Aanwezigheid en dichtheden van plantparasitaire nematoden in Nederlands productiegrasland

Herman de Boer, Harm Keidel en Ton Schouten

Rapport 1155

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Aanwezigheid en dichtheden van plantparasitaire nematoden in Nederlands productiegrasland

Herman de Boer¹⁾, Harm Keidel²⁾ en Ton Schouten³⁾

1 Wageningen Livestock Research

2 LIOS, Zeewolde

3 RIVM, Bilthoven

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research, samen met LIOS en het RIVM, in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, binnen het Kennisbasisproject Bodemindicatoren (KB-21-002-010)

Wageningen Livestock Research

Wageningen, januari 2019

Rapport 1155

De Boer, H.C, Keidel, H., Schouten, A.J., 2019. *Aanwezigheid en dichtheden van plantparasitaire nematoden in Nederlands productiegrasland*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1155.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/472296> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).

© 2016 Wageningen Livestock Research

Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wur.nl/livestock-research. Wageningen Livestock Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.

De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1155

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Werkwijze	11
	2.1 Herkomst gegevens	11
	2.2 Bemonsterings- en extractiemethodiek	11
	2.3 Gegevensselectie	12
	2.4 Analysemethodiek	15
3	Resultaten	17
	3.1 Aanwezige taxa	17
	3.2 Aanwezigheid en dichtheden van families	17
	3.2.1 Familie Tylenchidae	20
	3.2.2 Familie Dolichodoridae	21
	3.2.3 Familie Pratylenchidae	24
	3.2.4 Familie Hoplolaimidae	26
	3.2.5 Familie Tylenchulidae	28
	3.2.6 Familie Meloidogynidae	30
	3.3 Gecorrigeerde dichtheden	32
4	Discussie	33
	4.1 Methodiek	33
	4.1.1 Representativiteit van de bemonstering	33
	4.1.2 Bemonsterings- en extractiemethode	33
	4.1.3 Determinatie	34
	4.2 Populatieveranderingen in de tijd	34
	4.3 Schade	35
5	Reflectie en aanbevelingen	36
	Conclusies	37
	Dankwoord	38
	Literatuur	39
	Bijlage 1 Overzicht van aangetroffen herbivore taxa	40

Woord vooraf

Bodemgezondheid en bodemweerbaarheid zijn belangrijke thema's voor de Nederlandse landbouw. Bij deze thema's ligt het accent meestal op akkerbouwgewassen en veel minder op grasland, hoewel dit in Nederland een belangrijk gewas is. Bij de bodemgezondheid van grasland is de invloed van plantparasitaire nematoden op de productiviteit een belangrijk onderwerp. Hieraan is de laatste decennia echter weinig aandacht besteed. Daarom is binnen het Kennisbasis(KB)onderzoek van Wageningen UR besloten om dit onderwerp een nieuwe impuls te geven en de kennis op dit gebied te actualiseren. De impuls bestaat uit twee activiteiten: 1) een literatuurstudie naar de betekenis van plantparasitaire nematoden voor Nederlands productiegrasland en 2) een inventarisatie van de soorten en aantallen plantparasitaire nematoden die in Nederlands productiegrasland voorkomen. In dit rapport worden de resultaten van de inventarisatie beschreven.

Samenvatting

Plantparasitaire nematoden (PPN) kunnen schade geven aan productiegrasland, wat tot uiting komt in een lagere opbrengst. Deze opbrengstderving is voor Nederland voor het verleden (1950-1980) geschat op jaarlijks gemiddeld 1,2 ton DS ha⁻¹, wat nu overeenkomt met een economische schade van jaarlijks €200 miljoen. Een belangrijke eerste stap om inzicht te krijgen in welke soorten het meeste bijdragen aan de opbrengstderving is om een overzicht te krijgen van de soorten en aantallen herbivore nematoden die in Nederlands productiegrasland aanwezig zijn. Hiervoor is een dataset uit de BoBI-database van het RIVM (Bilthoven) geanalyseerd. De gebruikte gegevens zijn afkomstig van 417 melkveebedrijven op zand-, klei- en veengrond, waarbij per bedrijf het hele areaal grond is bemonsterd tot 10 cm diepte. In de mengmonsters van ieder bedrijf zijn onder andere de soorten en aantallen herbivore nematoden bepaald. Bij de analyse van de gegevens is het aantal taxa bepaald, de aanwezigheid en dichtheid van families en geslachten, en de aanwezigheid en dichtheid van de soorten in de vijf meest aangetroffen parasitaire geslachten. Van deze vijf geslachten is ook een frequentieverdeling van de dichtheid gemaakt.

Uit de resultaten blijkt dat in de geanalyseerde monsters 106 herbivore taxa aanwezig waren. Deze taxa konden worden ondergebracht in 14 families, 38 geslachten, en 61 soorten. De zes meest aangetroffen families waren de Tylenchidae (in 100% van de monsters), Dolichodoridae (97%), Pratylenchidae (91%), Hoplolaimidae (87%), Tylenchulidae (83%), en Meloidogynidae (81%). Minder vaak aangetroffen families waren de Heteroderidae (37%), Trichodoridae (24%), Longidoridae (15%), en Criconematidae (8%). De vijf meest aangetroffen parasitaire geslachten waren *Pratylenchus* (in 91% van alle monsters), *Helicotylenchus* (86%), *Paratylenchus* (83%), *Meloidogyne* (81%), en *Tylenchorhynchus* (71%). De gemiddelde dichtheden van deze geslachten waren respectievelijk 348 (*Tylenchorhynchus*), 221 (*Pratylenchus*), 248 (*Helicotylenchus*), 340 (*Paratylenchus*), en 270 (*Meloidogyne*) specimen 100 g⁻¹ grond. Van deze dichtheden is de gemiddelde dichtheid van *Pratylenchus* en *Meloidogyne* onderschat vanwege het ontbreken van incubatieonderzoek. De gemiddelde dichtheid van *Tylenchorhynchus* is onderschat omdat een aanzienlijk deel van hun familie (Dolichodoridae) niet op geslacht gedetermineerd kon worden. Na een correctie hiervoor nam de gemiddelde dichtheid van *Tylenchorhynchus* toe van 348 tot 720 specimen 100 g⁻¹ grond. Voor een aantal minder vaak aangetroffen families was de gebruikte bemonsterings- en extractiemethode niet optimaal, waardoor ook hun gemiddelde dichtheden onderschat kunnen zijn. Dit betreft de Heteroderidae, Trichodoridae, Longidoridae en Criconematidae.

Een vergelijking van de analyseresultaten met gegevens uit de periode 1950-1980 geeft de indruk dat de dichtheid van herbivore nematoden in productiegrasland over de laatste decennia is afgenomen. Ook de soortsaamenstelling is waarschijnlijk veranderd; soorten die vroeger regelmatig voorkwamen (zoals *Rotylenchus uniformis* en *Pratylenchus penetrans*) werden in de huidige inventarisatie vrijwel niet aangetroffen. De voorliggende analyse maakt het voor de eerste keer mogelijk om voor Nederland een overzicht te geven van de aanwezigheid en minimale dichtheden van families, geslachten en soorten van herbivore en plantparasitaire nematoden in productiegrasland. Dit overzicht is voor een aantal taxa echter nog niet volledig vanwege een aantal beperkingen bij de monsternamen en -verwerking. Daarnaast is de gebruikte data gemiddeld 16 jaar oud. Veranderingen in het graslandmanagement sindsdien hebben waarschijnlijk geleid tot veranderingen in de soortsaamenstelling en dichtheden. Om weer een actueel overzicht te krijgen is een nieuwe nationale kartering nodig. Doorgaande veranderingen in het graslandmanagement maken het noodzakelijk om een dergelijke kartering regelmatig te herhalen. Hierdoor kunnen veranderingen in de herbivore nematodenfauna worden gevolgd en kan desgewenst het graslandmanagement worden aangepast. De resultaten kunnen ook worden gebruikt om de bijdrage van herbivore nematoden aan biodiversiteit te monitoren. Er is daarom een nieuw nationaal systeem van monitoring nodig om een actueel beeld te krijgen en te houden van de aanwezigheid van herbivore en plantparasitaire nematoden in productiegrasland, van hun schade en van hun bijdrage aan biodiversiteit.

1 Inleiding

Het effect van bodemgebonden ziekten en plagen op de opbrengst en kwaliteit van productiegrasland is in Nederland relatief onderbelicht. Bekend is dat onder andere insectenlarven (emelten, ritnaalden, engerlingen), schimmels (roest, meeldauw) en plantparasitaire nematoden schade kunnen veroorzaken. Aan deze ziekten en plagen wordt echter weinig aandacht besteed en er wordt weinig onderzoek naar verricht, zeker vergeleken met akkerbouwgewassen. Redenen daarvoor zijn dat, vergeleken met akkerbouwgewassen, de economische waarde van grasland relatief laag is, de weerbaarheid van grasland hoger wordt ingeschat en de schade in grasland minder duidelijk zichtbaar is. Grasland is echter wel een belangrijk gewas in Nederland en is met een areaal van 680.000 ha blijvend grasland en 248.000 ha tijdelijk grasland (CBS 2018) het meest geteelde gewas.

Een onderbelichte groep plaagorganismen, waarvan niet duidelijk is hoeveel schade ze momenteel in grasland aanrichten, zijn plantparasitaire nematoden (PPN). Dit zijn herbivore nematoden, kleine rondwormen die op en in de wortels leven en zich daarop voeden, en waarvan aangetoond is of verwacht wordt dat ze economische schade aan gewassen veroorzaken. Kort na de Tweede Wereldoorlog werd in Nederland aan dit type nematoden relatief veel onderzoek verricht door de afdeling Nematologie van de Plantenziektkundige Dienst (Wageningen), onder leiding van prof. Michiel Oostenbrink. Aanleiding daarvoor was de toen recente (her)ontdekking van schade door vrijlevende nematoden in de VS (Oostenbrink 1954, 1957b). Tot eind jaren zeventig is er in Nederland regelmatig (veld)onderzoek verricht naar schade door PPN in productiegrasland. Daarna is dit sterk afgenomen. Ondertussen zijn er in de laatste decennia, door schaalvergroting en intensivering van de melkveehouderij, grote veranderingen geweest in het graslandmanagement. Deze veranderingen bestaan uit onder meer uit toegenomen ruilverkaveling, verbeterde ontwatering en afwatering, een hogere frequentie van herinzaai, meer monocultuur van Engels raaigras, veranderingen in bemesting, gebruik van zwaardere machines en een afname van beweiden ten gunste van maaien. Dergelijke veranderingen hebben niet alleen effect gehad op de botanische samenstelling en productiviteit van grasland, maar (daarmee) ook op de diversiteit en aantallen van PPN, en op de mogelijke schade die ze veroorzaken.

Door de geschetste veranderingen is het in toenemende mate van belang geworden om, op basis van de huidige stand van het onderzoek, te inventariseren wat de belangrijkste effecten van PPN zijn op het functioneren van Nederlands productiegrasland. Vragen daarbij zijn: welke soorten nematoden komen voor en in welke aantallen? Welke soorten veroorzaken schade, hoe veroorzaken ze schade, onder welke omstandigheden, en is deze schade relevant? Hebben parasitaire nematoden ook positieve effecten? En in hoeverre kunnen positieve effecten de negatieve effecten compenseren? Kunnen parasitaire nematoden ook bestreden worden? Om deze vragen te beantwoorden is een literatuurstudie uitgevoerd (De Boer 2018).

Een belangrijke conclusie uit deze studie is dat PPN in het verleden (1950-1980) verantwoordelijk waren voor een opbrengstderving van gemiddeld 1,2 ton DS ha⁻¹ jaar⁻¹ of 13% van de opbrengst van Nederlands productiegrasland (De Boer 2018). Dit komt overeen met een economisch relevante schade van jaarlijks €200 miljoen (De Boer 2018). Door veranderingen in het graslandmanagement sinds de periode 1950-1980 kunnen er ook veranderingen geweest zijn in de aanwezige soorten en aantallen PPN, en daardoor in het niveau van opbrengstderving. Het is niet bekend welke soorten PPN momenteel in welke aantallen aanwezig zijn in productiegrasland. Daardoor is ook niet duidelijk welke soort(en) het meest (kunnen) bijdragen aan de opbrengstderving. Een eerste stap om dit inzicht te verkrijgen is het uitvoeren van een nationale kartering van herbivore nematoden in productiegrasland. Een dergelijke kartering is in Nederland niet eerder uitgevoerd.

