

Een breed blik op de bodem

Een historisch onderzoek naar de ontwikkelingen van het perspectief op bodemkwaliteit
(1850-2022)



H.J. (Hessel Jan) Doornbos
Oktober, 2022

Colofon

Masterscriptie Landschapsgeschiedenis, Faculteit der Letteren, Rijksuniversiteit Groningen.
Groningen, oktober 2022

Titel:

Een breed blik op de bodem: een historisch onderzoek naar de ontwikkelingen van het perspectief op de bodemkwaliteit. (1850-2022)

Auteur:

H.J. (Hessel Jan) Doornbos
Hesss1997@gmail.com

Begeleider en eerste lezer:

Dr. M. (Mans) Schepers (Rijksuniversiteit Groningen)

Tweede lezer:

Prof. dr. ir. M. (Theo) Spek (Rijksuniversiteit Groningen)

Omslagfoto:

Groninger boer poseert voor de foto tijdens zijn werk op het land. Omstreeks 1930-1940. Bron: Groninger Archieven.

Deze scriptie duurde iets langer om te schrijven dan gepland was. Toch heb ik daar geen spijt van. Tijdens het onderzoek dat ik voor deze scriptie heb gedaan heb ik ongelooflijk veel geleerd. Dit heeft mij veel inspiratie voor de toekomst gegeven. Ik heb vier jaren universitair onderwijs gehad over de natuur, maar nooit heb ik geleerd over de bijzondere relatie tussen mens en bodem. Ik ben dan ook erg blij met de kans die ik kreeg om dit onderzoek op eigen tempo te mogen uitvoeren. Deze scriptie is geschreven, ter afsluiting van de masteropleiding Landschapsgeschiedenis. Dit onderzoek richt zich op zowel de moderne kennis van de bodem, als historische landbouwliteratuur. Ik ben erachter gekomen dat we al ongelooflijk veel kennis tot onze beschikking hebben om te dealen met de omgevingsproblemen die spelen in het Nederlandse landschap. Helaas is veel van deze kennis nog nauwelijks bekend bij de beheerders van het landschap, in deze scriptie is een poging gedaan om de kennis over de bodem iets toegankelijker te maken.

Mijn dank gaat uit naar alle leraren van de opleiding landschapsgeschiedenis. Zonder hun rijke kennis en hun enthousiasme voor het opleiden van studenten, had ik maar een fractie van mijn huidige kennis over het Nederlandse landschap. Ook het interdisciplinaire blik, een blik dat helemaal in mijn straatje ligt, heb ik van jullie geleerd, bedankt daarvoor. Zonder dit brede blik, dat opgedaan wordt tijdens de opleiding landschapsgeschiedenis, had ik nooit het huidige resultaat in dit onderzoek kunnen bereiken.

Ik zou graag Mans Schepers, mijn begeleider, willen bedanken. Jouw scherpe, kritische blik zette aan tot nadenken, maar moedigde tegelijkertijd aan om door te gaan. Ik ben erg blij dat ik de ruimte heb gekregen die nodig was om tot het huidige resultaat te komen. Daarnaast wil ik Harry Luring bedanken. Ik heb met u een goed gesprek gehad over bodemvruchtbaarheid en de geschiedenis van uw boerenbedrijf.

Als laatste wil ik graag al mijn familieleden bedanken. In het bijzonder mijn vrouw, Manon, die altijd voor me klaar stond. Ook heel veel dank voor de oma van mijn vrouw, die mij heeft geholpen door twee prachtige verhelderende tekeningen te maken, ter ondersteuning van de tekst.

Hessel Jan Doornbos

Groningen, oktober 2022

Sinds 1950 is het traditionele landschap verdwenen in Nederland door de modernisatie van de landbouw. Het traditionele landschap was rijk aan biodiversiteit. Aan de basis van dit landschap stond een goed functionerende bodem met hoge bodemkwaliteit. Maar tegenwoordig wordt wetenschappelijk onderzoek naar de bodem vaak op een reductionistische wijze uitgevoerd. Hierdoor blijft het hele plaatje buiten beeld, dit zorgt voor tegenstrijdigheden onder wetenschappelijke publicaties. Daarnaast is de precieze relatie tussen de boer en de bodem, een relatie die zo belangrijk was in het traditionele landschap, nooit goed onderzocht. In antwoord op deze twee problemen, zal onderzocht worden hoe het perspectief op de bodemkwaliteit veranderd is sinds 1850.

In hoofdstuk 2 wordt de kringloop van nutriënten onderzocht, omdat de nutriëntenkringloop een cyclisch proces is dat onmisbaar blijkt voor een hoge bodemkwaliteit. Tijdens de uitvoering is erg veel wetenschappelijke literatuur bij elkaar gezocht. Vervolgens is er een poging gedaan om hier een rode draad in te onderscheiden, de nutriëntenkringloop. Uiteindelijk is een wetenschappelijk onderbouwde suggestie gedaan voor de basiswerking van de nutriëntenkringloop. Hieruit blijkt dat de bodemleven en de bodemstructuur zeer belangrijk zijn. Dood organisch materiaal wordt verteerd door organismen in de bodem. Hieruit ontstaat uiteindelijk humus, een zeer fijne stof dat erg goed bindt aan kleideeltjes in de bodem. Humus en kleideeltjes vormen samen aggregaten, dit zijn een soort klontjes in de bodem. Ten gevolge van aggregaatvorming ontstaan er ook poriën in de bodem, hierdoor kan lucht en water de grond binnendringen. Bodemaggregaten en poriën zorgen samen voor een goede bodemstructuur. Schimmels en bacteriën ondersteunen de plant in zijn interactie met de bodem. Mycorrhizaschimmels treden in symbiose met plantenwortels, zij helpen bij de opname van voedingsstoffen door de lengte van de wortels te verlengen. Rhizobacteriën vormen een beschermende laag om de plantenwortel heen, ze fungeren dan als een soort medium tussen de wortel en de bodem. De plant is zo veel minder gevoelig voor stresscondities. Hieruit blijkt ook het belang van de aanwezigheid van planten. Planten zorgen namelijk voor een betere bodemstructuur en ze gaan interacties aan met het bodemleven. Het is zeer aan te raden om de bodem jaarrond begroeid te houden.

Voor hoofdstuk 3 is onderzocht hoe de relatie tussen boer en bodem is veranderd sinds 1850. Hiervoor is historische landbouwliteratuur onderzocht en er is een interview afgenomen met een boer. In de negentiende eeuw stond de landbouwwetenschap nog in de kinderschoenen. Pas aan het eind van de negentiende eeuw werd het steeds gebruikelijker voor jonge boeren om naar de landbouwschool te gaan. Daarvoor leerde hij alle benodigde kennis van zijn vader. Om innovatie in de landbouw te bevorderen zijn er meerdere handboeken voor de landbouw geschreven. Deze boeken beschrijven alle benodigde theorie die een boer nodig had om zijn werk uit te voeren. Er zijn twee handboeken geanalyseerd om de relatie tussen de boer en de bodem te achterhalen zoals dit gangbaar was in de negentiende eeuw. In deze boeken staat uitvoerig beschreven welke bemestingsmethoden het beste gebruikt kunnen worden. Langdurige vruchtbaarheid van de bodem was het moeilijkste vraagstuk waar een boer zich in die tijd mee bezig hield. Daarvoor gebruikte hij vooral stalmest. Men was op de hoogte van de nuttige werking van organische bemesting. De auteurs van beide handboeken benadrukken de positieve effecten van stalmest op de vruchtbaarheid en de bodemstructuur. Tijdens het afnemen van een interview, is onderzocht hoe de moderne boer in de afgelopen zestig jaar met zijn bodem is omgegaan. Hieruit bleek dat hij in de afgelopen zestig jaar in een constante opwaartse spiraal van innovatie en technologische ontwikkeling heeft gezeten. Eerst werd hij gestimuleerd door de overheid om kunstmest en machines te gaan gebruiken. Maar dit leidde tot omgevingsproblematiek zoals de stikstofcrisis. Sinds 1990 worden boeren steeds meer gestimuleerd om hun bedrijfsvoering aan te passen als antwoord op de omgevingsproblematiek, opnieuw via innovatie en technologische ontwikkeling. De boer die hier geïnterviewd is, heeft een andere weg gekozen. Hij is overgestapt op een biologische bedrijfsvoering. Daarom heeft hij een potstal laten bouwen en kan hij weer werken met vaste mest. Ook heeft hij veel geleerd over bodemkwaliteit, nu hij geen kunstmest meer gebruikt voor bemesting. Het bijzondere is, dat de oplossingen die hij heeft bedacht lijken op de technieken die in de negentiende eeuw ook toegepast werden.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de bodem een grote rol speelt in het functioneren van het ecosysteem. Er is pas een oppervlakkig begrip verkregen van het complexe concept bodemkwaliteit. Bij de oplossingen voor de huidige omgevingsproblematiek zou de bodem een integrale rol kunnen spelen. Zowel de wetenschappelijke kennis als de historische technieken kunnen hierbij een bron van inspiratie vormen. De moderne wetenschap is beter dan ooit op de hoogte van de processen die zich in de bodem afspelen, maar veel van deze kennis wordt nog niet toegepast. In de negentiende eeuw stond bodemkwaliteit centraal en dit zorgde destijds voor een grote diversiteit aan soorten en een gebalanceerd landschap.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1. Inleiding.....	7
1.1 Introductie.....	7
1.2 Probleemstelling	10
1.3 Theoretisch Kader	11
1.4 Onderzoeksvraag.....	14
1.5 Methode.....	15
2. De kringloop van nutriënten	18
2.1 Biochemische cyclus.....	18
2.2 Bodemdieren.....	19
2.3 De kringloop van nutriënten	20
3. Historische veranderingen in de relatie tussen boer en bodem	28
3.1 Inleiding.....	28
3.2 Analyse van handboeken uit de negentiende eeuw	29
3.2.1 Handboek voor den beoefenaar van den Landbouw	29
3.2.2 Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt	38
3.2.3 Beoordeling bodemkwaliteit van de traditionele landbouw	42
3.3 Interview met een boer.....	43
3.3.1 Bedrijfsvoering voor het jaar 2000.....	43
3.3.2. Beoordeling bodemkwaliteit bij gangbare bedrijfsvoering.....	44
3.3.3 Bedrijfsvoering na het jaar 2000	44
3.3.4. Beoordeling bodemkwaliteit bij biologische bedrijfsvoering.....	45
3.4 Comparatieve analyse van de resultaten.....	45
4. Conclusie	47
5. Literatuurlijst.....	49

1. Inleiding

1.1 Introductie

In de twintigste eeuw werd kritiek op de moderne manier van leven voor het eerst bekend onder het grote publiek toen wetenschappers van de Club van Rome aan de bel trokken. Zij publiceerden in 1972 het rapport “de grenzen aan de groei”.¹ Met behulp van een rekenmodel werd geconcludeerd dat een ongecontroleerde consumptie van een eindige hoeveelheid grondstoffen, uiteindelijk leidt tot ecologische problemen voor de mens. Alhoewel velen de inhoud van het rapport betwisten kan vijftig jaar later wel gezegd worden dat het rapport de blik van mensen sterk beïnvloed heeft. Dit rapport was het startschot voor een halve eeuw aan acties om de natuur te beschermen. In Europa werden talloze actiegroepen, natuurfondsen en politieke partijen opgericht. Na een centrale positie van de overheid in de modernisering van de landbouw heeft de overheid zijn doelen bijgesteld: dezelfde centrale positie wordt ingenomen in de bescherming van natuur. De afgelopen decennia is daarom ingezet op herstelmaatregelen, meestal gestuurd vanuit de Europese Unie, via natura-2000 gebieden, subsidies aan natuurorganisaties, agrarisch natuurbeheer, aandacht via onderwijsprogramma's op scholen en universiteiten, en vele andere acties. Als men na vijftig jaar terugkijkt, blijkt toch dat er geconcludeerd moet worden dat al deze maatregelen onvoldoende effect hebben gehad om de natuur weer in balans te krijgen. Het aantal weidevogels is bijvoorbeeld met zeventig procent afgenomen tussen 1990 en 2020, en uit een onderzoek van Hallmann et al. blijkt dat de hoeveelheid insecten in Duitse natuurgebieden tussen 1989 en 2016 met meer dan vijfenzeventig procent is afgenomen.² Terwijl de aandacht voor natuurbescherming ieder jaar groeit, is volgens velen de noodzaak voor betere bescherming alleen maar groter geworden in de afgelopen vijftig jaar.

Het huidige natuurbeleid in Nederland bestaat in een meerderheid van de gevallen uit extensiever landgebruik en het verminderen van de invloed van mensen via een ‘hands-off’ beleid. Vandaag de dag wordt dit uitgevoerd door organisaties zoals Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en de provinciale terreinbeheerders. De filosofie achter dit hands-off beleid als bron van biodiversiteit, vindt zijn oorsprong in een eeuwenoude fascinatie met de zogenaamde wildernis. Hierbij wordt de wildernis vaak gezien als het tegenovergestelde van de geciviliseerde samenleving. Het is nog onaangetast door mensen, en dieren kunnen er vrij leven. In het buitenland kennen we deze gebieden in de vorm van grote nationale parken. Ze zijn te vinden over de hele wereld en in ieder natuurstype, zoals in bergketens, toendra's, steppes en woestijnen. De perceptie van mensen op de wildernis is niet altijd hetzelfde geweest.³ Dit is vooral gedocumenteerd in kunst en filosofische teksten. In de middeleeuwen werd de onontgonnen wildernis vaak als eng, chaotisch, slecht en duivels gezien.⁴ Men probeerde de wildernis óf te vermijden, óf te ontginnen. Enkele eeuwen later was dit beeld drastisch veranderd. In de loop van de achttiende eeuw zag men de



AFBEELDING 1. WANDERER ÜBER DEM NEBELMEER, UIT 1817, DOOR CASPAR DAVID FRIEDRICH.

¹ Meadows et al., 1972

² Sovon, 2021; Hallmann et al., 2017

³ Schouten, 2001

⁴ Schouten, 2001, p. 149.

wildernis steeds meer als *“groots, meeslepend, ontzagwekkend, en dramatisch; het confronteerde de ziel met haar eigen onmetelijkheid”*, dit noemden ze *“het sublieme”* of *“het verhevene”*.⁵ Het schilderij van Caspar David Friedrich, *Wanderer über dem Nebelmeer* (1817), wordt vaak gezien als het meest bekende schilderij dat het gevoel bij de wildernis uit de achttiende eeuw uitdrukt. Echter, het huidige natuurbeleid, wiens ideeën teruggezocht kunnen worden in het hiervoor genoemde gedachtegoed over de wildernis, staat lijnrecht tegenover de moderne landbouw.

Doordat de leefwijze van de mens is veranderd, is de biodiversiteit in Nederland de afgelopen zeventig jaar enorm achteruit gegaan.⁶ Met de doelstelling dat de landbouwsector moderner en grootschaliger ingericht moest worden is er na de Tweede Wereldoorlog een, door de staat aangestuurde, innovatieslag gemaakt. Hierdoor is de landbouw vanuit de basis geheel anders ingericht. Mede door het gebruik van kunstmest en machines werden de oogsten vele malen hoger. Het gewicht van de oogst per hectare is tussen 1950 en 2015 ongeveer twee tot acht maal hoger geworden.⁷ Onder het motto ‘nooit meer honger’ was Sicco Mansholt destijds het gezicht van de modernisatie van de Nederlandse landbouwsector.⁸ Later heeft hij ook nog de landbouw in een groot deel van West-Europa gemoderniseerd via de toenmalige Europese Economische Gemeenschap (EEG).

Daarnaast zorgt het beleid dat opgesteld wordt vanuit Den Haag en Brussel al decennialang voor weerstand bij boeren.⁹ Ze moeten aan steeds meer regels voldoen, hun opbrengsten stijgen niet of nauwelijks, terwijl kosten blijven stijgen, mede door inflatie. Daarnaast blijft natuureducatie voor boeren achter omdat er te veel ingezet wordt op het los trekken van natuur en landbouw. Het grondgebruik in Nederland is zo ingericht dat, aan de ene kant, boeren gestimuleerd worden tot moderne landbouwmethoden en schaalvergroting, en aan de andere kant natuurorganisaties natuur kunnen ontwikkelen op hun eigen gebieden. Ten gevolge hiervan is er een constante strijd tussen de boeren en natuurorganisaties ontstaan omdat hun doelen en belangen in het landschap zó verschillend zijn, dat ze elkaar ondermijnen in hun dagelijkse werk. Van de ene kant krijgen natuurorganisaties steeds meer invloed op het Nederlandse platteland omdat nieuw beleid van de overheid ten gunste komt van natuurbescherming. Van de andere kant zijn boeren decennialang gestimuleerd door deze zelfde overheid om hun bedrijfsvoering steeds intensiever in te richten. Dit zorgt voor frictie. Natuurorganisaties menen dat hun visie de enige uitweg is, terwijl boeren, na een leven lang investeren in hun bedrijf, een weg terug niet meer zien zitten. Bij de huidige stikstofcrisis graven beide partijen zich steeds verder in en er is geen ruimte meer voor echte oplossingen.

Toch is dit een heel onlogisch proces, als men zich realiseert dat Nederlandse landbouwgrond historisch gezien de grootste drager van biodiversiteit was. Het agrarisch landschap zorgde vroeger namelijk voor een rijkdom aan planten, dieren en insecten. Daarom kan geconcludeerd worden dat de huidige gang van zaken niet in het voordeel is van boeren én de natuurkwaliteit.

Natuur werd vroeger helemaal niet direct geassocieerd met de wildernis. De filosofie van de wildernis staat namelijk niet alleen tegenover de moderne landbouw. Bij natuur dacht men vroeger namelijk juist aan het platteland. In de achttiende eeuw werd duidelijk onderscheid gemaakt tussen de wildernis aan de ene kant en het ontgonnen pastorale landschap aan de andere kant. In het pastorale of agrarische landschap zag men de *“harmonie, sereniteit en kalmte”*, dit werd *“het schone”* genoemd.¹⁰ Dit landschap had een totaal ander karakter dan de wildernis. Het was een landschap dat bewoond en gebruikt werd door mensen, maar het was tegelijkertijd ook een plek waar de wetten van de natuur nog steeds duidelijk aanwezig waren. Het gevarieerde landschap dat men dan zag, bestond uit boerderijen, akkers, weilanden waar vee graasde, bossen en op de achtergrond zag men soms een rivier, een meer, of bergen. Het schilderij in afbeelding 2, verbeeldt de relatie tussen de mens en

⁵ Quote uit: Schouten, 2001, p. 244

⁶ Compendium voor de leefomgeving, 2013

⁷ Centraal Bureau Statistiek, 2017; Dit is afhankelijk van het gewas.

⁸ Van Merriënboer, 2006

⁹ Boerenbetogingen in 1971 (Van Merriënboer, 2006, p. 356), Akkerbouwersprotest 1990 (Westerman, 1999), Boerenprotest 2019 (NOS, 2019), Boerenprotest 2022 (NOS, 2022)

¹⁰ Schouten, 2001, p. 244



AFBEELDING 2. LOCH LOMOND, UIT 1861, DOOR HORATIO MCCULLOCH.

het landschap. Het schilderij van de schotse schilder Horatio McCulloch, Loch Lomond (1861), is een goed voorbeeld van een pastoraal landschap. Het landschap dat hier wordt uitgedrukt is zeer ontwikkeld en multifunctioneel, en toch geeft het een gevoel van harmonie. De natuur in het traditionele landschap was tot 1950 het meest voorkomende landschapstype in Nederland. Het werd gevormd onder traditioneel landgebruik en de agrarische sector was direct verantwoordelijk voor het Nederlandse landschap. Landbouwgrond is eeuwenlang het meest voorkomende landgebruik geweest en dit is nog steeds het geval. Heden ten dage wordt iets meer dan de helft van het Nederlandse landoppervlak gebruikt voor landbouw; hier liggen dus nog veel kansen voor natuurontwikkeling.¹¹ Voordat de modernisatie van de landbouw startte, in ca. 1950, was Nederland een land van grote biodiversiteit omdat het Nederlandse landschap onder invloed van traditioneel landgebruik gevormd was. Antrop & van Eetvelde gaan dieper in op het verschil tussen het moderne landschap en het landschap dat gevormd is onder traditioneel landgebruik.¹² Uit hun werk en ander wetenschappelijk onderzoek blijkt iedere keer weer dat traditioneel landgebruik leidt tot een zeer hoge biodiversiteit.¹³ Daarmee kan het traditionele landschap als een inspiratiebron dienen voor oplossingen tegen het verlies van natuur en biodiversiteit. Helaas krijgt traditioneel landgebruik relatief weinig aandacht onder wetenschappers en natuurbeschermers.¹⁴ Traditioneel landgebruik staat tegenover twee typen landschap. Ten eerste staat het tegenover de natuur waar vrijwel alle menselijke invloed ontbreekt, de zogenaamde wildernis. Ten tweede staat het tegenover het huidige agrarische landschap, waarbij de moderne landbouw nog steeds grotendeels bepaald hoe ons platteland eruit ziet.

¹¹ Centraal Bureau Statistiek, 2020; 54% van het totale Nederlandse oppervlak is landbouwgrond maar dit percentage zou hoger zijn als het IJsselmeer en de Waddenzee niet meegerekend zouden worden in het totale Nederlandse oppervlak.

¹² Antrop & van Eetvelde, 2017

¹³ Altieri, 2004; Antrop, 2005; Plieninger et al., 2006; Higgs et al., 2014; Renes, 2015; Fuller et al., 2017

¹⁴ Fuller et al., 2017

De gezondheid van de bodem is een concept wat zijn wortels heeft in traditioneel landgebruik. Aandacht voor een goede, gezonde bodem is belangrijk omdat het een brug kan slaan tussen boeren en natuurorganisaties.¹⁵ De bodem heeft namelijk een functie in bijvoorbeeld de nutriëntenkringloop, biodiversiteit, waterkwaliteit, plantengroei, het klimaat, het ecosysteem en uiteraard agrarisch landgebruik.¹⁶ In het moderne landbouwsysteem wordt kunstmest als hoofdmest gebruikt. Maar sinds de gangbare boer steeds minder met natuurlijke mest werkt, menen vele wetenschappers dat de kwaliteit waarmee de bodem functioneert achteruitgaat.

Het effect van kunstmest op de bodem is voor het eerst onderzocht door de wetenschapper Justus von Liebig in de eerste helft van de negentiende eeuw. Von Liebig is de uitvinder van het principe achter bemesting. Hij schreef dat er allemaal voedingsstoffen in de bodem zitten en deze voedingsstoffen worden uit de bodem onttrokken door het oogsten van gewassen. Om de grond vruchtbaar te houden, zou men de voedingsstoffen, via bemesting, weer terug moeten geven aan de bodem. Dit is een principe dat nu erg logisch lijkt, maar in deze tijd was de ontdekking revolutionair. Na deze ontdekking vervolgde von Liebig zijn zoektocht naar het geheim achter een langdurige vruchtbaarheid van de grond. Dit leidde ertoe dat hij ook de eerste criticus van kunstmest of minerale bemesting werd.¹⁷ Na zijn revolutionaire ontdekking van het principe achter bemesting in 1840, startte hij in 1861 de discussie over bodemkwaliteit met een manifest waarin hij zijn visie op de beste bemestingsmethode in de landbouw uitlegde. Hij kwam tot inkeer en heeft zich gerealiseerd dat vruchtbaarheid niet alleen afhangt van de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem maar dat een goede bodemkwaliteit een vereiste is. In zijn manifest refereert hij naar de landbouwmethode die destijds in China gebruikt werd. In China vond men de zorg voor het agrarisch landschap zeer belangrijk en er werd zorgvuldig met de omgeving omgegaan. Von Liebig argumenteert dat boeren in China het meest permanente landbouwsysteem ter wereld ontwikkeld hebben omdat zij al duizenden jaren lang dezelfde akkers gebruiken, waar bovendien een rijke biodiversiteit aanwezig was.¹⁸ Hij analyseerde welke methode zij gebruikten om hun akkers productief te houden. Daaruit concludeerde hij dat aan de basis van een productieve akker, een gezonde bodem ligt. Die bodem is gezond doordat er een rijkdom aan bodemdieren in leeft die dood materiaal, zoals dode planten en stalmest, afbreken en daarmee voedingsstoffen weer beschikbaar maken voor de plant. Uit dit circulaire proces volgen tal van neveneffecten: als een plant groeit op een gezonde bodem, heeft het minder last van ziektes, droogte en andere stressfactoren. En uiteindelijk is een gezonde plant weer een bron van gezond voedsel.

