bodembewoners & strooiselwormen) van de populaties regenwormen in de drie deelgebieden.



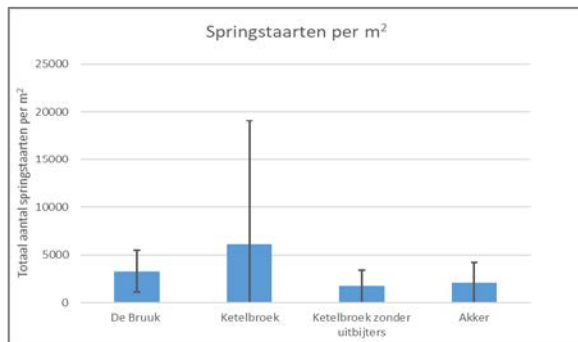
Figuur 11: Totaal aantal regenwormen per vierkante meter in de drie deelgebied. De foutbalken geven de standaardafwijking weer.

Tabel 2: Overzicht regenwormen

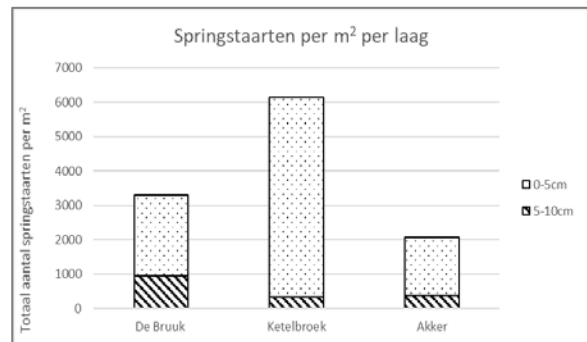
Soort	Aangetroffen	Zeldzaamheid*	Groep*	Habitat*
Aporrectodea caliginosa	Alle gebieden	Algemeen	Bodembewoner Endogeic	Bijna overal behalve heide en slik gebieden; voorkeur base rijke graslanden en bossen en schraalgraslanden.
Aporrectodea rosea	Akker	Algemeen	Bodembewoner Endogeic	Bijna overal behalve heide en slik gebieden; voorkeur base rijke graslanden en bossen.
Eiseniella tetraedra	De Bruuk	Zeldzaam	Bodembewoner Endogeic	Bossen en graslanden; voorkeur voor natte bodems
Lumbriscus castaneus	Ketelbroek	Algemeen	Strooiselworm Epigeic	Bijna overal behalve heide en slik gebieden; voorkeur base rijke graslanden, hagen en bossen.
Lumbriscus rubellus	Alle gebieden	Algemeen	Strooiselworm Epigeic	Bijna overal; voorkeur voor natte zure graslanden en bossen.
Octolasion cyaneum	De Bruuk	Zeldzaam	Bodembewoner Endogeic	Natte bossen en graslanden; voorkeur voor loofbossen met zeer natte bodems
*(Natural England, 2014)				

4.4. Springstaarten

Alle resultaten van de springstaarttelling zijn te vinden in bijlage 7. Er zijn in totaal 15 steekproeven genomen. In figuur 12 is te zien hoeveel springstaarten er zijn aangetroffen per vierkante meter in de gebieden. Het hoogste aantal springstaarten is aangetroffen in Ketelbroek. Het gemiddelde in Ketelbroek is zo hoog doordat op twee locaties een cluster van een zeer groot aantal springstaarten is aangetroffen. Indien deze twee clusters/uitbijters niet waren aangetroffen, zou het gemiddelde een stuk lager hebben gelegen. Qua totaal aantal springstaarten (0-10cm) was er geen significant (p -waardes $< 0,05$) verschil tussen de gebieden. Er waren echter wel significante verschillen in de diepere laag (zie figuur 13). De Bruuk heeft significant meer springstaarten in de laag van 5 tot 10 cm dan het voedselbos en de akker. In bijlage 8 zijn alle berekeningen van zowel de data van de springstaarten als van de regenwormen te vinden.



Figuur 12: Totaal aantal springstaarten per m² in de deelgebieden (0-10cm). Hierbij is weergegeven wat het totaal aantal springstaarten per m² in Ketelbroek was maar ook wat het totaal aantal per m² was in Ketelbroek zonder de twee uitbijters. De foutbalken geven de standaardafwijking weer.



Figuur 13: Totaal aantal springstaarten per m² per laag in de deelgebieden per laag; 0-5cm en 5-10cm.

5. Discussie

Het aangetroffen bodemprofiel komt overeen met de bodemkaart van Nederland (Alterra, 2008). Er zijn echter wel verschillen tussen de drie bodemprofielen. De grondwaterstand is hoger in het natuurgebied (GWT: II). De akker (GWT: V) en het voedselbos (GWT: III) hebben met name tijdens de zomer een lagere grondwaterstand. In het natuurgebied is te zien dat er een laag aanwezig is bovenin het profiel waar strooisel ophoping plaatsvindt. Ook is de eerdlaag in het voedselbossen op een aantal plekken wat donkerder. Bovendien is er meer en grover grind aanwezig in de bodem van de akker; dit komt vermoedelijk door de positie in het landschap (het ligt 4m hoger ten opzichte van de andere twee gebieden). Het laagje tussen het moedermateriaal en eerdlaag is bij de akker licht grijs en bij het voedselbos oranje-grijs. Ook het moedermateriaal is iets meer richting geel in het voedselbos ten opzichte van de akker. Ook is er op de locatie waar veel bodem-compactie was een blauwe verkleuring. Deze verkleuring komt vermoedelijk doordat er anaerobe omstandigheden zijn door de bodem-compactie.

Alle drie de gebieden hebben humusprofielen die onder invloed staan van het grondwater, hierdoor is overal 'hydro' in de naam terug te vinden. Het humusprofiel van de akker (Akkerhydromull) is door het agrarische beheer tot stand gekomen. Als de omstandigheden gunstig zijn voor het bodemleven ontstaat uit een Akkerhydromull een Beekhydromull of een Zandhydromull (Van Delft, Stoffelsen, & Brouwer, 2007). Het is gunstig voor het bodemleven dat er niet meer wordt geploegd (Lavelle & Spain, 2003) en als er soorten aanwezig zijn die gemakkelijk afbreekbaar strooisel hebben (Hommel et al., 2007). Het aanwezige strooisel wordt bepaald van de vegetatie en heeft een grote invloed op humusprofiel en bodemfauna (Korboulewsky, Perez, & Chauvat, 2016). In Voedselbos Ketelbroek zijn er diverse soorten (o.a. winterlinde, ratelpopulier en zwarte els) met (zeer) goed afbreekbaar strooisel (Den Ouden et al., 2010). Dit is een mogelijke verklaring voor de ontwikkeling van het Beekhydromull-profiel. Dit profiel komt voor in de beekdalbossen. Een voorbeeld van een locatie waar men ook Beekhydromull aantreft is het Limburgse Dubbroek (Van den Burg et al., 2016). Het Dubbroekbos bestaat voornamelijk uit elzenbroekbos en populierenbos (Stichting het Limburgs Landschap, 2018). Mull-humusprofielen zijn vaak kenmerkend voor een ecosysteem met een hoge biodiversiteit (Ponge, 2003). Er is echter een groot verschil tussen de twee mull-humusprofielen, in de akker door antropogene activiteit (ploegen; Ap-horizont) en in het voedselbos door biologische activiteit (bioturbatie; Ah-horizont). Ook is er op een locatie in Voedselbos Ketelbroek een Beekhydromullmoder aangetroffen; dit was een locatie waar door de agrarische activiteit in het verleden veel bodemcompactie was opgetreden (W. Van Eck, persoonlijke communicatie, 9-mei-2018). In het natuurgebied is een Boshydromoder ontstaan. Dit komt vermoedelijk doordat de hoofdboomsoort hier zomereik is; dit is een soort met matig afbreekbaar strooisel (Den Ouden et al., 2010). In de bosrand is een Boshydromullmoder ontstaan, vermoedelijk door de aanwezigheid van witte abeel, een soort met goed afbreekbaar strooisel (Den Ouden et al., 2010). In het grasland is een Schraalhydromullmoder aangetroffen. Schraalhydromullmoder is typisch voor schraalgraslanden waar accumulatie van dode wortels plaatsvindt en waar water stagneert (Van Delft et al., 2007). Beide verschijnselen waren zichtbaar in het schraalgrasland in natuurgebied De Bruuk.