Wel zijn door het RIVM (Bilthoven) in de periode 1993 t/m 2014 algemene karteringen gemaakt van de verspreiding van bodemorganismen in Nederland, inclusief herbivore nematoden. Het doel van deze karteringen was het ontwikkelen van een BodemBiologische Indicator (BoBI) en de resultaten

zijn vastgelegd in de zogenoemde BoBI-database. Om een indruk te krijgen van de meer recente aanwezigheid en dichtheden van herbivore en plantparasitaire nematoden in Nederlands productiegroenland, zijn de gegevens van herbivore nematoden in deze database geanalyseerd. Van deze analyse en de resultaten wordt verslag gedaan in dit rapport.

2 Werkwijze

2.1 Herkomst gegevens

De analyse van de aanwezigheid en dichtheden van PPN in Nederlands productiegrasland is uitgevoerd met gegevens uit de BoBI-database. Deze database bevat de resultaten van 22 jaar (1993 t/m 2014) bodemmonitoring en wordt beheerd door het RIVM (Bilthoven). Een beschrijving van de achtergronden en aanpak van het BoBI-project is gegeven door Schouten et al. (2002) en Rutgers et al. (2007). Tijdens de monitoringsperiode zijn een groot aantal percelen onder verschillende vormen van beheer onderzocht, waaronder graslanden gebruikt voor de melkveehouderij. Deze graslanden lagen op verschillende grondsoorten en verspreid over heel Nederland.

2.2 Bemonsterings- en extractiemethodiek

Voor een goede interpretatie van de resultaten uit de BoBI-database wordt de destijds gevolgde bemonsterings- en extractiemethodiek kort beschreven en voorzien van een aantal opmerkingen:

- De monsters uit het reguliere onderzoek zijn niet op perceelsniveau, maar bedrijfsbreed genomen. Er is dus per bedrijf een verzamelmonster gemaakt van alle percelen (Schouten et al. 2002);
- De monsters zijn genomen met een graslandboor (ø 2,3 cm) tot 10 cm diepte;
- De soorten en aantallen nematoden zijn t/m 2013 bepaald door het Bedrijfslaboratorium voor grond en gewasonderzoek (Blgg, Oosterbeek; nu Eurofins Agro) en in 2014 door LIOS (Zeewolde). De nematoden zijn via een speciale zeef- en spoelmethode (Oostenbrinktrechter gecombineerd met wattenfilter) uit de grond gehaald. Hiervoor is steeds 100 ml grond gebruikt, waarvan ook het gewicht werd bepaald. Het organische materiaal in het monster werd niet apart geïncubeerd. De levende nematoden werden geconcentreerd en gevangen met behulp van een zeef (voor de grote exemplaren) en wattenfilter. De nematoden kropen hier actief doorheen gedurende drie dagen en werden daarna verzameld in een kleine hoeveelheid water. Het totale aantal nematoden per 100 g grond werd geschat door twee keer 10% van de geëxtraheerde nematoden te tellen. Na de telling werd het monster gefixeerd en werden preparaten gemaakt om ca. 150 nematoden onder een lichtmicroscop te identificeren. De gebruikte methode komt overeen met de NEN-norm (NEN 2011);
- Een deel van de 150 nematoden per preparaat bestond uit jonge, niet volledig ontwikkelde nematoden (juvenielen) en soms ook uit beschadigde nematoden. Deze nematoden konden niet altijd op geslacht en/of soort worden gedetermineerd. Bij de resultaten wordt daarom weergegeven welk percentage van de nematoden op geslacht of soort gedetermineerd kon worden;
- Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar de cysten (vrouwtjes) van de familie Heteroderidae (cystenaaltjes). De aanwezige vrijlevende larven (stadium J2) en mannetjes zijn wel geteld maar niet verder gedetermineerd. Het niet uitvoeren van cystenonderzoek kan er de reden van zijn dat bepaalde soorten cystenaaltjes niet zijn gevonden; Fleming et al. (2016) vond de geslachten *Punctodera* en *Globodera* alleen als cysten;
- Er is geen apart wortelonderzoek (met incubatie) gedaan voor de families Meloidogynidae en Pratylenchidae (die deels in de wortels aanwezig zijn). De aangetroffen vrijlevende exemplaren zijn geteld en gedetermineerd;
- Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar de familie Trichodoridae. Nematoden van deze familie zijn zeer mobiel en komen vaak dieper in de grond voor dan nematoden van andere families. Aangetroffen exemplaren zijn wel gedetermineerd;
- Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar de familie Longidoridae. Dit zijn opvallend grote nematoden en bij specifiek onderzoek wordt dieper bemonsterd en worden grotere monsters met een hogere opstroomsnelheid verwerkt. Dit laatste is bij BoBI opgevangen door gebruik te maken van de combi-opspoelmethode (H. Keidel, pers. med.);

- Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar de familie Criconematidae. Door gebruik van de combi-opspoelmethode werden echter wel nematoden van deze familie gevangen en deze exemplaren zijn gedetermineerd;
- Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar de familie Anguinidae (galvormende nematoden). Vooral het geslacht *Anguina* kan bij grassen galvorming geven en is daardoor schadelijk;
- Er is geen specifiek onderzoek gedaan naar stengelaaftjes (*Ditylenchus*) of bladaaftjes (*Aphelenchoides*). Gevonden exemplaren van *Aphelenchoides* zijn in de database aangemeld als fungivore nematoden en daardoor bij de analyse buiten beschouwing gebleven. Echte bladaaftjes worden overigens in grasland niet aangetroffen;
- Bij de families waarvoor specifiek onderzoek nodig is, dat tijdens de BoBI-monitoring niet werd uitgevoerd, is de kans groot dat de gevonden aantallen onderschattingen zijn van de werkelijk aanwezige aantallen;
- In de BoBI-database zijn de aantallen nematoden weergegeven per 100 g verse grond. In het reguliere onderzoek voor de land- en tuinbouw worden de aantallen vermeld per 100 ml of per 250 ml grond. Om deze resultaten onderling te kunnen vergelijken, moeten dichtheden eerst worden omgerekend van gewicht naar volume, of andersom.

2.3 Gegevensselectie

Voorafgaande aan de analyse werd een gegevensselectie uitgevoerd. Als eerste stap werden alle biologische parameters, behalve de nematodengegevens, verwijderd uit een kopie van de oorspronkelijke BoBI-database. Alle andere informatie, bijvoorbeeld over locaties en grondgebruik, bleef aanwezig. In de BoBI-database staan in totaal 428 nematodentaxa. Deze zijn verdeeld over verschillende niveaus, zoals families, geslachten en soorten. Ten behoeve van de huidige analyse zijn de gegevens verder opgeschoond door alleen de taxa aan te houden waarvan bekend is dat ze op planten kunnen voeden. Hiervan waren er 141 aanwezig. Deze taxa werden gecontroleerd op geldigheid en alle niet-erkende taxa werden verwijderd. De volgende aanpassingen werden gedaan:

- *Meloidogyne heterodera* is geen geldige soort en werd verwijderd;
- Psilenchidae is een synoniem van de geldige benaming Tylenchidae; de naam werd daarom aangepast en Psilenchidae werd als taxon verwijderd;
- Paratylenchidae is een synoniem van de geldige benaming Tylenchulidae; de naam werd daarom aangepast en Paratylenchidae werd als taxon verwijderd.

Na de controle op geldigheid werden de overgebleven 139 taxa ingedeeld naar voedingswijze volgens Yeates et al. (1993) (Bijlage 1). De volgende voedingswijzen werden daarbij onderscheiden:

- 1a) Sedentaire endoparasieten. Dit zijn soorten die het grootste deel van hun levenscyclus vastzitten aan de wortels. Een voorbeeld zijn de vrouwtjes van de familie Heteroderidae en van het geslacht *Meloidogyne*;
- 1b) Migrerende endoparasieten. Dit zijn relatief mobiele soorten die zowel binnen als buiten de wortels worden aangetroffen. Een voorbeeld is de familie Pratylenchidae;
- 1c) Semi-endoparasieten. Deze soorten komen normaal buiten de plant voor, maar dringen soms de wortels binnen. Een voorbeeld is de familie Hoplolaimidae;
- 1d) Ectoparasieten. Deze nematoden blijven buiten de wortels. Ze voeden zich door het aanprikken van wortels met hun stekel of stilet. Voorbeelden zijn de families Dolichodoridae, Criconematidae, Hemicycliophoridae, Tylenchulidae, Trichodoridae en Longidoridae;
- 1e) Epidermale cel- en haarwortelvoeders. Deze nematoden blijven ook buiten de wortels en hebben een relatief fijne stekel waarmee ze niet diep in de wortels kunnen dringen. Daarom worden ze meestal niet als parasitair gezien. De belangrijkste familie is Tylenchidae.

In de BoBI-database zijn de resultaten van 1331 monsters onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Bodemgebruik: agrarisch, half natuur, natuur, industrie, slibdepot, stadspark, wonen;
- Vegetatie: akkerbouwgewassen, bloembollen, bos, fruit, gras, halfnatuurlijk grasland, heide, klaver, vollegroten;
- Grondsoort: dalgrond, gerijpt slib, lemig zand, löss, rivierklei, strooisel, veen, zand, zand+veen, zeeklei;
- Bedrijfstype: akkerbouw, gemengd bedrijf, melkveehouderij, tuinbouw, n.v.t. (o.a. proefvelden);

- Bedrijfssysteem: biologisch, gangbaar, gangbaar extensief, gangbaar intensief, gangbaar intensief+.

De resultaten van de monsters met de aanduiding 'Vegetatie Gras' (n=725) werden geselecteerd voor verdere analyse. De verdeling van deze monsters over verschillende gebruikscategorieën en grondsoorten is gegeven in Tabel 1. De verschillen in bedrijfsvoering tussen de vijf categorieën binnen 'Bedrijfstype Melkveehouderij' is onvoldoende duidelijk. De aanduiding 'Gangbaar' is destijds vooral gemaakt om het onderscheid met 'Biologisch' aan te geven. In het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) werd onderscheid gemaakt tussen melkveebedrijven met een lage veedichtheid (extensief), een hoge veedichtheid (intensief), en met een intensieve neventak (intensief+). Het laatste type bedrijven bestond vooral uit kleinere varkenshouderijen of pluimveehouderijen (in combinatie met melkkoeien) met een groter aandeel maïsland. De grens tussen extensief en intensief lag bij 2,8 GVE/ha. De zes monsters met aanduiding 'Melkveehouderij Gangbaar' op zandgrond (Tabel 1) komen uit het LMB 4; dit zijn de laatste twee jaren van de opvolger van BoBI, het Bodem Ecosysteemdiensten Onderzoek (BEO). In het LMB 4 is geen opdeling meer gemaakt in 'Gangbaar', 'Gangbaar Extensief' en 'Gangbaar Intensief'.

Tabel 1 Verdeling van de geselecteerde monsters met aanduiding 'Vegetatie Gras' over gebruikscategorieën en grondsoorten.