In het geval dat men rekening houdt met deze kringloop kan de bodemkwaliteit toenemen. Echter is de term bodemkwaliteit lastig te definiëren. Dit is omdat de bodem erg veel verschillende functies heeft in het landschap. De bodem heeft onder andere een cruciale rol in een ecosysteem, de landbouw, de regulatie van vervuilende stoffen en de afvoer van water. In dit onderzoek zal bodemkwaliteit daarom simpel gedefinieerd worden: “de capaciteit van een bodem om te functioneren”.¹⁹ Uit vooronderzoek blijkt dat de exacte betekenis van een goed functionerende bodem, in ieder geval afhankelijk is van twee factoren. De eerste factor blijkt uit de onderzoeksmethoden die gehanteerd worden bij een deel van de wetenschappelijke publicaties over een goed functionerende bodem. Ondanks dat von Liebig al 170 jaar geleden begon met onderzoek naar een goed functionerende bodem, is er vandaag de dag nog steeds veel onduidelijkheid over de precieze relatie tussen de nutriëntenkringloop en de bodemkwaliteit. Eén van de verklaringen die hiervoor gegeven kan worden, blijkt uit het vooronderzoek. Wetenschappelijke publicaties lichten slechts de aspecten van de bodem toe, die aansluiten

¹⁵ Hou et al., 2020; Herrick, 2000

¹⁶ Karlen et al., 2003; Sylvain & Wall, 2011; McBratney, 2014; Hou et al., 2020

¹⁷ Vaak wordt von Liebig benoemd als de uitvinder van kunstmest, maar dit is slechts gedeeltelijk waar. In die tijd waren er andere stoffen die kunstmatig geproduceerd werden en dezelfde functie hadden als de kunstmest die vandaag de dag gebruikt wordt. De kunstmest zoals we die nu kennen is uitgevonden in 1910 en wordt gemaakt met behulp van het Haber-Boschproces.

¹⁸ Von Liebig, 1861; Liu et al., 2013

¹⁹ Karlen et al., 1997

bij een bepaalde functie; dit leidt tot een vernauwing van het onderzoeksveld.²⁰ Het gevolg van deze reductionistische benadering is dat veel publicaties elkaar direct tegenspreken; of het positieve effect van een bepaalde bodembewerkingstechniek wordt bewezen via statistisch onderzoek die met een degelijk basisbegrip van de nutriëntenkringloop makkelijk te verklaren is. Als reactie op deze publicaties zal in dit onderzoek, via een interdisciplinaire benadering, een suggestie gedaan worden voor de werking van de nutriëntenkringloop, zonder dat dit expliciet gekoppeld wordt aan een bepaalde bodemfunctie. Door scheikundige, natuurkundige en biologische processen bij elkaar te brengen, kan de lezer een alomvattend begrip krijgen van de kringloop van nutriënten. Een tweede factor wat meespeelt bij de betekenis van een goed functionerende bodem, is de historische component. Gezien vanuit het perspectief van natuurwaarde en biodiversiteit, is de belangrijkste onderscheidende factor tussen de 'traditionele' boer en de 'moderne' boer, de manier waarop hij met de bodem omgaat. De bodem staat aan de basis van een gebalanceerd ecosysteem en dit resulteert in een gezonde plant. De manier waarop de 'moderne' boer omgaat met de bodem is anders dan de 'traditionele' boer. Dit ligt hem onder andere in de bemesting en de werktuigen die hij tot zijn beschikking heeft. De moderne boer gebruikt kunstmest om de groei van zijn planten te stimuleren en heeft tractoren waarmee hij het werk kan uitvoeren. De traditionele boer bemestte zijn land met stalmest en hij gebruikte gedomesticeerde dieren om het land te ploegen. In het traditionele landschap speelde de relatie tussen boer en bodem een cruciale rol in de ontwikkeling van een multifunctioneel landschap dat rijk is aan biodiversiteit. Maar het precieze verschil in de relatie tussen boer en bodem in de negentiende eeuw en de tweede helft van de twintigste eeuw is nog altijd niet goed onderzocht.

1.3 Theoretisch Kader

Om de resultaten van het onderzoek beter te begrijpen, is het nodig om een grove schets te maken van de ontwikkelingen van de landbouw in de afgelopen tweehonderd jaar. In de negentiende eeuw veranderde de samenleving op bijna elke voorstelbare manier. Dit kwam door de industriële revolutie die als eerste plaatsvond in Groot-Brittannië. In de eeuwen voor 1800 was het leven van de gewone man steeds min of meer hetzelfde gebleven. Na 1800 veranderde zijn leven voorgoed: de maatschappij doorging een transitie waarbij het veranderde van een 'agrarische' samenleving naar een 'industriële' samenleving. In Groot-Brittannië startte de industriële revolutie al aan het einde van de achttiende eeuw, terwijl in Nederland ditzelfde proces pas plaatsvond aan het einde van de negentiende eeuw. Eén van de drijfveren achter de industriële revolutie in Groot-Brittannië, waren de ontwikkelingen in de landbouw. Doordat nieuwe werktuigen werden ontworpen en op de markt gebracht werden, waren minder arbeiders nodig om het land te bewerken; deze arbeiders konden daardoor aan de slag in de eerste fabrieken. In de negentiende eeuw zorgde een enorme toename in de welvaart ervoor dat de populatie van Groot-Brittannië zeker verviervoudigde. Dit leidde tot een enorme toename in de vraag naar voedsel en dus werd Groot-Brittannië een grote importeur van voedsel uit het buitenland. Dit kon mede plaatsvinden door verbeterde transportmiddelen zoals de stoomtrein en de stoomboot.²¹ Nederland ontwikkelde zich in de negentiende eeuw tot een grote exporteur van landbouwproducten naar Groot-Brittannië. Volgens Bieleman en andere wetenschappers bereikte de Nederlandse landbouw vanaf 1850 een nieuwe fase. Ten eerste werd deze veroorzaakt door een toename in de opbrengst van de verkoop van landbouwproducten, met name in dierlijke producten en tuinbouwproducten.²² Ten tweede veranderde de manier waarop de gewone boer zijn keuzes maakte in de landbouw. In de eeuwen daarvoor was dit vooral gebaseerd op kennis die doorgegeven werd van vader op zoon. Men kon voor 1850 aan het type ploeg dat een

²⁰ Janvier et al., 2007; Er zijn wetenschappers die een langere definitie aan de term bodemkwaliteit geven, zoals Bünemann et al., 2018; Herrick, 2000; Janvier et al., 2007, maar dan wordt nadruk gelegd op een bepaald aspect van het 'functioneren'. Anderen koppelen de nutriëntenkringloop aan bepaalde omstandigheden zoals Delgado-Baquerizo et al., 2013; Hou et al., 2020; Oleńska et al., 2020.

²¹ Bieleman, 2010, p. 151

²² Bieleman, 2010, p. 150

boer gebruikte herkennen waar hij zijn land had.²³ De landbouwonderwijzer E.C. Enklaar schrijft in 1855 over het volgende spreekwoord: *“Toon mij uwen ploeg en ik zal u zeggen, welk landbouwer gij zijt.”*²⁴ De landbouw was dus grotendeels gebaseerd op lokale kennis en lokale technieken die per regio verschilden.²⁵ In deze tijd was er nog geen sprake van mechanisatie van de landbouw. Men had een aantal werktuigen in gebruik die getrokken werden door paarden, zoals de ploeg, de eg, de landrol en het molbord. Daarnaast gebruikte men de zaaihoorn, de zeis en de dorsvlegel. Het vee stond in de winter in de potstal of de grupstal. Bemesting werd gedaan met de uitwerpselen van dieren. Er werd nauwelijks anorganische, of minerale mest gebruikt. Kunstmest was toen nog niet uitgevonden en het gebruik van andere anorganische meststoffen vond hooguit plaats bij uitzondering. In 1850 waren landbouwbedrijven meestal gemengde bedrijven met een specialisatie. Iedere boerderij had zowel akkerbouw als veeteelt. Bij een specialisatie op veeteelt, werden gewassen gekweekt voor veevoer. Bij een specialisatie op akkerbouw, werden koeien gehouden voor de mest. Daarnaast vond de verwerking van producten nog plaats op de boerderij. Het graan werd zelf gedorst, de boter werd zelf bereid en de dieren werden zelf geslacht. Zoals de heer Cornelis A. Bergsma (1798-1859) in September 1841 in het voorwoord van zijn landbouwboek schreef: *“De theorie van den landman is gewoonlijk deze: mijn vader ploegde, egde zaaide en oogste; wanneer ik op dienzelfden grond ploeg, eg en zaai, dan zal ik ook oogsten; en na deze theoretische beschouwing gaat hij tot de praktijk over, en doet zoo als zijn vader en grootvader deden; maar toch niet zonder landhuishoudkundige kennis, al is dezelve nog zoo beperkt”*.²⁶

De ontwikkeling van de landbouw is in 1850 een richting ingegaan waar het eigenlijk nooit meer op terug gekomen is. De hele manier waarop de economie en de agrarische samenleving in elkaar zat, veranderde voorgoed. Zoals benoemd, leerde een boer voor 1850 het vak van zijn vader. Dit veranderde echter na 1850. Wetenschap als bron van kennis werd steeds belangrijker in de samenleving en dus ook in de agrarische sector. In feite ontstond er een verwetenschappelijking van de kennis over het boerenbedrijf. Landbouwwetenschappers zoals W.C.H. Staring waren van groot belang in dit proces. Het in 1862 gepubliceerde boek ‘Huisboek voor den Landman in Nederland’ met ruim 1200 pagina’s, gaf de boer een belangrijke bron van kennis. Hierin stond vrijwel alle theorie die een boer nodig heeft voor zijn werk. Daarnaast is in 1876 een nationale landbouwschool gesticht in Wageningen, waar Staring ook een grote rol bij speelde.²⁷ Dit laat zien dat de scholing van de boer, niet altijd meer tijdens het werk plaatsvond maar gedaan werd via een opleiding tot boer. Doordat wetenschappers zichzelf verbonden met de opleiding van boeren, sjoepde nieuwe kennis steeds beter door naar de praktijk.

Door deze ontwikkeling is innovatie van de landbouw permanent in snelheid toegenomen. Er is enorm veel veranderd in de landbouw tussen 1850 en 1950. De markt is veranderd van een regionale economie naar een globale economie door het vrije handelsbeleid. Dit leidde tot significant hogere opbrengsten voor boeren. Daarnaast werd in 1879 een van de eerste melkfabrieken van Nederland opgericht in Veenwouden, Friesland. Door de melkfabriek werd de verwerking van zuivel voor het eerst in de geschiedenis uit de boerderij gehaald en centraal geproduceerd. Dit veranderde zuivelproducten in een hoogwaardig en uniform product. De boer kon zich nu steeds meer richten op het optimaal produceren van landbouwproducten. Dit deed hij onder andere door de aanschaf van nieuwe werktuigen, die sinds het begin van de industriële revolutie steeds beter ontwikkeld waren. Tot de Tweede Wereldoorlog werden werktuigen door paarden getrokken. Hierbij werden werktuigen gebruikt zoals de arendploeg, paardendorsmachine, de wiedmachine, de rijenzaaimachine en de hooihark.²⁸ In de negentiende eeuw werden deze werktuigen nagemaakt op basis van de Engelse modellen.²⁹ Landbouwwetenschapper Van der Poel meent dat de ontwikkeling van werktuigen in Nederland in de negentiende eeuw grotendeels tot stand is gekomen door het stelen van intellectueel eigendom uit Engeland.

²³ Van der Poel, 1967, p. 8

²⁴ Enklaar, 1855, p. 116

²⁵ Van der Poel, 1967, p. 8

²⁶ C.A. Bergsma, 1841

²⁷ Veldink, 1970, p. 147

²⁸ In tegenstelling tot andere landen, zijn in de Nederlandse landbouwsector slechts een handvol stoommachines in gebruik geweest.

²⁹ Van der Poel, 1967, p. 139

De belangrijkste ontwikkeling van de landbouw in de negentiende eeuw, was de uitvinding van het principe achter bemesting door de wetenschapper von Liebig in 1840. Dit leidde ertoe dat anorganische mest, ofwel minerale mest, langzaam een algemeen goed werd in de landbouw. In de eerste decennia na deze uitvinding was er nog geen kunstmest zoals we dat nu kennen. Daarom werd gebruik gemaakt van stoffen zoals kalk, potas of guano. Guano is uitgedroogde vogelpoep of vleermuispoep uit Zuid-Amerika. Het bevatte een hoge concentratie stikstof en hierdoor gingen de gewassen een stuk beter groeien. De wetenschapper Haber onderzocht hoe stikstof uit de lucht omgezet kon worden tot de stof nitraat, dat wél door planten opgenomen kan worden. In 1910 lukte dit en met hulp van de wetenschapper Bosch was de uitvinding van een vrijwel ongelimiteerde hoeveelheid kunstmest een feit. Echter kost dit omzettingsproces, ook wel het Haber-Boschproces genoemd, veel energie, vaak in de vorm van aardgas. Een ander belangrijk proces dat hiermee gepaard ging, was de ontwikkeling van nieuwe cultivars die goed konden omgaan met een hoge concentratie stikstof in de grond.³⁰

Alhoewel men tegenwoordig de landbouw van 1950 allesbehalve modern zou noemen, bleek de tijd tussen 1850 en 1950 wel de aanloop voor de revolutionaire ontwikkelingen die vanaf 1950 plaatsvonden. In de eerste decennia na de Tweede Wereldoorlog was het landbouwbeleid van de Nederlandse overheid gebouwd op drie pilaren: ten eerste moest er voldoende voedsel beschikbaar zijn voor consumenten tegen betaalbare prijzen, ten tweede moest de productie van landbouwproducten omhoog om deze te exporteren en ten derde moesten de producerende boeren een redelijke vergoeding ontvangen voor de geproduceerde landbouwproducten.³¹ Dit beleid werd in Nederland uitgerold door de toenmalige minister van landbouw, Sicco Mansholt, waardoor hij een onuitwisbare stempel op de landbouwsector heeft gedrukt. Een vergelijkbaar beleid, ook onder leiding van Mansholt, werd later ook doorgevoerd naar de EEG die vanaf 1958 in leven was geroepen.³²

Dit beleid zorgde tussen 1950 en 1980 voor een vrijwel ongeremde ontwikkeling van de landbouwsector richting schaalvergroting en intensieve landbouw. Vóór de Tweede Wereldoorlog was er een beleid dat gericht was op zoveel mogelijk productie per hectare door stimulatie van het gebruik van minerale mest en andere methoden die de opbrengst bevorderen. Na de Tweede Wereldoorlog verschoof de focus richting de reductie van manuren arbeid per opbrengst. Hiermee hoefde de opbrengst van landbouwproducten niet verdeeld te worden over vele arbeiders. Dit zorgde voor een hoger loon voor degenen die nog wel in de landbouwsector werkten. De inspanning die een boer verrichtte tijdens het werk werd ook steeds minder door het gebruik van de nieuwste technologie. Hij ruilde het paard in voor de tractor en de maaidorser; de melkmeid ging ergens anders aan de slag doordat een melkmachine werd geïnstalleerd. Daarnaast werd het voordeliger voor boeren om van een gemengd bedrijf over te stappen op een gespecialiseerd bedrijf. Dit kwam omdat hij niet meer zelfvoorzienend hoefde te zijn in zijn mestproductie of voerproductie. Het gevolg van de reductie in arbeiders zorgde in de eerste jaren na de Tweede Wereldoorlog voor het verdwijnen van het kleine boerenbedrijf. De productie per bedrijf ging enorm omhoog door het gebruik van machines. Daarbij kon de boer in de eerste decennia na de Tweede Wereldoorlog steeds intensiever te werk gaan. Dit werd aan de ene kant gedaan door de aanvoer van kunstmest, pesticiden en veevoer, terwijl aan de andere kant landbouwproducten van Nederlandse boeren naar het buitenland geëxporteerd werden. Dit zorgde voor een hogere voedselproductie. Om de Nederlandse landbouwgrond geschikter te maken voor de moderne landbouwmethoden, vond ruilverkaveling plaats. Hiermee werd het grootste deel van het Nederlandse platteland 'gerationaliseerd': kronkelende sloten en hobbelige percelen werden veranderd in vlakke, vierhoekige percelen. De ontwikkelingen die plaatsvonden zorgden ervoor dat het hele aanblik van het platteland veranderde. Als laatste heeft het platteland in de tweede helft van de vorige eeuw een ware leegloop meegemaakt doordat de vele arbeiders die de boer ondersteunden niet meer nodig waren. Aan het eind van de negentiende eeuw werkte nog tweeëndertig procent van de Nederlanders in de landbouw. Aan het eind van de twintigste eeuw was dit gereduceerd tot

³⁰ Bieleman, 2010, p. 153

³¹ Bieleman 2010, p. 248

³² EEG: Europese Economische Gemeenschap. Er waren destijds zes leden: België, West-Duitsland, Frankrijk, Italië, Luxemburg en Nederland.

slechts drie procent.³³ Om de productie te bevorderen en een goed loon te garanderen voor boeren, kreeg de boer een vaste vergoeding voor de hoeveelheid die hij produceerde. Dit gold voor ieder landbouwproduct. Het gevolg van dit beleid was een enorme overproductie van voedsel, dat opgekocht werd door de overheid. In de jaren 70 bereikte dit proces een hoogtepunt met de zogenaamde melkplas en de boterberg. Begin jaren tachtig van de twintigste eeuw werd het melkquotum ingevoerd om de melkproductie omlaag te brengen. In 1992 werden de Macsharry hervormingen doorgevoerd om de graanprijs in Europa gelijk te trekken met de wereldmarktprijs. Uiteindelijk zorgde de grotere marktvrijheid voor landbouwproducten ervoor dat boeren nog intensiever gingen werken omdat ze alleen via schaalvergroting een redelijk loon konden behouden. Ondanks doorgaande inflatie, en dus stijgende kosten, bracht melk tussen 1990 en 2020 het grootste deel van de tijd ongeveer €0,35 per liter op. Het is een proces waarvan heel Nederland realiseert dat dit niet toekomstbestendig is.

1.4 Onderzoeksvraag

Het onderwerp van dit onderzoek is de bodem. De bodem kan namelijk een brug slaan tussen natuurorganisaties en landbouwers omdat het traditionele landschap een bron is van grote biodiversiteit. Dit onderzoek tracht te beantwoorden hoe de bodem nu eigenlijk functioneert omdat dit een bediscussieert onderwerp is. Maar als een groot verschil tussen de traditionele boer en de moderne boer gevonden kan worden in zijn omgang met de bodem, is het belangrijk om de verandering in de relatie tussen boer en bodem beter te begrijpen. Er zal onderzocht worden hoe een boer vóór de modernisatie van de landbouw zijn bodem vruchtbaar hield en hoe dit ná de modernisatie werd gedaan. Dit onderzoek heeft als doel om bij te dragen aan het begrip van bodemgezondheid, waarbij dit begrip tevens in historische context wordt gezet. De onderzoeksvraag die hierbij is opgesteld is als volgt:

Hoe is het perspectief op bodemkwaliteit veranderd sinds 1850?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden, wordt dit onderzoek in twee delen opgedeeld. In het eerste deel zal onderzocht worden hoe de bodemkwaliteit bevordert kan worden, zonder een bepaalde functie als belangrijkste uitgangspunt voor de inhoud van de tekst te nemen. Het uitgangspunt bij dit onderzoek is dat de bodem méér is dan alleen de scheikundige elementen die het bevat. In plaats daarvan is de bodem een complex systeem waarbij een rijk bodemleven en een goede bodemstructuur essentieel zijn voor het functioneren. Aangezien deze vraag nauw verbonden is met de manier waarop nutriënten door levende planten gebruikt worden en daarna in dode vorm teruggegeven worden aan de bodem, zal dit stuk zich richten op de nutriëntenkringloop. Er wordt een wetenschappelijk onderbouwde suggestie gedaan om de gehele kringloop van nutriënten te beschouwen, waarbij bodemleven en bodemstructuur in acht genomen wordt. De deelvraag die hierbij is opgesteld is als volgt:

Wat is de werking van de kringloop van nutriënten in de bodem?

In het tweede deel zal onderzocht worden welke veranderingen sinds 1850 hebben plaatsgevonden bij de omgang van een Nederlandse boer met zijn bodem. Er is gekozen voor het jaartal 1850 omdat dit volgens veel Nederlandse landbouwwetenschappers, zoals Bieleman, een mijlpaal in de ontwikkeling van de landbouwsector is. Voor 1850 bleef de landbouwsector min of meer vergelijkbaar ingericht, daarna onderging de landbouwsector veel veranderingen. De periode van 1850 tot 1900 was min of meer een transitieperiode van dit oude systeem naar een systeem dat gestoeld is op innovatie. Na 1950 werd de landbouwsector gemoderniseerd met behulp van technologie en de nieuwste wetenschappelijke inzichten. In beide tijdsperiodes zal onderzocht worden hoe de boer met zijn bodem omging. De deelvraag die hierbij is opgesteld is als volgt:

³³ Bieleman, 2010, p. 251

1.5 Methode

Het eerste deel van het onderzoek zal een suggestie doen voor de kringloop van nutriënten, waarbij aandacht wordt besteed aan de rol van bodemleven en bodemstructuur om bodemkwaliteit te bevorderen. Om de basiswerking van de bodem te achterhalen is eerst gebruik gemaakt van informele kennis over deze werking. Via een filmpje op YouTube beschrijft het bedrijf Plant Health Cure B.V. hun visie op het circulaire proces wat zich afspeelt in de bodem.³⁴ Op basis van deze kennis is een grof model opgesteld over de kringloop van nutriënten. Daarna is er via literatuuronderzoek een poging gedaan om te bekijken of de logica achter dit zelf opgestelde model ook blijkt uit wetenschappelijk onderzoek. Tijdens het doen van dit onderzoek bleek dat wetenschappers alleen ingaan op een gedeelte van de kringloop van nutriënten en dat zij dus niet de gehele kringloop beschrijven. Sommige literatuur gaat bijvoorbeeld vooral in op het verteringsproces van dood organisch materiaal, wat uiteindelijk leidt tot de vorming van humus. Terwijl andere literatuur ingaat op de functie van humus in de bodem. Als oplossing hiervoor is er in dit onderzoek erg veel wetenschappelijke literatuur doorgenomen om te kijken of hier ook een rode draad in te onderscheiden is. Hieruit bleek dat het inderdaad mogelijk is om een circulair proces te onderscheiden die nutriënten doorlopen zoals ook door Plant Health Cure wordt gesteld. Daarna wordt er in dit hoofdstuk een suggestie gedaan voor de werking van de nutriëntenkringloop, waarbij de werking van de kringloop systematisch doorlopen wordt en de inhoud volledig gebaseerd is op wetenschappelijke literatuur. Niet iedere wetenschappelijke bron kwam in aanmerking voor deze tekst. In dit geval is er vooral literatuur gebruikt waarin beschreven wordt welke processen zich in de bodem afspelen. Daardoor is het mogelijk om vrijwel alleen maar oorzaak-gevolg relaties te beschrijven. Dit wijkt af van reductionistisch gedreven, statistisch onderbouwde onderzoeken waarbij een poging wordt gedaan om het positieve effect van het een op het ander te bewijzen.³⁵ Ter illustratie: het nut van natuurlijke bemesting op de bodemkwaliteit kan statisch bewezen worden.³⁶ Maar een boer in het veld heeft dan nog steeds geen idee wat hij met deze kennis kan tijdens zijn dagelijkse werk omdat er niet exact beschreven wordt welke handelingen uitgevoerd zijn, daarnaast is er geen boerenbedrijf hetzelfde, dus positieve resultaten uit een wetenschappelijk onderzoek bieden geen garantie voor positieve resultaten in de praktijk. Kortom, deze onderzoeken kunnen niet de processen benoemen die ten grondslag liggen aan de werking van de bodem. In dit onderzoek is er juist aandacht voor deze onderliggende processen en de werking daarvan.

Het tweede deel van dit onderzoek gaat dieper in op de historische ontwikkelingen van de interactie tussen de boer en de bodem. Hierbij wordt grofweg het tijdvak 1850 tot 2020 aangehouden. Tijdens vooronderzoek is geconstateerd dat de landbouwtechnieken voor de Tweede Wereldoorlog zeer verschilden met de landbouwtechnieken van daarna. Er is daarom voor gekozen om het verschil in de landbouwtechnieken van voor de Tweede Wereldoorlog en na de Tweede Wereldoorlog te onderzoeken en te vergelijken. Zeer specifieke kennis over landbouwtechnieken van voor 1900 is lastig te achterhalen omdat dit niet iets is waar vroeger veel over geschreven werd. Er zijn ook geen mensen meer in leven die boer waren in de negentiende eeuw. Daarom is ervoor gekozen om gebruik te maken van zogenaamde handboeken voor de landbouw. Deze handboeken zijn destijds opgesteld als studieboek voor landbouwtechnieken. Het bijzondere hiervan is dat de schrijver zijn visie presenteert op de beste landbouwmethodes ten tijde van publicatie. Vaak had de schrijver decennialang ervaring als onderzoeker en leraar van de landbouwkunde, voordat hij overging tot het schrijven van een boek. Handboeken voor de landbouw bevatten een enorme hoeveelheid waardevolle kennis en er wordt zeer specifiek beschreven welke handelingen gedaan kunnen worden om de vruchtbaarheid van de bodem te bevorderen. De

³⁴ Plant Health Cure B.V., 2017; Plant Health Cure is een commercieel bedrijf dat gespecialiseerd is in de bevordering van bodemkwaliteit in de landbouw.

³⁵ Studies met statistische analyses: Cai et al., 2014; Henneron et al., 2015; Bai et al., 2018; Maltas et al., 2018.