Het aantal regenwormen per vierkante meter in de drie gebieden is normaal tot hoog. Lavelle en Spain (2003) geven aan dat het aantal regenwormen per vierkante meter in de gematigde klimaatzone (alle vormen van landgebruik) normaliter ligt tussen 100 en 500. Volgens Coleman, Callaham en Crossley (2018) ligt het typische aantal iets lager, namelijk tussen de 100 en 400. Het aantal regenwormen in de akker ($236/\text{m}^2$) is voor een akker redelijk goed. De streefwaarde voor regenwormen is 200 per vierkante meter op een akker (Zanen, 2013). Het aantal regenwormen in het natuurgebied ($261/\text{m}^2$) is ongeveer even hoog. Coleman et al. (2018) geven aan dat in loofbossen het aantal meestal tussen 100 en 200 ligt. In Voedselbos Ketelbroek is het aantal regenwormen ($584/\text{m}^2$) hoog. In de biologische melkveehouderij worden nog hogere aantallen ($\pm 1000/\text{m}^2$) aangetroffen (Van Eekeren, Heeres, & Smeding, 2003). Aantallen van rond de duizend worden normaliter alleen in bemeste en goed geïrrigeerde weides en boomgaarden aangetroffen (Coleman et al., 2018). Het maximale aantal regenwormen per vierkante meter is 2000 (Coleman et al., 2018; Lavelle & Spain, 2003). De habitat groepen verdeling geeft aan dat er in het natuurgebied meer strooiselwormen aanwezig zijn, wat typerend is voor een moder-humusprofiel. Schaefer en Schauermaann (1990) geven aan dat de bodemfauna in diepere horizonten voorkomt in mull-humusprofielen in vergelijking met moder-humusprofielen. Er zijn geen pendelwormen aangetroffen, wat wellicht komt doordat deze nog dieper (tot 3m diep) in de bodem zitten (Van Eekeren et al., 2003). De aangetroffen regenwormsoorten zijn algemene soorten, behalve de twee soorten (*O. cyaneum* & *E. tetraedra*) in De Bruuk. Dit zijn twee zeldzame soorten die een voorkeur hebben voor (zeer) natte bodems (onder loofbos) (Natural England, 2014).

Bij de resultaten van de springstaarten is te zien dat er een aantal monsters zijn waar veel meer springstaarten zijn aangetroffen ten opzichte van het gros van de monsters. Dit zou kunnen komen doordat springstaarten opportunistische beestjes zijn. Als de omstandigheden lokaal gunstig zijn of er een verstoring in de bodem is opgetreden dan kan daarna de populatie zeer snel groeien (Hopkin, 1997). Springstaarten worden vaak in aggregaten in de bodem aangetroffen. Hierdoor is het statistisch lastig om de populaties te onderzoeken (Coleman et al., 2018). Het gemiddeld aantal springstaarten per vierkante meter in Ketelbroek is 6.142 per vierkante meter. Dit is niet ongewoon voor bossen in de gematigde klimaatzone. Aantallen van deze orde van grootte worden bijvoorbeeld ook aangetroffen in gemengde bossen ($7.192/\text{m}^2$) en loofbossen ($6.479/\text{m}^2$) in China (Wu et al., 2014). In de dennenbossen van de Verenigde Staten zijn 2.000 tot 8.000 springstaarten per vierkante meter aanwezig (Eaton, 2006). In het natuurgebied is het aantal springstaarten $3.292/\text{m}^2$ per vierkante meter. In de akker is het aantal springstaarten per vierkante meter lager ($2.070/\text{m}^2$). In de akker en het natuurgebied zijn geen clusters met enorme hoeveelheden springstaarten aangetroffen. Indien er in Ketelbroek ook geen clusters waren aangetroffen dan lag het aantal per vierkante meter lager dan in de andere twee gebieden ($1.723/\text{m}^2$). Er zijn duidelijk meer springstaarten in de laag van 5 tot 10 cm in natuurgebied De Bruuk. Dit komt vermoedelijk doordat hier een moder-humusprofiel is waar de strooisellaag dikker is dan in de mul-humusprofielen.

6. Conclusie

De biologische activiteit in de bodems van de drie type landgebruik is zeer verschillend. De bodems van de drie deelgebieden vallen wel nog steeds onder de woudeerdgronden. De akker heeft een Akkerhydromull-profiel. Er is een Beekhydromull-profiel ontstaan in Voedselbos Ketelbroek. In het natuurgebied heeft zich een Boshydromoder-profiel gevormd. In mull is de kringloop van organische stof snel. Mullprofielen zijn vaak kenmerkend voor ecosystemen met een hoge biodiversiteit. In moder is de kringloop van organische stof traag. Ondanks dat de akker en het voedselbos allebei een mull-humusprofiel hebben, zijn deze profielen verschillend. In Voedselbos Ketelbroek is het ontstaan door bioturbatie en in de akker is het voortgekomen uit de antropogene activiteit.

De onderzochte bodemfauna populaties is grotendeels in lijn met de humusprofielen. Het aangetroffen aantal regenwormen per vierkante meter was zeer hoog in het voedselbos. De populatie regenwormen was significant groter in het voedselbos in vergelijking met de akker. De regenwormsoorten die zijn aangetroffen zijn voornamelijk algemene soorten. Er waren geen significante verschillen tussen de totale springstaartpopulaties. Door het ecologische verspreidingsgedrag van springstaarten is het lastig om statisch iets te zeggen over de populaties. Er waren echter wel significant meer springstaarten in de diepere laag (5-10 cm) in de bodem van natuurgebied De Bruuk in vergelijking met de akker en het voedselbos. Doordat in het natuurgebied strooiselophoping plaats vindt zijn de springstaarten tot dieper in de bodem aanwezig.

Voedselbossen kunnen ook in Nederland de ecosysteemdienst van het behoud van bodembiodiversiteit vervullen. In Voedselbos Ketelbroek is een mullprofiel ontwikkeld door de hoge activiteit van het bodemleven. Voedselbossen zouden naast voedselproductie ook een rol kunnen spelen in het behoud van bodemfauna zoals regenwormen. Het behoud van bodembiodiversiteit is een belangrijke schakel in duurzaam bodembeheer. Indien in de toekomst subsidieregelingen zouden worden aangepast, kunnen meer boeren overstappen op agroforestry. Als de aanleg van voedselbossen op landbouwgrond wordt gestimuleerd, kan op een groter schaal de bodem op een duurzamere manier worden beheerd.

7. Reflectie

In dit hoofdstuk zal worden gereflecteerd op het onderzoek. Er is er nagenoeg geen literatuur over dit specifieke onderwerp uit de gematigde klimaatzone. Wel is er veel literatuur beschikbaar over verschillende elementen van dit onderzoek uit verschillende vakgebieden (biologie, bodemkunde, natuurbeheer en agrarisch). Hierdoor kon dit onderzoek voldoende worden ondersteund door de beschikbare literatuur.

De onderzoeksmethode voor het bodem- en humusprofiel was duidelijk en goed uitvoerbaar. De onderzoeksmethode voor de regenwormen, zoals beschreven in het plan van aanpak, is aangepast. De originele methode van ISO bleek te tijdsintensief te zijn. Er is besloten om de grootte van het monster te verkleinen. Uiteindelijk bleek deze aanpassing goed te werken voor het aantal regenwormen per vierkante meter. Echter heeft deze aanpassing een nadeel: er is een minder goed beeld van de regenworm soortensamenstelling in de gebieden. Voor de springstaarten was de methode uit dit onderzoek lastig uitvoerbaar. Er is geen split-core sampler en MacFayden-apparaat beschikbaar op VHL. Dus is er besloten om in plaats van een split-core sampler gebruik te maken van Kopecky-cilinders. Met de Kopecky-cilinders ging het nemen van ongestoorde bodemmonsters goed. Het MacFayden-apparaat moest worden nagebouwd; dit is redelijk gelukt. Er was echter een probleem; de temperatuur kon minder goed worden gereguleerd dan in een professionele opstelling. Dit heeft wellicht effect gehad op de uitkomsten en wellicht is hierdoor het aantal springstaarten lager dan dat zou zijn gemeten met een professionele opstelling.

De onderzoeksuitkomsten geven een beeld van de relatie tussen landgebruik en bodemactiviteit. Deze uitkomsten waren grotendeels te verwachten aan de hand van de kennis uit bestaande literatuur. De aangetroffen humusprofielen waren te verwachten aan de hand van de vegetatie en antropogene activiteit. Het aantal regenwormen in de akker en het natuurgebied waren normaal; door dit onderzoek is er ook een indicatie van het aantal regenwormen in een voedselbos. Over de soortensamenstelling van de regenwormpopulaties was echter statistisch niets te zeggen doordat er niet voldoende volwassenen regenwormen waren aangetroffen. Het was eveneens lastig om statistisch iets te zeggen over de populatie van springstaarten. Dit komt doordat springstaarten soms geclusterd in de bodem zitten.

Dit onderzoek draagt bij aan het vergaren van kennis over de ecosysteemdiensten die agroforestry met zich mee kunnen brengen. Het behoud van bodembiodiversiteit is een van de belangrijke ecosysteemdiensten die agroforestry met zich kan meebrengen. Dit onderzoek heeft een eerste inzicht gegeven in de biologische activiteit in de bodem. Op dit onderzoek kan verder worden geborduurd. Er dient nog meer onderzoek plaats te vinden naar andere soortgroepen in de bodem om een volledig beeld te krijgen van het bodemvoedselweb. Indien er voldoende bewijs is dat agroforestry ook in Nederland belangrijke ecosystemen vervult dan kunnen wet- en regelgeving en subsidies worden aangepast. Hierdoor zouden meer boeren gemakkelijker kunnen overstappen op agroforestry.