Gebruik	Grondsoort								Totaal
	Zand	Lemig zand	Zeeklei	Zavel	Rivierklei	Löss	Veen	Zand+ veen	
Halfnatuurlijk grasland	13	0	0	0	0	0	0	4	17
Melkveehouderij Biologisch	65	0	22	0	9	4	15	0	115
Melkveehouderij Gangbaar	6	0	62	3	54	7	100	0	232
Melkveehouderij Gangbaar extensief	106	0	0	0	0	0	0	0	106
Melkveehouderij Gangbaar intensief	54	0	0	0	0	0	0	0	54
Melkveehouderij Gangbaar intensief+	51	0	0	0	0	0	0	0	51
Natuur	0	0	0	0	0	0	20	0	20
Proefboerderij De Marke	13	0	0	0	0	0	0	0	13
Proefveld Bakel	44	0	0	0	0	0	0	0	44
Proefveld Bovenbuurt (Wageningen)	6	0	0	0	0	0	0	0	6
Proefveld Gent (België)	0	43	0	0	0	0	0	0	43
Proefveld Ossenkampen (Wageningen)	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Stadsparken gras	13	0	1	0	0	0	0	0	14
Totaal	371	43	85	3	73	11	135	4	725

In de subset van 725 monsters zijn de monsters van de categorieën 'Halfnatuurlijk grasland', 'Natuur', en 'Stadsparken gras' niet representatief voor productiegrasland en daarom niet meegenomen voor de analyse. De monsters met aanduiding 'Proef' waren niet genomen op bedrijfsniveau, maar op proefvelden of plots binnen proefvelden. Deze monsters zijn vanwege de afwijkende manier van bemonsteren niet meegenomen. Er bleef hierdoor een subset van 558 monsters over. In deze subset waren nog enkele kleinere subsets aanwezig, waarbij niet bedrijfsbreed was bemonsterd. Ook deze monsters zijn niet meegenomen voor de analyse. Hierdoor bleven er 431 monsters over met bedrijfsbrede bemonstering.

Als vervolgstap zijn op de bovenstaande set monsters nog de volgende aanpassingen gedaan:

- Alle monsters met aanduiding 'Gangbaar' zijn samengebracht tot één categorie 'Gangbaar'. Hierdoor waren er twee hoofdcategorieën bedrijfsvoering: 'Biologisch' en 'Gangbaar';
- De grondsoorten zijn ondergebracht in drie hoofdcategorieën: zand, klei en veen. De groep 'klei' is de samenvoeging van rivierklei en zeeklei. De monsters van 'zavel' en 'löss' zijn vanwege het afwijkende karakter van deze grondsoorten en de geringe aantallen (n=14) niet meegenomen.

De overblijvende set monsters (n=417) is gebruikt voor de verdere analyse. Een overzicht van de verdeling van deze monsters over type bedrijfsvoering en grondsoort staat in Tabel 2, een overzicht van de monsternamelocaties op de kaart van Nederland staat in Figuur 1, en een overzicht van het aantal monsters per jaar van monstername staat in Figuur 2. Een 'gemiddeld jaar van monstername'

werd berekend door per jaar van monsternamen het aantal monsters als fractie van totale aantal monsters te vermenigvuldigen met het jaartal, en de uitkomsten van alle jaren te sommeren.

Tabel 2 Verdeling van de gebruikte set monsters ($n=417$) over type bedrijfsvoering en grondsoort.

Bedrijfsvoering	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alles
Biologisch	36	31	15	82
Gangbaar	169	116	50	335
Totaal	205	147	65	417

Figuur 1 Overzicht van de locaties van bemonsterde melkveebedrijven ($n=417$) op de kaart van Nederland, per grondsoort.

Figuur 2 Verdeling van de bemonsterde melkveebedrijven ($n=417$) over de monitoringsperiode (1993 t/m 2014).

2.4 Analysemethodiek

De analyse startte met het tellen van het totale aantal (facultatieve) herbivore taxa die in de BoBI-database werden aangetroffen in alle monsters met aanduiding 'Vegetatie Gras' ($n=725$) en in de uiteindelijk gebruikte dataset ($n=417$). Het aantal taxa geeft een beeld van de (bio)diversiteit die de herbivore nematoden vertegenwoordigen. Bij de laatste telling werd éénmalig onderscheid gemaakt tussen monsters van bedrijven met biologische bedrijfsvoering en van bedrijven met gangbare bedrijfsvoering. Dit onderscheid is daarna niet meer gemaakt, omdat de huidige analyse zich niet focust op het vaststellen van eventuele verschillen tussen deze typen bedrijfsvoering. De in de eindset aangetroffen herbivore taxa werden vervolgens ondergebracht in families, geslachten en soorten. Per familie werd de aanwezigheid en de gemiddelde dichtheid in alle monsters berekend. Vervolgens werd de totale gemiddelde dichtheid van herbivore nematoden berekend (alle families opgeteld). Met behulp van de gemiddelde dichtheden per familie werden vervolgens de aandelen van de verschillende families, en van de voedingswijzen (Yeates et al. 1993), in de totale gemiddelde dichtheid berekend.

Vervolgens werd voor de zes meest aangetroffen families per aangetroffen geslacht berekend in welk deel van alle monsters dit geslacht aanwezig was, evenals de gemiddelde dichtheid in de betreffende monsters. De aanwezigheid van een familie en de bijbehorende geslachten, en de gemiddelde dichtheden, geven een indruk van het belang van de betreffende taxa. De meest aangetroffen familie werd niet verder geanalyseerd dan op geslachtsniveau, omdat deze familie niet als parasitair bekend staat. De vijf andere meest aangetroffen families, die allen parasitaire geslachten bevatten, werden verder geanalyseerd. Voor het meest aangetroffen (parasitaire) geslacht werd voor de monsters waarin dit geslacht voorkwam de aanwezigheid en de gemiddelde dichtheid van iedere aangetroffen soort berekend. Deze analyse geeft inzicht in het belang van specifieke geslachten binnen families en van soorten binnen geslachten.

Bij een aantal families en/of geslachten kon een aanzienlijk deel van de nematoden niet op geslacht en/of soort gedetermineerd worden. De belangrijkste reden hiervoor was dat het juveniele exemplaren betrof, waarvan de geslachts- of soortkenmerken onvoldoende duidelijk vastgesteld konden worden. Omdat de niet-gedetermineerde exemplaren niet meetellen bij de dichtheid van een geslacht, kan dit leiden tot een onderschatting. Daarom is voor de vijf meest aangetroffen geslachten aanvullend een

correctie op de berekende dichtheid uitgevoerd, waarbij werd aangenomen dat het aandeel van een geslacht in de niet-gedetermineerde nematoden gelijk was aan het aandeel in de gedetermineerde nematoden.

Tenslotte werd bij de vijf families voor het meest aangetroffen geslacht een frequentieverdeling gemaakt van de (ongecorrigeerde) dichtheden in alle monsters ($n=417$), verdeeld over dichtheidsklassen van 200 specimen per klasse. Deze klassebreedte werd gekozen om zo voor alle vijf geslachten een voldoende gedetailleerde frequentieverdeling te kunnen geven. De frequentieverdelingen zijn potentieel bruikbaar om een beeld te krijgen van welk deel van het graslandareaal mogelijk problemen van een bepaald geslacht of soort ondervindt. Alle bovenstaande berekeningen werden zowel gedaan per grondsoort als voor alle grondsoorten samen.

3 Resultaten

3.1 Aanwezige taxa

In alle monsters met aanduiding 'Vegetatie Gras' in de BoBI-database (n=725) werden in totaal 138 verschillende (facultatieve) herbivore taxa gevonden. In de uiteindelijke gekozen set van bedrijfsbreed genomen monsters (n=417) waren 106 verschillende (facultatieve) herbivore taxa aanwezig. Hiervan konden 61 taxa tot op soortniveau gedetermineerd worden, 35 alleen tot op geslachtsniveau en 10 alleen tot op familieniveau (Bijlage 1). In de monsters van bedrijven met biologische bedrijfsvoering werden minder taxa aangetroffen dan in de monsters van bedrijven met gangbare bedrijfsvoering, en in de veenmonsters minder dan in de klei- of zandmonsters (Tabel 3). Hierbij wordt aangetekend dat er veel meer monsters genomen zijn van gangbare dan van biologische bedrijven; bij een groter bemonsterd oppervlak worden in theorie ook meer taxa aangetroffen. Omdat de focus van de huidige analyse niet ligt op het vaststellen van eventuele verschillen tussen bedrijfstypen, wordt het onderscheid tussen gangbaar en biologisch in de verdere analyse niet meer gemaakt.

Tabel 3 Aantal aanwezige taxa (n=106) van (facultatieve) herbivore nematoden in de geanalyseerde BoBI-dataset (n=417), opgesplitst per type bedrijfsvoering en grondsoort.

Bedrijfsvoering	Grondsoort			
	Klei	Veen	Zand	Alle
Biologisch	43	28	52	68
Gangbaar	78	46	70	100
Alle	82	47	77	106

3.2 Aanwezigheid en dichtheden van families

Aanwezigheid

De 106 taxa konden worden ondergebracht in 14 families en daarbinnen in 38 geslachten. De meest aangetroffen families waren (Tabel 4):

1. Tylenchidae: in 100% van de monsters. Deze familie bestaat uit epidermale cel- en haarwortelvoeders (1e) en wordt niet als parasitair gezien;
2. Dolichodoridae: in 97% van de monsters. Deze familie bestaat uit ectoparasieten (1d);
3. Pratylenchidae: in 91% van de monsters. Deze familie bestaat uit migrerende endoparasieten (1b);
4. Hoplolaimidae: in 87% van de monsters. Deze familie bestaat uit semi-endoparasieten (1c);
5. Tylenchulidae: in 83% van de monsters. Deze familie bestaat uit ectoparasieten (1d);
6. Meloidogynidae: in 81% van de monsters. Deze familie bestaat uit sedentaire endoparasieten (1a).

Er werden verder regelmatig vertegenwoordigers uit drie andere belangrijke plantparasitaire families gevonden. Omdat voor deze families de onderzoeksmethodiek niet optimaal was, worden ze hierna niet verder geanalyseerd op geslachten en soorten. De families zijn:

7. Heteroderidae: in 37% van de monsters. Deze familie bestaat uit sedentaire endoparasieten (1a). De in de BoBI-dataset gevonden exemplaren betreffen alleen juvenielen (J2) of mannetjes welke niet op soort gedetermineerd konden worden;
8. Trichodoridae: in 24% van de monsters. Deze familie bestaat uit ectoparasieten (1d);
9. Longidoridae: in 15% van de monsters. Deze familie bestaat uit ectoparasieten (1d).

Drie andere families waren duidelijk minder algemeen dan de voorgaande negen:

10. Criconematidae: in 5% van de monsters. Deze familie bestaat uit ectoparasieten (1d) en wordt vooral onder houtachtige gewassen gevonden;
11. Nordiidae: in 6% van de monsters. Soorten zijn overwegend carnivoor of omnivoor. Een aantal soorten is mogelijk (facultatief) herbivoor (Yeates et al. 1993) en zijn dan ectoparasieten (1d);
12. Hemicyclophoridae: in 3% van de monsters. Deze familie bestaat uit ectoparasieten (1d).

Tot slot zijn twee van de aangetroffen 14 families maar in enkele monsters gevonden, vaak in zeer lage aantallen. Het gaat hierbij om families die geen (economische) schade geven:

13. Belondiridae: in 0,2% van de monsters. Het betreft soorten die overwegend carnivoor of omnivoor zijn. Een aantal soorten is mogelijk (facultatief) planteneter (Yeates et al. 1993);
14. Ecphyadophoridae: in 0,2% van de monsters. Dit zijn zeldzaam voorkomende, haardunne nematoden.

Samengevat waren alle plantparasitaire families, behalve de familie Anguinidae, in de monsters aanwezig. De familie Anguinidae bestaat vooral uit schimmeleters. Voor het vaststellen van de aanwezigheid van het parasitaire geslacht *Anguina* is specifiek onderzoek nodig. Dit werd binnen BoBI niet uitgevoerd.