³⁶ Fließbach et al., 2007

handboeken kunnen beschouwd worden als vroeg-wetenschappelijke literatuur over de landbouw.³⁷ De oudste handboeken voor de landbouw zijn een extreem waardevolle bron omdat dit tot de oudste groep publicaties behoort, die met het specifieke doel geschreven zijn om innovatie in de landbouwsector te bevorderen.³⁸ Dit betekent dat de tekst nog heel erg aansluit bij de landbouwtechnieken uit het tijdperk van voor de industriële revolutie. In feite wordt er een vorm van landbouw aangehaald die juist in de afgelopen honderdvijftig jaar verdwenen is. Daarnaast is dit ook wetenschappelijke literatuur omdat de tekst volgens de schrijvers vanuit wetenschappelijke principes opgesteld is. Toch kan dit werk niet direct vergeleken worden met huidige wetenschappelijke literatuur. In tegenstelling tot de manier waarop huidige wetenschappelijke literatuur over de bodem georganiseerd is, namelijk gedetailleerd en reductionistisch, wordt hier de visie van de schrijver op een alomvattende manier beschreven. Dit betekent dat de schrijver ieder relevant proces voor de landbouw toelicht. Er wordt hierbij meer waarde gehecht aan de volledigheid van de boodschap die de schrijver wil overbrengen, en minder waarde aan de optimale wetenschappelijke onderbouwing voor een uitspraak. In deze tijd was slechts een fractie van de huidige hoeveelheid kennis bekend; en er worden standpunten beschreven waarvan de onderbouwing niet meer voldoet aan de huidige wetenschappelijke standaard, of omdat het standpunt simpelweg al lang ontkracht is.³⁹

In dit onderzoek zullen handboeken voor de landbouw in groot detail geanalyseerd worden. Hiervoor is gekozen omdat het aantal boeken over de landbouw die gepubliceerd zijn in de negentiende eeuw, niet meer is dan enkele tientallen. Als enkel handboeken voor de landbouw meegerekend worden die de landbouw in brede zin beschrijven, dan zijn het er nog veel minder. Het is daarom lastig om de boeken op een hoop te gooien omdat er tussen de boeken veel verschil is. Dit komt mede doordat de schrijvers hele andere ideeën over de landbouw hadden en de tijd tussen publicaties van handboeken was groot, waardoor nieuwe ontwikkelingen alweer zorgden voor nieuwe ideeën. Door de geringe omvang van dit onderzoek is er daarom ruimte om twee handboeken voor de landbouw te analyseren. Het doel is om landbouwtechnieken met betrekking tot de bodem te onderzoeken en te vergelijken. Een gedetailleerde analyse is ook nodig omdat er erg veel veranderd is sinds deze tijd. Het dagelijkse leven, de samenleving, de landbouwtechnieken, de technologische ontwikkeling, wetenschappelijke normen en algemene opvattingen verschillen enorm met de eenentwintigste eeuw. Dit zorgt ervoor dat technieken voor de bevordering van de bodemkwaliteit niet één op één overgenomen kunnen worden door moderne boeren. De analyse zal uitgevoerd worden door een samenvatting te maken van het handboek, waarbij dit ondersteund zal worden met quotes. Hierdoor krijgt de lezer een zeer goede indruk van de manier waarop handboeken voor de landbouw geschreven zijn en de waarde van de kennis die erin beschreven staat. Er is voor gekozen om met quotes te werken om feit en interpretatie uit elkaar te houden. Daarnaast zijn er quotes gebruikt omdat de schrijver van een handboek op een mooie, elegante wijze beschrijft wat de waarde is van de landbouwtechnieken die hij aanraadt. Dit wordt zo helder en duidelijk beschreven, dat de waarde van het onderzoek omlaag zou gaan als de zinnen geparafraseerd zouden worden. Omdat het vak van de boer in de kern altijd hetzelfde gebleven is, blijft de negentiende-eeuwse kennis ook relevant in de huidige tijd.

Daarna zullen de naoorlogse veranderingen worden achterhaald via een interview met een boer. Hierin zal hij bevestigd worden over de landbouwmethoden die in de decennia na de Tweede Wereldoorlog gangbaar waren en hoe deze veranderd zijn. Er is specifiek gekozen voor een interview met een boer omdat hij een zeer betrouwbare bron is om de veranderingen op het boerenbedrijf beter te begrijpen. Echter, men moet rekening houden met het feit dat geen boer hetzelfde is.⁴⁰ Met een interview van een enkele boer kan veel diepgang bereikt worden. Dit geeft de boer de kans om uitgebreid in te gaan op methoden die hij toepaste en hoe zijn bedrijfsvoering is veranderd over de tijd. Het doel is om een historisch perspectief te schetsen waarmee men

³⁷ Maltha, 1976, p. 75

³⁸ Voor 1800 zijn slechts enkele boeken over de landbouw gepubliceerd, vaak waren hier ook nog theologische teksten in opgenomen (Maltha, 1976). Daarnaast strookt dit met de waarneming dat voor 1850 de landbouw nauwelijks een onderzoeksthema was, landbouwonderwijs (vrijwel) vrijwel afwezig was, en literatuur over de landbouw dus nog geen functie had.

³⁹ Maltha, 1976, p. 76

⁴⁰ Calvo-Iglesias et al., 2006

beter begrijpt hoe de landbouwsector na de Tweede Wereldoorlog veranderd is. Dit wordt gedaan door twee ijkpunten, namelijk in 1990 en 2022. Er is gekozen voor deze twee ijkpunten omdat de geïnterviewde boer in de eenentwintigste eeuw overgestapt is naar een biologische bedrijfsvoering, daarvoor was hij altijd een gangbare boer. Tijdens het interview zijn algemene vragen aan bod gekomen, maar met name ook vragen die gericht zijn op de omgang met de bodem. Dit gedeelte zal vrij kort zijn, in verhouding tot het onderzoek naar de vooroorlogse veranderingen.

Om de veranderingen te kunnen analyseren, zijn vier indicatoren opgesteld. Ze zijn vastgesteld op basis van het onderzoek dat gedaan is in hoofdstuk 2. De indicatoren zijn: toevoeging van dood organisch materiaal, ploegen, toevoeging van anorganische mest, en het gebruik van pesticiden.

Met dood organisch materiaal worden stoffen bedoeld die van organische oorsprong zijn, bij afbraak worden deze stoffen omgezet tot humus. Met anorganische mest worden de stoffen bedoeld die anorganisch zijn en dus niet verteerd kunnen worden. Ze blijven dezelfde stof en kunnen direct opgenomen worden door planten. Met pesticiden worden chemische stoffen bedoeld die geproduceerd zijn om gewassen te beschermen.

TABEL 1. HET MODEL VOOR DE BEOORDELING VAN DE BODEMKWALITEIT.

	Positief						Negatief
Toevoeging dood organisch materiaal	Veel						Niks
Ploegen	Nooit						Vaak
Toevoeging anorganische mest	Niks						Veel
Pesticiden	Niks						Veel

Vervolgens wordt een eenvoudig beoordelingsmodel gebruikt om de analyse uit te kunnen voeren, zoals zichtbaar in tabel 1. Via dit model kunnen de vier indicatoren beoordeeld worden op een schaal van positief tot negatief. Iedere schaalbalk bestaat uit vijf waarden om zo de lezer een indicatie te geven van de situatie in het desbetreffende tijdvak. Daarna zal de beoordeling kort toegelicht en onderbouwd worden. Ter illustratie: bij toevoeging van dood organisch materiaal, wordt veel toevoeging als het meest positief beschouwd, terwijl geen toevoeging als het meest negatief beschouwd wordt. Iedere indicator heeft zijn eigen positieve en negatieve waarde. Er is voor gekozen om met dit model te werken zodat resultaten van het onderzoek met elkaar vergeleken kunnen worden. Het lastig is om een objectieve beoordeling dat in lijn ligt met het concept bodemkwaliteit. Een concept dat zo complex is, dat de werking ervan slechts oppervlakkig begrepen wordt. Om de beoordeling traceerbaar en eenvoudig te maken, is er gebruik gemaakt van dit model.

In het kortste en laatste hoofdstuk, de conclusie, zullen de resultaten van hoofdstuk 2 en 3 geïnterpreteerd worden.

2. De kringloop van nutriënten

2.1 Biochemische cyclus

Planten hebben nutriënten nodig om te groeien. De nutriënten halen ze in vaste vorm uit de bodem of in gasvorm uit de lucht. De elementen in de bodem bevinden zich niet altijd op dezelfde plek. In plaats daarvan bewegen zij zich circulair door de aardlagen heen in een extreem lange periode van miljoenen jaren. Achter deze circulatie van elementen zit een geavanceerd scheikundig proces dat veroorzaakt wordt door magma dat in de kern van de aarde zit. Daarnaast zijn processen zoals bergvorming, platen tektoniek en verwerking van gesteenten belangrijke onderdelen hiervan. Het onderzoek naar dit proces heet geochemie en is de basis van de anorganische nutriëntenkringloop. Anders gezegd, het proces waarin nutriënten zonder tussenkomst van levende organismen bewegen door de aarde.

Fosfaat is een voorbeeld van een vast element met een kringloop die niet door de atmosfeer gaat. Daarom is het een onderdeel van de geochemische cyclus. Fosfaat komt vrij bij de natuurlijke verwerking van minerale gesteenten en deze verwerking is een zeer langzaam proces. Fosfaat wordt opgenomen door planten in de vorm van fosfor (PO_4).⁴¹ Het proces waarin fosfor weer beschikbaar komt voor planten kan verkort worden doordat bodemorganismen dood organisch materiaal afbreken tot anorganisch materiaal. Fosfor is ook een ingrediënt van kunstmest, dit wordt uit gesteentes in de bodem gehaald via mijnbouw. Er zijn al lang zorgen dat de voorraad fosfaat voor kunstmest op raakt en er dan fosfaatschaarste zal komen.⁴²

Als men de invloed van levende organismen erbij betreft, dan valt dit onder de subcategorie biogeochemie. Het circulaire systeem waarbij organismen betrokken zijn voor de doorstroom van (scheikundige) elementen heet de biochemische cyclus. Dit is een cyclisch proces waarin nutriënten zich door de biotische (levende) en abiotische (niet-levende) delen van de aarde bewegen. Het onderscheidt zich van de geochemische cyclus doordat het plaatsvindt aan het aardoppervlak en de atmosfeer erbij betrokken is. Sommige chemische kringlopen worden daarom zonder de betrokkenheid van levende organismen doorlopen en sommige kringlopen mét de betrokkenheid van levende organismen. De zuurstofkringloop is een voorbeeld waarbij de kringloop afhankelijk is van levende organismen (namelijk planten) voor de productie van zuurstof via fotosynthese. Andere bekende voorbeelden waarbij organismen een rol spelen zijn de koolstofkringloop, de stikstofkringloop en de waterkringloop.

De koolstofkringloop wordt veelal gezien als de bekendste biochemische kringloop. Koolstof zit in de lucht als koolstofdioxide (CO_2). De grootste opslagplek van koolstof bevindt zich in de diepzee van de oceaan waarin het opgeslagen wordt in de vorm van koolstofdioxide. Op de tweede plek volgt de bodem, waarin koolstof opgeslagen wordt als dood organisch materiaal.⁴³ Er is onderzocht dat de bodem vier keer zoveel koolstof bevat dan het leven dat zich boven op de bodem bevindt. Planten gebruiken koolstofdioxide bij de fotosynthese en koolstof (C) is de belangrijkste bouwstof van planten. Als deze planten dood gaan, komen hun resten in de bodem terecht. Koolstof is voor de ontwikkeling van planten zo belangrijk dat ze bij een verhoogde concentratie van koolstofdioxide in de atmosfeer, sneller groeien en hun totale biomassa significant toeneemt.⁴⁴ Niet iedere plantensoort reageert hetzelfde op een verhoogde concentratie koolstofdioxide en er is veel verschil tussen en binnen plantensoorten. Toch groeien planten gemiddeld een stuk beter bij een concentratie die tenminste twee keer zo hoog is dan de huidige concentratie, mits dit een grote limiterende factor is voor de ontwikkeling van de plant. De huidige atmosferische concentratie van koolstofdioxide is ruim 400 PPM. Ter illustratie: de optimale atmosferische concentratie van wintergraan zit op ongeveer 900 PPM.⁴⁵

⁴¹ Keyzer, 2010

⁴² Keyzer, 2010

⁴³ Stockmann et al., 2013

⁴⁴ Gerhart & Ward, 2010; Gamage et al., 2018;

⁴⁵ Xu, 2015; PPM = Parts per Million

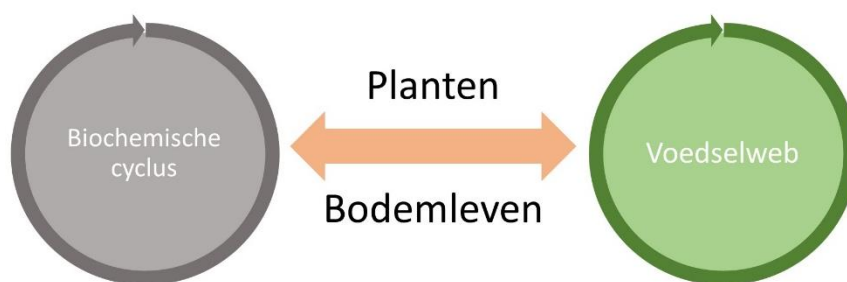
Als planten groeien, gebruiken zij koolstofdioxide uit de lucht. Bij dit proces komt zuurstof (O_2) vrij en dit wordt gebruikt door aerobe organismen. Aerobe organismen gebruiken zuurstof in hun metabolisme en zetten de zuurstof daarmee weer om naar koolstofdioxide.

Bij andere kringlopen speelt de bodem een belangrijke rol. Stikstof is het meest voorkomende element in de atmosfeer en is ook heel erg belangrijk voor de groei van planten. De lucht bevat stikstof in de vorm van N_2 , een vorm van stikstof die planten niet op kunnen nemen. Om door planten opgenomen te worden heeft de stikstof een andere samenstelling nodig, meestal in de vorm van nitraat (NO_3). De stikstof (N_2) kan op verschillende manieren omgezet worden tot nitraat. In de landbouw wordt meestal kunstmest gebruikt. Hierbij wordt N_2 met een chemisch proces omgezet naar nitraat (NO_3). Bij de natuurlijke manier van stikstoffixatie werken bepaalde plantensoorten samen met eencellige organismen in de bodem om nitraat te produceren. Een voorbeeld hiervan is de rhizobium bacterie. Een plantenfamilie die samenwerkt met deze bacterie is de vlinderbloemige, hieronder vallen bijvoorbeeld klaversoorten. Daarnaast kunnen bodemorganismen de stikstof die vastgelegd is in dood organisch materiaal weer opnieuw omzetten naar nitraat.

Zoals uitgelegd heeft ieder element uit het periodiek systeem zijn eigen kringloop. Andere voorbeelden van kringlopen zijn de ijzerkringloop, zinkkringloop en de calciumkringloop. In de meeste kringlopen kunnen bodemorganismen een rol spelen, of de natuurlijke kringloop is zelfs afhankelijk van bodemorganismen.

2.2 Bodemdieren

Het is duidelijk dat organismen in de bodem, ook wel bodemleven, een belangrijke rol spelen in het vrijmaken van voedingsstoffen voor planten. In feite vormt bodemleven de verbinding tussen de levende wereld en de niet levende wereld (zie afbeelding 3). Planten groeien namelijk van anorganische elementen zoals fosfaat, kalium en stikstof. Planten worden weer gegeten door dieren en de dieren worden weer gegeten door roofdieren. De relatie tussen dieren waarbij zij eten en gegeten worden, is in kaart gebracht in het voedselweb. Alle organismen gaan uiteindelijk dood en hun overblijfselen (dood organisch materiaal) worden weer verteerd. Het bodemleven zorgt hierbij dat voedingsstoffen weer beschikbaar komen als stoffen in de bodem die planten kunnen opnemen.⁴⁶



AFBEELDING 3. PLANTEN EN BODEMLEVEN VORMEN DE VERBINDING TUSSEN DE BIOCHEMISCHE CYCLUS EN DE VOEDSELKETEN. (BRON: EIGEN FIGUUR)

Sinds de jaren negentig komen steeds meer wetenschappers tot de conclusie dat biodiversiteit de basis is voor een gezond ecosysteem.⁴⁷ Echter, zien deze zelfde wetenschappers de grootste bron van biodiversiteit op aarde meestal over het hoofd, de bodem. Terwijl wetenschappers vooral bezig zijn met onderzoek naar natuur op het land, in de zee of in zoetwatermassa's op het land, kijken zij nauwelijks naar het leven in de eerste centimeters onder het aardoppervlak. Een kwart van alle soorten organismen in de wereld bevindt zich namelijk

⁴⁶ Coleman et al., 2018, p. 173

⁴⁷ Loreau, 2001; Tilman et al., 2014

in de bodem.⁴⁸ Dit betekent dat er duizenden soorten organismen in de bodem te vinden zijn.⁴⁹ In een theelepel met tuinaarde kunnen talloze soorten organismen gevonden worden. Het leven in de bodem varieert van zeer kleine organismen zoals bacteriën en schimmels, tot grotere organismen zoals regenwormen en pissebedden. Doordat we de bodem niet makkelijk kunnen zien en ons weinig voor kunnen stellen bij het leven in de bodem krijgt deze disproportioneel weinig aandacht van mensen. De processen die in de bodem gebeuren zijn bedekt door een laag aarde en de organismen die erin leven zijn meestal zo klein dat men een microscoop nodig heeft om ze goed te bekijken.

Bodemdieren worden tegenwoordig vaak onderscheiden in drie categorieën: microfauna, mesofauna en macrofauna.⁵⁰ Deze classificatie onderscheidt de organismen in de bodem op basis van lichaamslengte. De microfauna bestaan vooral uit bacteriën, schimmels, kleine nematoden en ééncellige organismen genaamd protozoa. De mesofauna bestaan onder andere uit nematoden, microgeleedpotigen, springstaarten en mijten. De macrofauna bestaan mede uit insecten, spinnen, pissebedden, miljoenpoten, duizendpoten, slakken en wormen. Iedere groep organismen bevat talloze soorten en vele soorten zijn dan ook nog niet gedetermineerd en benoemd.

Een deel van de organismen in de bodem breekt dood organisch materiaal af maar niet ieder organisme in de bodem voedt zichzelf op deze wijze.⁵¹ Er zijn predatoren die andere organismen consumeren. Er zijn ook schimmels en bacteriën die in symbiose treden met levende planten. Nog weer andere organismen zijn herbivoren en eten levend plantmateriaal zoals plantenwortels. De organismen onder de grond bevinden zich in een voedselweb, net zoals dit boven de grond of in het water het geval is. Bepaalde soorten mijten voeden zich met nematoden, waardoor niet alleen een natuurlijke interactie tussen twee soorten zichtbaar wordt, maar een boer kan daarnaast gebruik maken van deze kennis in de bestrijding van nematoden.⁵²

2.3 De kringloop van nutriënten

Het doel van iedereen die werkt met planten, is om een gezonde, krachtige plant te kweken. Dit kan voor menselijke consumptie zijn, of voor talloze andere doeleinden. Een plant heeft koolstof en voedingsstoffen nodig om te groeien. Die voedingsstoffen komen doormiddel van natuurlijke verweringsprocessen in het moedermateriaal van de bodem vrij, maar ook door invloed van organismen. Dit hoofdstuk gaat dieper in op de rol die de bodem speelt voor de plant om gezond en krachtig te zijn. Een vruchtbare grond is méér dan alleen een bodem met veel N, P en K, waarbij het verlies van deze stoffen weer wordt aangevuld met kunstmest. Bodemkwaliteit is een complex concept dat cruciaal is voor een duurzame vruchtbare bodem. Dit onderzoek doet een suggestie om bodemkwaliteit te bekijken als een kringloop van nutriënten, zoals hij werkt onder invloed van bodemleven en waarbij een goede bodemstructuur ontstaat.

De kringloop van nutriënten wordt visueel weergegeven in figuur 4. Kort gezegd heeft bodemleven twee hoofdfuncties, het zorgt voor de afbraak van dood organisch materiaal (2) en het ondersteunt de levende plant in zijn interactie met de bodem (4). Het gevolg van deze twee functies is dat planten gezonder en krachtiger zijn (1), en de bodem een goede bodemstructuur krijgt (3).

⁴⁸ Aksoy et al., 2017

⁴⁹ Coleman et al., 2018, p. 85

⁵⁰ Coleman et al., 2018, p. 78

⁵¹ Coleman et al., 2018, p. 77

⁵² Coleman et al., 2018, p. 104



AFBEELDING 4. EEN NIEUWE SUGGESTIE VOOR DE KRINGLOOP VAN NUTRIËNTEN. (BRON: EIGEN FIGUUR)

Een deel van de bodemorganismen heeft voedsel dat bestaat uit dood organisch materiaal. Zonder een constante toevoer van dood organisch materiaal kunnen zij niet leven. Als bodemorganismen hun voedsel consumeren recyclen ze nutriënten in dood organisch materiaal zodat deze opnieuw beschikbaar komen voor planten. Planten hebben deze nutriënten weer nodig om te groeien. Dood organisch materiaal dat zich in de bodem bevindt wordt in internationale literatuur Soil Organic Matter (SOM) genoemd, SOM is dood organisch materiaal in de bodem dat zich in verschillende fasen van decompositie bevindt.⁵³ Op de bodem ligt strooisel, het meest verse dood organisch materiaal. In de bodem wordt Soil Organic Matter meestal herkend als een donkerbruine laag die net onder het bodemoppervlak het meest prominent aanwezig is. Deze bevindt zich net onder het bodemoppervlak omdat de meeste activiteiten van bodemorganismen juist daar plaatsvinden. De belangrijkste factoren die de snelheid van afbraak bepalen zijn vochtigheid, temperatuur, kwaliteit van het af te breken dood organisch materiaal en de samenstelling van de gemeenschap van micro-organismen in de bodem.⁵⁴ Bij gunstige decompositieomstandigheden zullen er meer organismen in de bodem aanwezig zijn en er zal meer soortendiversiteit aanwezig zijn. Nieuw dood organisch materiaal komt terecht op de bodem in de vorm van strooisel. Vervolgens kunnen de bodemorganismen starten met het afbreken van het dood organisch materiaal. In dit proces wordt de meeste koolstof in het organisch materiaal afgebroken en het komt vrij in de vorm van koolstofdioxide (CO₂). Een erg klein deel van deze koolstof komt in de bodem terecht als humus. Dood organisch materiaal wordt meerdere keren verteerd door verschillende micro-organismen en in feite bestaat humus uit dood organisch materiaal dat ten minste één keer verteerd is door organismen in de bodem. Soil Organic Matter bestaat uit dood organisch materiaal dat zich in verschillende stadia van decompositie bevindt. Enkele stadia worden beschreven in tabel 1. De snelheid waarmee dood organisch materiaal afgebroken wordt hangt af van de vorm van het materiaal. De uitwerpselen van dieren zijn veel beter voedsel voor bodemorganismen dan planten omdat de dieren vaak verschillend voedsel eten en hier voeden weer veel verschillende bodemorganismen zich mee. Ook voedingsrijke delen van planten zoals het cytoplasma, de nucleus en organellen breken snel af in de bodem vanwege de grote hoeveelheid stikstof die het bevat. Bij complexe en grote moleculen

⁵³ Stockmann et al., 2013

⁵⁴ Stockmann et al., 2013

zoals lignine (houtachtig) en cellulose (kruidachtig) is de decompositie traag omdat hier zeer veel koolstof in verhouding tot stikstof aanwezig is.⁵⁵

TABEL 2. DE VERSCHILLENDE VORMEN WAARIN DOOD ORGANISCH MATERIAAL IN DE BODEM GEVONDEN WORDT, DE COMPOSITIE VAN HET MATERIAAL EN DE DECOMPOSITIESNELHEID. (OVERGENOMEN UIT: STOCKMANN ET AL., 2013)

Vorm	Compositie	Decompositiesnelheid
Oppervlakte plantmateriaal (strooisel)	Plantmateriaal en ander dood organisch materiaal (in elke mogelijke vorm) dat zich op de oppervlakte van de bodem bevindt.	Dagen tot jaren - snel
Begraven plantmateriaal	Plantmateriaal dat in de bodem zit en groter is dan 2 mm in grootte.	Dagen tot jaren - snel
Fijn plantmateriaal	Gedeeltelijk afgebroken organisch materiaal dat tussen de 2 mm en 50 µm in grootte is.	Dagen tot jaren - snel
Humus	Sterk afgebroken organisch materiaal dat kleiner is dan 50 µm en gebonden is aan anorganische minerale stoffen (kleideeltjes) in de bodem.	Jaren tot decennia - langzaam
Resistent organische koolstof	Houtskool of gebrand materiaal dat resistent is geworden tegen decompositie.	Decennia tot millennia - passief

Humus ontstaat nadat het meerdere keren verteerd is door de organismen in de bodem. In tabel 2 is zichtbaar dat humus daarom een zeer fijne substantie is. Daarnaast bindt humus zich goed aan zeer fijne minerale deeltjes, met name kleideeltjes. Hoe groter het percentage kleideeltjes in de bodem, hoe meer humus er gemiddeld in de bodem zit. In de afgelopen honderd jaar werd veelal gedacht dat humus een stabiele substantie is die een erg lange tijd in de bodem kan blijven zitten. Sommige wetenschappers komen hier nu op terug en zien humus als een substantie dat heel langzaam afbreekt maar niet als een stabiele substantie.⁵⁶ Humus bestaat voor een groot deel uit moleculen met een trage decompositiesnelheid zoals lignine en cellulose. Dit betekent dat humus langzaam verdwijnt indien een constante aanvoer van dood organisch materiaal stopt. De bijzondere eigenschap van humus is dat het zich bindt aan de zeer fijne minerale deeltjes in de bodem waardoor zogenaamde aggregaten gevormd worden.⁵⁷ Deze aggregaten zijn een soort klontjes in de bodem die weer bestaan uit kleinere aggregaten en dit zorgt voor de gewenste goede bodemstructuur. De aggregaten variëren in grootte van kleiner dan een micrometer tot groter dan een millimeter. Er wordt onderscheid gemaakt tussen microaggregaten (klein), kleine macroaggregaten (middel) en grote macroaggregaten (groot).⁵⁸ Iedere aggregaat wordt opgebouwd uit aggregaten van een kleiner niveau. In feite bestaan aggregaten uit een mengsel van klei, leem, zand, afgebroken dood organisch materiaal, wortels, schimmeldraden en micro-organismen.⁵⁹ Deze samenstelling zorgt voor de samenklontering van de deeltjes die zich in de bodem bevinden waardoor ruimte vrijkomt tussen de aggregaten, deze ruimtes worden poriën genoemd. Aggregaten en poriën vormen samen de

⁵⁵ Sarker et al., 2022

⁵⁶ Lehmann & Kleber, 2015

⁵⁷ Strawn et al., 2015, p. 219; Sarker et al., 2022; Engels: Soil aggregates

⁵⁸ Cheeke et al., 2013, p. 7

⁵⁹ Sarker et al., 2022

basis voor een goede bodemstructuur omdat plantenwortels, zuurstof en water dan makkelijk de bodem kunnen binnentreden. Zuurstof en water zijn essentieel voor de groei van planten en de afbraak van dood organisch materiaal.