8. Aanbeveling

De aanbeveling aan de hand van dit onderzoek zal niet ingaan op beheer of maatregelen ten behoeven van het bodemleven. Er zal uitsluitend worden aanbevolen wat voor onderzoek er in het gevolg kan worden gedaan. Het is wenselijk als dit onderzoek en het onderzoek van S. Rebisz minimaal een keer per tien jaar kunnen worden herhaald in de toekomst. Hierdoor kan de ontwikkeling van de bodem goed in beeld worden gebracht. Bovendien zou het goed zijn als deze onderzoeken ook in andere voedselbossen op andere bodemtypes in Nederland worden herhaald. Ook is het interessant om te kijken naar verschillende vormen van agroforestry. Indien men elders een agroforestry systeem zou willen aanleggen, is het ook interessant om net voor de aanleg een uitgebreide nulmeting van de bodem te doen. Dit is helaas niet gebeurd in Voedselbos Ketelbroek. Indien men dit wel doet, kan men nog beter de ontwikkelingen in de bodem volgen.

Voor het onderzoek naar biologische activiteit in de bodem is het belangrijk dat er wordt gekeken naar humusprofiel en regenwormen. Indien men het onderzoek met twee personen doet kan de bodemfauna nog preciezer worden onderzocht. Zo zou de grootte van het monster voor regenwormen kunnen worden vergroot, waardoor nog beter kan worden onderzocht welke regenwormsoorten er voorkomen. Indien men nogmaals onderzoek doet naar springstaarten is het van belang dat de methode wordt aangepast zodat er beter rekening gehouden kan worden met de clusters springstaarten die kunnen worden aangetroffen. Er kan voor worden gekozen om bijvoorbeeld meer monsters te nemen. Maar ook kan er bij elk monster een vegetatie-opname worden gedaan. Hierdoor zou kunnen worden gekeken of de clusters voorkomen bij bepaalde soorten vegetatie. Ook zou bij elk monster van de springstaarten een meting naar de hoeveelheid microbiële biomassa kunnen worden uitgevoerd. Hierdoor kan worden gekeken of er een samenhang is tussen de aanwezigheid van microben en springstaarten. Ook zou kunnen worden gekeken naar andere bodemfaunagroepen. Er zijn nog diverse belangrijke schakels in het bodemvoedselweb die wellicht interessant zijn om te onderzoeken zoals: pissebedden (*Isopoda*), duizendpotigen (*Myriapoda*), mijten (*Acariformes*), rondwormen (*Nematoda*), schimmels en bacteriën.

Daarnaast is het belangrijk dat er onderzoek wordt verricht naar de overige ecosysteemdiensten die voedselbossen kunnen leveren. Zo zijn er een aantal zaken opgenomen in de onderzoekagenda van de greendeal voedselbossen die nog niet goed zijn onderzocht zoals: gezondheid, zorg en sociaalmaatschappelijke waarde, bedrijfsvoering, verdienmodellen, bestuur en gemeenschapsvorming (Greendeals, 2017). Dit zijn belangrijke onderwerpen. Inzicht in alle ecosysteemdiensten die een voedselbos kan bewerkstelligen zouden op termijn kunnen leiden tot aanpassingen van wet- en regelgeving en subsidieregelingen. Politieke verandering in combinatie met kennis over bedrijfsvoering en verdienmodellen zouden het toegankelijker maken voor boeren om een overstap te maken op agroforestry. Deze overstap zou kunnen resulteren in een verduurzaming van de voedselproductieketen.

Literatuurlijst

- AGFORWARD. (2016). *Course material Agroforestry (FEM-22803) lecture "Temperate Agroforestry"*. Geraadpleegd op 21 februari 2018, van <https://blackboard.wur.nl/>
- Alterra. (2008). *Bodemkaart van Nederland*. Alterra Wageningen.
- Bakker, M. (2016). *Sustainability assessment of complex agroecosystems: a case study at Ketelbroek Food Forest*. Geraadpleegd op 1 maart 2018, van <http://edepot.wur.nl/418372>
- Berg, B., & McClaugherty, C.A. (2008). *Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration* (2^e druk). Springer Verlag Heidelberg, Berlin.
- Bieri, M., Delucchi, V., & Lienhard, C. (1978). *Ein abgeänderter Macfadyen-Apparat für die dynamische Extraktion von Bodenarthropoden*. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 51, 119-132, 1978. Entomologisches Institut der ETH, Zürich. <http://doi.org/10.5169/seals-401875>
- Breidenbach, J., Dijkgraaf, E., Rooduijn, B., Nijpels-Cieremans, R., & Strijkstra, A. (2016). *Voedselbossen van belang voor biodiversiteit*. De Levende Natuur, 118(3), 90-93.
- Cannell, M.G.R., Van Noordwijk, M., & Ong, C.K. (1996). *The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire*. Agroforestry Systems 34, 27.
- Coleman, D.C., Callahan, M.A.Jr., & Crossley, D.A.Jr. (2018). *Fundamentals of Soil Ecology* (Third Edition). Academic Press. ISBN: 978012805251-8 doi:10.1016/C2015-0-04083-7
- Da Silva Moco, K., Da Gama-Rodrigues, F., Da Gama-Rodrigues, C., Machado, R., & Baligar, C. (2009). *Soil and litter fauna of cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil*. Agroforestry Systems, 76(1), 127–138. doi:10.1007/s10457-008-9178-6
- Den Ouden, J., Muys, B., Mohren, F., & Verheyen, K. (2010). *Bosecologie en bosbeheer*. Acco Leuven/ Den Haag. ISBN: 9789033477829
- Eaton, R. J. (2006). *Colembola population levels 7 years after installation of the North Carolina Long Term Soil Productivity Study*. Pedobiologia 50, 301-306.
- Eaton, R. J., Barberchek, M., Buford, M., & Smith, W. (2004) *Effects of organic matter removal, soil compaction, and vegetation control on Collembolan populations*. Pedobiologia 48, 121-128.
- Greendeals. (2017). *Greendeal Voedselbossen*. Geraadpleegd op 7 mei 2018, van: <http://www.greendeals.nl/ondertekening-green-deal-voedselbossen/>
- Hallett, S.H., & Caird, S.P. (2017). *Soil-Net: Development and Impact of Innovative, Open, Online Soil Science Educational Resources*. Soil Science 182, Issue 5, 188-201. doi:10.1097/SS.0000000000000208

- Harvey, A., & González Villalobos, A. (2007). *Agroforestry systems conserve species-richness but modified assemblages of tropical birds and bats*. *Biodiversity and Conservation*, 16(8), 2257–2292. doi:10.1007/s10531-007-9194-2
- Hoffland, E., & Stomph, T.J. (2018). *Course material Soil-Plant Relations (CSA-0306)*. Geraadpleegd op 21 februari 2018, van <https://blackboard.wur.nl/>
- Hommel, P., De Waal, R., Muys, B., Den Ouden, J., & Spek, T. (2007). *Terug naar het lindewoud: strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer*. KNNV Uitgeverij, Zeist.
- Hopkins, S.P. (1997). *The Biology of Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Oxford.
- Jeffery, S., Gardi, C., Jones, A., Montanarella, J., Marmo, L., Miko, L., Ritz, K., Peres, G., Römbke, J., & Van der Putten W.H. eds. (2010). *European Atlas of Soil Biodiversity*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Jones, D.T., & Lowe, C.N. (2014). *Key to common British earthworms*. Geraadpleegd op 5 maart 2018, van <https://www.opalexplorenature.org/sites/default/files/7/file/soil-survey-field-guide-2014.pdf>
- Jose, S. (2009). *Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview*. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1-10.
- Kumar, B.M., & Nair, P.K.R. (2006). *Tropical homegardens: a time-tested example of sustainable agroforestry*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Lavelle, P., & Spain, A.V. (2003). *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Locher, W.P., & De Bakker, H. (1990). *Bodemkunde van Nederland: 1 Algemene bodemkunde*. Malmberg Den Bosch.
- Natural England. (2014). *Earthworms in England: distribution, abundance and habitats*. Natural England Commissioned Report NECR145. ISBN: 978-1-78354-099-0
- Plattelandswijzer. (2018). *Wintertarwe Teeltfiche*. Geraadpleegd op 4 mei 2018, van <http://plattelandswijzer.nettools.be/default.aspx?PagId=81>
- Ponge, J.-F. (2003). *Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity*. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 2003, 935-945.
- Read, D. J. (1991). *Mycorrhizas in ecosystems*. *Experientia* 47, 1991. Birkhäuser Verlag, CH-4010 Basel/Switzerland.
- Römbke, J., Sousa, J.-P., Schouten, T., & Riepert, F. (2006) *Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO*. *European Journal of Soil Biology*, Volume 42, Pages S61 - S64.
- Schaminée, J., Sýkora, K., Smits, N., & Horsthuis, M. (2010). *Verldgids Plantengemeenschappen van Nederland*. KNNV Uitgeverij, Zeist. ISBN: 9789050113090