Tabel 4 Aandeel (%) van alle monsters ($n=417$) waarin de 14 aangetroffen families aanwezig waren, per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Familie	Grondsoort			
	Zand (205) ¹⁾	Klei (147)	Veen (65)	Alle (417)
Tylenchidae	100	100	100	100
Dolichodoridae	99	95	97	97
Pratylenchidae	87	94	98	91
Hoplolaimidae	80	95	95	87
Tylenchulidae	78	87	89	83
Meloidogynidae	72	87	94	81
Heteroderidae	36	35	46	37
Trichodoridae	43	6	2	24
Longidoridae	22	9	8	15
Criconematidae	0	18	8	8
Nordiidae	7	3	6	6
Hemicyclophoridae	6	0	0	3
Belondiridae	0	0	0	0
Ecphyadophoridae	0	1	0	0

¹⁾ aantal monsters

Dichtheden

In alle monsters kwamen gemiddeld 2457 herbivore nematoden per 100 g grond voor (Tabel 5). Het gemiddelde aantal was het hoogst in veengrond en het laagst in zandgrond. Van de zes meest aangetroffen families had Tylenchidae de hoogste gemiddelde totale dichtheid (in alle monsters), gevolgd door Dolichodoridae, Tylenchulidae, Hoplolaimidae, Meloidogynidae, en Pratylenchidae (Tabel 5, Figuur 3). De zes meest talrijke families vertegenwoordigden 97% van de gemiddelde totale dichtheid in alle monsters. De dichtheden van de families Trichodoridae en Longidoridae waren laag, wat mede veroorzaakt kan zijn door de bemonsteringsmethodiek (Paragraaf 2.2). Opgedeeld naar de vijf voedingswijzen kan 36% van de gemiddelde dichtheid van herbivore nematoden geclassificeerd worden als niet-parasitair en de overige 64% als plantparasieten met verschillende schadelijkheid (Figuur 4). NB: de gemiddelde dichtheid van een familie in de monsters waarin deze familie voorkwam kan berekend worden door de gemiddelde dichtheid in Tabel 5 te delen door het percentage aanwezigheid in Tabel 4.

Tabel 5 Gemiddelde dichtheid (# 100 g⁻¹ grond) van de aangetroffen families in alle monsters (n=417), per familie en in totaal, per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Familie	Grondsoort			
	Zand (205) ¹⁾	Klei (147)	Veen (65)	Alle (417)
Tylenchidae	582	1164	1165	878
Dolichodoridae	627	440	616	560
Tylenchulidae	264	217	487	282
Hoplolaimidae	156	306	325	235
Meloidogynidae	140	223	457	218
Pratylenchidae	121	262	349	206
Heteroderidae	35	40	77	43
Trichodoridae	29	2	1	15
Longidoridae	12	3	2	7
Criconematidae	0	14	4	6
Hemicycliophoridae	7	0	0	3
Nordiidae	4	2	3	3
Belondiridae	0	0	0	0
Ecphyadophoridae	0	0	0	0
Alle families	1977	2673	3485	2457

¹⁾ Totale aantal monsters

Figuur 3 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹) en het aandeel van families in het totale aantal herbivore nematoden op de bemonsterde melkveebedrijven.

Figuur 4 Aandeel (%) van de vijf voedingswijzen (naar Yeates et al. 1993) in het totale gemiddelde aantal herbivore nematoden op de bemonsterde melkveebedrijven.

3.2.1 Familie Tylenchidae

Aanwezigheid

Van de families werd Tylenchidae het meest aangetroffen, in 416 van de 417 monsters (100%) (Tabel 6). Een groot deel (94%) van de monsters bevatte Tylenchidae die niet op geslacht gedetermineerd konden worden ('Tylenchidae sp.'). Van de 10 gevonden geslachten waren *Filenchus* (44%) en *Aglenchus* (37%) het meest algemeen, gevolgd door *Malenchus* (30%), *Psilenchus* (18%) en *Coslenchus* (14%). De geslachten *Filenchus* en *Malenchus* werden op klei- en veengrond vaker aangetroffen dan op zandgrond, terwijl bij *Aglenchus* er weinig verschil was tussen de grondsoorten.

Tabel 6 Aanwezigheid (%) van de familie Tylenchidae en bijbehorende geslachten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Familie	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Tylenchidae	100	100	100	100
Tylenchidae sp. ¹⁾	99	89	88	94
<i>Filenchus</i>	26	63	62	44
<i>Aglenchus</i>	39	37	34	37
<i>Malenchus</i>	11	52	40	30
<i>Psilenchus</i>	2	42	12	18
<i>Coslenchus</i>	17	12	8	14
<i>Tylenchus</i>	0	18	5	7
<i>Boleodorus</i>	0	11	0	4
<i>Lelenchus</i>	1	1	0	1
<i>Neopsilenchus</i>	0	1	0	1
<i>Cephalenchus</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Dichtheden

In de monsters waarin Tylenchidae voorkwam waren van deze familie gemiddeld 880 nematoden 100 g⁻¹ grond aanwezig (Tabel 7). Van dit aantal kon 75% niet op geslacht gedetermineerd worden. Van het gemiddelde totale aantal gedetermineerde nematoden (219 100 g⁻¹ grond, ex. Tylenchidae sp.) (Tabel 7) was 45% van het geslacht *Filenchus*, 22% van het geslacht *Aglenchus*, 19% van het geslacht *Malenchus*, en was de overige 14% afkomstig van de andere aangetroffen geslachten.

Tabel 7 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van de familie Tylenchidae en bijbehorende geslachten in de monsters waarin Tylenchidae voorkwam (n=416), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Tylenchidae	585	1164	1165	880
Tylenchidae sp. ¹⁾	471	843	844	661
<i>Filenchus</i>	30	159	184	99
<i>Aglenchus</i>	56	39	44	48
<i>Malenchus</i>	15	65	73	42
<i>Psilenchus</i>	2	31	12	14
<i>Coslenchus</i>	11	6	5	8
<i>Tylenchus</i>	0	10	2	4
<i>Boleodorus</i>	0	9	0	3
<i>Cephalenchus</i>	0	0	0	0
<i>Lelenchus</i>	0	0	0	0
<i>Neopsilenchus</i>	0	1	0	0

¹⁾ niet op geslacht te determineren

3.2.2 Familie Dolichodoridae

Aanwezigheid

De familie Dolichodoridae werd na Tylenchidae het meest aangetroffen, in 405 van de 417 monsters (97%) (Tabel 8). Een groot deel (78%) van de monsters bevatte Dolichodoridae die niet op geslacht gedetermineerd konden worden ('Dolichodoridae sp.'). Van de 11 gevonden geslachten kwam het geslacht *Tylenchorhynchus* in 71% van de monsters voor en was daarmee het meest algemeen, op grote afstand gevolgd door *Dolichorhynchus* (12%). Het geslacht *Tylenchorhynchus* werd op alle grondsoorten in vergelijkbare mate aangetroffen, terwijl *Dolichorhynchus* op klei- en veengrond vaker werd aangetroffen dan op zandgrond. De negen andere geslachten werden gemiddeld slechts beperkt aangetroffen.

Tabel 8 Aanwezigheid (%) van de familie Dolichodoridae en bijbehorende geslachten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Familie	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Dolichodoridae	99	95	97	97
Dolichodoridae sp. ¹⁾	80	73	80	78
<i>Tylenchorhynchus</i>	71	71	72	71
<i>Dolichorhynchus</i>	4	18	23	12
<i>Scutylenchus</i>	0	10	0	3
<i>Bitylenchus</i>	0	4	9	3
<i>Merlinius</i>	0	5	3	2
<i>Trophurus</i>	0	6	0	2
<i>Quinisulcius</i>	1	2	5	2
<i>Nagelus</i>	1	2	0	1
<i>Geocenamus</i>	0	2	0	1
<i>Macrotrophurus</i>	0	1	0	0
<i>Paratrophurus</i>	0	1	0	0

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Een verdere uitwerking voor het meest algemene geslacht *Tylenchorhynchus* op soortniveau laat zien dat in meer dan de helft van alle monsters er soorten aanwezig waren die niet gedetermineerd konden worden ('*Tylenchorhynchus* sp.'). (Tabel 9). Van de vier gedetermineerde soorten kwam *T. dubius* in 59% van de monsters voor en *T. maximus* in 17% van de monsters; *T. bryobius* en *T. striatus* kwamen vrijwel niet voor. De soort *T. maximus* kwam in de zandmonsters vaker voor dan in de klei- en veenmonsters.

Tabel 9 Aanwezigheid (%) van (gedetermineerde) *Tylenchorhynchus* soorten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Soort	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
T. sp.	52	63	66	58
<i>T. dubius</i>	60	56	62	59
<i>T. maximus</i>	32	3	3	17
<i>T. striatus</i>	0	1	0	0
<i>T. bryobius</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Dichtheden

In de monsters waarin Dolichodoridae voorkwam waren van deze familie in totaal gemiddeld 576 nematoden 100 g⁻¹ grond aanwezig (Tabel 10). Van dit aantal kon 48% op geslacht gedetermineerd worden. Van het gemiddelde totale aantal gedetermineerde nematoden (278 100 g⁻¹ grond, ex. Dolichodoridae sp.) (Tabel 10) was 91% van het geslacht *Tylenchorhynchus*.

Tabel 10 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van de familie Dolichodoridae en bijbehorende geslachten in de monsters waarin Dolichodoridae voorkwam (n=405), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Dolichodoridae	633	466	635	576
Dolichodoridae sp. ¹⁾	434	151	186	298
Tylenchorhynchus	196	266	408	253
Dolichorhynchus	3	22	26	13
Scutylenchus	0	10	0	4
Bitylenchus	0	7	7	3
Merlinius	0	2	2	1
Nagelus	0	1	0	1
Quinisulcius	0	1	5	1
Trophurus	0	4	0	1
Geocenamus	0	1	0	0
Macrotrophurus	0	0	0	0
Paratrophurus	0	0	0	0

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Van het gemiddelde totale aantal nematoden van het geslacht *Tylenchorhynchus* kon 36% op soort gedetermineerd worden (Tabel 11). Hiervan was 85% van de soort *T. dubius* en de overige 15% van de soort *T. maximus*. De gemiddelde dichtheid van *T. maximus* was op zandgrond hoger dan op klei- of veengrond.

Tabel 11 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van het geslacht *Tylenchorhynchus* en bijbehorende soorten in de monsters waarin *Tylenchorhynchus* voorkwam (n=295), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Tylenchorhynchus</i>	277	356	547	348
<i>T. sp.</i> ¹⁾	146	242	411	222
<i>T. dubius</i>	96	111	133	107
<i>T. maximus</i>	33	2	4	18
<i>T. bryobius</i>	1	0	0	0
<i>T. striatus</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Frequentieverdeling dichtheid van *Tylenchorhynchus*

De frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Tylenchorhynchus* is gegeven in Figuur 5. Het geslacht was, afhankelijk van grondsoort, in 28% (veen) tot 30% (zand) van alle monsters afwezig (of kon niet gedetermineerd worden) (Klasse 0 in Figuur 5).

Figuur 5 Frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Tylenchorhynchus* in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort.

3.2.3 Familie Pratylenchidae

Aanwezigheid

De familie Pratylenchidae werd in 381 van de 417 geanalyseerde monsters (91%) aangetroffen (Tabel 12). Een (verwaarloosbaar) klein deel van alle monsters (2%) bevatte Pratylenchidae die niet op geslacht gedetermineerd konden worden ('Pratylenchidae sp.'). Van de twee gevonden geslachten kwam *Pratylenchus* in vrijwel alle monsters voor en werd *Pratylenchoides* vrijwel niet aangetroffen.

Tabel 12 Aanwezigheid (%) van de familie Pratylenchidae en bijbehorende geslachten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Pratylenchidae	87	94	98	91
Pratylenchidae sp. ¹⁾	1	2	5	2
<i>Pratylenchus</i>	86	93	98	91
<i>Pratylenchoides</i>	0	1	0	0

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Een verdere uitwerking voor het meest algemene geslacht *Pratylenchus* op soortniveau laat zien dat in 87% van alle monsters er soorten aanwezig waren die niet gedetermineerd konden worden (Tabel 13). Van de zeven gedetermineerde soorten kwamen *P. penetrans* en *P. crenatus* in 19% van de monsters voor; de overige vijf soorten werden gemiddeld sporadisch aangetroffen.