Aggregaatvorming bevordert het gemak waarmee de plant zich kan wortelen in de bodem en het bevordert nutriëntopname. Aggregaten worden gevormd onder invloed van verschillende factoren. Ten eerste kunnen ze makkelijker vormen als er veel kleideeltjes in de bodem aanwezig zijn omdat humus hieraan bindt. Logischerwijs is de tweede factor de aanwezigheid van dood organisch materiaal, hoe meer hiervan aanwezig is in de bodem, hoe makkelijker aggregaatvorming plaats kan vinden. Ten derde, Aggregaten worden makkelijker gevormd onder invloed van het herhalende proces waarin de bodem nat wordt door neerslag en daarna opdroogt.⁶⁰ Een vierde factor ligt in de aanwezigheid van organismen in de bodem die door hun natuurlijke gedrag bijdragen aan de vorming van aggregaten.⁶¹ Een voorbeeld hiervan is de worm. De worm eet en graaft gangen tegelijkertijd, dit is voor planten een win-win situatie. Ze kunnen namelijk makkelijk wortels schieten in de gang. Deze gang is tevens gevuld met uitwerpselen van de worm die vol verteerde nutriënten zit, en de uitwerpselen kunnen beschouwd worden als aggregaten.⁶² De constante aanvoer van dood organisch materiaal als voedsel voor de worm is hierbij natuurlijk essentieel. Andere organismen verteren deze uitwerpselen verder en onder andere bacteriën en schimmels kunnen ervoor zorgen dat aggregaten in feite aan elkaar gelijmd worden in de bodem. Uit onderzoek naar bemestingstypen blijkt dat bij het gebruik van makkelijk verteerbaar dood organisch materiaal, er snel aggregaatvorming in de bodem zal plaatsvinden. Echter, dit is van korte duur. Indien men moeilijk verteerbaar dood organisch materiaal gebruikt, zal de aggregaatvorming juist langzamer plaatsvinden, maar dit betekent tegelijkertijd ook een langer bestaansrecht van de aggregaten. Uit dit proces kan afgeleid worden dat er een constante toevoer van dood organisch materiaal nodig is en als deze toevoer stopt, zal de structuur weer langzaam verdwijnen. Daarnaast is het ook aan te raden dat er verschillende typen organisch materiaal gebruikt worden voor de bemesting van de grond.⁶³

In wetenschappelijke literatuur is er veel discussie over de eigenschappen van de substantie humus. Daarnaast geven wetenschappers regelmatig verschillende betekenissen aan humus zonder dat zij die betekenis toelichten in hun publicatie. De definitie van humus in de bodem is in dit onderzoek gebaseerd op de concrete en fysieke vorm waarmee humus zich in de bodem bevindt, namelijk in de vorm van aggregaten die de bodem structuur geven. Humus wordt daarom in dit onderzoek gezien als een onderdeel van Soil Organic Matter. Een andere reden voor de controverse over humus blijkt uit het feit dat wetenschappers jarenlang scheikundig onderzoek in het laboratorium naar de eigenschappen van humus in de bodem hebben uitgevoerd. Doordat zij de substantie humus veranderden met een scheikundig proces en daarmee de verbinding tussen humus en klei verbreken, kan deze stof niet als representatief beschouwd worden voor de eigenschappen van humus in de bodem zelf.⁶⁴

Een goede bodemstructuur heeft een rijkdom aan voordelen, waarvan nu een aantal beschreven zullen worden. Humus bindt aan nutriënten en de structuur van humusaggregaten zorgt ervoor dat nutriënten zich minder makkelijk door de bodem bewegen, dit zorgt bijvoorbeeld voor minder uitspoeling van nutriënten en helpt tegen erosie. Door de activiteiten van bodemleven (zoals het graven van gangen door wormen) en de vorming van humusaggregaten ontstaat een bodem met veel poriën en hier kan een plant goed in wortelen.⁶⁵ Bij een hoge bodemkwaliteit blijft de bodem langer vochtig omdat water extreem goed bindt aan humus. Dus hoe groter het percentage humus in de bodem, hoe meer water beschikbaar blijft voor planten in periodes met weinig neerslag.⁶⁶ Ondoordringbare lagen in de bodem en verslemming van de bodem worden tegengegaan door

⁶⁰ Wagner et al., 2007

⁶¹ Lehmann et al., 2017

⁶² Coleman et al., 2018, p. 163; Blanchart et al., 1990

⁶³ Abiven et al., 2009

⁶⁴ Strawn et al., 2015, p. 214

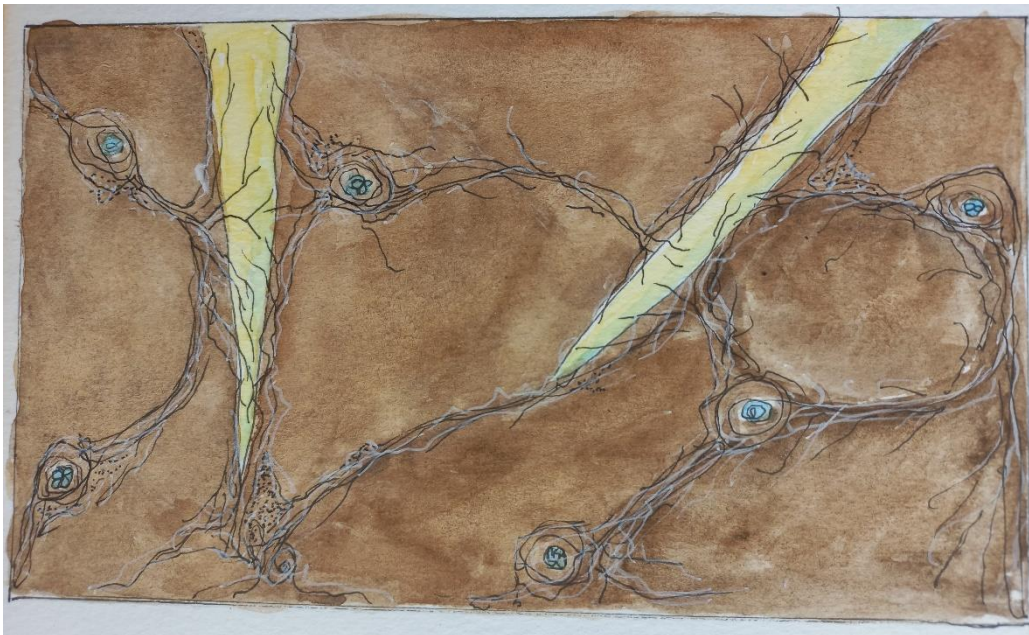
⁶⁵ Brussaard et al., 2007

⁶⁶ Karlen et al., 1997; Rawls et al., 2003

de activiteiten van organismen in de bodem. Dit zorgt ervoor dat oppervlaktewater goed de bodem kan binnendringen.

Naast het feit dat bodemorganismen dood organisch materiaal afbreken en hierdoor een goede bodemstructuur ontstaat, hebben bodemorganismen een andere functie. Ze helpen de plant namelijk in de interactie met de bodem. Bij dit proces zijn twee groepen organismen van belang: mycorrhiza schimmels en rhizobacteriën. Deze twee groepen organismen helpen de plant in verschillende aspecten.

Mycorrhiza, een schimmel, vormt een verbinding met de wortel van een plant.⁶⁷ Nadat deze verbinding tot stand gekomen is, voert de schimmel de overgrote meerderheid van de nutriënten aan, die de plant vervolgens kan opnemen.⁶⁸ In ruil voor de nutriënten, geeft de plant suikers terug die geproduceerd zijn tijdens de fotosynthese.⁶⁹ De nutriënten worden aangevoerd omdat de mycorrhiza een netwerk aan schimmeldraden (hyphae) aanlegt die extreem dun en lang kunnen worden (zie afbeelding 5). Dit heeft twee voordelen. Zij kunnen zeer microscopische poriën in de bodem gebruiken voor de opname van voedingsstoffen, met name fosfaat.⁷⁰ Doordat de mycorrhiza een zuur afscheid, vindt er meer verwerking van het moedermateriaal in de bodem plaats, hierdoor zijn meer minerale nutriënten beschikbaar voor planten.⁷¹ Mycorrhiza draagt daarnaast bij aan een betere bodemstructuur doordat het een stof afscheid die aggregaatvorming bevordert.⁷² De relatie tussen plant en mycorrhiza kan zorgen voor een significante toename in nutriëntopname vergeleken met planten die geen symbiotische relatie met mycorrhiza aan (kunnen) gaan. De plant wint het meest met de symbiose als het zich bevindt op een bodem met een tekort aan bepaalde nutriënten, de mycorrhiza kan de nutriëntentoevoer dan balanceren.⁷³ De overgrote meerderheid van planten (80% of meer) gaat een symbiotische relatie aan met mycorrhiza indien mogelijk.⁷⁴



AFBEELDING 5. EEN TEKENING VAN TWEE PLANTENWORTELS IN SYMBIOSE MET MYCORRHIZA SCHIMMELS. DE SCHIMMELDRADEN KUNNEN ZELFS DE FIJNSTE PORIËN BENUTTEN VOOR NUTRIËNTOPNAME. (BRON: EIGEN TEKENING)

⁶⁷ Smith & Read, 2008

⁶⁸ Smith & Read, 2008 p. 120

⁶⁹ Smith & Read, 2008 p. 124

⁷⁰ Smith & Read, 2008, p. 119; Coleman et al., 2018, p. 33

⁷¹ Coleman et al., 2018, p. 199

⁷² Rillig & Mummey, 2006; Coleman et al., 2018, p. 73

⁷³ Smith & Read, 2008, p. 119

⁷⁴ Smith & Read, 2008, p. 30

De andere groep micro-organismen die de plant helpt in de interactie met de bodem zijn Rhizobacteriën. Rhizobacteriën vormen een laag om de wortel heen, deze laag om de wortel heet de rhizosfeer (zie afbeelding 6). Dit is een laag die een hoge concentratie rhizobacteriën bevat. Een deel van de soorten rhizobacteriën helpt om nutriënten beschikbaar te maken voor planten door de chemische omstandigheden aan te passen en beschermen de wortel tegen stress zoals droogte en ziektes.⁷⁵ De soorten rhizobacteriën die daarvoor verantwoordelijk zijn worden door wetenschappers 'plant growth promoting rhizobacteria' (PGPR) genoemd. PGPR en mycorrhiza schimmels kunnen de plant vooral goed helpen onder stress condities, de groei van een plant wordt dan belemmerd en de gezondheid van de plant gaat achteruit. Stressfactoren kunnen de volgende verschijnselen geven: een ongebalanceerde situatie m.b.t. de hormonen in de plant en de opname van nutriënten, schadelijke bodemomstandigheden zoals aanwezigheid van zware metalen, een fysiek zwakke plant, of de vatbaarheid voor ziektes.⁷⁶ Deze PGPR en mycorrhiza helpen de plant om beter te groeien onder stresscondities door de balans van hormonen en de balans van voedingsstoffen te reguleren, de plantengroei te reguleren, nutriënten op te lossen en er wordt gezorgd voor bescherming tegen ziektes en schadelijke zware metalen.⁷⁷ Daarnaast blijkt uit onderzoek dat de samenwerking tussen PGPR en mycorrhiza de plant nog meer helpt vergeleken met een situatie waarin bacteriën afzonderlijk functioneren van schimmels en omgekeerd.⁷⁸ Een praktijkvoorbeeld ter illustratie: sommige boeren hebben tegenwoordig te maken met een overmatige aanwezigheid van nematoden die de plantenwortels aantasten. Moderne boeren gebruiken hiervoor chemische pesticiden met schadelijke neveneffecten. PGPR is een goed alternatief waardoor de plant veel minder last heeft



AFBEELDING 6. EEN TEKENING VAN EEN PLANTENWORTEL MET DAAROMHEEN DE RHIZOSFEER. ANDERE GROEPEN BACTERIËN BEVINDEN ZICH RONDOM DE PLANTENWORTEL. (BRON: EIGEN TEKENING)

⁷⁵ Miransari, 2013; Sayyed & Reddy, 2019

⁷⁶ Nadeem et al., 2014; Oleńska et al., 2020

⁷⁷ Ahemad, 2019

⁷⁸ Nadeem et al., 2014

van de overmatige aanwezigheid van nematoden en daarnaast profiteert de plant van tal van andere voordelen zoals een verbeterde opname van voedingsstoffen.⁷⁹

Om de cirkel rond te maken is er een laatste onderdeel wat toegelicht moet worden voor een optimale bodemkwaliteit, namelijk planten. Weilandten hebben meestal permanente bodembedekking maar dit is niet het geval bij akkerland. De bodem van akkers ligt vaak bloot vanaf het moment dat het gewas van het land wordt gehaald totdat er na de winter weer gewassen gaan groeien. Daarnaast is er vaak een onbegroeide bodem aanwezig tussen de gewassen. Men kan met planten de onbegroeide bodem bedekken, zonder dat deze worden geteeld voor de oogst. Deze planten worden dekgewassen (cover crops) genoemd. Het zijn multifunctionele gewassen die niet op het land groeien voor de verkoop maar in plaats daarvan groeien om de natuur in balans te houden. Dekgewassen worden gebruikt om de bodem het hele jaar te bedekken met levende planten. Deze planten zijn onmisbaar in het creëren van een hoge bodemkwaliteit omdat bodemorganismen afhankelijk zijn van zowel levende als dode planten. Planten geven voedingsstoffen aan mycorrhizaschimmels en rhizobacteriën in de vorm van glucose. Dus in de situatie waarbij het land niet bedekt is door planten, krijgen de schimmels geen voedsel en kunnen ze niet of nauwelijks groeien. Een deel van de soorten organismen in de bodem is dus afhankelijk van de levende planten die erop groeien. Indien de boer verschillende plantensoorten uitkiest als dekgewas, draagt dit evenredig bij aan de verhoging in biodiversiteit. Dat brengt weer een breed scala aan insecten, vogels, bodemorganismen en andere organismen met zich mee.⁸⁰ Er kunnen bijvoorbeeld bepaalde soorten gewassen gekozen worden die nitraat vastleggen in de bodem en daarmee de bodem verrijken en beschermen. De aanplant van dekgewassen helpt direct en indirect tegen de overlast van onkruid. Dekgewassen gaan de competitie aan met onkruid voor zonlicht, water en voedingsstoffen.⁸¹

Naast dit directe voordeel voor het bodemleven hebben dekgewassen een ander voordeel. Levende planten zijn belangrijk voor de bodemkwaliteit omdat zij bijdragen aan de stabiliteit van de bodemstructuur. Als een plant groeit vormt het wortels, als de plant daarna afsterft kunnen de wortels verteerd worden en blijven poriën achter.⁸² Bovendien draagt plantengroei bij aan de vorming van humusaggregaten. Daar waar dekgewassen groeien, vind minder bodemerosie plaats omdat de harde regendruppen niet meer direct op de aarde vallen maar op de planten. Bovendien zorgen de bodemgewassen voor een goede balans van het vochtpercentage in de bodem. Aan de ene kant kan regenwater makkelijk de grond indringen als er een goede bodemstructuur aanwezig is. Bij een goede bodemstructuur zijn goed ontwikkelde humusaggregaten en veel poriën tussen de aggregaten aanwezig. Het water kan bij de poriën in de bodem naar binnen sijpelen en de humus houdt het vocht goed vast. De planten zorgen voor een zacht bodemoppervlak dat ertoe leidt dat regenwater niet, of nauwelijks, oppervlakkig wegloopt. Aan de andere kant kunnen planten overtollig water in de bodem verdampen. Zij nemen het water op met de wortels en met fotosynthese kan het water via de bladeren van de plant verdampen. Met dit proces wordt voorkomen dat er alleen een dun laagje bodem aan het oppervlak opdroogt terwijl de diepere bodem kletsnat blijft. Als laatste stabiliseren planten de bodem waardoor de bodem minder verdicht wordt als er grote machines overheen rijden of zware dieren op lopen.

Het doel van dit hoofdstuk is om de werking van een goed functionerende bodem te onderzoeken. Na het lezen van honderden publicaties bleken wetenschappers unaniem eens te zijn over het feit dat een rijk bodemleven en een goede bodemstructuur belangrijk zijn. Echter, in de praktische omgang met bodemleven bestaan er enorme verschillen tussen de ideeën van verschillende wetenschappers. Een mogelijke reden hiervoor is dat mensen het basisproces van wat zich in de bodem afspeelt niet duidelijk definiëren of verschillende definities gebruiken.⁸³ In publicaties van wetenschappers wordt steeds ingegaan op een deel van het proces; wetenschappers doen al zeker 85 jaar onderzoek naar aggregaatvorming in de bodem, terwijl heel veel wetenschappers en boeren helemaal niet weten wat aggregaatvorming is.⁸⁴ In werkelijkheid is er een samenspel

⁷⁹ Mhatre et al., 2019

⁸⁰ Vukicevich et al., 2016

⁸¹ Osterholz et al., 2021

⁸² Angers & Caron, 1998

⁸³ Leymann & Kleber, 2015; Rillig & Mummey, 2006

⁸⁴ Abiven et al., 2009; Sarker et al., 2022

tussen de fysieke bodem, planten en extreem veel verschillende soorten bodemorganismen waar wetenschappers pas net een oppervlakkig begrip over ontwikkeld hebben. Ieder onderzoek probeert slechts een deel van het proces beter te begrijpen zonder het gehele basisproces in acht te nemen of überhaupt toe te lichten.⁸⁵ Het gevolg is dat iedere wetenschapper uitspraken doet op basis van een ander basisproces en hierdoor een helder begrip van het functioneren van de bodem ontbreekt. Het ongelukkige is dat wetenschappers daardoor langs elkaar heen praten en er weinig duidelijkheid komt. Helaas belemmert dit de praktische toepassing van de kennis over bodemkwaliteit.

⁸⁵ Leymann & Kleber, 2015

3. Historische veranderingen in de relatie tussen boer en bodem

3.1 Inleiding

De industriële revolutie was een tijdperk waarin er een enorme groei van de populatie, de welvaart en de economie plaatsvond. De hele samenleving veranderde waarin het dorp minder geïsoleerd in de samenleving kwam te liggen en zijn bewoners juist meer gingen interacteren met de buitenwereld. Een deel van de bevolking verhuisde naar de stad, de consumptie van buitenlandse producten werd makkelijker en de manier waarop de boer nieuwe kennis tot zich nam veranderde. Juist dit laatste was een drijvende factor achter de veranderingen die plaatsvonden in de landbouw. Wetenschap kreeg een steeds prominentere plek in de samenleving en de landbouw werd daarom ook steeds meer wetenschappelijk onderbouwd. Verkeerde noties over de beste landbouwmethodiek werden ontkracht en nieuwe ideeën werden geïntroduceerd. In Nederland werden de eerste drie hoogleraren in de landhuishoudkunde benoemd in 1815 in Utrecht, Leiden en Groningen. Tegenwoordig wordt dit landbouwwetenschap genoemd. De Groningse hoogleraar Jacobus Albertus Uilkens publiceerde in 1819 een van de eerste ‘wetenschappelijke’ landbouwboeken genaamd ‘Handboek van vaderlandsche landhuishoudkunde’. Dit boek is erg algemeen van aard en behandelt vooral onderwerpen zoals geschiedenis, scheikunde, natuurkunde, bodemkunde, hydrologie, gewaskunde, anatomie van dieren en vele andere basisonderwerpen die nu op de middelbare school behandeld zouden worden.⁸⁶ Enkele andere wetenschappers van de ‘landhuishoudkunde’ uit de negentiende eeuw zijn: C.A. Bergsma, E.C. Enklaar, H.C. van Hall, W.C.H. Staring, en G. Reinders.⁸⁷ Bij het bekijken van de boeken van deze wetenschappers valt op dat, naarmate de negentiende eeuw vordert, de boeken steeds langer worden en steeds meer diepgang bevatten wat betreft de landbouwtechnieken. Dit is omdat de kennis over de landbouw substantieel toeneemt, met grote ontdekkingen op het vlak van bemesting, plantkunde en werktuigbouwkunde.

Zoals benoemd in hoofdstuk 1, zullen twee handboeken over de landbouw onderzocht worden om te achterhalen hoe men in de negentiende eeuw omging met de bodem. Het eerste boek dat onderzocht wordt is het boek van E.C. Enklaar ‘Handboek voor den Beoefenaar van den Landbouw’ uit 1855. Het tweede boek dat onderzocht wordt is van G. Reinders ‘Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt’ uit 1899. Er is gekozen uit twee titels die beide in de tweede helft van de negentiende eeuw gepubliceerd zijn, maar wel ruim veertig jaar na elkaar.

Deze handboeken konden gekocht worden door boeren, of ze werden gebruikt in opleidingen voor de landhuishoudkunde, ofwel landbouw. Ze zijn interessant omdat ze inzicht geven in het gedachtegoed van die tijd; juist de nieuwste wetenschappelijke inzichten werden in deze boeken verwerkt. Het is onbekend wat het effect van deze boeken op de landbouwsector van de negentiende eeuw was. Het is bijvoorbeeld niet duidelijk hoeveel exemplaren van de handboeken zijn verkocht. En de manier waarop deze boeken geschreven zijn, blijkt erg gericht te zijn op de toekomst en innovatie van de landbouw. Dit leidt ertoe dat het onverstandig is om deze boeken als representatief te beschouwen voor de staat van de landbouw in de negentiende eeuw omdat de meeste boeren niet op de hoogte waren van de nieuwste inzichten. Dit was zeker het geval in 1850, maar aan het einde van de negentiende eeuw werd nieuwe wetenschappelijke kennis al sneller in de praktijk gebruikt.

In de achttiende en negentiende eeuw zijn er verscheidene pogingen geweest zijn om de landbouwsector in Nederland meer in te richten op basis van wetenschappelijke principes, hierbij probeerde men de landbouwtechnieken te onderbouwen met kennis en harde feiten.⁸⁸ Dit staat in contrast tot hoe de landbouwsector daarvoor altijd ingericht was, namelijk op basis van praktisch inzicht. Hierbij had de kennisoverdracht van vader op zoon een centrale rol. Een probleem dat verwetenschappelijking van de landbouw tegenhield, stelt Van der Poel in 1976, is een patroon waarbij academici “*verblind door intellectuele hoogmoed*” waren. Dit had als gevolg dat hun ideeën gedeeltelijk of zelfs geheel onjuist waren. Wetenschappers met foute theorieën beschuldigden de praktisch denkende boeren hierbij regelmatig van onwil om te innoveren.

⁸⁶ Uilkens, 1819

⁸⁷ Zij publiceerden allen een boek: Bergsma, 1841; Enklaar, 1855; Van Hall, 1864; Staring, 1868; Reinders, 1899.

⁸⁸ Van der Poel, 1976, p. 13

Een bewustzijn van dit sentiment komt onder andere naar voren uit het voorwoord van het boek van H.C. van Hall. Van Hall schrijft dat hij pas een boek wil publiceren nadat hij zijn eigen ideeën zorgvuldig heeft getoetst bij vele boeren.⁸⁹ Een andere wetenschapper, W.C.H. Staring, publiceert een boek van ruim 1200 pagina's die vol staat met praktische kennis over de landbouw.⁹⁰ Daarnaast worden er steeds meer scholen ter opleiding van boeren opgericht. Al deze ontwikkelingen samen leidden ertoe dat wetenschappelijk onderbouwde innovaties beter hun weg vonden onder boeren.

Beide boeken starten met een aantal algemene hoofdstukken waarin basisonderwerpen worden behandeld, daarna worden de onderwerpen behandeld die over landbouwtechnieken gaan.