- Schaefer, M., & Schauermaann, J. (1990). *The soil fauna of beech forests: Comparison between a mull and a moder soil*. *Pedobiologia* 34, 299–314.
- Steur, G.G.L., Locheren, W.P., & De Bakker, H. (1987). *Veldboekje Bodemkunde: Bijlagenboekje van Bodemkunde van Nederland 1987*. Malmberg Den Bosch.
- Stichting het Limburgs Landschap. (2018). *Natuurgebied Dubbroek*. Geraadpleegd op 10 mei 2018, van <https://www.limburgs-landschap.nl/gebieden/dubbroek>
- Swift, M.J., (1997). *Soil biodiversity, agricultural intensification and agroecosystem function*. Special Issue Applied Soil Ecology 6 (1), 1–108.
- Thissen J., & Brinkhof H. (2009). *Auditrapport De Bruuk: Externe audit 2009*. Geraadpleegd op 9 mei 2018, van <http://www.vcbio.science.ru.nl/public/pdf/Extern%20auditrapport%20de%20Bruuk%202009.pdf>
- Van Delft, B., De Waal, R., Kemmers, R., & Mekking, P. (2006). *Veldgids Humusvormen: Beschrijving en classificatie van humusprofielen voor ecologische toepassingen* (Versie 1.03 12-12-2006). Alterra, Wageningen.
- Van Delft, S.P.J., Stoffelsen, G.H., & Brouwer, F. (2007). *Natuurpotentie van Zwartebroek en Allemanskamp: Ecopedologisch onderzoek naar de mogelijkheden voor natuurontwikkeling*. Alterra-rapport 1550. Alterra, Wageningen. Geraadpleegd op 17 mei 2018, van <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/18724>
- Van den Burg, R., Bijlsma, R.J., Brouwer, E., & De Waal, R. (2016) *OBN symposium: Vochtige bossen Tussen verdrogen en nat gaan*. Geraadpleegd op 10 mei 2018, van http://www.ecologica.eu/symposium/presentaties2016/3_vochtige_bossen.pdf
- Van Eekeren, N., Heeres, E., & Smeding, F. (2003) *Leven onder de graszode: Discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij*. Geraadpleegd op 12 mei 2018, van <http://www.louisbolck.org/downloads/1327.pdf>
- Van Groenigen, J.-W., & De Deyn, G.B. (2017). *Course material Biological Interactions in Soils (SOQ-32806)*. Geraadpleegd op 21 februari 2018, van <https://blackboard.wur.nl/>
- Whitlock, M.C., & Schluter, D. (2015). *The analysis of biological data* (2^e editie). Roberts and Company Publishers.
- Wu, P., Liu, X., Liu, S., Wang, J., & Wang, Y. (2014). *Composition and spatio-temporal variation of soil microantropods in the biodiversity hotspot of northern Hengduan Mountains, China*. *European Journal of Soil Biology*, 62, 30-38.
- Zanen, M. (2013). *Herkenningskaart Regenwormen*. Geraadpleegd op 9 mei 2018, van <http://edepot.wur.nl/292718>

Bijlagen

Bijlage 1: Humusprofielen	22
Bijlage 2: Kaartmateriaal	25
Bijlage 3: Bemonsteringslocaties	26
Bijlage 4: Methode ISO.....	27
Bijlage 5: Boorstaten	28
Bijlage 6: Regenworm tellingen	33
Bijlage 7: Springstaart tellingen	34
Bijlage 8: Berekeningen resultaten	36

Bijlage 1: Humusprofielen

Er zijn in terrestrische ecosystemen drie humusprofielen: mull, moder en mor. Ook zijn er twee tussenvormen: mullmoder en mormoder. De omgevingsfactoren en aanwezige flora en fauna bepalen welke humusprofiel zich vormt bij decompositie van organisch materiaal. In tabel 3 is een beschrijving van de humushorizonten te vinden. Een overzicht van de eigenschappen van de verschillende humusprofielen is te vinden in tabel 4.

Tabel 3: Beschrijving van de terrestrische humushorizonten (Tabel 8-2 uit: Den Ouden et al., 2009)

Humushorizonten	Beschrijving en veelgebruikte onderverdeling
Ectorganische OL of L	Strooisel (Litter)-laag met ongefragmenteerd strooisel. Vanwege het seizoenafhankelijke karakter van deze laag is deze weinig indicatief.
Ectorganische OF of F	Fragmentatielaag met gedeeltelijk gefragmenteerd strooisel, waarvan de herkomst nog te herkennen is. Nader onderverdeeld in: - Door zoögene activiteit verkleind materiaal (moderhumustype) met een hoog gehalte aan moderbolletjes - Door schimmelactiviteit verkleind materiaal (morhumustype, met in vochtige toestand zichtbare schimmeldraden) - Door schimmel- en zoögene activiteit verkleind materiaal (mormoder).
Ectorganische OH of H	Humuslaag bestaande uit fijn organisch materiaal. Nader onderverdeeld in: - Door zoögene activiteit ontstaan materiaal (moder met korrelige massa van moderbolletjes) - Amorfe fijne humus met een substantieel deel van nog herkenbare plantenresten (overgang F naar H) - Amorfe, compacte fijne humus, zonder herkenbare plantenresten.
Endorganische horizont A	Een minerale horizont waarin de organische stof geheel of gedeeltelijk is omgezet. Nader onderverdeeld in: - Een duidelijke macrostructuur (kruimelstructuur van mull) - Voornamelijk amorfe zure en structuurloze humus. - Deels amorfe humus in combinatie met uitgelooagd mineraal bodemmateriaal (mormoder, mor)

Mull

Een bodem met een mullprofiel wordt gekenmerkt door de afwezigheid van een (permanente) strooisellaag. Dit komt doordat het organische materiaal goed kan worden afgebroken door de activiteit van bacteriën en regenwormen. In mull zijn nutriënten uit strooisel snel weer beschikbaar voor flora en fauna. Er vindt weinig uitspoeling plaats in mullprofielen en het is uitstekend gebufferd tegen verzuring (Den Ouden et al., 2010). Mullprofielen komen vooral voor op chemisch rijkere bodems. Mullprofielen treft men vaak aan in leem-, zavel- en kleibodems. Voor het ontstaan van een mullprofiel moet de bodem minimaal 8% lutum bevatten (Locher & De Bakker, 1990).

Moder

Typend voor een moderprofiel is de permanente strooisellaag die zich bovenin het bodemprofiel heeft ontwikkeld. De uitwerpselen van arthropoda (zoals: mijten (*Acariformes*), springstaarten en pissebedden (*Isopoda*)) zijn kenmerkend voor een moderprofielen. Deze worden moderbolletjes genoemd. Moderbolletjes zijn vooral aanwezig in de ectorganische horizonten maar ook in de endorganische horizont. In een moderprofiel gaan endorganische en ectorganische horizonten geleidelijk in elkaar over door activiteit van bodemfauna. De afbraakorganismen in moder zijn bacteriën en schimmels. Moder is niet heel gevoelig voor uitspoeling (Den Ouden et al., 2010). Op zandgronden zijn vaak moderprofielen te vinden, maar moder komt ook voor in arme veengronden met weinig lutum (Locher & De Bakker, 1990).