Tabel 13 Aanwezigheid (%) van (gedetermineerde) *Pratylenchus* soorten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Soort	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Pratylenchus</i> sp. ¹⁾	80	92	97	87
<i>Pratylenchus penetrans</i>	14	28	18	19
<i>Pratylenchus crenatus</i>	22	12	23	19
<i>Pratylenchus neglectus</i>	1	7	2	3
<i>Pratylenchus thornei</i>	0	9	0	3
<i>Pratylenchus fallax</i>	0	1	2	1
<i>Pratylenchus pratensis</i>	0	1	0	0
<i>Pratylenchus vulnus</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Dichtheden

In de monsters waarin Pratylenchidae voorkwam waren van deze familie gemiddeld 226 nematoden 100 g⁻¹ grond aanwezig (Tabel 14). Op zandgrond waren minder Pratylenchidae aanwezig dan op klei- of veengrond. Van het gemiddelde totale aantal nematoden kon 97% op geslacht gedetermineerd worden. Daarvan was 100% van het geslacht *Pratylenchus*. NB: de gerapporteerde dichtheden zijn een onderschatting, omdat de monsters niet waren geïncubeerd. Hierdoor zijn de in de wortels aanwezige nematoden niet meegenomen.

Tabel 14 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van de familie Pratylenchidae en bijbehorende geslachten in de monsters waarin *P.* voorkwam (n=381), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Pratylenchidae	138	279	354	226
Pratylenchidae sp. ¹⁾	1	2	30	6
<i>Pratylenchus</i>	137	277	324	219
<i>Pratylenchoides</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Van het gemiddelde totale aantal nematoden van het geslacht *Pratylenchus* kon 11% op soort gedetermineerd worden (Tabel 15). Hiervan was 45% van de soort *P. penetrans*, 38% van de soort *P. crenatus* en de overige 12% bestond uit de soorten *P. thornei*, *P. fallax* en *P. neglectus*.

Tabel 15 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van het geslacht *Pratylenchus* en bijbehorende soorten in de monsters waarin *Pratylenchus* voorkwam (n=378), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Pratylenchus</i>	139	279	324	221
<i>P. sp.</i> ¹⁾	122	248	297	197
<i>P. penetrans</i>	6	16	12	11
<i>P. crenatus</i>	10	5	14	9
<i>P. thornei</i>	0	5	0	2
<i>P. fallax</i>	0	1	1	1
<i>P. neglectus</i>	0	2	1	1
<i>P. pratensis</i>	0	1	0	0
<i>P. vulnus</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Frequentieverdeling dichtheid van *Pratylenchus*

De frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Pratylenchus* is gegeven in Figuur 6. Het geslacht was, afhankelijk van grondsoort, in 2% (veen) tot 14% (zand) van alle monsters afwezig.

Figuur 6 Frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Pratylenchus* in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort.

3.2.4 Familie Hoplolaimidae

Aanwezigheid

De familie Hoplolaimidae werd in 364 van de 417 geanalyseerde monsters (87%) aangetroffen (Tabel 16). In 15% van de monsters waren Hoplolaimidae aanwezig die niet op geslacht gedetermineerd konden worden ('Hoplolaimidae sp.'). Van de twee gevonden geslachten kwam *Helicotylenchus* in 86% van de monsters voor en werd het geslacht *Rotylenchus* in slechts 10% van de monsters aangetroffen. Het geslacht *Helicotylenchus* kwam op de drie grondsoorten in gelijke mate voor, terwijl *Rotylenchus* op kleigrond vaker voorkwam dan op zand- of veengrond.

Tabel 16 Aanwezigheid (%) van de familie Hoplolaimidae en bijbehorende geslachten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Hoplolaimidae	80	95	95	87
Hoplolaimidae sp. ¹⁾	6	30	9	15
<i>Helicotylenchus</i>	80	92	95	86
<i>Rotylenchus</i>	3	20	5	10

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Een verdere uitwerking voor het geslacht *Helicotylenchus* op soortniveau laat zien dat in 83% van alle monsters er *Helicotylenchus* soorten aanwezig waren die niet gedetermineerd konden worden (Tabel 17). Van de vijf gedetermineerde soorten kwam *H. pseudorobustus* in 27% van de monsters voor en *H. varicaudatus* in 22%; de overige drie geslachten werden alleen incidenteel aangetroffen. *Helicotylenchus pseudorobustus* werd op kleigrond minder vaak aangetroffen dan op zand- of

veengrond en *H. varicaudatus* werd op zandgrond minder vaak aangetroffen dan op klei- of veengrond.

Tabel 17 Aanwezigheid (%) van (gedetermineerde) *Helicotylenchus* soorten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Soort	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Helicotylenchus</i> sp. ¹⁾	76	90	92	83
<i>Helicotylenchus pseudorobustus</i>	39	9	29	27
<i>Helicotylenchus varicaudatus</i>	6	45	20	22
<i>Helicotylenchus canadensis</i>	0	1	0	0
<i>Helicotylenchus digonicus</i>	0	0	0	0
<i>Helicotylenchus paxili</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Dichtheden

In de monsters waarin *Hoplolaimidae* voorkwam waren van deze familie gemiddeld 270 nematoden 100 g⁻¹ grond aanwezig (Tabel 18). Van dit aantal kon 93% op geslacht gedetermineerd worden. Van het gemiddelde totale aantal gedetermineerde nematoden (252 100 g⁻¹ grond, ex. *Hoplolaimidae* sp.) (Tabel 18) was 97% van het geslacht *Helicotylenchus* en 3% van het geslacht *Rotylenchus*.

Tabel 18 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van de familie *Hoplolaimidae* en bijbehorende geslachten in de monsters waarin *Hoplolaimidae* voorkwam (n=364), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Hoplolaimidae</i>	197	324	341	270
<i>Hoplolaimidae</i> sp. ¹⁾	3	38	11	18
<i>Helicotylenchus</i>	192	271	328	245
<i>Rotylenchus</i>	2	15	2	7

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Van het gemiddelde totale aantal nematoden van het geslacht *Helicotylenchus* kon 23% op soort gedetermineerd worden (Tabel 19). Hiervan was 56% van de soort *H. pseudorobustus* en de overige 44% van de soort *H. varicaudatus*.

Tabel 19 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van het geslacht *Helicotylenchus* en bijbehorende soorten in de monsters waarin *Helicotylenchus* voorkwam (n=360), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Helicotylenchus</i>	192	279	328	248
<i>H. sp.</i> ¹⁾	140	220	259	191
<i>H. pseudorobustus</i>	48	6	46	32
<i>H. varicaudatus</i>	3	52	22	25
<i>H. canadensis</i>	0	1	0	0
<i>H. digonicus</i>	0	0	0	0
<i>H. paxili</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Frequentieverdeling dichtheid van *Helicotylenchus*

De frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Helicotylenchus* is gegeven in Figuur 7. Het geslacht was, afhankelijk van grondsoort, in 5% (veen) tot 20% (zand) van het totale aantal monsters afwezig (of kon niet gedetermineerd worden).

Figuur 7 Frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Helicotylenchus* in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort.

3.2.5 Familie Tylenchulidae

Aanwezigheid

De familie Tylenchulidae werd in 345 van de 417 geanalyseerde monsters (83%) aangetroffen (Tabel 20). Een (verwaarloosbaar) klein deel (0,5%) van de monsters bevatte Tylenchulidae die niet op geslacht gedetermineerd konden worden ('Tylenchulidae sp.'). Van de twee gevonden geslachten kwam *Paratylenchus* in de meeste monsters voor en werd *Gracilacus* vrijwel niet aangetroffen. Overigens worden *Paratylenchus* en *Gracilacus* tegenwoordig niet meer als aparte geslachten gezien.

Tabel 20 Aanwezigheid (%) van de familie Tylenchulidae en bijbehorende geslachten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Tylenchulidae	78	87	89	83
Tylenchulidae sp. ¹⁾	0	1	0	0
<i>Paratylenchus</i>	78	87	89	83
<i>Gracilacus</i>	0	2	0	1

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Een verdere uitwerking voor het meest algemene geslacht *Paratylenchus* op soortniveau laat zien dat in 69% van alle monsters er soorten aanwezig waren die niet gedetermineerd konden worden (Tabel 21). Van de zeven gedetermineerde soorten kwam *P. projectus* in 32% van de monsters voor en *P. nanus* in 31%; de overige vijf soorten werden alleen incidenteel aangetroffen.

Tabel 21 Aanwezigheid (%) van (gedetermineerde) *Paratylenchus* soorten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Soort	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Paratylenchus</i> sp. ¹⁾	65	73	71	69
<i>Paratylenchus projectus</i>	27	35	40	32
<i>Paratylenchus nanus</i>	26	32	42	31
<i>Paratylenchus microdorus</i>	0	2	3	1
<i>Paratylenchus hamatus</i>	1	0	0	1
<i>Paratylenchus similis</i>	0	1	0	1
<i>Paratylenchus neoamblycephalus</i>	0	1	0	0
<i>Paratylenchus bukowinensis</i>	0	1	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Dichtheden

In de monsters waarin Tylenchulidae voorkwam waren van deze familie gemiddeld 341 nematoden 100 g⁻¹ grond aanwezig (Tabel 22). Op veengrond waren meer Tylenchulidae aanwezig dan op zand- of kleigrond. Van het gemiddelde totale aantal gedetermineerde nematoden (340 100 g⁻¹ grond) was vrijwel 100% van het geslacht *Paratylenchus*.

Tabel 22 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van de familie Tylenchulidae en bijbehorende geslachten in de monsters waarin Tylenchulidae voorkwam (n=345), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Tylenchulidae	340	250	546	341
Tylenchulidae sp. ¹⁾	0	1	0	0
<i>Paratylenchus</i>	340	248	546	340
<i>Gracilacus</i>	0	1	0	0

¹⁾ niet op geslacht te determineren

Van het gemiddelde totale aantal nematoden van het geslacht *Paratylenchus* kon 28% op soort gedetermineerd worden (Tabel 23). Hiervan was 59% van de soort *P. projectus* en 38% van de soort *P. nanus*. De dichtheid van beide soorten was op veengrond hoger dan op zand- of kleigrond.

Tabel 23 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van het geslacht *Paratylenchus* en bijbehorende soorten in de monsters waarin *Paratylenchus* voorkwam (n=345), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Paratylenchus</i>	340	248	546	340
<i>P. sp.</i> ¹⁾	282	165	312	244
<i>P. projectus</i>	29	45	158	57
<i>P. nanus</i>	28	34	70	37
<i>P. microdorus</i>	0	1	6	1
<i>P. similis</i>	0	1	0	1
<i>P. bukowinensis</i>	0	0	0	0
<i>P. hamatus</i>	1	0	0	0
<i>P. neoamblycephalus</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Frequentieverdeling dichtheid van *Paratylenchus*

De frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Paratylenchus* is gegeven in Figuur 8. Het geslacht was in 11% (veen) tot 22% (zand) van alle monsters afwezig.

Figuur 8 Frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Paratylenchus* in alle geanalyseerde monsters ($n=417$), per grondsoort.

3.2.6 Familie Meloidogynidae

Aanwezigheid

De familie Meloidogynidae werd in 337 van de 417 geanalyseerde monsters (81%) aangetroffen (Tabel 24). De familie bestaat uit één geslacht (*Meloidogyne*) waardoor alle waarnemingen ook minimaal op geslachtsniveau gedetermineerd werden.

Tabel 24 Aanwezigheid (%) van de familie Meloidogynidae en haar enige geslacht in alle geanalyseerde monsters ($n=417$), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
Meloidogynidae	72	87	94	81
<i>Meloidogyne</i>	72	87	94	81

Een verdere analyse voor het geslacht *Meloidogyne* op soortniveau laat zien dat in 19% van de monsters er *Meloidogyne* soorten aanwezig waren die niet gedetermineerd konden worden (Tabel 25). Van de vier gedetermineerde soorten kwam *M. naasi* in 65% van de monsters voor; de overige drie soorten werden incidenteel aangetroffen.