Het eerste boek dat geanalyseerd wordt is het 'Handboek voor den beoefenaar van den Landbouw' uit 1855. Dit is een boek wat erg goed aansluit bij de boer. Het is duidelijk geen handboek dat gebruikt kan worden om de ambacht van de boer van A tot Z te leren. Het is dus niet praktisch opgesteld, maar in plaats daarvan juist theoretisch. De schrijver gebruikt de tekst als middel om heersende niet-werkende landbouwmethoden onder boeren te becommentariëren of zelfs te ontkrachten en boeren vooruit te helpen met de beste inzichten van die tijd. In dit onderzoek zal deze tekst in zijn geheel samengevat worden, maar de nadruk zal liggen op de gedeeltes die te maken hebben met de bodem.

Het tweede boek is het 'Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt'. Dit boek is een stuk breder en wetenschappelijker opgesteld. Ten eerste is dit driedelige boek zeker drie keer zo lang als het Handboek voor den beoefenaar van den Landbouw. Daardoor kunnen er in het boek veel meer onderwerpen behandeld worden. Ten tweede is dit boek een stuk beter wetenschappelijk onderbouwd. Er worden onderzoeken aangehaald die de uitspraken van de schrijver onderbouwen. Het boek is in feite een systematische beschrijving van de kennis die de schrijver heeft over de landbouw. Hij behandelt ieder onderwerp dat nodig is om de landbouw te begrijpen en gebruikt hiervoor de nieuwste kennis ten tijde van publicatie. Door de enorme lengte van dit boek is ervoor gekozen om alleen het gedeelte samen te vatten dat ingaat op de bodem.

In 1862 schreef landbouwwetenschapper W.C.H. Staring in zijn boek: *"Drie dingen zijn onmisbaar bij den landbouw: 1. mest; 2. mest; 3. mest!"*⁹¹ In hoofdstuk 1 is toegelicht dat dat er grote verschillen zijn tussen de landbouwmethoden uit de negentiende eeuw en de tweede helft van de twintigste eeuw. Hoe de relatie precies veranderd is tussen boer en bodem, zal in dit hoofdstuk onderzocht worden. Na een losstaande analyse van de twee teksten, zal hierop volgend een waarde aan de vier indicatoren toegekend worden, die beschreven zijn hoofdstuk 1. Deze werkwijze zorgt er tegelijkertijd voor dat de tekst en de interpretatie van de tekst duidelijk losgetrokken worden van elkaar. Indien er contextuele informatie nodig is om de tekst te begrijpen, wordt deze in de footnotes toegelicht. Daarna zullen de resultaten van een interview uitgeschreven worden. Hiervoor is een interview afgenomen met een boer uit de provincie Groningen om te observeren hoe er op zijn boerderij in de afgelopen zestig jaar met de bodem omgegaan is. Het interview is afgenomen op 3 september 2022. In het afsluitende gedeelte zal een vergelijking gemaakt worden tussen de negentiende eeuw en de tweede helft van de twintigste eeuw.

3.2 Analyse van handboeken uit de negentiende eeuw

3.2.1 Handboek voor den beoefenaar van den Landbouw

Het eerste boek wat doorgenomen wordt is het 'Handboek voor den beoefenaar van den Landbouw'. Het boek is gepubliceerd in 1855 door de heer Evert Cornelis Enklaar. Dit boek kon afgenomen worden bij de drukker C.A. Vieweg te Nijmegen. Daarnaast is het met een prijs van 600 gulden bekroond door de Nijmeegse afdeling van de Gelderse Maatschappij van Landbouw. Het boek is bedoeld voor iedereen die te maken heeft met de landbouw, waaronder boeren. Het voorwoord benoemt: *"..., dat het werk in aller handen kome, opdat zoo doende nuttige*

⁸⁹ Van Hall, 1864

⁹⁰ Staring, 1868

⁹¹ Staring, 1868, p. 515

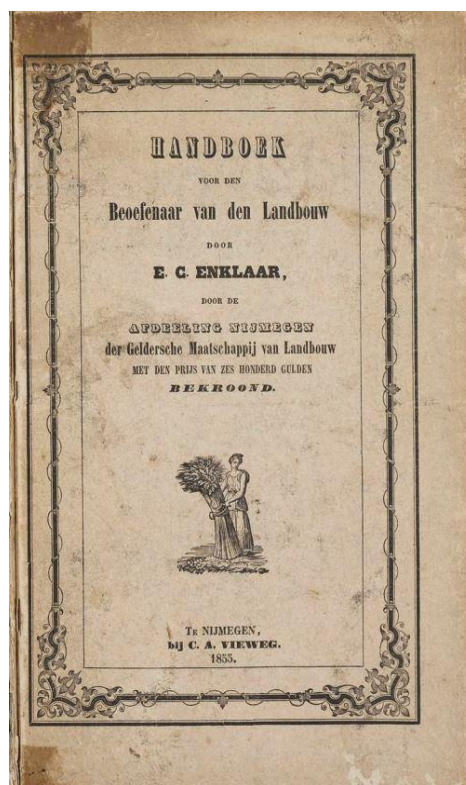
kennis onder de Landbouwers verspreid worde, vele vooroordeelen worden weggenomen en plaats maken voor grondige wetenschap, daar de landbouw niet slechts eene kunst maar eene wetenschap is."⁹²

Om de lezer enig idee te geven welke onderwerpen zoal ter sprake komen, zal eerst de inhoudsopgave weergegeven worden:

- I) Over de Nederlandsche Gronden.
- II) Zamenstelling der Planten.
- III) De leer der Bemesting.
- IV) Gereedschappen en Werktuigen voor den Landbouw, Trekvee, enz.
- V) Akkerbouw.
- VI) Over de behandeling der Graslanden.
- VII) Veehouderij. – Veerassen. – Behandeling van het Vee. – Vetmesterij. – Melkerij. – Gevogelte. – Bijen.
- VIII) Houtteelt.

In 371 bladzijden wordt de lezer een helicopterview gegeven op het beroep van 'den landman', oftewel de boer. Ieder relevant onderwerp wat nodig is om zijn gewassen op een goeie en degelijke manier te laten groeien wordt zorgvuldig toegelicht. Dit komt naar voren in de opbouw van het boek en de volgorde van de hoofdstukken. Het valt vooral op hoeveel onderwerpen behandeld worden. Dit komt hoogstwaarschijnlijk omdat de beroepen nog nauwelijks gespecialiseerd waren. Vergeleken met nu, moest een boer kennis hebben van vele verschillende onderwerpen. Daarnaast waren veel basisfeiten in deze tijd nog niet bekend of had deze kennis nog niet zijn plek in de maatschappij gevonden. Daarnaast komt de zorgvuldige toelichting nog meer naar voren door de kritische schrijfstijl die aangehouden wordt. Enklaar benoemd in ieder hoofdstuk eerst de kern van het onderwerp. Daarna gaat hij vaak dieper in op enkele trends die zichtbaar zijn in de werkwijze van boeren, vervolgens plaatst hij hier een zeer kritische noot bij. Hij stelt dat boeren domme keuzes maken en dat zij niet alleen op financieel vlak maar ook op de kwaliteit van de producten nog veel verbetering kunnen behalen.

Het boek is gratis in te zien via google books, de URL naar het boek kan geraadpleegd worden via de bronvermelding.



**AFBEELDING 7. KAF VAN HET BOEK
HANDBOEK VOOR DEN BEOEFENAAR
VAN DEN LANDBOUW.**

Hoofdstuk 1: Over de Nederlandsche gronden (pagina 1 t/m 40)

Het eerste hoofdstuk begint met een uitgebreide toelichting op de Nederlandse gronden. Er wordt gestart met de typen gronden die in Nederland gevonden worden. Hierbij worden zand, leem en kleigronden onderscheiden door de auteur. De eigenschappen die deze bodemtypen hebben, worden toegelicht, zoals waterhoudend vermogen, vruchtbaarheid, samenhang en dergelijke.

Daarna gaat Enklaar verder in op de typen landgebruik die destijds gebruikt worden door boeren. Er worden zes typen onderscheiden:

1. Graslanden
2. Bouwlanden
3. Tuinen- en Warmoeziers-gronden
4. Bosgronden
5. Veengronden
6. Heidegronden

⁹² Enklaar, 1855, bij het 'voorbericht' (nog geen pagina nummering)

Ieder type wordt toegelicht. De meeste typen spreken voor zich. Opmerkelijk is dat Enklaar een uitgesproken mening heeft over Tuinen- en Warmoeziers-gronden.⁹³ Enklaar hecht bijzonder veel waarde aan de moestuin en schrijft: *“Geen grond, geen mest, geen arbeid betaalt zich beter, dan die aan den tuinbouw besteed wordt. Daarom mogten de landlieden zich in het algemeen wel met meer ijver en zorg daarop toeleggen, dan tot heden het geval is.”* Hij gaat zelfs zover dat hij op dezelfde pagina het volgende schrijft: *“Waarom toch leveren de tuin en het warmoeziers-land zoo oneindig veel meer op dan de akker? — alleen omdat de eersten zorgvuldiger behandeld, beter gemest, beter bewerkt worden; omdat men in den tuin hakt en wiedt; omdat men den grond nooit ledig laat liggen, maar wanneer het eene gewas geoogst is, er terstond weder een ander opbrengt.”*⁹⁴

In hetzelfde hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de rol van ‘de bewerking van den grond’. De schrijver noemt vijf voordelen om de grond te bewerken:

1. De grond wordt los gemaakt zodat plantenwortels, water en lucht de bodem kunnen doordringen.
2. De grond wordt vermengd waardoor er meer voedingsstoffen beschikbaar komen voor planten.
3. Meststoffen kunnen in de bodem worden gemengd en onkruid kan vernietigd worden.
4. Zaden kunnen in de bodem vermengd worden.
5. Het bestrijden van onkruid tussen gewassen en de grond geschikter te maken voor de groei van de gewassen.

De methoden die benoemd worden om de grond te bewerken zijn het ploegen, wieden, eggen, hakken en rollen.

Hoofdstuk 2: Zamenstelling der planten (pagina 41 t/m 74)

Het tweede hoofdstuk gaat in op de opbouw van de plant. Hierbij worden drie onderwerpen behandeld:

1. Voedings-organen; 2. Organen ter vermeerdering 3. De voortplantings-organen.

Bij ieder onderwerp wordt de algemene opbouw van de plant uitgelegd. Daarna wordt de opbouw van planten vanuit de scheikunde benaderd. De stoffen waaruit een plant bestaat worden toegelicht en de wijze waarop de plant nutriënten tot zich neemt wordt uitgelegd. Enklaar schrijft hierover: *“Deze vraag kan men alleen daardoor met zekerheid beantwoorden, dat men scheikundig onderzoek, uit welke enkelvoudige stoffen eene plant bestaat, want daar men door de menigvuldigste proeven uitgemaakt heeft, dat de plant niet in staat is, om zelve ook slechts het kleinste deeltje, waaruit zij bestaat voort te brengen, te scheppen, zoo moet alles, waaruit zij bestaat, van buiten opgenomen worden.”*⁹⁵

Hoofdstuk 3: De leer der bemesting (pagina 75 t/m 120)

Het derde hoofdstuk gaat over bemestingstechnieken en is daarmee een belangrijk hoofdstuk voor dit onderzoek. Enklaar beschrijft de functie van bemesting als volgt: *“...bemesting is derhalve niets anders dan aan den grond terug geven hetgeen hem ontnomen is, voor zooverre hij oorspronkelijk vruchtbaar was, of wel, indien hij dit niet was, die bestanddeelen toevoegen, welke er aan ontbreken, om hem in staat te stellen om de gewenschte vruchten voort te brengen.”*⁹⁶ Daarna gaat de schrijver dieper in op bepaalde overtuigingen die onder boeren gebruikelijk zijn maar volgens hem onjuist zijn. Hieruit blijkt ook direct wat de meest gebruikte bemestingsmethode was in de negentiende eeuw, namelijk stalmest. *“Mest is dus niet, zooals zulks door velen wordt opgevat, alleen datgene, wat wij in onze stallen verzamelen, maar alles, van welken aard of oorsprong het ook zij, wat dienen kan om de vruchtbaarheid van den grond te onderhouden ofte vermeerderen, of met andere woorden: alles wat na zijne ontleding in de planten overgaan en haar tot voedsel dienen kan.”*⁹⁷ Van de ene kant heeft Enklaar de overtuiging dat bouwland een stuk meer kan opbrengen als boeren de vruchtbaarheid van hun

⁹³ Tuinen- en warmoeziersgronden zijn te vergelijken met onze hedendaagse moestuinen. Echter hadden zij vroeger een belangrijke functie in de voedselvoorziening. Vaak werden hier verschillende groenten op verbouwd als toevoeging aan het gebruikelijke voedsel zoals granen en aardappelen.

⁹⁴ Enklaar, 1855, p. 15

⁹⁵ Enklaar, 1855, p. 63; Deze quote laat zien dat het destijds nog niet algemeen bekend was dat een plant groeit van de scheikundige stoffen die te vinden zijn in de bodem en in de lucht.

⁹⁶ Enklaar, 1855, p. 76

⁹⁷ Enklaar, 1855, p. 76

land beter op peil kunnen houden, van de andere kant ziet hij dat erg veel kostbare meststoffen verwaarloosd worden. Daarom schrijft hij het volgende: *“Daarom behoort eene grondige kennis van alles wat tot mest dienen kan, niet alleen, maar tevens hoe dit verzameld, bereid, behandeld en bewaard worden moet tot de gewichtigste zaken, die de landbouwer zich behoort eigen te maken.”*⁹⁸

Enklaar vervolgt met een omschrijving van de functie van humus: *“Vóór dat evenwel de allerlaatste omzetting plaats vindt, ontstaat uit alles, wat van bewerkteuigen oorsprong is, de vroeger reeds genoemde humus, welke eene zeer belangrijke rol voor het plantenleven speelt. Niet alleen toch is zij eene ofschoon niet zeer belangrijke bron van voedsel voor de planten, maar ook bezit zij, onontleed zijnde, eigenschappen, die voor den plantengroei van het hoogste gewigt zijn. ... De humus is in alle gronden nuttig, ja eene der voornaamste voorwaarden van den plantengroei, en hare vermeerdering in den grond moet eene der hoofdbedoelingen van het streven des landbouwers uitmaken. Gebrek aan humus is ongetwijfeld eene der voornaamste oorzaken, waarom de meeste bouwgronden zulke geringe oogsten opleveren.”*⁹⁹ Het blijkt dat de schrijver een grote waarde hecht aan humus, niet alleen in de functie als meststof maar hij is ook op de hoogte van het positieve effect van humus op de bodemstructuur. Vooral de functie van humus in de waterhuishouding van de bodem wordt benadrukt door Enklaar: *“Van alle in den grond voorkomende stoffen bezit zij namelijk het grootste vermogen om water op te nemen en vast te houden. Zij is uit dien hoofde vooral voor de zandgronden van het hoogste gewigt, omdat deze weinig aantrekkings-vermogen voor het water bezittende en tevens zich sterk verhittende, zeer ligt aan gebrek aan vocht lijden, waardoor de plantengroei zeer tegengewerkt wordt, al bezat de grond overigens genoegzame voor plantenvoeding geschikte stoffen.”* En vervolgens: *“...daar de humus zeer weinig zamenhang bezit, zoo vermengt zij zich zeer innig met den kleigrond, plaatst zich tusschen de kleideeltjes in en belet zodoende het aaneenhechten daarvan. Zij maakt daardoor den kleigrond luchtig, poreus; maakt dat het overtollige water beter naar beneden doorzippelen kan en bevordert tevens de verwaseming van het vocht, doordien zij hem voor lucht en zon doordringbaar maakt.”*¹⁰⁰

Er worden door de schrijver vier typen meststoffen onderscheiden: 1. plantaardige meststoffen, 2. Dierlijke meststoffen, 3. Gedeeltelijk verteerde planten via de uitwerpselen van dieren, 4. Anorganische meststoffen.

De belangrijkste plantaardige meststof, zo schrijft Enklaar, is het volgende: *“Toen ik op bladzijde 15 zeide, dat ik den landman het kunstje leeren zou, om op eene goedkoope wijze zooveel mest te verkrijgen, als hij maar wilde, doelde ik nergens anders op, dan dat ik hem op de hooge waarde der groene bemesting opmerkzaam maken zou.”* *“Nog veel hooger waarde als meststof bezitten plantaardige stoffen, indien zij in volwassen, maar groenen staat worden ondergeploegd. Een ieder weet, dat eene plant, wanneer zij in bloei staat in hare volste kracht is, en dat er geen beter hooi bestaat, dan dat, waartoe de planten in den vollen bloeitijd gemaaid worden. ... Laat men de plant langer staan, laat men haar zaad zetten en vooral laat men het zaad rijpen, dan zijn uit den stengel nagenoeg alle voedende deelen verdwenen.”*¹⁰¹ Door gebruik te maken van bepaalde plantensoorten die erg snel groeien, kan de bodem goed bemest worden en kunnen dieper zittende voedingsstoffen in de bodem omhoog gebracht worden door de wortels van deze planten.

Een andere goede vorm van mest is de gier: *“De gier behoort tot de allervoortreffelijkste meststoffen. Zij bevat na aftrek van hetgeen er door de uitwasemingen, enz. verloren is gegaan, alles wat eenmaal een bestanddeel van het dierlijk lichaam heeft uitgemaakt.”*¹⁰² Met een kritische noot bij de behandeling van gier: *“Beklagenswaardig is het daarom, dat nog op zoovele plaatsen de gier geheel verwaarloosd wordt”*

De uitwerpselen van dieren waren de belangrijkste meststof voor de landbouwgrond. Niet alle uitwerpselen hebben dezelfde mestwaarde: *“...deze hangt in eene hooge mate af, deels van de diersoort, waarvan zij afkomstig zijn, deels en vooral van de wijze, hoe de dieren gevoederd worden; hoe slechter voeding,*

⁹⁸ Enklaar, 1855, p. 76

⁹⁹ Enklaar, 1855, p. 77

¹⁰⁰ Enklaar, 1855, p. 77

¹⁰¹ Enklaar, 1855, p. 91

¹⁰² Enklaar, 1855, p. 91

hoe slechter mest en omgekeerd."¹⁰³ Aangezien ieder dier weer verschillend voedsel krijgt, is de mestwaarde ook weer verschillend. Daarnaast is de snelheid waarmee de mest tot humus omgezet wordt ook verschillend bij de uitwerpselen van verschillende dieren. Van de mest van de algemene boerderijdieren, verteert de mest van koeien het langzaamst, waardoor de voedingsstoffen zeer stabiel en langzaam vrijkomen voor planten, beschrijft Enklaar.

De laatste categorie meststoffen zijn de anorganische meststoffen waar Enklaar verscheidene namen voor heeft. Hij gebruikt hiervoor de namen delfstoffelijke meststoffen, asch-bestanddeelen en minerale meststoffen.¹⁰⁴

Een laatste onderdeel wat onmisbaar is in de 'leer der bemesting' is de manier waarop mest in de stal en op de mestvaalt behandeld wordt. In deze context slaat het woord mest alleen op de uitwerpselen van koeien. Enklaar merkt het volgende op: *"Dat de mest eene kostelijke stof is, weet een ieder, want op vele plaatsen wordt het vee alleen om de mest gehouden; dat zij eene kostbare stof is, d. i. dat zij veel geld kost, hiervan hebben slechts weinigen regt duidelijke begrippen, maar slechts zeer enkele landbouwers weten naauwkeurig, hoeveel een voer mest kost."*¹⁰⁵ Voor de schrijver is de behandeling van de mest het belangrijkste onderdeel van het werk van de boer. Hij vindt dit zo belangrijk dat hij het volgende schrijft: *"Ziet men nu echter, hoe in allen opzichte slordig en onnadenkend er in vele, ja, men moet helaas zeggen, in de meeste landbedrijven mede omgesprongen wordt, hoeveel men laat wegvloeijen, hoeveel men verwaarloost, hoe schandelijk er in het algemeen mede geleefd wordt, dan moet men zich ergeren en bedroeven, en er is geen grooter en steller bewijs van de diepe onkunde der meeste landbouwers, dan de slechte behandeling der mest."*¹⁰⁶

De schrijver besteed veel tekst om uit te leggen hoe het beste met de mest omgegaan kan worden. Zijn uitgangspunt is hierbij het volgende: *"Nadat er lang en breed over getwist is, in welken toestand de mest behoort te zijn, om met het meeste voordeel te worden gebruikt, mag men het tegenwoordig door wetenschap en ervaring als beslist beschouwen, dat het onder alle omstandigheden en op alle gronden het meeste voordeel geeft, haar zoo versch mogelijk te velde te brengen."*¹⁰⁷ De verse staat van mest is belangrijk omdat volgens Enklaar juist de meest kostbare stoffen als eerste verloren gaan. De beste methode om de mest vers te houden is door het op te slaan zonder dat er lucht of water bij komt. Hier zijn verschillende oplossingen voor. Er kan een mestvaalt onder dak aangelegd worden. Volgens Enklaar is het hierbij goed om de mest aan te laten stampen door jongvee. Dat zorgt ervoor dat de mest minder in aanraking komt met lucht en water. Een andere oplossing wordt gevonden bij de inrichting van de stal. Het nadeel van een stal waarbij de mest bij de koeien bewaard wordt, is dat de koeien zindelijk gemaakt moeten worden en dat er veel stro of iets dergelijks gebruikt moet worden waardoor vloeistoffen worden opgenomen.¹⁰⁸ De mest kan ook los opgeslagen worden, dit kan het beste in een apart schuurtje zodat het beschermd wordt tegen weer en wind. Als de mest wordt bewaard in de open lucht, kan de mest zeker een vierde van zijn waarde verliezen door weersinvloeden zoals regen, meent Enklaar.

Hoofdstuk 4: Gereedschappen en werktuigen voor den landbouw, trekvee, enz. (pagina 121 t/m 168)¹⁰⁹

Tijdens zijn beschrijving van werktuigen neemt het handboek van Enklaar de informatie van een ander boek over. Dit boek is geschreven door de heer Wilhelm Hamm in 1853 en heet: De landhuishoudelijke

¹⁰³ Enklaar, 1855, p. 97

¹⁰⁴ Van de meststoffen die vroeger gebruikt werden, behoren alle onverteerbare meststoffen die niet tot humus omgezet kunnen worden, tot de minerale meststoffen. Ze kunnen direct door de plant opgenomen worden.

¹⁰⁵ Enklaar, 1855, p. 113; In deze tijd waren gemengde landbouwbedrijven de norm.

¹⁰⁶ Enklaar, 1855, p. 116

¹⁰⁷ Enklaar, 1855, p. 116

¹⁰⁸ Volgens NOS, 2021 was het nog niet bekend dat koeien zindelijk gemaakt konden worden. Echter was men hier in 1855 wel van op de hoogte, mogelijk is dit langzaam vergeten met het verstrijken van de tijd.

¹⁰⁹ Het boek van Enklaar is op een bijzonder moment gepubliceerd omdat de Nederlandse landbouwsector in 1855 aan de vooravond van de mechanisatie stond.

gereedschappen en werktuigen van Engeland.¹¹⁰ Enklaar heeft een hele lijst van deze werktuigen geformuleerd waar hij potentie van inziet en legt uit hoe ieder gereedschap er uit ziet:

- De ploeg
- De bovengrond-woelders¹¹¹
- De Ondergrond-woelders of Ondergronds-ploegen
- De egge
- De rollen en kluitenbrekers
- De zaaiwerktuigen
- De dorschwerktuigen
- De kafmolen¹¹²
- De Hakselsnijders
- De knollensnijders
- Voertuigen¹¹³

Vervolgens wordt er een toelichting gegeven op de rol van arbeiders binnen het boerenbedrijf, de rol van trekdieren binnen het boerenbedrijf en gemiddelden van het werk wat deze dieren kunnen verzetten.

Hoofdstuk 5: Akkerbouw (pagina 169 t/m 274)

Dit hoofdstuk gaat in op de planten die in aanmerking komen voor de akkerbouw. Een belangrijke vuistregel die Enklaar benadrukt is het gebruiken van het grootste zaad voor het inzaaien van de akker. Deze planten kiemen en groeien het beste. Ook denkt hij dat het belangrijk is dat een boer investeert in de veredeling van gewassen. Er werden veel meer soorten gewassen geteeld dan nu en er waren grote verschillen in de kwaliteit van het zaad en de plant binnen een soort. Om de opbrengst te verhogen was het verstandig om variëteiten te gebruiken die een rijke oogst gaven.¹¹⁴

Er waren destijds enkele werktuigen beschikbaar maar deze werden slechts op zeer kleine en lokale schaal gebruikt en de precieze werking hiervan wordt niet beschreven in het boek.¹¹⁵

Als laatste worden alle gewassen beschreven die algemeen geteeld werden:¹¹⁶

1. Tarwe
2. Spelt
3. Rogge
4. Garst¹¹⁷
5. Haver
6. Boekweit
7. Gierst
8. Maïs
9. Boonen
10. Erwtten
11. Linzen

¹¹⁰ Hamm, 1853

¹¹¹ Een woelder is een soort schoffelwerktuig om de bodem onkruidvrij te maken en de bodem verder te verkruijmen. De bovengrond-woelder dringt minder diep de grond in dan een ploeg. En de grond wordt ook niet omgedraaid zoals dit wel bij een ploeg het geval is.