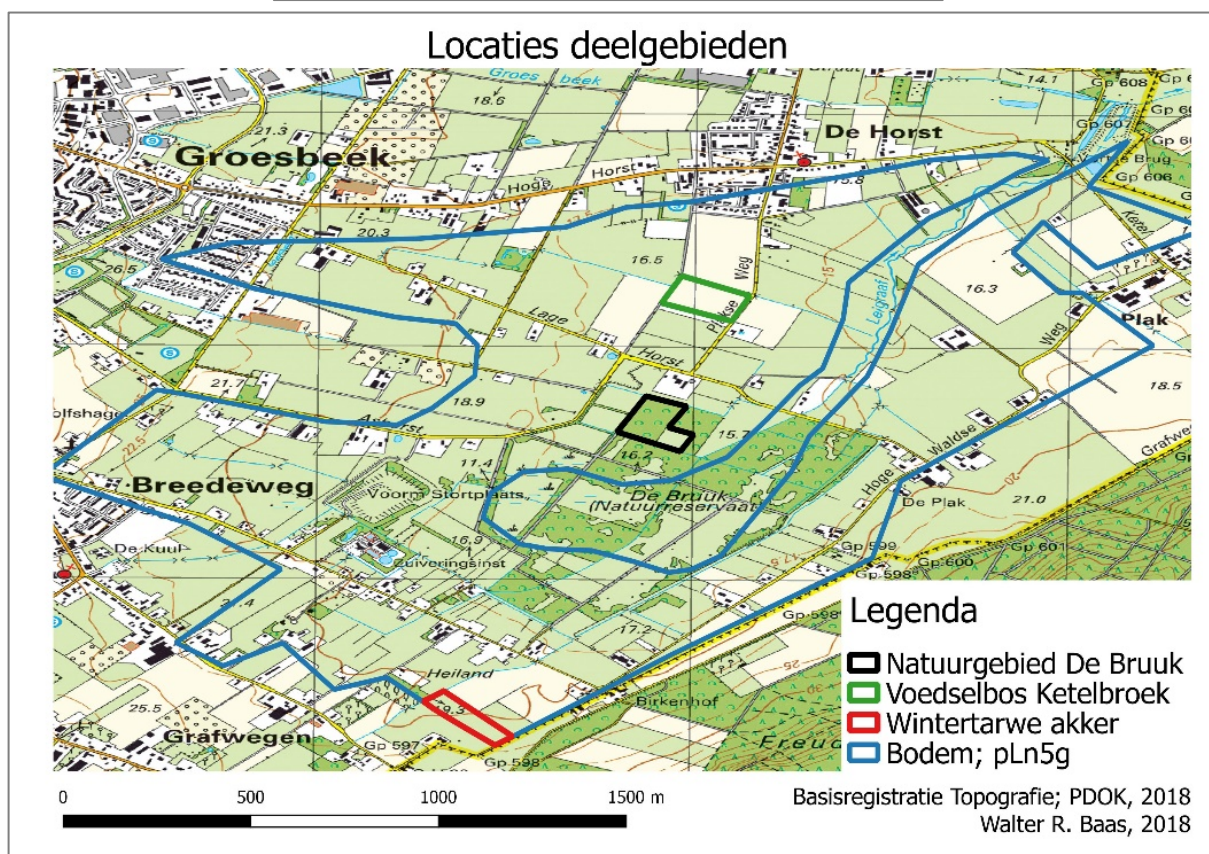
Mor

Het morprofiel wordt getypeerd door een dikke strooisellaag. Een morprofiel ontstaat als organische stof zeer langzaam afbreekt. Oorzaken hiervoor zijn: nutriënten arm strooisel en een arme en zure bodem. In het bodemprofiel is vaak een scherpe begrenzing zichtbaar tussen de strooisellaag en de minerale ondergrond. Deze scherpe grens kan echter wel na een lange tijd vervagen door uitspoeling van humus naar de ondergrond. De afbraakorganismen in een morprofiel zijn schimmels. In een bodem met een morprofiel zijn nutriënten zeer beperkt beschikbaar voor opname door flora en fauna. Er is een beperkte hoeveelheid bodemfauna aanwezig. Morprofielen zijn zeer gevoelig voor uitspoeling en zijn gevoelig voor verzuring (Den Ouden et al., 2010).

Tabel 4: Overzicht humusprofielen

Humusprofiel	Mull	Moder	Mor
Ecosysteem	Graslanden, loofbossen met rijke kruidlaag ¹	Loof- en naaldbossen met arme kruidlaag ¹	Heide, naaldbossen, veengebieden ¹
Strooisel afbraaksnelheid	Snel ^{1, 2}	Vrij traag ^{1, 2}	Zeer traag ^{1, 2}
Afbraakorganisme	Bacteriën > schimmels ^{1, 2}	Bacteriën & schimmels ^{1, 2}	Schimmels ^{1, 2}
Aanwezige faunagroepen	Mega-, (veel) macro-, meso- & microfauna ^{1, 2}	(Weinig)macro-, (veel) meso- & microfauna ^{1, 2}	(Weinig) meso- & (weinig) microfauna ^{1, 2}
Dominante fauna in de biomassa	Regenwormen ¹	Potwormen ¹	Geen ¹
Biodiversiteit	Hoog ¹	Middel ¹	Zeer laag ¹
Dominante mycorrhiza types	Arbusculaire mycorrhiza ³	Ecto-mycorrhiza ³	Ercoid-mycorrhiza ³
Structuur fijne humus	o.a. humus klei complexen ²	Moderbolletjes ²	Amorf ²
Vermenging van humus in de minerale bodem	Volledig ²	Gering ²	Niet ²
Gehalte makkelijk beschikbare kationen en stikstof	Hoog ²	Vrij laag ²	Zeer laag ²
Zuurgraad (pH _{kcl})	Neutraal – zwak zuur (pH > 5,0) ²	Matig zuur – zuur (pH 5,5 – 4,0) ²	Extreem zuur (pH < 3,5) ²
H/Ca verhouding	< 1 ²	1-10 ²	> 50 ²
Structuur fijne humus	o.a. humus klei complexen ²	Moderbolletjes ²	Amorf ²
Stabiliteit van fijne humus	Hoog ²	Matig, geringe uitspoeling ²	Geringe - sterke uitspoeling ²
Polyfenol gehalte strooisel	Laag ¹	Middel ¹	Hoog ¹
1: Ponge, 2003 2: Den Ouden et al., 2010 3: Read, 1991			

Bijlage 2: Kaartmateriaal



Bijlage 3: Bemonsteringslocaties

Bemonsteringslocaties



Bijlage 4: Methode ISO

Table 1. Hand-sorting and formalin extraction of earthworms

Guideline:	Draft International Standard ISO/DIS 23611-1 [4]
Species:	Natural community (e.g. <i>Lumbricidae</i> , <i>Glossocolecidae</i> etc.)
Principle:	Combination of hand-sorting and formalin extraction
Method:	1. Digging-out and hand-sorting of the soil within an area of 50
*	50 cm and a depth of ca. 20 cm
	2. Application of 5–10 l (several times) of a 0.5% aqueous formalin solution into the dug-out hole followed by a period of 30 min until the worms appear at the soil surface
Storage:	Fixation in ethanol (70%) for 1–2 days, followed by 1–2 weeks in 4% formalin, then final storage in 70% ethanol
Parameters:	Abundance, biomass, species composition
Remarks:	In appendices various modifications (e.g. sampling in the tropics [TSBF method] or fixation for genetic studies)

Table 2. Sampling and extraction of microarthropods

Guideline:	Draft International Standard ISO/DIS 23611-2 [5]
Species:	Natural community of springtails (<i>Collembola</i>) and different groups of mites (<i>Acarina</i>); e.g. oribatids or gamasids
Principle:	Dry extraction of animals from soil samples using behavioral methods
Method:	Collecting of soil samples with a split-corer (diameter about 6 cm) in the field; extraction of the arthropods in a modified Macfadyen-apparatus for several days
Storage:	Fixation in ethanol (70%)
Parameters:	Abundance, species composition
Remarks:	In an annex alternative extraction methods are given

(Tabel 1 en 2 uit: Römbke et al., 2006)

Bijlage 5: Boorstaten

Ketelbroek

Bodemkunde VHL			BOORSTAAT			Namen karteerder(s)			Walter Baas			Volg nr. boring			K1		
Datum		4-4-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats			Ketelbroek			Grondgebruik		Voedselbos	
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie									Kers Wilg, Els								
Diepte		Kleur		Vlekken			Textuur			Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings- graad	Ver-gra- ven	Hor-sym- bool	Diversen	
in cm		Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind								
0-50		3-4	X	X	X	X	Zandig Leem	125-180	V	Humeus	Kalk-loos	5,3	V	X	Ah		
50-100		6-1	X	V	X	X	Zeer sterk leemig zand	125-180	V	Humus arm	Kalk-loos	5,5	V	X	Cg		

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv		Bodemsubgroep	
Reliëf		X		Actuele grondwaterstand		X	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		<40	
				Gem. laagste gws (GLG)		80-120	
				Bewortelbaar tot		X	
						Boorpuntsymbool volgens detailcodering	
						X	

Humusprofiel			Humusprofiel:		LHF - Beekhydromull	
Diepte	Horizont	Opmerking				
0-50	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen				

Humusprofiel		Humusprofiel: LHF - Beekhydromull	
Diepte	Horizont	Opmerking	
0-50	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.	

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)			Walter Baas		Volg nr. boring		K2			
Datum		5-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Ketelbroek		Grondgebruik		Voedselbos	
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie									Els, Wilg						
Diepte	Kleur	Vlekken			Textuur				Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings- graad	Ver-gra- ven	Hor-sym- bool	Diversen
in cm	Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind							
0-50	3-4	X	X	X	X	Zandig Leem	125-180	V	Humeus	Kalk-arm	4,7	V	X	Ah	
50-60	5-3	X	V	X	X	Zandig Leem	125-180	V	Humus-arm	Kalk-loos	5	V	X	ACg	
60-120	6-1	X	V	X	X	Zeer sterk leemig zand	125-180	V	Humus-arm	Kalk-loos	5	V	X	Cg	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep			
Relief		X		Actuele grondwaterstand		X		Code bestaande bodemkaart Alterra '08		pLn5g III	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		<40		80-120		Boorpuntsymbool volgens detailcodering	
				Gem. laagste gws (GLG)							
				Bewortelbaar tot		X				X	

Humusprofiel			Humusprofiel:	LHF - Beekhydromull
Diepte	Horizont	Opmerking		
0-50	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.		

Humusprofiel		Humusprofiel: LHF - Beekhydromull	
Diepte	Horizont	Opmerking	
0-50	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.	

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)				Walter Baas		Volg nr. boring		K3																
Datum		9-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Ketelbroek		Grondgebruik		Voedselbos															
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie								Kers, Appel																					
Diepte		Kleur		Vlekken				Textuur			Org. Stof-klasse		Kalk		pH		Rijp-pings- graad		Ver-gra- ven		Hor-sym- bool		Diversen						
in cm		Code 10YR		reductie		roest		Mn		lutum 0-2 µm		leem 0-50 µm		M50		grind													
0-5		3-2		X		X		X		X		Zandig Leem		125-180		X		Hum-eus		Kalk-loos		4,7		X		X		Fa	
5-50		3-3		X		X		X		X		Zandig Leem		125-180		X		Hum-eus		Kalk-loos		4,7		X		X		Ah	
50-70		5-6		X		V		X		X		Zandig Leem		125-180		V		Humus-arm		Kalk-loos		4,7		X		X		ACg	
70-120		6-1		X		V		X		X		Zwak leemig zand		250-355		V		Humus-arm		Kalk-loos		4,7		X		X		Cg	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep					
Relief		X		Actuele grondwaterstand		X		Code bestaande bodemkaart Alterra '08		pLn5g III			
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g			
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		<40		Bewortelbaar tot		Boorpuntsymbool volgens detailcodering		X	
				Gem. laagste gws (GLG)		80-120							

Humusprofiel			Humusprofiel:		LHDb - Boshydromullmoder	
Diepte		Horizont		Opmerking		
0-3		Fz		Vrijwel afgebroken materiaal; moderhumus		
3-50		Ah		Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.		