Tabel 25 Aanwezigheid (%) van (gedetermineerde) *Meloidogyne* soorten in alle geanalyseerde monsters (n=417), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Soort	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Meloidogyne</i> sp. ¹⁾	8	29	34	19
<i>Meloidogyne naasi</i>	68	63	65	65
<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	0	1	0	1
<i>Meloidogyne hapla</i>	1	0	0	0
<i>Meloidogyne fallax</i>	0	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Dichtheden

In de monsters waarin *Meloidogynidae* voorkwam waren van deze familie gemiddeld 270 nematoden 100 g⁻¹ grond aanwezig, afkomstig van het enige geslacht *Meloidogyne* (Tabel 26). De gemiddelde dichtheid van dit geslacht was op veengrond hoger dan op zand- of kleigrond. NB: de gerapporteerde dichtheden zijn een onderschatting, omdat de monsters niet waren geïncubeerd. Hierdoor zijn de in de wortels aanwezige nematoden niet meegenomen.

Tabel 26 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van de familie *Meloidogynidae* en haar enige geslacht *Meloidogyne* in de monsters waarin *Meloidogynidae* voorkwam (n=337), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Meloidogynidae</i>	193	256	487	270
<i>Meloidogyne</i>	193	256	487	270

Van het gemiddelde totale aantal nematoden van het geslacht *Meloidogyne* kon 77% op soort gedetermineerd worden (Tabel 27); hiervan was vrijwel 100% van de soort *M. naasi*.

Tabel 27 Gemiddelde dichtheden (# 100 g⁻¹ grond) van het geslacht *Meloidogyne* en bijbehorende soorten in de monsters waarin *M.* voorkwam (n=337), per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Taxon	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Meloidogyne</i>	193	256	487	270
<i>M. sp.</i> ¹⁾	9	57	204	63
<i>M. naasi</i>	183	198	284	207
<i>M. chitwoodi</i>	0	1	0	0
<i>M. hapla</i>	1	0	0	0

¹⁾ niet op soort te determineren

Frequentieverdeling dichtheid van *Meloidogyne*

De frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Meloidogyne* is gegeven in Figuur 9. Het geslacht was in 6% (veen) tot 28% (zand) van alle monsters afwezig.

Figuur 9 Frequentieverdeling van de dichtheid van het geslacht *Meloidogyne* in alle geanalyseerde monsters ($n=417$), per grondsoort.

3.3 Gecorrigeerde dichtheden

Correctie van de dichtheden van de vijf meest aangetroffen parasitaire geslachten voor het aandeel niet-gedetermineerde nematoden had het grootste effect bij het geslacht *Tylenchorhynchus*. Bij dit geslacht nam de gemiddelde dichtheid (voor alle grondsoorten samen) toe van 348 tot 720 nematoden 100 g^{-1} (Tabel 28). Bij de geslachten *Pratylenchus* en *Helicotylenchus* waren de toenames klein en bij de geslachten *Paratylenchus* en *Meloidogyne* veranderden de dichtheden niet.

Tabel 28 Gemiddelde dichtheden ($\# 100\text{ g}^{-1}\text{ grond}$) van de vijf meest aangetroffen parasitaire geslachten, gecorrigeerd voor de niet op geslacht gedetermineerde aantallen van de bijbehorende familie, per grondsoort en voor alle grondsoorten samen.

Geslacht	Grondsoort			
	Zand	Klei	Veen	Alle
<i>Tylenchorhynchus</i> - origineel	277	356	547	348
<i>Tylenchorhynchus</i> - gecorrigeerd	877	526	774	720
<i>Pratylenchus</i> - origineel	139	279	324	221
<i>Pratylenchus</i> - gecorrigeerd	140	281	354	227
<i>Helicotylenchus</i> - origineel	192	279	328	248
<i>Helicotylenchus</i> - gecorrigeerd	195	317	338	265
<i>Paratylenchus</i> - origineel	340	248	546	340
<i>Paratylenchus</i> - gecorrigeerd	340	249	546	341
<i>Meloidogyne</i> - origineel	193	256	487	270
<i>Meloidogyne</i> - gecorrigeerd	193	256	487	270

4 Discussie

4.1 Methodiek

4.1.1 Representativiteit van de bemonstering

In de bedrijfsbrede bemonstering werden ook percelen bouwland, met andere gewassen dan (blijvend) grasland, meegenomen. Meestal is dat gewas snijmaïs, het tweede belangrijkste voedergewas in de Nederlandse melkveehouderij. Door het meenemen van bouwland kan het aantal aangetroffen taxa hoger zijn als bepaalde taxa wel in bouwland maar niet in blijvend grasland aanwezig zijn. Daarnaast kan er ook een verdunning zijn geweest van de dichtheden van taxa die vooral in blijvend grasland aanwezig zijn of daar in hogere dichtheden aanwezig zijn. Om een verdunnend effect van het areaal bouwland te kunnen schatten, is het nodig om te weten welk percentage van het totale bemonsterde areaal uit bouwland bestond. Dit is maar voor een deel van de bedrijven in de database vastgelegd. Rutgers et al. (2007) noemen een gemiddeld percentage bouwland op Nederlandse melkveebedrijven van 23% (gegevens uit de BoBI-database d.d. 15 oktober 2005). Dit percentage kan bij (intensieve) bedrijven op zandgrond hoger zijn dan bij bedrijven op kleigrond. Bij bedrijven op veengrond is meestal weinig tot geen bouwland aanwezig. Om de invloed van vooral snijmaïs op de soorten en aantallen nematoden te achterhalen, kan mogelijk gebruik gemaakt worden van de dichtheid van nematodensoorten die zich onder snijmaïs veel beter vermeerderen dan in grasland. In de database zijn echter geen soorten aanwezig die in dat opzicht duidelijk verschillen.

Een mogelijk verdunnend effect zal de grootste invloed gehad hebben in de periode van 1993 t/m 2006, toen er nog geen sprake was van derogatie (met verplichting tot minimaal 80% grasland in het bedrijfsareaal) en waardoor het aandeel snijmaïs in het areaal gemiddeld hoger zal zijn geweest. In deze periode is 66% van alle monsters genomen (Figuur 2). Na 2006 is de mogelijke invloed van snijmaïs beperkter, vanwege de invoering van derogatie die door het merendeel van de melkveebedrijven ook is aangevraagd.

4.1.2 Bemonsterings- en extractiemethode

De dichtheden van sommige families zijn mogelijk, en in een aantal gevallen zeker, onderschat, omdat de gebruikte bemonsterings- en extractiemethoden niet waren toegespitst op deze families. Het betreft hier vooral de families Pratylenchidae (aanwezig in 91% van de monsters), Meloidogynidae (81%), Heteroderidae (37%), Trichodoridae (24%), Longidoridae (10%) en Criconematidae (5%).

Bij de Meloidogynidae en Pratylenchidae geeft incubatie van wortelmateriaal hogere dichtheden, omdat dan ook de in de wortels aanwezige nematoden worden meegenomen. Incubatie wordt echter niet standaard uitgevoerd, waardoor de gevonden dichtheden na incubatie moeilijk te vergelijken zijn met dichtheden zonder incubatie. Bij de Heteroderidae geeft het ontbreken van cystenonderzoek een onderschatting van de werkelijke dichtheden. Het ontbreken van cystenonderzoek kan ook de reden zijn dat het geslacht *Punctodera* niet werd aangetroffen (Fleming et al. 2016). Om de dichtheid van de familie Trichodoridae betrouwbaar vast te stellen, moet er tenminste tot 30 cm diep bemonsterd worden (in plaats van tot 10 cm), aangezien deze nematoden zich over de diepte van de bouwvoor kunnen verplaatsen. In de akkerbouw wordt tot 23 cm diepte bemonsterd. Ook bij de familie Longidoridae zou dieper bemonsterd moeten worden. Bij de familie Criconematidae zou een andere extractiemethode toegepast moeten worden; de nematoden van deze familie zijn sterk geringd en kunnen het gebruikte wattenfilter moeilijk passeren.

De families waarvoor de bemonsterings- en verwerkingsmethodiek voldoende passend was, waardoor de gerapporteerde dichtheden voor de laag 0-10 cm voldoende nauwkeurig zijn vastgesteld, zijn de Tylenchidae, Dolichodoridae, Hoplolaimidae, en Tylenchulidae. Deze families vertegenwoordigen het overgrote deel (80%) van de gerapporteerde totale gemiddelde dichtheid van de herbivore nematoden

in de laag 0-10 cm (Tabel 5). Verschoor et al. (2001) en anderen laten zien dat de meeste soorten nematoden ook dieper in de grond in behoorlijke aantallen aanwezig kunnen zijn. Om de volledige dichtheid van soorten vast te stellen, zou standaard beter tot 30 cm diepte bemonsterd kunnen worden, gevolgd door incubatie van de monsters voor minimaal twee weken.

4.1.3 Determinatie

Bij een aantal families en/of geslachten kon maar een beperkt deel van de nematoden op geslacht en/of soort gedetermineerd worden. De belangrijkste reden hiervoor was dat het juveniele exemplaren betrof, waarbij de geslachts- of soortenkenmerken onvoldoende duidelijk vastgesteld konden worden. In een zeer beperkt deel van de gevallen kan er ook sprake geweest zijn van soorten die in Nederland niet eerder zijn aangetroffen of niet eerder zijn beschreven (en daardoor 'onbekend'). Een voorbeeld daarvan is de soort *Meloidogyne minor*, die in 2000 voor het eerst in Nederland werd aangetroffen en in 2004 voor het eerst werd beschreven (Karssen et al. 2004). Omdat een groot deel van de monsters (52%) in de gebruikte dataset voor 2004 zijn genomen, en ook na 2004 de determinatie nog lastig geweest kan zijn, bestaat een deel van de niet-gedetermineerde *Meloidogyne* mogelijk uit *M. minor*.

Van de vijf meer in detail geanalyseerde families kon bij de Dolichodoridae 52% van de nematoden niet op geslacht worden gedetermineerd en van het meest aangetroffen geslacht (*Tylenchorhynchus*) kon 64% van de nematoden niet op soort worden gedetermineerd. Bij de Pratylenchidae en *Pratylenchus* was dit respectievelijk 3% en 89%, bij de Hoplolaimidae en *Helicotylenchus* 7% en 77%, bij de Tylenchulidae en *Paratylenchus* 0% en 72%, en bij de Meloidogynidae en *Meloidogyne* 0% en 23%. Wanneer maar een beperkt deel van de nematoden op geslacht en/of soort gedetermineerd kan worden, zijn de dichtheden per geslacht en/of soort vrijwel zeker onderschat. Geconstateerd kan worden dat de gerapporteerde dichtheden van de geslachten *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus* en *Meloidogyne*, op grond van determinatiepercentages, een redelijk tot goede weergave zijn van de werkelijke dichtheden in de geanalyseerde monsters (afgezien van de bijdrage uit de wortels bij *Pratylenchus* en *Meloidogyne*), terwijl de dichtheid van *Tylenchorhynchus* zeker onderschat is. De toegepaste correctie voor het aandeel niet-gedetermineerde nematoden leidde tot een aanzienlijke aanpassing van de gemiddelde dichtheid van *Tylenchorhynchus* (Tabel 28), met bijna een verdubbeling van het aantal.

Een dergelijke correctie kan ook gemaakt worden voor de meest aangetroffen soort binnen het geslacht *Tylenchorhynchus*, *T. dubius*, maar is in deze studie niet uitgevoerd. De gecorrigeerde dichtheden kunnen ook effect hebben op de gerapporteerde frequentieverdelingen, maar deze verdelingen zijn op basis van de correctie (nog) niet aangepast. Het grote effect van het aantal niet-gedetermineerde exemplaren op de gerapporteerde dichtheden van sommige geslachten en soorten onderstreept het belang van een zo volledig mogelijk uitgevoerd determinatie.

4.2 Populatieveranderingen in de tijd

Wanneer het overzicht uit de huidige inventarisatie wordt vergeleken met oude gegevens (1950-1980), dan wekt dit de indruk dat er tussentijds mogelijk belangrijke verschuivingen zijn opgetreden in de aanwezigheid en dichtheid van sommige soorten. Dit kan met een aantal voorbeelden worden geïllustreerd. Simons (1973) vermeldt (kwantitatief) dat *Rotylenchus uniformis* (voor 1996 benoemd als *R. robustus*), naast *Tylenchorhynchus dubius*, in Nederland de meest voorkomende ectoparasiet op zandgrond is. Echter, in de huidige inventarisatie wordt deze soort vrijwel niet aangetroffen; het geslacht *Rotylenchus* kwam in 3% van de monsters op zandgrond voor, met een gemiddelde dichtheid in deze monsters van 41 specimen 100 g⁻¹ grond. Omdat 98% van de Hoplolaimidae op zandgrond op geslacht gedetermineerd kon worden, en er geen specifieke bemonsteringsmethodiek voor deze soort nodig is, is deze waarneming betrouwbaar. Op kleigrond werd *Rotylenchus* overigens vaker aangetroffen, in 20% van de monsters en met een gemiddelde dichtheid van 68 specimen 100 g⁻¹ grond.