¹¹² Wanmolen

¹¹³ Dit gaat over het gebruik van karren en wagens.

¹¹⁴ In deze tijd zaaide vrijwel iedereen nog met de hand en waren er nog geen goede werktuigen in algemeen gebruik. Rijenbouw werd nog nauwelijks toegepast. Dit zorgde ervoor dat het heel lastig was om de planten in de beste dichtheid te zaaien en vaak was de dichtheid waarmee gezaaid werd onevenredig verdeeld over het veld. Kort gezegd, er kleefden vele nadelen aan handmatig zaaien.

¹¹⁵ Enklaar, 1855, p. 142

¹¹⁶ Enklaar, 1855, p. 175-262

¹¹⁷ Gerst

12. Bruine en witte boonen
13. Aardappelen
14. Knollen of rapen
15. Koolraap
16. Veld-, paarden- of koewortels
17. Pastinaken
18. Mangelwortelen¹¹⁸
19. Aard-peren
20. Roode klaver
21. Witte of wilde klaver
22. Wikken¹¹⁹
23. Inkarnaat-klaver
24. Lucerne¹²⁰
25. Esparcette
26. Spurrie
27. Kool
28. Koolzaad
29. Winter-aveelzaad of raapzaad
30. Witte mostaard¹²¹
31. Huttentut
32. Vlas
33. Hennip¹²²
34. Meekrap
35. Tabak
36. Hop
37. Cichorij¹²³
38. Kanariezaad
39. Grasteelt

De gewassen die verbouwd worden op het land kunnen beter niet telkens opnieuw geteeld worden.¹²⁴ In plaats daarvan raadt Enklaar aan om een goede vruchtopvolging toe te passen. Niet iedere plant is gebouwd uit dezelfde hoeveelheid en dezelfde verhouding van voedingsstoffen. Om de bodem vruchtbaar te houden is het daarom aan te raden om een vruchtopvolging te baseren op het type mineralen die zij veel opnemen en de gewassen op basis hiervan te variëren zodat een duurzame vruchtopvolging ontstaat die ook goede opbrengsten geeft.

Hoofdstuk 6: Over de behandeling der graslanden (pagina 275 t/m 284)

In het zesde hoofdstuk wordt door de heer Enklaar een heel duidelijk punt gemaakt. Hij vindt dat weilanden te veel gewaardeerd worden voor de opbrengsten die ze geven. Maar Enklaar denkt daar anders over: *"...evenzoo bestaat er nog een vrij algemeen begrip dat veehouderij zonder bestendige graslanden niet met voordeel voltehouden is."*¹²⁵ En enkele regels verder, schrijft hij: *"Intusschen heeft de ondervinding onweerlegbaar bewezen, dat overal, waar de aard en ligging van den grond den grasgroei niet bij uitnemendheid begunstigen, bestendige graslanden niets dan schade geven, terwijl daarentegen stalvoeding, met op den akker*

¹¹⁸ Voederbiet

¹¹⁹ Wikke

¹²⁰ Luzerne

¹²¹ Witte mosterd

¹²² Hennep

¹²³ Cichorei

¹²⁴ Enklaar, 1855, p. 263

¹²⁵ Enklaar, 1855, p. 275

geteeld voeder, of het weiden op afwisselende weilanden, gepaard met eene goede vruchtopvolging, of zoogenaamde vruchtwisseling de hoogste opbrengst geven, waarvoor een grond naar zijnen aard en naar plaatselijke omstandigheden vatbaar is." In feite zegt de schrijver hiermee dat alleen gronden die op natuurlijke wijze hun vruchtbaarheid houden, zoals uiterwaarden die regelmatig overstromen, gebruikt zouden moeten worden als permanente graslanden. Enklaar vervolgt: *"Men beschouwt het als eene soort van heiligschennis, of als een verteren van zijn kapitaal, niet alleen om duurzaam grasland in bouwland te veranderen, maar ook om het van tijd tot tijd te scheuren, er een of meer uitstekende oogsten van te trekken en het dan weder in gras te leggen; en toch zijn hierdoor niet alleen aanzienlijke oogsten te behalen, maar worden in vele gevallen de graslanden zelve daardoor verbeterd en tot grootere opbrengsten gebragt."*¹²⁶ Er wordt aangeraden om na acht tot tien jaar grasland, het gras te scheuren en er drie oogsten vanaf te halen, namelijk met gewassen die de bodem niet heel erg uitputten. Hij raadt aan om de volgende gewassen te kweken: in het eerste jaar haver, tweede jaar boekweit en het derde jaar weer haver. Als dan aan het einde van het derde jaar de grond wordt ingezaaid met gras en klaver, zal er een zeer goede hooi-oogst zijn in het vierde jaar. Ondertussen is de grond dan ook van vele onkruidsoorten ontdaan. Enklaar raadt deze methode vooral aan op de lichte en ietwat nattere gronden.

Hoofdstuk 7: Veehouderij, veerassen, behandeling van het vee, vetmesterij, melkerij, gevogelte, bijen (pagina 285 t/m 327)

In het zevende hoofdstuk houdt Enklaar een lang betoog over de waarde van een systeem waarbij de koeien op stal staan en gevoederd worden met andersoortig voedsel dan gras. Het is niet de eerste keer dat hij dit benoemd in het boek maar hij besteed hier nu veel ruimte aan. Hij gaat in op de manier hoe dit er uit zou moeten zien. Daarna reageert hij op enkele bezwaren die in deze tijd veel genoemd worden om gras niet meer het primaire voedsel te laten zijn. De schrijver richt zich vooral op die boeren, die heel erg vasthouden aan hoe hun voorouders het land ook bewerkten. Ik denk dat dit een speciale periode is, waarin de werkwijze van boeren steeds meer wetenschappelijk onderbouwd werd. Tegelijkertijd zorgde deze ontwikkeling er dus ook voor dat methoden die al generaties lang toegepast werden, langzaam verdwenen.

Voordat Enklaar zijn betoog voortzet geeft hij eerst een korte beschrijving van de algemene rassen van vier boerderijdieren, namelijk de koeienrassen, de schapenrassen, de varkensrassen en de paardenrassen. Hij schrijft daarna over het belang van goede voeding. Hij vindt dat er te veel boeren zijn die hun vee niet goed voederen en benadrukt het belang van goed voedsel als basis voor een gezonde koe en dit geeft weer goede opbrengsten in de vorm van melk of vlees. Een vuistregel voor de hoeveelheid voedsel om een koe in leven te houden is dat hij ongeveer 1/60 van zijn totale lichaamsgewicht in voedsel eet.¹²⁷ Daarbij komt nog het voedsel voor de productie van melk, vlees of arbeid.

Naast het belang van goed voedsel schrijft Enklaar het volgende: *"Ofschoon het nu geheel overeenkomstig met de natuur is, om het vee gedurende den zomer op eene weide zijn voeder te doen vinden, zoo heeft eene zeer langdurige ondervinding, zoowel in ons Vaderland als daar buiten geleerd, dat hoe nuttig en goed de weidegang voor het vee ook zij, het voor den veehouder onder alle omstandigheden oneindig voordeliger is, om het des zomers met groen-voeder op stal te verzorgen, want het is niet hier of daar, maar overal gebleken, dat men drie stuks vee op stal voederen kan van dezelfde uitgestrektheit gronds, waar men er één kan weiden."*¹²⁸ Zoals eerder al benoemd is, meent Enklaar dat akkers met gewassen voor veevoer, ongeveer drie keer efficiënter zijn in ruimtegebruik, vergeleken met grasland. Als de koeien jaarrond op stal staan, moet de stal een stuk beter ingericht zijn. Een stal waarin de koeien op iedere plek urineren en schijten is niet wenselijk voor het welzijn van de koe. Daarom stelt de schrijver dat iedere koe zindelijk gemaakt moet worden waardoor hij in een schone stal kan leven.¹²⁹ Dit voorkomt ziektes en andere problemen. Ook zouden koeien geborsteld moeten worden zodat hun huid schoon blijft. De koeien zouden verder vaste voedertijden moeten hebben

¹²⁶ Enklaar, 1855, p. 277

¹²⁷ Enklaar, 1855, p. 295

¹²⁸ Enklaar, 1855, p. 300

¹²⁹ Enklaar, 1855, p. 305

waarin zij hun voedsel ontvangen, hier zou zo min mogelijk vanaf geweken moeten worden. Een boek dat aangeraden wordt door Enklaar om de verzorging van het vee goed uit te voeren is het boek van Haubner dat in 1850 in het Nederlands gepubliceerd is.¹³⁰

Een ander belangrijk aspect van de veehouderij is het melken. Een opmerkelijk stuk wat benoemd wordt door Enklaar is het volgende: *“In vroegeren tijd hield men, wel is waar, melkrijkheid en neiging tot vleesch- en vetgroei voor onvereenigbare eigenschappen, maar sedert 50 jaren heeft het veredelde Engelsche korthoorn of Durham-ras het tegendeel bewezen. Dit ras geeft, bij grooten aanleg tot vleesch- en vetgroei, eene ruime hoeveelheid voortreffelijke melk, zoodat er voorbeelden bestaan van dieren, die in den besten tijd 36 Ned. kan melk daags gaven; en deze vereeniging van uitmuntende eigenschappen is alleen het gevolg der boven besproken’ uitstekende voeding in het eerste levensjaar. ... In den melktijd zijn zij evenzeer dun in het vleesch als de onze, maar zoodra de melk vermindert, vooral indien zij niet weder dragtig zijn, ontwikkelt zich de neiging tot vleeschgroei zoo sterk, dat zij in korten tijd, en met gewoon voeder, in volkomen slagtbaren staat gebragt kunnen worden,...”*¹³¹ In 1850 was een kan melk gelijk aan een liter. Dit zou betekenen dat de koe op zijn hoogtepunt $365 \times 36 = 13.140$ liter melk per jaar geven zou. Daarnaast zou dit ras uitstekend zijn als dubbeldoel ras. De schrijver sluit het stuk over melk af door uitvoerig in te gaan op de beste behandeling van melk. Daarna wordt kort ingegaan op vogelsoorten op de boerderij en het houden van bijen.

Hoofdstuk 8: Houtteelt (pagina 329 t/m 371)

Het laatste hoofdstuk van dit boek gaat over bosbouw, hakhout, fruitteelt en boomsoorten. Enklaar schrijft dat bomen een enorm belangrijke rol hebben in de balans van de natuur: *“Het tegenwoordig geslacht moet derhalve trachten om door het aanleggen van nieuwe bosschen de gesloopte te vervangen, on zóo het evenwigt in de natuur te onderhouden, ...”*¹³² Zij hebben niet alleen een functie in hun gekapte staat maar zijn belangrijk om vruchtbaarheid te bevorderen. Ten eerste heeft de boom uiteraard de volgende functie: *“Dat de boomen het sieraad van ledere landstreek uitmaken, en eene woestijn in eenen lusthof veranderen...”*¹³³ Enklaar schrijft dat bomen meerdere functies hebben, ze beschermen namelijk kleinere planten tegen weer en wind en het bevordert de luchtvochtigheid in de nabije omgeving van de boom door de verdamping van het water uit de bladeren. Enklaar vervolgt: *“Maar dit niet alleen; over de vroeger kale vlakke dreven de wolken ligtelijk heen, zonder eenen weldadigen regen los te laten; door hooge boomen daarentegen worden zij als het ware aangetrokken, en stort eenen vruchtbaarmakenden regen over de velden uit. Deze aanvoer van water door tusschenkomst der boomen is zoo groot, dat in vele streken, waar men te roekeloos de bosschen, vooral op de bergen, weggeruimd heeft, de bronnen gesloten zijn en de beeken hebben opgehouden te vloeijen, waardoor uitgestrekte, vroeger vruchtbare streken in woestijnen veranderd zijn. ... en het is niet onwaarschijnlijk, dat de onvruchtbaarheid onzer veluwe met het sloopen der bosschen in vroegeren tijd in verband staat.”*¹³⁴

Het hoofdstuk vervolgt met een beschrijving van de loofbomen en naaldbomen die het meest algemeen voorkomen in Nederland rond 1850. Daarna geeft de schrijver een beschrijving van goed hakhoutbeheer en welke bomen geschikt zijn voor hakhout.

Als laatste beschrijft Enklaar kort de principes achter de fruitboomteelt, in dit boek wordt het ‘oofboomteelt’ genoemd. Hij schrijft dat fruitbomen de waarde van een akker opmerkelijk kunnen vermeerderen op de volgende manier: *“...maar het beplanten van bouwlanden met zekere soorten van vruchtboomen, in ruime rijen en op groote afstanden van elkander, zoodat de akkerbouw daartusschen ongehinderd kan gedreven worden, en de opbrengst der boomen nagenoeg als zuivere winst kan worden*

¹³⁰ Haubner, 1850

¹³¹ Enklaar, 1855, p. 311

¹³² Enklaar, 1855, p. 330

¹³³ Enklaar, 1855, p. 329

¹³⁴ Enklaar, 1855, p. 329 en 330; In deze tijd had de Veluwe nog een geheel ander aanblik en waren er nog grote vlakten stuifzand en vele hectares heide aanwezig.

beschouwd, is van des te grooter gewigt,..."¹³⁵ Hij beschrijft de soorten die het best passen binnen de landbouw, namelijk de appel, de peer, de kers en de pruim.

3.2.2 Handboek voor den Nederlandschen Landbouw en de Veeteelt

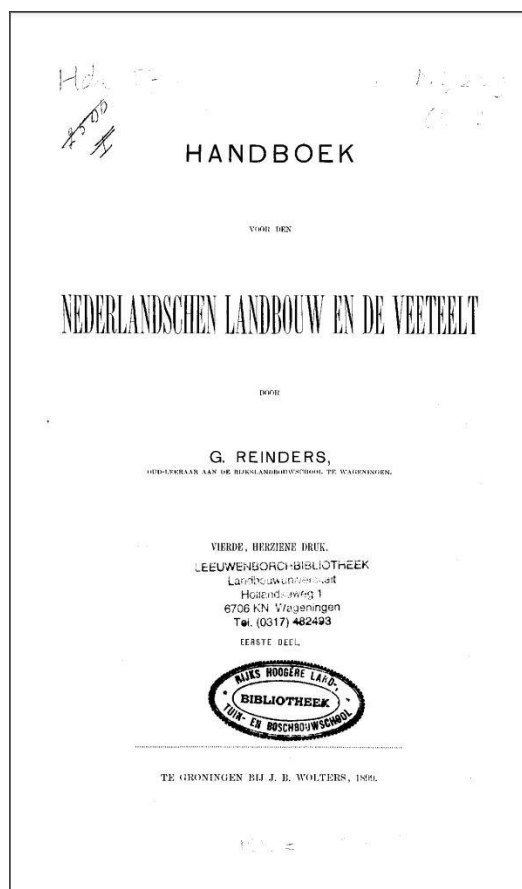
Het tweede boek wat doorgenomen wordt is het 'Handboek voor den Nederlandschen landbouw en de veeteelt'. Het boek is de vierde herziene druk en is geschreven door de heer G. Reinders. De eerste druk werd in 1877 gepubliceerd maar is daarna meerdere keren gereviseerd. Dit boek kon afgenomen worden bij de drukker J.B. Wolters te Groningen. De schrijver was een oud-leraar aan de rijkslandbouwschool te Wageningen. Het boek is uitgegeven in drie delen waarbij het eerste deel is gepubliceerd in 1899, het tweede deel is gepubliceerd in 1901 en het derde deel is gepubliceerd in 1903. Ieder boek bevat erg veel tekst en heeft zeker 450 bladzijden of meer. De serie bevat dan ook een enorme rijkdom en veelzijdigheid aan kennis. Het eerste deel gaat over de basiskennis van onze omgeving waarbij onderwerpen behandeld worden die nodig zijn als basiskennis voor de boer. Het tweede deel gaat dieper in op de principes achter de akkerbouw. Bij het derde deel leert de lezer over de veeteelt. Het boek is gratis in te zien via de online bibliotheek van de Wageningen Universiteit, de URL naar het boek kan geraadpleegd worden via de bronvermelding. De inhoudsopgave van ieder deel van de serie wordt hierna weergegeven.

Deel een:

- I) Algemene inleiding.
Hoofdstuk I: De bodem van Nederland.
Hoofdstuk II: Het klimaat van Nederland.
Hoofdstuk III: Het water.
- II) Kennis van de planten.
Hoofdstuk I: De samenstelling der planten.
Hoofdstuk II: De voornaamste levensverschijnselen der plant.
- III) Kennis van den bouwgrond.
Hoofdstuk I: Samenstelling van den bouwgrond.
Hoofdstuk II: Eigenschappen van den bouwgrond. Vruchtbare en onvruchtbare grond.
- IV) Grondbewerking en grondverbetering. Werktuigen.
- V) Bemestingsleer. Meststoffen.

Deel twee:

- I) Algemene plantenteelt.
Hoofdstuk I: Het zaaien, poten en planten.
Hoofdstuk II: Behandeling der planten gedurende haren groei en van den door haar bezetten grond.
Verpleging.
Hoofdstuk III: Het oogsten, bewaring en verdere behandeling van het geoogste.



**AFBEELDING 8. KAF VAN HET HANDBOEK
VOOR DEN NEDERLANDSCHEN LANDBOUW
EN DE VEETEELT.**

¹³⁵ Enklaar, 1855, p. 362

II) Bijzondere plantenteelt.

Hoofdstuk I: De teelt van planten om de vrucht of het zaad.

Hoofdstuk II: De teelt van planten om de wortels (wortelstokken) of de knollen.

Hoofdstuk III: De teelt van planten om den stengel, de bladeren enz.

Hoofdstuk IV: De gemengde cultuur.

Hoofdstuk V: De graslanden (Hooi en weiland).

Deel drie:

I) Algemene veeteelt.

Hoofdstuk I: De samenstelling der landbouwdieren.

Hoofdstuk II: De belangrijkste levensverschijnselen

Hoofdstuk III: De eigenlijke teelt.

II) Bijzondere veeteelt

Hoofdstuk I: Rundveeteelt.

Hoofdstuk II: Paardenteelt.

Hoofdstuk III: Schapenteelt

Hoofdstuk IV: Varkensteelt

III) Landhuishoudkunde

Hoofdstuk I: Wat voor het uitoefenen van het landbouw-bedrijf noodig is.

Hoofdstuk II: Hoe de boerderijen zijn ingericht. Landbouwstelsels.

Hoofdstuk III: De uitkomsten van het bedrijf.

Dit boek is niet alleen een handboek voor de gewone boer uit de negentiende eeuw, maar het is ook een wetenschappelijk onderbouwde tekst. In dit boek wordt de meerderheid van de hoofdstukken grotendeels onderbouwd met scheikundige principes en bijbehorende data. Ook bevat het eerste deel van deze boekenserie veelal algemene informatie dat van pas kan komen voor boeren. De informatie in het eerste deel gaat over algemene onderwerpen die van belang zijn als voorkennis. In de andere twee delen wordt de praktijk meer geraakt door de omvangrijke beschrijving van alle onderdelen van het boerenbedrijf, van financiën tot de gezondheid van het vee, tot een beschrijving van de belangrijkste gewassen. Gezien de enorme lengte van deze boekenserie en vanwege het feit dat veel informatie minder relevant is voor dit onderzoek zullen de meeste hoofdstukken achterwege gelaten worden. Er zal vooral dieper ingegaan worden op die gedeeltes die relevant zijn voor dit onderwerp waarbij met name gefocust wordt op de vier indicatoren: toevoeging dood organisch materiaal, ploegen, toevoeging anorganische mest en pesticiden. De belangrijkste stukken die hiervoor relevant zijn, worden gevonden in deel 1: 'III. Kennis van den Bouwgrond' en 'V. Bemestingsleer. Meststoffen'.

III. Kennis van den Bouwgrond:

In zijn boek, in het derde hoofdstuk, geeft Reinders bijna een poëtische beschrijving van een vruchtbare grond: *"In 't algemeen kan men zeggen: dat hij vochtig, maar niet te vochtig, los maar niet te los, warm maar niet te warm moet zijn, om dat hij het noodige voedsel voor de plant dient te bevatten. Eene te groote hoeveelheid daarvan kan evenwel ook weder schadelijk zijn."*¹³⁶ De schrijver onderscheidt twee basisvoorwaarden voor een vruchtbare grond. Ten eerste moet de grond geschikt zijn voor de plant om erin te kunnen groeien, dit slaat op een geschikte bodemstructuur, hydrologische omstandigheden en dergelijke. Ten tweede moeten er voldoende nutriënten beschikbaar zijn voor de plant om te kunnen groeien. Hij beschrijft dat de fysieke, ofwel natuurkundige, toestand van de bodem zeer belangrijk is. Aspecten hiervan zijn: De structuur en samenhang, de warmte, vochtigheid, de mate van capillaire werking en doorlatende werking, de zwaarte van de grond en de porositeit. Daarnaast zijn er verscheidene redenen waarom een grond onvruchtbaar kan zijn, uiteraard kan dit liggen aan de onvruchtbaarheid van de grond zelf, maar dit kan ook liggen aan de aanwezigheid van schadelijke stoffen en uitputting of ook wel rooibouw genoemd.

¹³⁶ Reinders, 1899, p. 244

Bodemstructuur is heel belangrijk, schrijft Reinders. Hij schrijft dat er drie redenen zijn om te ploegen, maar hij schrijft ook over de nadelige effecten dat ploegen kan hebben. *“Men zou dus kunnen vragen: wanneer geen onkruid te vernietigen, geen mest met den grond te vermengen, geene stoppels van de oppervlakte te verwijderen waren, zou dan het bewerken van den grond wel noodig zijn of juister zou zijne structuur niet beter blijven, wanneer hij niet bewerkt werd? ... Daarbij dient in aanmerking genomen te worden, dat niet het losmaken zelf den grond in den gewenschten vruchtbaren toestand brengt, maar meer de inwerking van de dampkringslucht, ondersteund door de noodige hoeveelheid warmte en vochtigheid op den grond en de mestbestanddeelen. De bewerking heeft daarbij slechts ten doel de dampkringslucht toegang tot den grond te verschaffen. De grond moet daarom niet poedervormig maar min of meer kluitig gemaakt worden, zoodat met lucht gevulde holten er in over blijven. En die kluiten met de plantenwortels doortrokken en met mest vermengd, moeten, door de inwerking der lucht daarop, poreus worden en min of meer uiteenvallen.”*¹³⁷ Bij kleigronden waarschuwt Reinders voor het volgende: *“Niet alleen het bewerken in te vochtigen toestand kan voor kleigronden hoogst nadeelig worden, maar ook het herhaald ploegen en eggen in te drogen toestand is niet bevorderlijk voor zijne goede structuur, omdat hij dan bij invallenden regen licht ineenslibt.”*¹³⁸ Door sterke uitdroging in de zomer en het vochtig worden van de bodem in de winter, wordt de structuur van klei beter. Een andere manier om de grond poreuzer te maken, werkt door de toevoeging, of de aanwezigheid, van dood organisch materiaal in de bodem.¹³⁹ Dit kan in de vorm van afgestorven plantenwortels zijn, of door handmatig toegevoegde natuurlijke mest. Als er dan geploegd wordt, meent Reinders, gaat de bodemstructuur juist achteruit in plaats van vooruit. De schrijver legt uit dat de grond onder de ploegvoor (de ongeploegde grond) vaak meer porositeit heeft dan de ploegvoor zelf en juist direct onder de ploegvoor is regelmatig een hardere ineengedrukte laag. Een andere manier waardoor de porositeit verbeterd kan worden, is door het bodemleven: *“Ten slotte vermelden wij, dat ook de in den grond levende dieren, met name de regenwormen, bijdragen tot de losheid en dus tot de structuur van den grond. ... Volgens eene berekening van Jenssen komen in 1 hectare grond niet zelden 133.000 wormen (Lumbricus terrestris) voor; 1 worm leverde in 24 uur minstens 0.5 gram uitwerpselen, zoodat door het geheele aantal in een etmaal 66.5 KG. per hectare geleverd zou worden.”*¹⁴⁰ Deze bodemstructuur heeft een groot effect op de vochthuishouding van de bodem. De bodem zou niet te droog en niet te vochtig moeten zijn. De capaciteit van een bodem om zonder neerslag, voor langere tijd vochtig te blijven, hangt af van het bodemtype, de capillaire werking, bodemstructuur, grondwaterstand en dergelijke. Naast klei is humus een uitstekende substantie om vocht in de bodem op te slaan. Humus zorgt ook voor een zeer goede capillaire werking. Dit onderbouwd de schrijver met data die zichtbaar is in afbeelding 9.

Meister vulde eenige glazen buizen met onderstaande grondsoorten in licht-drogen toestand en plaatste ze daarna loodrecht in water.