Humusprofiel		Humusprofiel: LHDb - Boshydromullmoder	
Diepte	Horizont	Opmerking	
0-3	Fz	Vrijwel afgebroken materiaal; moderhumus	
3-50	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.	

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		K4																		
Datum		9-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Ketelbroek		Grondgebruik		Voedselbos															
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie																Walnoot, Robinia													
Diepte		Kleur		Vlekken			Textuur				Org. Stof-klasse		Kalk		pH		Rijp-pings- graad		Ver-gra- ven		Hor-sym- bool		Diversen						
in cm		Code 10YR		reductie		roest		Mn		lutum 0-2 µm		leem 0-50 µm		M50		grind													
0-50		3-3		X		X		X		X		Zandig Leem		125-180		X		Hum-eus		Kalk-arm		4,7		X		X		A	
50-70		6-6		X		V		X		X		Zandig Leem		125-180		X		Humus-arm		Kalk-loos		5,5		X		X		ACg	
70-120		6-1		X		V		X		X		Zeer sterk leemig zand		180-250		V		Humus-arm		Kalk-loos		5,5		X		X		Cg	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep											
Relief		X		Actuele grondwaterstand				X				Code bestaande bodemkaart Alterra '08				pLn5g III			
Vormeenheid		X		Slootwaterstand				X				Gedetermineerde bodemcode				pLn5g			
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)				<40				Boorpuntsymbool volgens detailcodering				X			
				Gem. laagste gws (GLG)				80-120											
				Bewortelbaar tot				X											

Humusprofiel			Humusprofiel: Lhf - Beekhydromull				
Diepte		Horizont		Opmerking			
0-50		Ah		Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.			

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT		Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		K5						
Datum		9-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Ketelbroek		Grondgebruik		Voedselbos		
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie												Wilgen, Prunus				
Diepte	Kleur	Vlekken				Textuur				Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings- graad	Ver-gra- ven	Hor-sym- bool	Diversen
in cm	Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind								
0-10	3-3	X	X	X	X	Zandig Leem	125-180	X	Humus-rijk	Kalk-arm	5,3	V	X	OA	h	
10-40	3-4	X	X	X	X	Zeer sterk leemig zand	125-180	X	Hum-eus	Kalk-arm	5,3	V	X	A	h	
40-80	5-6	X	V	X	X	Zeer sterk leemig zand	125-180	V	Humus-arm	Kalk-arm	5,5	V	X	A	C	g
80-120	6-1	X	V	X	X	Zeer sterk leemig zand	180-250	V	Humus-arm	Kalk-arm	5,5	V	X	C	g	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep			
Relief		X		Actuele grondwaterstand		X		Code bestaande bodemkaart Alterra '08		pLn5g III	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		<40		Gedetermineerde bodemcode		X	
				Gem. laagste gws (GLG)		80-120					
				Bewortelbaar tot		X		Boorpuntsymbool volgens detailcodering			

Humusprofiel			Humusprofiel: Lhf - Beekhydromull		
Diepte	Horizont	Opmerking			
0-50	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.			

De Bruuk

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)				Walter Baas		Volg nr. boring		B1		
Datum		5-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		De Bruuk		Grondgebruik		Natuurlijk Bos	
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie								Eik, Els							
Diepte	Kleur	Vlekken			Textuur				Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings- graad	Ver-gra- ven	Hor-sym- bool	Diversen
in cm	Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind							
0-5	2-2	X	X	X	X	X	X	X	Humus-rijk	Kalk-loos	4	V	X	Oh	
5-20	2-3	X	V	X	X	Zandig Leem	125-180	X	Humus	Kalk-loos	4,4	V	X	Ahg1	
20-40	3-3	X	V	X	X	Zandig Leem	125-180	X	Humus	Kalk-loos	4,4	V	X	Ahg2	
40-80	6-1	X	V	X	X	Zeer sterk leemig zand	125-180	V	Humus-arm	Kalk-loos	4,4	V	X	Cg	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep			
Relief		X		Actuele grondwaterstand		80		Code bestaande bodemkaart Alterra '08		pLn5g II	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		-		Bodemcode			
				Gem. laagste gws (GLG)		50-80		Boorpuntsymbool volgens detailcodering		X	
				Bewortelbaar tot		X					
Humusprofiel				Humusprofiel:		DHb - Boshydromoder					
Diepte		Horizont		Opmerking							
0-3		Lv		Nog herkenbaar licht afgebroken strooisel							
3-10		Fa		Deels afgebroken strooisel; moderhumus en schimmels							
10-25		Hh		Donkere laag met humus							
25-50		ACg		Grijze laag met geen herkenbare humusvormen							

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		B2						
Datum		11-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		De Bruuk		Grondgebruik		Natuurlijk bos			
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie																Eik, Els, Meidoorn	
Diepte		Kleur		Vlekken			Textuur				Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings-graad	Ver-gra-ven	Hor-symbool	Diversen
in cm		Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind								
0-10		2-2	X	X	X	X	X	X	X	Humus-rijk	Kalk-loos	4,4	V	X	Oh		
10-40		4-2	X	X	X	X	sterk lemig zand	125-180	X	Hum-ues	Kalk-loos	5,5	V	X	Ah		
40-50		5-6	X	V	X	X	Zandig Leem	125-180	X	Humus-arm	Kalk-loos	5,5	V	X	ACg		

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodems subgroup			
Reliëf		X		Actuele grondwaterstand		50		Code bestaande bodemkaart Alterra '08		pLn5g II	
Vormenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		-		Bewortelbaar tot		X	
				Gem. laagste gws (GLG)		50-80					
								Boorpuntsymbool volgens detailcodering		X	

Humusprofiel			Humusprofiel:		DHB - Boshydromoder	
Diepte		Horizont	Opmerking			
0-2		Lv	Nog herkenbaar licht afgebroken strooisel			
2-10		Fa	Deels afgebroken strooisel; moderhumus en schimmels			
10-35		Hh	Donkere laag met humus			
35-50		ACg	Lichtere bruin/grijze laag met geen herkenbare humusvormen			

Humusprofiel		Humusprofiel:	DHb - Boshydromoder
Diepte	Horizont	Opmerking	
0-2	Lv	Nog herkenbaar licht afgebroken strooisel	
2-10	Fa	Deels afgebroken strooisel; moderhumus en schimmels	
10-35	Hh	Donkere laag met humus	
35-50	ACg	Lichtere bruin/grijze laag met geen herkenbare humusvormen	

Bodemkunde VHL			BOORSTAAT			Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		B3				
Datum		11-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		De Bruuk		Grondgebruik		Natuurlijk bos		
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie															Eik, Berk	
Diepte		Kleur		Vlekken			Textuur			Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings- graad	Ver-gra- ven	Hor-sym- bool	Diversen
in cm		Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind							
0-10		2-2	X	X	X	X	X	X	X	Humus-rijk	Kalk-loos	4,4	V	X	Oh	
10-60		4-2	X	V	X	X	Zandig leem	125-180	X	Hum-ues	Kalk-loos	5,0	V	X	Ag	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodems subgroup			
Reliëf		X		Actuele grondwaterstand		60		Code bestaande bodemkaart Alterra '08		pLn5g II	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		-		Bewortelbaar tot		X	
				Gem. laagste gws (GLG)		50-80		Boorpuntsymbool volgens detailcodering		X	

Humusprofiel			Humusprofiel: DHb - Boshydromoder	
Diepte	Horizont	Opmerking		
0-3	Lv	Nog herkenbaar licht afgebroken strooiisel		
3-8	Fa	Deels afgebroken strooiisel; moderhumus en schimmels		
8-15	Hh	Donkere laag met humus		
15-50	ACg	Lichter bruine laag met geen herkenbare humusvormen		

Humusprofiel		Humusprofiel:	DHb - Boshydromoder
Diepte	Horizont	Opmerking	
0-3	Lv	Nog herkenbaar licht afgebroken strooisel	
3-8	Fa	Deels afgebroken strooisel; moderhumus en schimmels	
8-15	Hh	Donkere laag met humus	
15-50	ACg	Lichtere bruine laag met geen herkenbare humusvormen	

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		B4																		
Datum		11-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		De Bruuk		Grondgebruik		Natuurlijk bos															
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie								Populier, eik, meidoorn (bosrand)																					
Diepte		Kleur		Vlekken			Textuur			Org. Stof-klasse		Kalk		pH		Rijp-pings- graad		Ver-gra- ven		Hor-sym- bool		Diversen							
in cm		Code 10YR		reductie		roest		Mn		lutum 0-2 µm		leem 0-50 µm		M50		grind													
0-30		3-3		X		X		X		X		Sterk lemig zand		125-180		X		Hum-ues		Kalk-loos		4,7		V		X		Ah	
30-40		4-2		X		V		X		X		Sterk lemig zand		125-180		X		Hum-ues		Kalk-loos		4,7		V		X		ACg	
40-60		5-6		X		V		X		X		Zandig leem		125-180		X		Humus-arm		Kalk-arm		5,8		V		X		Cg	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodems subgroup			
Reliëf		X		Actuele grondwaterstand		60		Code bestaande		pLn5g II	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		bodemkaart Alterra '08			
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		-		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g	
				Gem. laagste gws (GLG)		50-80					
				Bewortelbaar tot		X		Boorpuntsymbool volgens detailcodering		X	