Pratylenchus pratensis kwam volgens Oostenbrink (1954) in het verleden regelmatig voor in oud grasland op zandgrond, en volgens Bongers (1988) komt *P. pratensis* in Nederland algemeen voor op

zwaardere grond, o.a. in prei. In een inventarisatie door Oostenbrink (1954) op een gemengd bedrijf varieerde de dichtheid van het geslacht *Pratylenchus* in grasland tussen de 0 en 235 specimen 100 g⁻¹ grond en was *P. pratensis* binnen het geslacht de dominante soort. In de huidige inventarisatie komt deze soort vrijwel niet voor; *P. pratensis* werd aangetroffen op slechts één bedrijf, met een dichtheid van 182 specimen 100 g⁻¹ grond.

Helicotylenchus is een geslacht dat mogelijk talrijker is dan voorheen. In oude (Nederlandse) literatuur (Oostenbrink et al., 1950-1970) wordt *Helicotylenchus* weinig genoemd, hoewel het geslacht al in 1945 beschreven was. In de huidige inventarisatie was dit geslacht in 86% van alle monsters aanwezig (Tabel 16), met in deze monsters een gemiddelde dichtheid van 248 specimen 100 g⁻¹ grond (Tabel 19). Omdat van de bijbehorende familie Hoplolaimidae 93% van de nematoden op geslacht gedetermineerd kon worden, is dit een betrouwbare waarneming. Bovenstaande gegevens duiden op een mogelijke verschuiving in de soortsamenvatting over de afgelopen decennia. Fleming et al. (2016) suggereerden een dergelijke verschuiving voor Noord-Ierland, waarbij deze verschuiving (ook) gelinkt werd aan veranderingen in gewasmanagement.

Waarschijnlijk heeft er in de laatste decennia ook een verschuiving in de totale dichtheden van herbivore nematoden in Nederlands productiegasland plaatsgevonden. Oostenbrink (1966) rapporteerde een gemiddeld aantal herbivore nematoden van 5620 100⁻¹ ml grond in 72 Nederlandse weiden. Dit is meer dan het dubbele van het gemiddelde gevonden aantal in de huidige inventarisatie (Tabel 5). Hierbij wordt aangetekend dat de dataset van Oostenbrink (1966) in verhouding klein was en er geen onderscheid naar grondsoort gemaakt werd.

4.3 Schade

De hoofddoelstelling van deze studie was om een zo recent mogelijk overzicht te krijgen van soorten en dichtheden van PPN in productiegasland. Een belangrijke achterliggende vraag is of op basis van de aangetroffen soorten en dichtheden iets gezegd kan worden over de opbrengstderving. De Boer (2018) schatte de opbrengstderving van Nederlands productiegasland als gevolg van aantasting door PPN op gemiddeld 1,2 ton DS ha⁻¹ jaar⁻¹, voor de periode 1950 tot 1980. Het actuele niveau van opbrengstderving is onbekend. Voor het schatten of berekenen van het actuele niveau van opbrengstderving zouden de gevonden dichtheden van de schadelijke soorten vergeleken kunnen worden met hun schadedrempels, de dichtheid waarboven opbrengstderving optreedt. Als voorbeeld kan de schadelijke endoparasiet *Pratylenchus pratensis* worden gebruikt. Oostenbrink (1954) beschouwde dichtheden *P. pratensis* van 100-200 specimen 100 g⁻¹ grond in grasland als relatief hoog. Wordt de bovengrens van deze range voor het hele geslacht *Pratylenchus* als schadedrempel gehanteerd, dan zou op minimaal 16%, 47% en 57% van alle bedrijven op respectievelijk zand-, klei- en veengrond er sprake geweest zijn van schade door dit geslacht (Figuur 6).

Het probleem met schadedrempels is dat ze afhankelijk zijn van groeiomstandigheden en opbrengstniveaus, waardoor vertaling naar daadwerkelijke schade onder veldomstandigheden lastig is (De Boer 2018). De weinige schadedrempels die voor grasland gehanteerd kunnen worden zijn meestal vastgesteld onder specifieke en nogal wisselende omstandigheden. Ook werden deze schadedrempels bijna altijd vastgesteld per soort, waardoor geen rekening werd gehouden met het effect van interacties tussen meerdere schadelijke soorten. Het is daarom niet mogelijk om op basis van deze (oude) schadedrempels een betrouwbare indruk van het niveau van (samengestelde) schade in de vorm van opbrengstderving te geven.

Ontsmettingsproeven onder veldomstandigheden lijken momenteel de beste optie om het actuele niveau van opbrengstderving in grasland te schatten (De Boer 2018). Nieuwe schadedrempels, te ontwikkelen met behulp van de actuele inzichten en op basis van een gestandaardiseerd protocol, bieden mogelijk ook perspectief om gemeten dichtheden te vertalen naar het niveau van opbrengstderving.

5 Reflectie en aanbevelingen

De voorliggende inventarisatie is de eerste analyse van de herbivore nematodenfauna in Nederlands productiegrasland op nationaal niveau. Deze unieke resultaten geven goede indicaties van de aanwezigheid en minimale dichtheden van families, geslachten en soorten herbivore nematoden in Nederlands productiegrasland. Het overzicht is echter voor een aantal taxa nog niet volledig, omdat bij de dataverzameling een aantal specifieke bemonsterings- en verwerkingsmethoden niet zijn toegepast. Daarnaast zijn de gebruikte gegevens, hoewel relatief recent, toch gemiddeld 16 jaar oud. Veranderingen in het graslandmanagement hebben sindsdien waarschijnlijk geleid tot veranderingen in soortsaamenstelling en dichtheden. Om een actueel overzicht te krijgen is een nieuwe nationale inventarisatie nodig.

Het graslandmanagement blijft veranderen. Nieuwe ontwikkelingen zijn het stimuleren van kruidenrijk grasland, meer beweiden, en een toenemende vervanging van kunstmest door organische mest. De doorgaande veranderingen maken het noodzakelijk om een nationale kartering regelmatig te herhalen, bijvoorbeeld eens per tien jaar. Hierdoor kunnen veranderingen in de herbivore nematodenfauna worden gevolgd en kan desgewenst het graslandmanagement worden aangepast. De resultaten kunnen verder ook gebruikt worden om de bijdrage van herbivore nematoden aan biodiversiteit, en veranderingen daarin, te monitoren.

Een nieuwe kartering heeft een andere aanpak nodig dan destijds gekozen voor BoBI en dient gericht te worden op het specifieke gewas en specifieke doelstellingen. Bij het formuleren van de aanpak kunnen de in het huidige onderzoek opgedane ervaringen worden gebruikt om de kwaliteit van een nieuwe kartering te maximaliseren.

Conclusies

- Analyse van gegevens uit de BoBI-database maakt het voor de eerste keer mogelijk om voor Nederland een overzicht te geven van de aanwezigheid en minimale dichtheden van families, geslachten en soorten van herbivore en plantparasitaire nematoden in productiegrasland;
- Het overzicht is voor een aantal taxa nog niet volledig vanwege een aantal beperkingen bij de destijds uitgevoerde monsternamen en -verwerking;
- In de gebruikte monsters (van 417 melkveebedrijven) waren 106 herbivore taxa aanwezig, die konden worden ondergebracht in 14 families, 38 geslachten, en 61 soorten;
- De zes meest aangetroffen families waren de Tylenchidae (in 100% van de monsters), Dolichodoridae (97%), Pratylenchidae (91%), Hoplolaimidae (87%), Tylenchulidae (83%), en Meloidogynidae (81%). Minder vaak aangetroffen families waren de Heteroderidae (37%), Trichodoridae (24%), Longidoridae (15%), en Criconematidae (8%);
- De vijf meest aangetroffen parasitaire geslachten waren *Pratylenchus* (in 91% van alle monsters), *Helicotylenchus* (86%), *Paratylenchus* (83%), *Meloidogyne* (81%), en *Tylenchorhynchus* (71%);
- De gemiddelde dichtheden van deze geslachten waren respectievelijk 348 (*Tylenchorhynchus*), 221 (*Pratylenchus*), 248 (*Helicotylenchus*), 340 (*Paratylenchus*), en 270 (*Meloidogyne*) specimen 100 g⁻¹ grond;
- De gemiddelde dichtheid van *Pratylenchus* en *Meloidogyne* is onderschat vanwege het ontbreken van incubatieonderzoek; de gemiddelde dichtheid van *Tylenchorhynchus* is onderschat omdat een aanzienlijk deel van hun familie (Dolichodoridae) niet op geslacht gedetermineerd kon worden;
- Na een correctie voor de niet-gedetermineerde Dolichodoridae nam de gemiddelde dichtheid van *Tylenchorhynchus* toe van 348 tot 720 specimen 100 g⁻¹ grond;
- De dichtheidsfrequenties van de vijf meest aangetroffen schadelijke geslachten kunnen gebruikt worden om een indruk te krijgen van het aandeel bedrijven waarop schade wordt veroorzaakt. Hiervoor dienen echter eerst betrouwbare schadedrempels te worden ontwikkeld;
- De dichtheid van herbivore nematoden in productiegrasland is mogelijk over de laatste decennia afgenomen. Ook de soortensamenstelling is waarschijnlijk veranderd; soorten die vroeger regelmatig voorkwamen (zoals *Rotylenchus uniformis* en *Pratylenchus penetrans*) werden in de huidige inventarisatie vrijwel niet meer aangetroffen;
- Een nieuw nationaal systeem van monitoring is nodig om een actueel beeld te krijgen en te houden van de aanwezigheid van herbivore en plantparasitaire nematoden in productiegrasland, en van hun bijdrage aan biodiversiteit.

Dankwoord

Wij danken Leendert Molendijk (Wageningen Plant Research), Gerard Korthals (Wageningen Plant Research/NIOO) en Joeke Postma (Wageningen Plant Research) voor hun kritische review van een conceptversie van dit rapport. Wageningen Livestock Research voerde dit onderzoek uit, samen met LIOS en het RIVM, voor het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, binnen het Kennisbasisproject Bodemindicatoren (KB-21-002-010).