De hoogte waarop het water steeg is in de volgende tabel in m.M. opgegeven:

Grondsoorten.	na 1/2 uur.	5 1/2 uur.	6 1/2 uur.	21 1/2 uur.
Kleigrond.	340	1100	1150	2000
Humus.	400	1100	1140	1770
Tuingrond.	290	950	980	1610
Kwartszand.	440	920	970	1170
Veengrond.	260	500	570	1140
Zandgrond.	450	620	660	900
Krijtgrond.	60	330	540	700

AFBEELDING 9. CAPILLAIRE WERKING VAN VERSCHILLENDE SUBSTANTIES IN DE BODEM. (OVERGENOMEN UIT: REINDERS, 1899, P. 255)

¹³⁷ Reinders, 1899, p. 321

¹³⁸ Reinders, 1899, p. 248

¹³⁹ Reinders, 1899, p. 248

¹⁴⁰ Reinders, 1899, p. 249

Naast dat Reinders diep ingaat op bodemkwaliteit en hoe deze bereikt kan worden, gaat hij ook de discussie aan met wetenschapper en uitvinder van het principe achter bemesting, Justus von Liebig. Dit idee stamt uit 1840, waardoor von Liebig nu bekend staat als de uitvinder van kunstmest. Reinders gaat in op dit idee van 1840 en schrijft het volgende hierover: *“Zeer zeker wordt de grond armer aan plantenvoedingsstoffen, wanneer men er jaarlijks oogsten van trekt en niet bemest; maar v. Liebig en zijne navolgers hebben ... eene soort van schrik onder het landbouwend publiek verspreid en van den anderen kant het vertrouwen in een overigens juist beginsel aan het wankelen gebracht. Zij hebben het onvruchtbaar worden van gronden in geheele streken, o. a. in Italië en in Klein-Azië (Anatolië/Turkije), aan roofofbouw willen toeschrijven en daarom hunne waarschuwende stem tegen dien roofofbouw meenen te moeten verheffen, terwijl de werkelijke oorzaak zeer waarschijnlijk meer in verandering van het klimaat, door het opruimen van bosschen, enz. moet worden gezocht.”*¹⁴¹

V. Bemestingsleer. Meststoffen

De schrijver start met de drie belangrijkste redenen voor bemesting: *“1. den bouwgrond te voorzien van stoffen, waarin plantenvoedende elementen voorkomen ; 2. zijn natuurkundigen toestand, 3. zijn scheikundigen toestand te verbeteren, dat is het plantenvoedsel, dat hij bevat, om te zetten, zoodat het meer gemakkelijk door de plant kan worden opgenomen, schadelijke bestanddeelen weg te nemen enz. Sommige meststoffen verschaffen nu aan den bouwgrond meer bepaald plantenvoedsel, andere werken vooral gunstig op zijn natuurkundigen, nog andere meer op zijn scheikundigen toestand.”*¹⁴²

Er zijn verschillende manieren om meststoffen te onderscheiden: ¹⁴³

1. Directe meststoffen ↔ Indirecte meststoffen
2. Plantaardige meststoffen ↔ Dierlijke meststoffen ↔ Minerale meststoffen
3. Natuurlijke mest ↔ Kunstmest
4. Hoofdmeststoffen ↔ Hulpmeststoffen
5. Kort werkende meststoffen ↔ Langdurig werkende meststoffen

Ten tijde van de publicatie van dit boek was de kunstmest zoals we deze vandaag kennen nog niet uitgevonden. Daarom definieert de schrijver kunstmest op de volgende manier:

*“... delfstoffelijke of ook plantaardige en dierlijke producten, die in fabrieken eene opzettelijke bewerking ondergaan om ze tot mest meer geschikt te maken. Zijn deze rijk aan eene of meer plantenvoedende stoffen, b.v. phosphorzuur of kali of stikstof, dan worden ze gewoonlijk geconcentreerde meststoffen geheeten.”*¹⁴⁴

Delfstoffen of stoffen die kunstmatig gefabriceerd zijn, worden onder kunstmest geschaard. Reinders zijn visie luidt als volgt: *“De stalmest is voor de meeste boerderijen de hoofdmeststof. Hij is ook in den regel de meest werkzame en de volledigste mest, omdat hij niet alleen al de plantenvoedende elementen bevat, maar ook gunstig werkt op den natuurkundigen toestand van den bodem; de chilalpeter daarentegen is een hulpmest, omdat hij den bodem slechts van stikstofhoudend voedsel voorziet.”*¹⁴⁵ Stalmest was destijds de belangrijkste meststof. Ook blijkt dat de waarde van stikstof voor plantengroei algemeen bekend was.

Daarna gaat Reinders verder over de beste bewaring van mest. Deze wordt vaak gemengd met strooisel of stro. Dit helpt om de mest wat beter bij elkaar te houden en de hoeveelheid mest te vergroten. Het helpt ook om een snelle ontleding van de mest tegen te gaan waardoor waardevolle meststoffen minder snel verloren

¹⁴¹ Reinders, 1899, p. 271; deze uitspraak geeft een inkijk in de discussie over bodemkwaliteit in de negentiende eeuw.

¹⁴² Reinders, 1899, p. 374

¹⁴³ Reinders, 1899, p. 374

¹⁴⁴ Reinders, 1899, p. 374

¹⁴⁵ Reinders, 1899, p. 375; Er wordt gesproken over chilalpeter, dit was een kostbare meststof die gewonnen werd in Zuid-Amerika in de vorm van zoutafzettingen die zich daar bevonden. Deze vorm van minerale mest was veelvuldig in gebruik tot en met de eerste wereldoorlog.

gaan.¹⁴⁶ Dit heeft als bijkomend voordeel dat de mesthoop minder gaat broeien. Als de mest wel verrot dan neemt het volume af en verandert de structuur. De schrijver vervolgt met een gecompliceerd verhaal over de stoffen die in uitwerpselen en urine zitten en hij beschrijft het scheikundige proces van vertering van de mest. Over het verschil tussen verse en verrotte mest schrijft Reinders het volgende: *“Ook uit eene andere ontleding' van verrotten stalmest door Völcker blijkt, dat zoowel organische als anorganische (asch-) bestanddeelen meer oplosbaar zijn geworden en inzonderheid die, welke vooral waarde aan den mest geven als phosphorzuur, kali en de stikstofverbindingen. Ter bemesting gebruikt, worden deze daarom spoediger door den grond verspreid; zij kunnen gemakkelijker en spoediger door de planten worden opgenomen. De verrotte mest werkt daarom en ook wegens zijne fijnere verdeeling (korthed) sneller dan de lange mest.”*¹⁴⁷ De mest kan het beste bewaard worden door het eerst goed aan te laten drukken door vee. Het zou niet te nat en niet te droog bewaard moeten worden.¹⁴⁸ Dit is de beste manier om zoveel mogelijk nuttige voedingsstoffen te bewaren.

Een andere vorm van bemesting kan gedaan worden met groenbemesting. Dit zijn planten die geteeld worden om vóór de zaadvorming ondergeploegd te worden. Dit bevordert de hoeveelheid organisch materiaal en de hoeveelheid stikstof in de bodem.¹⁴⁹ *“De planten die vooral voor groenbemesting worden gebruikt, zijn: de gele en blauwe Lupinen op zand- en veengronden, de Serradella op zandgronden en de roode en witte Klaver, Erwt en Wikken op verschillende gronden maar vooral op kleigronden. Bij ontginningen worden de Lupinen als de meest geschikte planten daartoe beschouwd, omdat zij nog op schrale gronden, vooral na bemesting met een fosphaat en een kalizout, welig groeien. Op de ontgonnen gronden komen de klaversoorten en de andere hierboven genoemde Leguminosen daarvoor meer in aanmerking.”*¹⁵⁰

Een ander voordeel van organische bemesting is het indirecte voordeel dat het heeft op de beschikbaarheid van nutriënten voor planten als het omgezet is in humus: *“De humuszure zouten kunnen als oplosmiddel voor andere stoffen b.v. phosphaten dienen en bij de vertering van den humus wordt in allen gevallen voortdurend koolzuur gevormd, dat in het water van den bouwgrond opgelost, o. a. koolzure kalk, phosphorzure kalk enz. in oplossing brengt, en hieraan moet voor een groot gedeelte de middellijke werking der organische stoffen worden toegeschreven. In hoever zij onmiddellijk voor de voeding der planten of althans sommige planten kunnen dienen, moet nog nader worden onderzocht.”*¹⁵¹ Naast de voorgaande uitspraken over bemesting schrijft Reinders het volgende over het tijdstip van bemesting: *“De gewone tijden van bemesten met stalmest zijn de nazomer of herfst en het voorjaar, kort vóór den zaaitijd, en het doelmatigst is het den mest uit den stal of van de mestvaalt dadelijk op het te bemesten veld te brengen. ... Blijft hij aan de oppervlakte, dan verteert hij spoediger en de grond komt onder den mest in dien eigenaardigen toestand, dien men „gaar” noemt. Het regen- en sneeuwwater looft hem weliswaar uit, maar aangezien dit in gedraineerden bodem grootendeels door den grond trekt, gaat het uitgeloopte mede in den grond en wordt door de grondbestanddeelen opgenomen en zelfs gelijkmatiger verdeeld dan als de mest ondergeploegd wordt.”*¹⁵²

3.2.3 Beoordeling bodemkwaliteit van de traditionele landbouw

Op basis van de analyse van de twee handboeken zijn er waarden toegekend aan de tabel dat geïntroduceerd is in de inleiding. Aan de linkerkant staan de positieve waarden en aan de rechterkant de negatieve waarden. Bij alle vier de indicatoren is een kruisje gezet om de toegekende waarde aan te geven.

¹⁴⁶ Reinders, 1899, p. 380

¹⁴⁷ Reinders, 1899, p. 387

¹⁴⁸ Reinders, 1899, p. 390

¹⁴⁹ Reinders, 1899, p. 415

¹⁵⁰ Reinders, 1899, p. 415

¹⁵¹ Reinders, 1899, p. 426

¹⁵² Reinders, 1899, p. 435

TABEL 3. BEOORDELING VAN DE BODEMKWALITEIT IN DE NEGENTIENDE EEUW OP BASIS VAN HISTORISCHE LITERATUUR.

	Positief					Negatief
Toevoeging dood organisch materiaal	Veel	x				Niks
Ploegen	Nooit				x	Vaak
Toevoeging anorganische mest	Niks			x		Veel
Pesticiden	Niks	x				Veel

De toevoeging van dood organisch materiaal en het pesticidegebruik scoort goed. Ploegen krijgt een matig slechte score. De toevoeging van anorganische mest krijgt een neutrale score.

Beide schrijvers noemen natuurlijke mest, ofwel dood organisch materiaal, de belangrijkste mest van het boerenbedrijf. Ze geven aan dat dit heel erg belangrijk is en besteden erg veel tekst aan het belang van organische bemesting voor bodemstructuur, welke vormen van organische mest er zijn en hoe men hiervan het beste gebruik kan maken. Er wordt daarnaast geschreven dat de meeste boeren vrijwel alleen maar organische mest gebruiken. Op basis van deze informatie is geconcludeerd de meest positieve waarde toegekend kan worden.

Bij de handboeken wordt in het midden gelaten of de schrijvers zelf stalmest ook de belangrijkste mestsoort vinden. Er wordt in beide handboeken aangegeven dat dit nu eenmaal de traditie is in de landbouw en zo lang als het geheugen van de mens reikt is er stalmest gebruikt op het land. In de negentiende eeuw werd voor het eerst op grote schaal overwogen om ook andere vormen van mest te gebruiken, bijvoorbeeld in de vorm van guano of chilisalpeter. Beide schrijvers raden het gebruik van alternatieve meststoffen sterk aan en hebben een sterk oordeel over de boeren die niet mee willen met de nieuwste innovaties. Daarom is ervoor gekozen om een neutrale waarde te geven aan de derde indicator, toevoeging van anorganisch mest.

Bij de tweede indicator, ploegen, is de matig slechte waarde toegekend. Niet de slechtste omdat er in het boek van Reinders uit 1899 aandacht is voor de bodemstructuur en het effect van ploegen. Daarnaast was de ploegtechniek van de negentiende eeuw anders dan die van een zeer sterke tractor die nog met gemak de zwaarste klei omploegt. Desalniettemin staat er dat ploegen erg belangrijk is. Dit staat tegenover de resultaten van het onderzoek naar bodemstructuur in het vorige hoofdstuk. Hier is uit gebleken dat het bodemleven het dode organische materiaal verteert. Er ontstaat humus in de bodem die gaat samenklonteren als het ongeroerd wordt gelaten, er ontstaan zogenaamde aggregaten. De klonterige, porie-rijke structuur is volgens Reinders gewenst, maar hij meent dat dit bereikt wordt door te ploegen. Een mogelijke verklaring daarvoor is dat de rol van bodemleven nog niet bekend is in de negentiende eeuw. Er wordt door Reinders slechts eenmaal gerefereerd naar de invloed van wormen op de bodemstructuur. Verder wordt er niet gerefereerd naar andere organismen in de bodem. Enklaar gaat in zijn boek uit 1855 helemaal niet in op het bestaan van bodemleven. Er kan geconcludeerd worden dat men nog geen nut zag in de aanwezigheid van bodemleven of men was er nog niet bekend mee.

Als laatste is het pesticidegebruik de meest positieve waarde gegeven. Dit komt omdat er in beide handboeken geen woord genoemd wordt over pesticiden en chemische gewasbescherming.

3.3 Interview met een boer

3.3.1 Bedrijfsvoering voor het jaar 2000

Harry Luring is boer in de regio Westerwolde, in het oosten van de provincie Groningen. Hij heeft een gemengd bedrijf met de primaire focus op veeteelt. Anno 2022 heeft hij 90 hectare grasland, ongeveer 45 hectare bouwland en hij heeft ongeveer 100 melkkoeien. Zijn percelen zitten vooral op fijn zand of venige zandgrond. Het familiebedrijf is momenteel biologisch gecertificeerd (sinds 2012) en werkt ernaar toe om een biologisch dynamisch bedrijf te worden. Om zijn land vruchtbaar te houden staat het bodemleven daarom centraal in zijn bedrijfsvoering. Voor 2012 had familie Luring altijd een gangbaar bedrijf.

Na de tweede wereldoorlog kwam in Nederland de mechanisatie van de landbouwsector op stoom. Daarom schafte de vader van Harry Luring rond 1955 de eerste tractor aan. In deze tijd begon zijn vader ook voor het eerst veel kunstmest en pesticiden te gebruiken. Daarnaast bleef stalmest nog lange tijd een belangrijke rol spelen in de bemesting van het land. Deze mest was van goede kwaliteit omdat er nog vaste mest uit de grupstal gehaald werd. In de jaren zestig werd de melkmachine aangeschaft. Er werd ook bewust voor gekozen om een gemengd bedrijf te blijven. Deze keuze werd gemaakt omdat Harry Luring de afwisseling bij deze bedrijfsvoering erg waardeerde. In 1996 is hij afgestapt van de grupstal en heeft een nieuwe ligboxenstal laten bouwen. Dit leidde ertoe dat hij in een keer kon groeien van 25 koeien, naar 60 koeien. Ook stapte hij toen af van de vaste mest en bemestte zijn land met drijfmest. Het hoogtepunt van kunstmestgebruik bij de boerderij van Harry Luring was in de jaren negentig van de twintigste eeuw. Tot ongeveer het jaar 2000 waren Harry Luring, en daarvoor zijn vader, gewone gangbare boeren die graag meegroeiden met de nieuwste ontwikkelingen van de tijd. Daarna speelde Harry Luring voor het eerst met het idee om over te stappen op een biologische bedrijfsvoering.

3.3.2. Beoordeling bodemkwaliteit bij gangbare bedrijfsvoering

Als de beoordelingstabel ingevuld zou worden voor grofweg 1990 zou dit het volgende resultaat geven:

TABEL 4. BEOORDELING VAN DE BODEMKWALITEIT VOOR GANGBARE LANDBOUW ROND 1990 BIJ HET BEDRIJF VAN FAMILIE LURING.

		Positief					Negatief	
Toevoeging dood organisch materiaal	Veel		x					Niks
Ploegen	Nooit						x	Vaak
Toevoeging anorganische mest	Niks						x	Veel
Pesticiden	Niks				x			Veel

Er is gekozen om toevoeging van dood organisch materiaal met matig goed te beoordelen, ploegen en de toevoeging van anorganische mest als zeer slecht, en het pesticidegebruik met matig slecht. In deze tijd was er bij het bedrijf van familie Luring nog een grupstal aanwezig waardoor stalmest in vaste vorm op het land uitgestrooid kon worden, dit is erg gunstig voor het bodemleven. Ploegen is de slechtste beoordeling gegeven omdat er op de akkers vaak, en diep geploegd werd. Toevoeging van anorganische mest is ook als zeer slecht beoordeeld omdat dit de periode was waarin de meeste kunstmest per hectare gebruikt werd tussen 1960 en 2020. Het pesticidegebruik is beoordeeld met matig slecht omdat er door de overheid rond 1980 regels zijn opgesteld over het pesticidegebruik. Hierbij werden de slechtste pesticiden verboden.

3.3.3 Bedrijfsvoering na het jaar 2000

In het jaar 2000 heeft Harry Luring overwogen om naar een biologische bedrijfsvoering over te stappen, op dat moment was het helaas niet rendabel. Tien jaar later was er meer vraag naar biologische producten en zou zijn inkomen gelijk blijven bij een overstap. Daarom heeft hij er in 2010 voor gekozen om een biologische boer te worden. Harry Luring had al langer geconstateerd dat het traject van schaalvergroting waar de gangbare landbouw inzit, een doodlopende weg is. *“Hoe langer je hiermee doorgaat, hoe groter de stap terug wordt”*, zegt hij. In 2010 stelde hij zichzelf de vraag: *“gaan we voor kwaliteit of voor kwantiteit?”* Hij kon óf tweehonderd koeien gaan melken, óf biologisch worden. Voor hem was het antwoord toen gauw duidelijk. Nu produceert Harry Luring biologische melk, waarbij de kwaliteit van de producten voorop staat. Daarom wil hij zijn koeien met zoveel mogelijk gras voeren, dit zorgt namelijk voor de beste melk en de gezondste koe, zegt hij.

Om de kwaliteit hoog te houden, gebruikt Harry Luring helemaal geen kunstmest en geen pesticiden. In plaats van kunstmest, wordt er met name stalmest in vaste vorm gebruikt. Door de bouw van een ronde potstal in 2015, kon Harry Luring afstappen van drijfmest en ging weer vaste mest gebruiken. De ‘roundhouse’ heeft een diameter van 45 meter en alleen de bovenkant is bedekt met een doek, de zijkanten zijn open. Hier kunnen de

koeien vrij in staan en in een verlaagd gedeelte kan de mest dan goed opgevangen worden. De hoofdmeststof op het bedrijf is vaste mest en daarnaast gebruikt hij nog enkele hulpmeststoffen. 100% van de mest is natuurlijke mest. De mest wordt dan in september en oktober uitgereden. Door de bemestingstechniek is er een goede bodemstructuur op zijn land ontstaan wat ervoor zorgt dat er bijna geen uitspoeling van nutriënten plaats vindt. Een ander voordeel van de roundhouse, is dat de koeien veel beweegruimte hebben. De koeien kunnen daarom hun hoorns houden. En als er een opstootje ontstaat, om de hiërarchie in de groep opnieuw vast te stellen, kan een koe nooit in een hoek gedreven worden.

Om bodemverdichting tegen te gaan, blijft hij gebruik maken van oudere tractoren. Deze hebben nog veel minder gewicht dan de tractoren die in de afgelopen jaren gemaakt zijn. In 2022 heeft hij zelfs besloten om geen hulp meer in te schakelen van loonwerkers, vanwege hun zware machines. In zijn huidige werkwijze kan Harry Luring het grootste deel van het voer zelf verbouwen. Dit doet hij uiteraard door het voeren van gras, maar hij verbouwt ook zelf gewassen. Onder andere met mengteelten, zoals gerst en erwten, en haver en veldbonen. Dit zijn goede combinaties omdat de erwten en de veldbonen vlinderbloemige planten zijn, daarmee zorgen ze voor meer stikstof in de bodem. Om de grond van onkruiden te ontdoen, wordt de grond geploegd tot 15 cm. Hierbij wordt wel gebruik gemaakt van een speciale ecoploeg die de grond niet omkeert. Dit is namelijk beter voor het bodemleven. Opvallend, is het gegeven dat er jaarlijks een forse hoeveelheid melk wordt afgevoerd, terwijl nauwelijks voer voor de koeien wordt aangevoerd. De bodem behoudt dus zijn vruchtbaarheid, zonder de aanvoer van grote hoeveelheden mest of voer. Harry Luring meent dat de vruchtbaarheid behouden blijft door een goed functionerend bodemleven. Hij zegt: *“Die input kan met heel weinig goed af, alleen dat bodemleven moet goed functioneren, en als je voldoende mycorrhiza’s hebt, die kunnen de wortels tien keer verlengen. ... Als je voldoende diversiteit hebt; dat is de voorwaarde dat het ecosysteem goed functioneert.”*

Een bijkomend voordeel van deze lage input, is dat hij nauwelijks kosten heeft aan de invoer van producten. Daardoor is hij ook niet afhankelijk van de fluctuerende marktprijs van bijvoorbeeld kunstmest. Naast akkerbouwtaak en veeteelttaak heeft familie Luring ook nog een boerderijwinkel. Bio-boerderij Landleven produceert haar eigen zuivelproducten onder het merk ‘Westerwolds Goud’. Daar hebben ze een redelijk vaste groep klanten die graag producten afneemt bij de boerderijwinkel. Met deze veelzijdige werkwijze denkt familie Luring een goede stap gezet te hebben richting een toekomstbestendige landbouw. Maar Harry Luring zegt dat dit niet vanzelf gaat: *“in die zin zeg ik ook van, het is voor mij ook een zoektocht, en je hebt inderdaad een aantal stappen gezet, maar kijk, je bent er nog lang niet. En het is ook nooit zo dat je er zult zijn, dat je zegt, dit is het.”*

3.3.4. Beoordeling bodemkwaliteit bij biologische bedrijfsvoering

TABEL 5. BEOORDELING VAN DE BODEMKWALITEIT VOOR BIOLOGISCHE LANDBOUW ROND 2022 BIJ HET BEDRIJF VAN FAMILIE LURING.

	Positief					Negatief
Toevoeging dood organisch materiaal	Veel	x				Niks
Ploegen	Nooit		x			Vaak
Toevoeging anorganische mest	Niks	x				Veel
Pesticiden	Niks	x				Veel

Nu Harry Luring de overstap gemaakt heeft naar een biologische bedrijfsvoering wordt de beoordeling van de bodemkwaliteit veel positiever. Toevoeging van dood organisch materiaal, toevoeging anorganische mest en pesticidegebruik krijgen de beste score. Dit komt omdat enerzijds 100% van de mest natuurlijk is en anderzijds 0% kunstmest gebruikt wordt. Er worden ook geen pesticiden gebruikt. Ploegen krijgt in dit geval een matig goede score vanwege het feit dat er wel geploegd wordt, maar alleen zo minimaal mogelijk.

3.4 Comparatieve analyse van de resultaten

In dit hoofdstuk is onderzocht hoe de landbouwtechnieken van voor de Tweede Wereldoorlog verschilden met de technieken van daarna. Om dit te achterhalen zijn handboeken voor de landbouw geanalyseerd en is er een

interview uitgevoerd. Er zal vooral worden ingegaan op de relatie tussen boer en bodem en wat hier veranderd is. De hele landbouwsector is namelijk fundamenteel veranderd in de afgelopen twee eeuwen. Bij het lezen van de handboeken voor de landbouw blijkt dat het thema bodemvruchtbaarheid erg belangrijk is. Bij beide boeken valt op dat bodemvruchtbaarheid zeer regelmatig benoemd wordt. De auteur Enklaar schrijft in hoofdstuk 3 over de eenvoudigste methode om de kwaliteit van een boer te beoordelen. Dit deed hij door te observeren hoe er met mest omgegaan wordt in het boerenbedrijf. Hieruit blijkt dat hij veel belang aan een vruchtbare bodem hecht, maar dat hij ook ziet dat er nog veel onkunde is. Na analyse van de handboeken, wordt geconcludeerd dat duurzame bodemvruchtbaarheid de grootste uitdaging was die een boer tegenkwam in zijn dagelijkse werk. Het was zeer gecompliceerd om de vruchtbaarheid van het land hoog te houden.

Sinds het gebruik van kunstmest de norm is geworden, houden moderne boeren zich veel minder bezig met de vruchtbaarheid van hun land. Het is niet meer het moeilijkste onderdeel van het vak. Juist het meegroeien met de tijd is wat een boer tegenwoordig veel bezighoudt. Eerst moest hij moderniseren, met de tractor en de melkmachine. Zestig jaar later gebruikt nagenoeg iedere Nederlandse boer hoogwaardige technologie om zijn werk uit te voeren. Toch lijkt die ontwikkeling nog lang niet afgerond. Harry Luring houdt zich tegenwoordig bezig met de eindeloze schaalvergroting, met vermindering van de stikstofuitstoot, en biodiversiteit. Veel boeren hopen de zogenaamde stikstofcrises op te lossen via innovatie en nieuwe technologie. Dat is een werkwijze die boeren hebben geleerd in de afgelopen zestig jaar maar nog niet gebruikelijk was in de negentiende eeuw. Harry Luring kiest voor een andere oplossing: hij heeft ervoor gekozen om over te stappen op een biologische bedrijfsvoering. Ten eerste is hij hierbij veel minder afhankelijk van externe input, zoals kunstmest en veevoer. Maar bovenal, denkt hij met een biologische bedrijfsvoering een échte oplossing te hebben gevonden voor de vraagstukken waar iedere boer zich tegenwoordig mee bezig moet houden. Het bijzondere is dat hij hierbij opnieuw gebruik maakt van technieken die in de negentiende eeuw gebruikelijk waren. Harry Luring heeft enkele jaren terug een potstal laten bouwen, dit geeft hem weer de mogelijkheid om met vaste mest te werken. Daarnaast gebruikt hij een gemengde bedrijfsvorm omdat hij dan minder afhankelijk is van externe aanvoer van veevoer. Met de overstap op een biologische bedrijfsvoering, is het gebruik van kunstmest en pesticiden niet meer aan de orde. Beide stoffen waren in de negentiende eeuw nog niet uitgevonden.