Humusprofiel			Humusprofiel:		LDHb - Boshydromullmoder	
Diepte		Horizont		Opmerking		
0-5		Fa		Deels afgebroken strooisel; moderhumus en schimmels		
5-30		Ah		Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.		
30		ACg		Bruine laag met geen herkenbare humusvormen		
40-50		Cg		Lichtere bruine laag met geen herkenbare humusvormen		

Humusprofiel		Humusprofiel:	LDHb - Boshydromullmoder
Diepte	Horizont	Opmerking	
0-5	Fa	Deels afgebroken strooisel; moderhumus en schimmels	
5-30	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.	
30	ACg	Bruine laag met geen herkenbare humusvormen	
40-50	Cg	Lichtere bruine laag met geen herkenbare humusvormen	

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		B5				
Datum		11-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		De Bruuk		Grondgebruik		Natuurlijk grasland	
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie						Grasland									
Diepte	Kleur	Vlekken			Textuur				Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings-grad	Ver-gra-ven	Hor-symbool	Diversen
in cm	Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind							
0-30	3-2	X	X	X	X	Zandig leem	125-180	X	Hum-ues	Kalk-loos	5,0	V	X	Ah	
30-90	6-2	X	V	X	X	Zandig leem	125-180	X	Humus-arm	Kalk-loos	5,5	V	X	ACg	
90-120	6-1	X	V	X	X	Zwak lemig zand	180-250	V	Humus-arm	Kalk-loos	5,5	V	X	Cg	

Hoogte t.o.v. NAP		16m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep	
Reliëf		X		Actuele grondwaterstand				Code bestaande bodemkaart Alterra '08	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand				Gedetermineerde bodemcode	
				Gem. hoogste gws (GHG)				pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. laagste gws (GLG)				50-80	
				Bewortelbaar tot				Boorpuntsymbool volgens detailcodering	
								X	

Humusprofiel			Humusprofiel:		LDHs - Schraalhydromullmoder	
Diepte	Horizont	Opmerking				
0-5	Mm	Wortelmat				
5-25	Ah	Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen.				
25-50	ACg	Licht grijze laag met geen herkenbare humusvormen				

Akker

Bodemkunde VHL			BOORSTAAT			Namen karteerder(s)			Walter Baas			Volg nr. boring			A1														
Datum		26-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats			Akker			Grondgebruik			Landbouw												
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie								Wintertarwe																					
Diepte		Kleur		Vlekken			Textuur				Org. Stof-klasse		Kalk		pH		Rijp-pings-graad		Ver-gra-ven		Hor-symbool		Diversen						
in cm		Code 10YR		reductie		roest		Mn		lutum 0-2 µm		leem 0-50 µm		M50		grind													
0-40		3-2		X		X		X		X		Zandig leem		125-180		V		Hum-ues		Kalk-loos		5,5		V		Ge-ploegd		Ap	
40-70		7-2		X		V		X		X		Zandig leem		125-180		V		Humus-arm		Kalk-loos		5,3		V		X		ACg	
70-120		5-6		X		V		X		X		Zandig leem		125-180		V		Humus-arm		Kalk-loos		4,7		V		X		Cg	

Hoogte t.o.v. NAP		20m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep			
Reliëf		X		Actuele grondwaterstand		X		Code bestaande bodemkaart Alterra '08		pLn5g V	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode		pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		<40		Boorpuntsymbool volgens detailcodering		X	
				Gem. laagste gws (GLG)		>120					
				Bewortelbaar tot		X					

Humusprofiel			Humusprofiel: LHa - Akkerhydromull			
Diepte		Horizont		Opmerking		
0-40		Ap		Geploegd; Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen		
40-50		ACg		Licht grijze laag met geen herkenbare humusvormen		

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT			Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		A2							
Datum		26-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Akker		Grondgebruik		Landbouw				
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie																Wintertarwe		
Diepte		Kleur		Vlekken			Textuur				Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijp-pings-graad	Ver-gra-ven	Hor-sym-bool	Diversen	
in cm		Code 10YR		reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind								
0-45		3-2		X	X	X	X	Zandig leem	125-180	V	Hum-ues	Kalk-loos	5,3	V	Ge-ploegd	Ap		
45-60		7-2		X	V	X	X	Zandig leem	125-180	V	Humus-arm	Kalk-loos	5,0	V	X	ACg		
60-120		5-6		X	V	X	X	Zandig leem	125-180	V	Humus-arm	Kalk-loos	4,7	V	X	Cg		

Hoogte t.o.v. NAP		20m		Dieptes aangeven in cm -mv				Bodemsubgroep					
Reliëf		X		Actuele grondwaterstand		X		Code bestaande bodemkaart Alterra '08				pLn5g V	
Vormeenheid		X		Slootwaterstand		X		Gedetermineerde bodemcode				pLn5g	
Geologische formatie(s)		X		Gem. hoogste gws (GHG)		<40		Boorpuntsymbool volgens detailcodering				X	
				Gem. laagste gws (GLG)		>120							
				Bewortelbaar tot		X							

Humusprofiel			Humusprofiel:		LHa - Akkerhydromull	
Diepte	Horizont	Opmerking				
0-45	Ap	Geploegd; Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen				
45-50	ACg	Licht grijze laag met geen herkenbare humusvormen				

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT		Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		A3				
Datum		26-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Akker				
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie				Wintertarwe				Grondgebruik		Landbouw				
Diepte	Kleur	Vlekken			Textuur			Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijpings- graad	Ver- gra- ven	Hor- sym- bool	Diversen
in cm	Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind						
0-50	3-2	X	X	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Hum- ues	Kalk- loos	5,3	V	Ge- ploegd	Ap
50-65	7-2	X	V	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Humus- arm	Kalk- loos	5,3	V	X	ACg
65-120	5-6	X	V	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Humus- arm	Kalk- loos	4,7	V	X	Cg

Hoogte t.o.v. NAP	20m	Dieptes aangeven in cm -mv		Bodemsubgroep	
Reliëf	X	Actuele grondwaterstand	X	Code bestaande	pLn5g V
Vormeenheid	X	Slootwaterstand	X	bodemkaart Alterra '08	
Geologische formatie(s)	X	Gem. hoogste gws (GHG)	<40	Gedetermineerde	pLn5g
		Gem. laagste gws (GLG)	>120	bodemcode	
		Bewortelbaar tot	X	Boorpuntsymbool volgens detailcodering	X

Humusprofiel		Humusprofiel:		LHa - Akkerhydromull	
Diepte	Horizont	Opmerking			
0-50	Ap	Geploegd; Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen			

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT		Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		A4				
Datum		26-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Akker				
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie				Wintertarwe				Grondgebruik		Landbouw				
Diepte	Kleur	Vlekken			Textuur			Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijpings- graad	Ver- gra- ven	Hor- sym- bool	Diversen
in cm	Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind						
0-50	3-2	X	X	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Hum- ues	Kalk- loos	5,5	V	Ge- ploegd	Ap
50-60	7-2	X	V	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Humus- arm	Kalk- loos	5,3	V	X	ACg
60-120	5-6	X	V	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Humus- arm	Kalk- loos	4,7	V	X	Cg

Hoogte t.o.v. NAP	20m	Dieptes aangeven in cm -mv		Bodemsubgroep	
Reliëf	X	Actuele grondwaterstand	X	Code bestaande	pLn5g V
Vormeenheid	X	Slootwaterstand	X	bodemkaart Alterra '08	
Geologische formatie(s)	X	Gem. hoogste gws (GHG)	<40	Gedetermineerde	pLn5g
		Gem. laagste gws (GLG)	>120	bodemcode	
		Bewortelbaar tot	X	Boorpuntsymbool volgens detailcodering	X

Humusprofiel		Humusprofiel:		LHa - Akkerhydromull	
Diepte	Horizont	Opmerking			
0-50	Ap	Geploegd; Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen			

Bodemkunde VHL		BOORSTAAT		Namen karteerder(s)		Walter Baas		Volg nr. boring		A5				
Datum		26-5-18		Gebied		Groesbeek		Locatie boorplaats		Akker				
Gewas, boomsoorten en/of vegetatie				Wintertarwe				Grondgebruik		Landbouw				
Diepte	Kleur	Vlekken			Textuur			Org. Stof-klasse	Kalk	pH	Rijpings- graad	Ver- gra- ven	Hor- sym- bool	Diversen
in cm	Code 10YR	reductie	roest	Mn	lutum 0-2 µm	leem 0-50 µm	M50	grind						
0-45	3-2	X	X	X	X	Zandig leem	125- 180	X	Hum- ues	Kalk- loos	5,3	V	Ge- ploegd	Ap
45-60	7-2	X	V	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Humus- arm	Kalk- loos	5,0	V	X	ACg
70-120	5-6	X	V	X	X	Zandig leem	125- 180	V	Humus- arm	Kalk- loos	4,7	V	X	Cg

Hoogte t.o.v. NAP	20m	Dieptes aangeven in cm -mv		Bodemsubgroep	
Reliëf	X	Actuele grondwaterstand	X	Code bestaande	pLn5g V
Vormeenheid	X	Slootwaterstand	X	bodemkaart Alterra '08	
Geologische formatie(s)	X	Gem. hoogste gws (GHG)	<40	Gedetermineerde	pLn5g
		Gem. laagste gws (GLG)	>120	bodemcode	
		Bewortelbaar tot	X	Boorpuntsymbool volgens detailcodering	X

Humusprofiel		Humusprofiel:		LHa - Akkerhydromull	
Diepte	Horizont	Opmerking			
0-45	Ap	Geploegd; Heterogeen mengsel van organische stof en minerale delen			
45-50	ACg	Licht grijze laag met geen herkenbare humusvormen			

Bijlage 6: Regenworm tellingen

Regenwormen	Totaal aantal	Jonge	Beschadigd	Volwassen	Soorten:	A. Caliginosa	L. Rubellus	L. Castaneus	O. Cyaneum	A. Rosae	E. tetraedra
De Bruuk	Totaal aantal	Jonge	Beschadigd	Volwassen							
1	2	2	0	0							
2	0	0	0	0							
3	0	0	0	0							
4	0	0	0	0							
5	0	0	0	0							
6	0	0	0	0							
7	0	0	0	0							
8	0	0	0	0							
9	12	9	0	3			1				2
10	1	0	0	1					1		
11	2	1	1	0							
12	0	0	0	0							
13	0	0	0	0							
14	1	0	0	1		1					
15	1	0	1	0							
16	2	1	0	1			1				
Totaal:	21	13	2	6		1	2	0	1	0	2
Gemiddelde	1,3	0,8	0,1	0,4							
gem per m2	459	284	44	131							
St dev.s m2	1036	790	120	282							

Ketelbroek	Totaal aantal	Jonge	Beschadigd	Volwassen							
1	3	1	1	1		1					
2	5	2	2	1		1					
3	2	2	0	0							
4	5	0	4	1		1					
5	3	0	3	0							
6	2	1	1	0							
7	1	1	0	0							
8	3	0	3	0							
9	2	1	0	1		1					
10	0	0	0	0							
11	3	1	1	1				1			
12	6	3	3	0							
13	1	0	1	0							
14	5	1	3	1		1					
15	3	2	1	0							
16	3	1	1	1			1				
Totaal:	47	16	24	7		5	1	1	0	0	0
Gemiddelde	2,9	1,0	1,5	0,4							
gem per m2	1028	350	525	153							
St dev.s m2	578	313	461	179							

Akker	Totaal aantal	Jonge	Beschadigd	Volwassen							
1	2	2	0	0							
2	1	0	1	0							
3	3	2	0	1			1				
4	1	1	0	0							
5	0	0	0	0							
6	2	0	0	2		2					
7	2	1	1	0							
8	0	0	0	0							
9	1	1	0	0							
10	1	0	0	1		1					
11	1	1	0	0							
12	2	2	0	0							
13	1	0	1	0							
14	2	0	1	1						1	
15	0	0	0	0							
16	0	0	0	0							
Totaal:	19	10	4	5		3	1	0	0	1	0
Gemiddelde	1,2	0,6	0,3	0,3							
gem per m2	416	219	88	109							
St dev.s m2	319	282	157	211							

Bijlage 7: Springstaart tellingen

De Bruuk	Totaal aantal	0-5cm	5-10cm
1	12	10	2
2	5	4	1
3	5	2	3
4	2	2	0
5	7	7	0
6	5	0	5
7	6	4	2
8	15	13	2
9	7	4	3
10	10	10	0
11	13	9	4
12	1	0	1
13	2	0	2
14	4	4	0
15	3	0	3
Totaal:	97	69	28
Gemiddelde	6,47	4,60	1,87
gem per m2	3292	2341	950
St dev.s m2	2167	2166	790

Ketelbroek	Totaal aantal	0-5cm	5-10cm
1	2	1	1
2	0	0	0
3	1	0	1
4	6	3	3
5	5	5	0
6	14	14	0
7	1	1	0
8	2	2	0
9	41	40	1
10	2	2	0
11	96	94	2
12	5	5	0
13	2	1	1
14	2	1	1
15	2	2	0
Totaal:	181	171	10
Gemiddelde	12,07	11,40	0,67
gem per m2	6142	5803	339
St dev.s m2	12921	12731	458

Ketelbroek zonder uitbijters				
Ketelbroek	Totaal aantal	0-5cm	5-10cm	
1	2	1	1	
2	0	0	0	
3	1	0	1	
4	6	3	3	
5	5	5	0	
6	14	14	0	
7	1	1	0	
8	2	2	0	
10	2	2	0	
12	5	5	0	
13	2	1	1	
14	2	1	1	
15	2	2	0	
Totaal:	44	37	7	
Gemiddelde	3,38	2,85	0,54	
gem per m2	1723	1449	274	
St dev.s m2	1853	1891	446	

Akker	Totaal aantal	0-5cm	5-10cm	
1	0	0	0	
2	0	0	0	
3	0	0	0	
4	1	0	1	
5	4	4	0	
6	7	4	3	
7	0	0	0	
8	2	2	0	
9	5	3	2	
10	3	2	1	
11	6	4	2	
12	10	10	0	
13	15	15	0	
14	5	3	2	
15	3	3	0	
Totaal:	61	50	11	
Gemiddelde	4,07	3,33	0,73	
gem per m2	2070	1697	373	
St dev.s m2	2155	2113	526	

Bijlage 8: Berekeningen resultaten

Regenwormen		
ANOVA Berekening		
	Wordt berekend door:	
Gem. regenwormen:	$((n1 * gem1) + (n2 * gem2) + (n3 * gem3)) / (n1 + n2 + n3)$	634,375
SSgroups	$n1(gem1 - GEM)^2 + n2(gem2 - GEM)^2 + n3(gem3 - GEM)^2$	3736250
MSgroups	Ssgroups/dfgroups	1868125
df groups	number of groups - 1	2
df error	totaal aantal metingen - aantal groups	45
SSerror	$((sd1)^2 * n1 - 1) + ((sd2)^2 * n2 - 1) + ((sd3)^2 * n3 - 1)$	22639531
MS error	Sserror/df error	503100,69
F	MSgroups/MSerror	3,7132229
Nulhypothese	In alle 3 gebieden zijn er evenveel regenwormen	
Alternatieve hypothese	In minstens 1 gebied wijkt het aantal regenwormen significant af	
	F >> 1, dus nulhypothese wordt verworpen	
SS total	SS error + SS groups	26375781
R ²	SS groups / SS total	0,14
R ²	R ² - is ver weg van 1, dus de samenhang van het aantal regenwormen tussen de gebieden is erg laag measures fraction of the variation in Y (regenwormen) that is explained by group differences'	

Berekeningen		T-toetsen		
		F-toets	gelijke variance tussen de twee gebieden?	t-waarde
Springstaarten totaal	bruuk-ketelbroek	0,000000034	nee	0,412845583
	ketelbroek-akker	0,000000032	nee	0,247531234
	akker-bruuk	0,983730206	ja	0,13281121
Springstaarten 0-5cm	bruuk-ketelbroek	0,000000041	nee	0,31588898
	ketelbroek-akker	0,000000030	nee	0,237101384
	akker-bruuk	0,927405812	ja	0,416297709
Springsstaarten 5-10cm	bruuk-ketelbroek	0,050142857	ja	0,015050181
	ketelbroek-akker	0,612749794	ja	0,851842761
	akker-bruuk	0,139420966	ja	0,025807186
Regenwormen totaal	bruuk-ketelbroek	0,030463636	nee	0,067407065
	ketelbroek-akker	0,027261635	nee	0,001128733
	akker-bruuk	0,000042121	nee	0,873560359
Regenwormen pasgeborenen	bruuk-ketelbroek	0,000908441	nee	0,760673247
	ketelbroek-akker	0,692767233	ja	0,222522424
	akker-bruuk	0,000268128	nee	0,757818688
Regenwormen volwassen	bruuk-ketelbroek	0,089308232	ja	0,795332068
	ketelbroek-akker	0,539598193	ja	0,531880456
	akker-bruuk	0,269370406	ja	0,805477643

F-toets

Nulhypothese: de varianties zijn gelijk.

F_toets: zijn de varianties gelijk?

Als berekende waardes $>0,05$ --> nulhypothese aannemen--> antwoord op vraag =ja

F-toets toetst of variance van twee groepen gelijk is.

Afhankelijk van of het wel of niet gelijk is tussen deze twee groepen, wordt de t-toets anders gedaan.

T-toets

nulhypothese: de gemiddelden zijn gelijk

berekende waarde $>0,05$ --> nulhypothese aannemen

groen: er is geen verschil in gemiddelde tussen de twee gebieden

rood: er is wel verschil in gemiddelden tussen de twee gebieden