Het is niet gemakkelijk om de traditionele landbouw te vergelijken met de moderne landbouw. De verschillen zijn zo groot, dat het onmogelijk is om alleen de verschillen over de relatie tussen boer en bodem te benoemen. Dit komt juist omdat de moderne gangbare boer nauwelijks meer problemen heeft met de bodem vruchtbaar houden. Hij gebruikt kunstmest om het verlies van voedingsstoffen aan te vullen en hij werkt met een tractor om zijn werk uit te voeren. Uit de beoordeling van de vier indicatoren blijkt dan ook de werkwijze van de gangbare boer ten koste gaat van de bodemkwaliteit (tabel 4). Toch kan het erg waardevol zijn voor boeren om te leren over de landbouwtechnieken van de negentiende eeuw. In deze tijd was het behoudt van een langdurige bodemvruchtbaarheid de grootste uitdaging van het vak. De technieken die hiervoor benoemd worden in de handboeken, komen verrassend sterk overeen met technieken die Harry Luring nu toepast bij een biologische bedrijfsvoering. De technieken die toegepast werden in de negentiende eeuw zorgden dan ook voor een relatief goede bodemkwaliteit, blijkt uit de beoordeling van de vier indicatoren (tabel 3).

4. Conclusie

Uit dit onderzoek is gebleken, dat er veel wetenschappelijke kennis beschikbaar is over de nutriëntenkringloop. Tijdens het uitvoeren van dit onderzoek is er geen literatuur tegengekomen die de kringloop in zijn geheel beschrijft. Toch blijkt uit het onderzoek voor hoofdstuk 2 dat er wel degelijk een rode draad te onderscheiden is, door wetenschappelijke literatuur logisch te combineren. Dood organisch materiaal wordt namelijk verteerd door organismen in de bodem, hieruit ontstaat humus. Humus hecht zich zeer goed aan kleideeltjes, waardoor bodemaggregaten ontstaan. Om deze bodemaggregaten vormen poriën, ruimtes waar lucht en water kan binnendringen. Samen zorgt dit voor de goede bodemstructuur. Schimmels en bacteriën helpen de plant om nutriënten op te nemen uit de bodem. Mycorrhizaschimmels verlengen de lengte van de wortels waardoor zelfs de meest microscopische poriën benut kunnen worden. Rhizobacteriën vormen een beschermende laag om de wortels heen die als een soort medium tussen de wortel en zijn omgeving fungeert. Een kwart van de verschillende soorten organismen op aarde, bevindt zich in de bodem. Deze bodemorganismen zijn afhankelijk van levende en dode planten, en planten zijn afhankelijk van de organismen in de bodem. Tegenwoordig is het zeer gebruikelijk in de landbouw om het land onbegroeid te laten na de oogst, als de ingezaaide gewassen weer opkomen wordt het land weer bedekt. Deze methode is zeer af te raden als men de bodemkwaliteit hoog wil houden. Boeren kunnen de bodemkwaliteit bevorderen door de organismen in de bodem te benutten, of benadelen door dit niet te doen. Hoofdstuk 2 laat zien dat de mens een gedeelte van de oplossing kan zijn voor omgevingsproblemen zoals de stikstofcrisis, biodiversiteitsverlies en langdurige droogte. Tegenwoordig menen veel mensen dat boeren de veroorzaker zijn van deze omgevingsproblemen, maar er wordt niet bij stilgestaan dat boeren oorspronkelijk gezien juist de bron waren van een gezond stabiel landschap met veel biodiversiteit. Als de gehele kringloop van nutriënten in acht genomen wordt, kan veel verwarring over dit misverstand weggenomen worden. Een bodem met een hoge bodemkwaliteit speelt namelijk een vitale rol voor het functioneren van planten. Als de bodemkwaliteit hoog is, kunnen planten beter groeien en omgaan met stresscondities. Planten hebben meer voedingsstoffen tot hun beschikking, ze kunnen beter wortelen in de grond, water blijft langer beschikbaar in periodes van droogte, een disbalans in de aanwezigheid van nutriënten kan beter gebalanceerd worden en wortels zijn beter beschermd tegen zware metalen of ziektekiemen. Boeren zijn misschien de oorzaak van de hiervoor genoemde omgevingsproblemen, maar omdat zij een cruciale rol kunnen spelen in de bevordering van bodemkwaliteit, vormen ze net zo goed een oplossing.

Het historisch onderzoek dat uitgevoerd is voor hoofdstuk 3, komt via een andere benadering tot een vergelijkbare conclusie. Uit het interview dat afgenomen is met een boer blijkt namelijk dat het boerenbedrijf sinds 1950 in een opwaartse spiraal van innovatie en technologische ontwikkeling is terechtgekomen. Eerst werd dit gedaan met het oog op de modernisatie van de landbouw, tegenwoordig wordt deze tactiek toegepast als antwoord op omgevingsproblemen. Een andere oplossing ligt in de biologische bedrijfsvoering. De biologische boer waarbij een interview is afgenomen, is namelijk landbouwtechnieken gaan toepassen die vergelijkbaar zijn met de negentiende eeuw. In dit onderzoek is historische literatuur uit de negentiende eeuw onderzocht om te achterhalen hoe de relatie tussen boer en bodem in elkaar zat. Hieruit is gebleken dat er al een zeer grondig begrip was van de werking van de bodem. Dit was nodig omdat het behoudt van langdurige bodemvruchtbaarheid een van de grootste uitdagingen was in het dagelijkse werk van de boer. Boeren maakten vroeger gebruik van stalmest, dit was de hoofdmeststof die gebruikt werd. Om deze mest op te vangen stonden koeien in de potstal of grupstal. De vaste mest uit de stal werd gebruikt om de bodemstructuur te bevorderen en de grond vruchtbaar te houden.

Men organiseerde de kennis over de bodem destijds anders dan tegenwoordig de norm is. Men keek destijds veel meer naar het gehele plaatje; een vergelijkbare methode die ook is toegepast in hoofdstuk 2. Bij beide teksten wordt minder belang gehecht aan de nieuwste kennis, maar er wordt juist gekeken naar de relaties tussen de bekende feiten. Dit onderzoek heeft laten zien hoeveel kennis al beschikbaar is, dat kan fungeren als antwoord op de moderne omgevingsproblematiek. Deze vorm van out-of-the-box denken wordt minder toegepast dan de gangbare methode van innovatie. Bij innovatie wordt juist geprobeerd om met de nieuwe kennis een oplossing voor een probleem te vinden.

Als de resultaten van hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 vergeleken worden, kan gezegd worden dat men een gedegen basiskennis had van de bodem. In de negentiende eeuw was stalmest de belangrijkste meststof. En sommigen menen misschien dat dit noodzakelijk was omdat kunstmest nog niet bestond. Maar dat valt te betwijfelen omdat er uit de analyse van de handboeken voor de landbouw blijkt dat er vergelijkbare conclusies getrokken worden over de bevordering van bodemkwaliteit als in hoofdstuk 2. Onder ander op het vlak van de bevordering van bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid. Dit is opmerkelijk omdat ze destijds slechts een fractie van de huidige kennis van de bodem hadden. Er wordt nauwelijks geschreven over bodemleven, in het handboek van Reinders uit 1899 wordt enkel de functie van de regenworm benoemd. Ook is er nog geen kennis over de vorming van bodemaggregaten, maar de positieve correlatie tussen kleigehalte en humusgehalte is al wel bekend.

Tegenwoordig wordt te weinig gekeken naar oude technieken als antwoord op de omgevingsproblemen van deze tijd. Onderzoek wijst uit dat er in de negentiende eeuw geen omgevingsproblemen waren op de manier zoals dit tegenwoordig het geval is. Dit onderzoek laat zien dat we ons kunnen laten inspireren door met een breed blik te kijken naar de moderne wetenschappelijke kennis over bodemkwaliteit en de negentiende-eeuwse landbouwtechnieken. Toekomstig onderzoek zou zich het beste kunnen richten op de toepassing van technieken die in dit onderzoek beschreven zijn. Dit onderzoek is zeer theoretisch opgesteld maar tijdens de toepassing van deze kennis zullen ongetwijfeld vele nieuwe vraagstukken oprijzen.

5. Literatuurlijst

5.1 Kunst

Friedrich, Caspar David. *Wanderer über dem Nebelmeer*. 1817. Hamburger Kunsthalle, <https://online-sammlung.hamburger-kunsthalle.de/de/objekt/HK-5161/wanderer-ueber-dem-nebelmeer?term=Der%20Wanderer%20C3%BCber%20dem%20Nebelmeer&context=default&position=0>

McCulloch, Horatio. *Loch Lomond*. 1861. Glasgow museums, <http://collections.glasgowmuseums.com/mwebcgi/mweb?request=record;id=1865;type=101>

5.2 Literatuur

Abiven, S., Menasseri, S., & Chenu, C. (2009). The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability– A literature analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(1), 1-12.

Ahemad, M. (2019). Remediation of metalliferous soils through the heavy metal resistant plant growth promoting bacteria: paradigms and prospects. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 1365-1377.

Aksoy, E., Louwagie, G., Gardi, C., Gregor, M., Schröder, C., & Löhnertz, M. (2017). Assessing soil biodiversity potentials in Europe. *Science of the Total Environment*, 589, 236-249.

Altieri, M. A. (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(1), 35-42.

Angers, D. A., & Caron, J. (1998). Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry*, 42(1), 55-72.

Antrop, M. (2005). Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and urban planning*, 70(1-2), 21-34.

Antrop, M., & Eetvelde, V. V. (2017). Landscape perspectives : the holistic nature of landscape (Ser. Landscape series, volume 23). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-024-1183-6>

Bai, Z., Caspari, T., Gonzalez, M. R., Batjes, N. H., Mäder, P., Bünemann, E. K., de Goede, R., Brussaard, L., Xu, M., Santos Ferreira, C.S., Reintam, E., Fan, H., Mihelic, R., Glavan, M. & Tóth, Z. (2018). Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, ecosystems & environment*, 265, 1-7.

Bieleman, J. (2010). Five centuries of farming: a short history of dutch agriculture 1500-2000 (Ser. Mansholt publication series, vol. 8). Wageningen Academic.

Blanchart, E., Lavelle, P., & Spain, A. V. (1990). Effects of biomass and size of *Millsonia anomala* (Oligochaeta: Acanthodrilidae) on particle aggregation in a tropical soil in the presence of *Panicum maximum* (Gramineae). *Biology and fertility of soils*, 10(2), 113-120.

Brussaard, L., Pulleman, M. M., Ouédraogo, É., Mando, A., & Six, J. (2007). Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia*, 50(6), 447-462.

Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., Van Groenigen, J.W. & Brussaard, L. (2018). Soil quality—A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.

Cai, Z., Wang, B., Xu, M., Zhang, H., Zhang, L., & Gao, S. (2014). Nitrification and acidification from urea application in red soil (Ferralic Cambisol) after different long-term fertilization treatments. *Journal of soils and sediments*, 14(9), 1526-1536.

Calvo-Iglesias, M. S., Crecente-Maseda, R., & Fra-Paleo, U. (2006). Exploring farmer's knowledge as a source of information on past and present cultural landscapes: A case study from NW Spain. *Landscape and urban planning*, 78(4), 334-343.

Cheeke, T. E., Coleman, D. C., & Wall, D. H. (2013). Microbial ecology in sustainable agroecosystems (Ser. Advances in agroecology). CRC Press; Taylor & Francis Group.

Coleman, D. C., Callahan, M., & Crossley Jr, D. A. (2018). Fundamentals of soil ecology. Elsevier Inc.

Delgado-Baquerizo, M., Maestre, F. T., Gallardo, A., Bowker, M. A., Wallenstein, M. D., Quero, J. L., Ochoa, V., Gozalo, B., García-Gómez, M., Soliveres, S., García-Palacios, P., Berdugo, M., Valencia, E., Escolar, C., Arredondo, T., Barraza-Zepeda, C., Bran, D., Carreira, J.A., Chaieb, M., Conceição, A.A., Derak, M., Eldridge, D.J., Escudero, A., Espinosa, C.I., Gaitán, J., Gatica, M.G., Gómez-González, S., Guzman, E., Gutiérrez, J.R., Florentino, A., Hepper, E., Hernández, R.M., Huber-Sannwald, E., Jankju, M., Liu, J., Mau, R.L., Miriti, M., Monerri, J., Naseri, K., Noumi, Z., Polo, V., Prina, A., Pucheta, E., Ramírez, E., Ramírez-Collantes, D.A., Romão, R., Tighe, M., Torres, D., Torres-Díaz, C., Ungar, E.D., Val, J., Wamiti, W., Wang, D. & Zaady, E. (2013). Decoupling of soil nutrient cycles as a function of aridity in global drylands. *Nature*, 502(7473), 672-676.

Fließbach, A., Oberholzer, H. R., Gunst, L., & Mäder, P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 273-284.

Fuller, R. J., Williamson, T., Barnes, G., & Dolman, P. M. (2017). Human activities and biodiversity opportunities in pre-industrial cultural landscapes: relevance to conservation. *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 459-469.

Gamage, D., Thompson, M., Sutherland, M., Hirotsu, N., Makino, A., & Seneweera, S. (2018). New insights into the cellular mechanisms of plant growth at elevated atmospheric carbon dioxide concentrations. *Plant, cell & environment*, 41(6), 1233-1246. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.13206>

Gerhart, L. M., & Ward, J. K. (2010). Plant responses to low [CO₂] of the past. *The New Phytologist*, 188(3), 674–695.

Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, T., Goulson, D., De Kroon, H. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12(10): e0185809. <https://doi-org.proxy-ub.rug.nl/10.1371/journal.pone.0185809>

Henneron, L., Bernard, L., Hedde, M., Pelosi, C., Villenave, C., Chenu, C., Bertrand, M., Girardin, C. & Blanchart, E. (2015). Fourteen years of evidence for positive effects of conservation agriculture and organic farming on soil life. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 169-181.

- Herrick, J. E. (2000). Soil quality: an indicator of sustainable land management? *Applied soil ecology*, 15(1), 75-83.
- Higgs, E., Falk, D. A., Guerrini, A., Hall, M., Harris, J., Hobbs, R. J., Jackson, S. T., Rhemtulla, J. M. & Throop, W. (2014). The changing role of history in restoration ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(9), 499-506.
- Hou, D., Bolan, N. S., Tsang, D. C., Kirkham, M. B., & O'Connor, D. (2020). Sustainable soil use and management: An interdisciplinary and systematic approach. *Science of the Total Environment*, 138961.
- Janvier, C., Villeneuve, F., Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Mateille, T., & Steinberg, C. (2007). Soil health through soil disease suppression: which strategy from descriptors to indicators? *Soil biology and Biochemistry*, 39(1), 1-23.
- Karlen, D. L., Ditzler, C. A., & Andrews, S. S. (2003). Soil quality: why and how? *Geoderma*, 114(3-4), 145-156.
- Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10.
- Keyzer, M. (2010). Towards a closed phosphorus cycle. *The Economist*, 158(4), 411-425. DOI: <https://doi-org.proxy-ub.rug.nl/10.1007/s10645-010-9150-5>
- Lehmann, A., Leifheit, E. F., & Rillig, M. C. (2017). Mycorrhizas and soil aggregation. *In Mycorrhizal mediation of soil* (pp. 241-262). Elsevier.
- Lehmann, J., & Kleber, M. (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), 60-68.
- Liu, Y., Duan, M., & Yu, Z. (2013). Agricultural landscapes and biodiversity in China. *Agriculture, ecosystems & environment*, 166, 46-54.
- Loreau, M. (2001). Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *science*, 294(5543), 804-808.
- Maltas, A., Kebli, H., Oberholzer, H. R., Weisskopf, P., & Sinaj, S. (2018). The effects of organic and mineral fertilizers on carbon sequestration, soil properties, and crop yields from a long-term field experiment under a Swiss conventional farming system. *Land degradation & development*, 29(4), 926-938.
- Maltha, D. J. (1976). Honderd jaar landbouwkundig onderzoek in Nederland, 1876-1976. Pudoc: Wageningen
- McBratney, A., Field, D. J., & Koch, A. (2014). The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213, 203-213.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens III, W.W., (1972). The limits to growth: A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind. New York: Universe Books.
- Mhatre, P. H., Karthik, C., Kadirvelu, K., Divya, K. L., Venkatasalam, E. P., Srinivasan, S., Ramkumar, G., Saranya, C. & Shanmuganathan, R. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A potential alternative tool for nematodes bio-control. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 17, 119-128.

- Miransari, M. (2013). Soil microbes and the availability of soil nutrients. *Acta physiologiae plantarum*, 35(11), 3075-3084.
- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., & Ashraf, M. (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology advances*, 32(2), 429-448.
- Oleńska, E., Małek, W., Wójcik, M., Swiecicka, I., Thijs, S., & Vangronsveld, J. (2020). Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Science of the Total Environment*, 140682.
- Osterholz, W. R., Culman, S. W., Herms, C., de Oliveira, F. J., Robinson, A., & Doohan, D. (2021). Knowledge gaps in organic research: understanding interactions of cover crops and tillage for weed control and soil health. *Organic Agriculture*, 11(1), 13-25.
- Plieninger, T., Höchtl, F., & Spek, T. (2006). Traditional land-use and nature conservation in European rural landscapes. *Environmental science & policy*, 9(4), 317-321.
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M., & Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1-2), 61-76.
- Renes, H. (2015). Historic landscapes without history? A reconsideration of the concept of traditional landscapes. *Rural Landscapes: Society, Environment, History*, 2(1).
- Rillig, M. C., & Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171(1), 41-53.
- Sarker, T. C., Zotti, M., Fang, Y., Giannino, F., Mazzoleni, S., Bonanomi, G., Cai, Y. & Chang, S. X. (2022). Soil Aggregation in Relation to Organic Amendment: a Synthesis. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-22.
- Sayyed, R.Z., Reddy, M.S. (2019). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Prospects for Sustainable Agriculture. Springer Nature Singapore Pte Ltd. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6790-8>
- Schouten, M.G.C. (2001). Spiegel van de natuur: het natuurbeeld in cultuurhistorisch perspectief (3^e uitgebreide druk). KNNV uitgeverij: Zeist
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). Mycorrhizal symbiosis (3rd ed.). Academic Press.
- Stockmann, U., Adams, M. A., Crawford, J. W., Field, D. J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A. B., de Remy de Courcelles, V., Singh, K., Wheeler, I., Abbot, L., Angers, D. A., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P. C., Chenu, C., Jastrow, J. D., Lal, R., Lehmann, J., O'Donnell, A. G., Parton, W. J., Whitehead, D. & Zimmermann, M. (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 80-99.
- Strawn, D.G., Bohn, H. L., & O'Connor, G. A. (2015). Soil chemistry (fourth edition). John Wiley & Sons, Ltd.
- Sylvain, Z. A., & Wall, D. H. (2011). Linking soil biodiversity and vegetation: implications for a changing planet. *American journal of botany*, 98(3), 517-527.
- Tilman, D., Isbell, F., & Cowles, J. M. (2014). Biodiversity and ecosystem functioning. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 45, 471-493.

Van der Poel, J.M.G. (1967). Honderd jaar landbouwmechanisatie in Nederland. 1^{ste} druk, Veenman, Wageningen.

Van der Poel, J.M.G. (1976). Het landbouwonderwijs in Nederland tot 1918, een beknopt bibliografisch vademecum. Uitgegeven door Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie Wageningen.

Van Merriënboer, J. (2006). Mansholt: een biografie. Uitgeverij: Boom.

Veldink, J.G. (1970). W.C.H. Staring, 1808-1977, Geoloog en landbouwkundige (Proefschrift). Centrum voor Landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie Wageningen. Geraadpleegd van: <https://edepot.wur.nl/50945>

Vukicevich, E., Lowery, T., Bowen, P., Úrbez-Torres, J. R., & Hart, M. (2016). Cover crops to increase soil microbial diversity and mitigate decline in perennial agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(3), 1-14.

Wagner, S., Cattle, S. R., & Scholten, T. (2007). Soil-aggregate formation as influenced by clay content and organic-matter amendment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(1), 173-180.

Westerman, F. (1999). De graanrepubliek. Atlas: Amsterdam

Xu, M. (2015). The optimal atmospheric CO₂ concentration for the growth of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of plant physiology*, 184, 89-97.

5.3 Websites

Centraal Bureau Statistiek (2020). *Hoe wordt de Nederlandse bodem gebruikt? Nederland in cijfers, editie 2020*. Geraadpleegd van: <https://longreads.cbs.nl/nederland-in-cijfers-2020/hoe-wordt-de-nederlandse-bodem-gebruikt/>

Centraal Bureau Statistiek (2017). *Nederlandse landbouwproductie 1950-2015*. Geraadpleegd van: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/05/nederlandse-landbouwproductie-1950-2015>

Compendium voor de leefomgeving (2013). *Biodiversiteitsverlies in Nederland, Europa en de wereld, 1700-2010*. Geraadpleegd van: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl144002-ontwikkeling-biodiversiteit-msa>

Groninger Archieven (z.d.). *Nieuw-Scheemda: Willem Groot poseert achter een ploeg op een akker*. Identificatienummer: NL-GnGRA_818_10883 Geraadpleegd van: <https://www.beeldbank groningen.nl/beelden/detail/f259f789-1f53-7141-30f5-d3a0700c4e97/media/de1a8575-60b9-6e2c-c342-cda0fdf30c0d?mode=detail&view=horizontal&q=ploeg&rows=1&page=51>

NOS (2019). 'Monumentale deur uit provinciehuis breken is een grens overschrijden'. Geraadpleegd van: <https://nos.nl/artikel/2306147-monumentale-deur-uit-provinciehuis-breken-is-een-grens-overschrijden.html>

NOS (2021). *Zindelijke koe kan helpen bij stikstofproblematiek, 'maar bekijk hele mestketen'*. Geraadpleegd van: <https://nos.nl/artikel/2397769-zindelijke-koe-kan-helpen-bij-stikstofproblematiek-maar-bekijk-hele-mestketen>

NOS (2022). *'Tienduizenden boeren maken vuist tegen kabinet, actie leidt tot chaos op wegen'*. Geraadpleegd van:
<https://nos.nl/collectie/13901/artikel/2433672-tienduizenden-boeren-maken-vuist-tegen-kabinet-actie-leidt-tot-chaos-op-wegen>

Plant Health Cure B.V. (2017). PHC film: Grond is een levend organisme. Geraadpleegd op 5-12-2021 via:
<https://youtu.be/12rcwaKzDY4>

Sovon (2021). *Broedvogeltrends 1990-2020*. Geraadpleegd van:
<https://www.sovon.nl/nl/content/broedvogeltrends>

5.4 Historische literatuur

Bergsma, C.A. (1841). *Handboek voor de Vaderlandsche Landhuishoudkunde*. Te Utrecht, bij J.G. van Terveen en Zoon, 1841.

Enklaar, E.C. (1855). *Handboek voor den Beoefenaar van den Landbouw*. Te Nijmegen, bij C.A. Vieweg, 1855.
Geraadpleegd van:
https://books.google.nl/books?id=LnQPAAAAQAAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Hamm, W. (1853). *De landhuishoudelijke gereedschappen en werktuigen van Engeland*. Te Zwolle, bij W.E.J. Tjeenk Willink.

Haubner, C.G. (1845). *De gezondheidsleer der landhuishoudelijke huisdieren*. Vertaald en gereviseerd door Enklaar, E.C. (1850). Te Zwolle, bij W.E.J. Tjeenk Willink.

Reinders, G. (1899). *Handboek voor den Nederlandschen landbouw en de veeteelt, deel een*. Te Groningen, bij J.B. Wolters. Geraadpleegd van: <https://edepot.wur.nl/394692>

Reinders, G. (1901). *Handboek voor den Nederlandschen landbouw en de veeteelt, deel twee*. Te Groningen, bij J.B. Wolters. Geraadpleegd van: <https://edepot.wur.nl/395879>

Reinders, G. (1903). *Handboek voor den Nederlandschen landbouw en de veeteelt, deel drie*. Te Groningen, bij J.B. Wolters. Geraadpleegd van: <https://edepot.wur.nl/395902>

Staring, W.C.H. (1868). *Huisboek voor den Landman in Nederland*. Te Amsterdam, bij G.L. Funke, 1868.

Uilkens, J.A. (1819). *Handboek van Vaderlandsche Landhuishoudkunde*. Te Groningen, bij J. Oomkens, 1819.

Van Hall, H.C. (1864). *Grondbeginselen der wetenschappelijke Landhuishoudkunde*. Te Haarlem, bij De erven Loosjes, 1864.

Von Liebig, J. (1861). *De zoektocht naar kringlooplandbouw*. Uitgave: Mulder Agro BV / Soil Matters
Oorspronkelijk: Liebig, J. von, & Haller, W. von. (1861). *Es ist ja dies die spitze meines lebens: naturgesetze im landbau*