Literatuur

- Bongers T (1988) De nematoden van Nederland. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht
- De Boer HC (2018) Betekenis van plantparasitaire nematoden voor Nederlands productiegasland. Rapport 1142, Wageningen Livestock Research, Wageningen
- Fleming TR, McGowan NE, Maule AG, Fleming CC (2016) Prevalence and diversity of plant parasitic nematodes in Northern Ireland grassland and cereals, and the influence of soils and rainfall. *Plant Pathology* 65:1539-1550
- Karssen G, Bolk RJ, Van Aelst AC, Van den Beld I, Kox LFF, Korthals G, Molendijk L, Zijlstra C, Van Hoof R, Cook R (2004) Description of *Meloidogyne minor* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode associated with yellow patch disease in golf courses. *Nematology* 6:59-72
- NEN (2011) Soil quality - Sampling of soil invertebrates - Part 4: Sampling, extraction and identification of soil-inhabiting nematodes. NEN-EN-ISO 23611-4:2011 en.
- Oostenbrink M (1954) Over de betekenis van vrijlevende wortelaaltjes in land- en tuinbouw. Verslagen en mededelingen van de Plantenziektkundige Dienst 124:196-233
- Oostenbrink M (1957) Nematoden in verband met de vruchtbaarheid van de grond. Veenman & Zonen, Wageningen
- Oostenbrink M (1966) Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 66-4, Veenman & Zonen, Wageningen
- Rutgers M, Mulder C, Schouten AJ, Bloem J, Bogte JJ, Breure AM, Brussaard L, De Goede RGM, Faber JH, Jagers op Akkerhuis GAJM, Keidel H, Korthals GW, Smeding FW, Ter Berg C, Van Eekeren N (2007) Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM Rapport 607604008/2007, RIVM, Bilthoven
- Schouten AJ, Bloem J, Didden W, Jagers op Akkerhuis G, Keidel H, Rutgers M (2002) Bodembioologische indicator 1999 – ecologische kwaliteit van graslanden op zandgrond bij drie categorieën melkveehouderijbedrijven. Rapport 607604003, RIVM, Bilthoven
- Simons WR (1973) Nematode survival in relation to soil moisture. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen, Wageningen
- Verschoor BC, De Goede RGM, De Hoop JW, De Vries FW (2001) Seasonal dynamics and vertical distribution of plant-feeding nematode communities in grasslands. *Pedobiologia* 45:213-233
- Yeates GW, Bongers T, De Goede RGM, Freckman DW, Georgieva SS (1993) Feeding habits in soil nematode families and genera - An outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25:315-331

Bijlage 1 Overzicht van aangetroffen herbivore taxa

Tabel 29 *Herbivore nematodentaxa aangetroffen in de geanalyseerde BoBI-dataset, ingedeeld naar voedingswijze, met gemiddelde aantallen per grondsoort of voor alle grondsoorten samen*

Nr	Familie	Geslacht ¹⁾	Soort ¹⁾	Voedingswijze	Zand ²⁾	Klei	Veen	Totaal
1	BELONDIRIDAE	<i>Belondiridae</i>	<i>Belondiridae</i> sp.	1d, 5 of 8	<1	0	0	<1
2	CRICONEMATIDAE	<i>Criconematidae</i>	<i>Criconematidae</i> sp.	1d	0	14	4	6
3	DOLICHODORIDAE	<i>Bitylenchus</i>	<i>Bitylenchus</i> sp.	1d	0	6	7	3
4	DOLICHODORIDAE	<i>Dolichorhynchus</i>	<i>Dolichorhynchus</i> sp.	1d	1	14	5	6
5	DOLICHODORIDAE	<i>Dolichorhynchus</i>	<i>Dolichorhynchus lamelliferus</i>	1d	2	7	21	7
6	DOLICHODORIDAE	<i>Geocenamus</i>	<i>Geocenamus</i> sp.	1d	0	1	0	0
7	DOLICHODORIDAE	<i>Macrotrophurus</i>	<i>Macrotrophurus</i> sp.	1d	0	<1	0	<1
8	DOLICHODORIDAE	<i>Merlinius</i>	<i>Merlinius</i> sp.	1d	0	2	2	<1
9	DOLICHODORIDAE	<i>Merlinius</i>	<i>Merlinius brevidens</i>	1d	0	<1	0	<1
10	DOLICHODORIDAE	<i>Merlinius</i>	<i>Merlinius processus</i>	1d	0	<1	0	<1
11	DOLICHODORIDAE	<i>Nagelus</i>	<i>Nagelus</i> sp.	1d	<1	<1	0	<1
12	DOLICHODORIDAE	<i>Nagelus</i>	<i>Nagelus alpenensis</i>	1d	<1	0	0	<1
13	DOLICHODORIDAE	<i>Nagelus</i>	<i>Nagelus hexagrammus</i>	1d	0	<1	0	<1
14	DOLICHODORIDAE	<i>Paratrophurus</i>	<i>Paratrophurus</i> sp.	1d	0	<1	0	<1
15	DOLICHODORIDAE	<i>Quinisulcius</i>	<i>Quinisulcius</i> sp.	1d	<1	1	5	1
16	DOLICHODORIDAE	<i>Quinisulcius</i>	<i>Q. capitatus</i>	1d	<1	0	0	<1
17	DOLICHODORIDAE	<i>Scutylenchus</i>	<i>Scutylenchus</i> sp.	1d	0	10	0	3
18	DOLICHODORIDAE	<i>Trophurus</i>	<i>Trophurus</i> sp.	1d	0	4	0	1
19	DOLICHODORIDAE	<i>Trophurus</i>	<i>Trophurus sculptus</i>	1d	0	<1	0	0
20	DOLICHODORIDAE	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	1d	102	171	297	157
21	DOLICHODORIDAE	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Tylenchorhynchus bryobius</i>	1d	<1	0	0	<1
22	DOLICHODORIDAE	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Tylenchorhynchus dubius</i>	1d	68	79	96	76
23	DOLICHODORIDAE	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Tylenchorhynchus maximus</i>	1d	23	2	3	13
24	DOLICHODORIDAE	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Tylenchorhynchus striatus</i>	1d	<1	<1	0	<1
25	DOLICHODORIDAE	<i>Dolichodoridae</i>	<i>Dolichodoridae</i> sp.	1d	429	143	180	289
26	ECPHYADOPHORIDAE	<i>Ecphyadophora</i>	<i>Ecphyadophora</i> sp.	1d of 2	0	<1	0	<1
27	HEMICYCLIOPHORIDAE	<i>Hemicyclophora</i>	<i>Hemicyclophora</i> sp.	1d	6	0	0	3
28	HEMICYCLIOPHORIDAE	<i>Hemicyclophora</i>	<i>Hemicyclophora thornei</i>	1d	<1	0	0	<1
29	HEMICYCLIOPHORIDAE	<i>Hemicyclophora</i>	<i>Hemicyclophora typica</i>	1d	<1	0	0	<1
30	HETERODERIDAE	<i>Heterodera</i>	<i>Heterodera</i> sp.	1a	30	39	75	40
31	HETERODERIDAE	<i>Heteroderidae</i>	<i>Heteroderidae</i> sp.	1a	5	<1	2	3
32	HOPLOLAIMIDAE	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i> sp.	1c	111	202	247	165
33	HOPLOLAIMIDAE	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Helicotylenchus canadensis</i>	1c	0	<1	0	<1
34	HOPLOLAIMIDAE	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Helicotylenchus digonicus</i>	1c	<1	0	0	<1
35	HOPLOLAIMIDAE	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Helicotylenchus paxilli</i>	1c	<1	0	0	<1
36	HOPLOLAIMIDAE	<i>Helicotylenchus</i>	<i>H. pseudorobustus</i>	1c	38	6	44	28
37	HOPLOLAIMIDAE	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Helicotylenchus varicaudatus</i>	1c	3	48	21	22
38	HOPLOLAIMIDAE	<i>Rotylenchus</i>	<i>Rotylenchus</i> sp.	1c	1	10	2	5
39	HOPLOLAIMIDAE	<i>Rotylenchus</i>	<i>Rotylenchus buxophilus</i>	1c	0	2	0	<1
40	HOPLOLAIMIDAE	<i>Rotylenchus</i>	<i>Rotylenchus goodeyi</i>	1c	0	<1	0	<1
41	HOPLOLAIMIDAE	<i>Rotylenchus</i>	<i>Rotylenchus robustus</i>	1c	0	<1	0	<1
42	HOPLOLAIMIDAE	<i>Rotylenchus</i>	<i>Rotylenchus uniformis</i>	1c	<1	<1	0	<1
43	HOPLOLAIMIDAE	<i>Hoplolaimidae</i>	<i>Hoplolaimidae</i> sp.	1c	3	36	10	16
44	LONGIDORIDAE	<i>Longidorus</i>	<i>Longidorus elongatus</i>	1d	3	0	0	1
45	LONGIDORIDAE	<i>Longidorus</i>	<i>Longidorus</i> sp.	1d	7	3	<1	4
46	LONGIDORIDAE	<i>Xiphinema</i>	<i>Xiphinema</i> sp.	1d	<1	<1	1	<1
47	LONGIDORIDAE	<i>Xiphinema</i>	<i>Xiphinema diversicaudatum</i>	1d	1	0	<1	<1
48	LONGIDORIDAE	<i>Longidoridae</i>	<i>Longidoridae</i> sp.	1d	<1	<1	0	<1
49	MELOIDOGYNIDAE	<i>Meloidogyne</i>	<i>Meloidogyne</i> sp.	1a	7	50	191	51
50	MELOIDOGYNIDAE	<i>Meloidogyne</i>	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	1a	<1	<1	0	<1
51	MELOIDOGYNIDAE	<i>Meloidogyne</i>	<i>Meloidogyne hapla</i>	1a	<1	0	0	<1
52	MELOIDOGYNIDAE	<i>Meloidogyne</i>	<i>Meloidogyne naasi</i>	1a	132	173	266	167
53	NORDIIDAE	<i>Pungentus</i>	<i>Pungentus</i> sp.	1d, 5 of 8	3	<1	3	2
54	NORDIIDAE	<i>Pungentus</i>	<i>Pungentus silvestris</i>	1d, 5 of 8	<1	<1	0	<1
55	NORDIIDAE	<i>Pungentus</i>	<i>Pungentus alpinus</i>	1d, 5 of 8	<1	0	0	<1
56	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchoides</i>	<i>Pratylenchoides crenicauda</i>	1b	0	<1	0	<1

Nr	Familie	Geslacht ¹⁾	Soort ¹⁾	Voedingswijze	Zand ²⁾	Klei	Veen	Totaal
57	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus sp.</i>	1b	106	231	292	179
58	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus crenatus</i>	1b	9	5	13	8
59	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus fallax</i>	1b	0	<1	<1	<1
60	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus neglectus</i>	1b	<1	2	<1	1
61	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus penetrans</i>	1b	5	15	12	10
62	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus pratensis</i>	1b	0	1	0	<1
63	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus thornei</i>	1b	<1	4	0	2
64	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchus</i>	<i>Pratylenchus vulhus</i>	1b	<1	0	0	<1
65	PRATYLENCHIDAE	<i>Pratylenchidae</i>	<i>Pratylenchidae sp.</i>	1b	<1	2	29	6
66	TRICHODORIDAE	<i>Paratrichodorus</i>	<i>Paratrichodorus sp.</i>	1d	3	<1	0	2
67	TRICHODORIDAE	<i>Paratrichodorus</i>	<i>Paratrichodorus pachydermus</i>	1d	<1	0	0	<1
68	TRICHODORIDAE	<i>Paratrichodorus</i>	<i>Paratrichodorus teres</i>	1d	<1	0	0	<1
69	TRICHODORIDAE	<i>Trichodorus</i>	<i>Trichodorus sp.</i>	1d	10	2	<1	6
70	TRICHODORIDAE	<i>Trichodorus</i>	<i>Trichodorus primitivus</i>	1d	<1	0	0	<1
71	TRICHODORIDAE	<i>Trichodorus</i>	<i>Trichodorus similis</i>	1d	1	0	0	<1
72	TRICHODORIDAE	<i>Trichodoridae</i>	<i>Trichodoridae sp.</i>	1d	13	<1	0	6
73	TYLENCHIDAE	<i>Aglenchus</i>	<i>Aglenchus sp.</i>	1e	2	<1	<1	1
74	TYLENCHIDAE	<i>Aglenchus</i>	<i>Aglenchus agricola</i>	1e	53	38	43	46
75	TYLENCHIDAE	<i>Boleodorus</i>	<i>Boleodorus sp.</i>	1e	0	<1	0	<1
76	TYLENCHIDAE	<i>Boleodorus</i>	<i>Boleodorus thylactus</i>	1e	0	8	0	3
77	TYLENCHIDAE	<i>Cephalenchus</i>	<i>Cephalenchus sp.</i>	1e	<1	0	0	<1
78	TYLENCHIDAE	<i>Coslenchus</i>	<i>Coslenchus sp.</i>	1e	9	6	4	7
79	TYLENCHIDAE	<i>Coslenchus</i>	<i>Coslenchus costatus</i>	1e	2	<1	<1	1
80	TYLENCHIDAE	<i>Coslenchus</i>	<i>Coslenchus rhombus</i>	1e	<1	0	0	<1
81	TYLENCHIDAE	<i>Filenchus</i>	<i>Filenchus sp.</i>	1e	29	159	184	99
82	TYLENCHIDAE	<i>Filenchus</i>	<i>Filenchus vulgaris</i>	1e	<1	0	0	<1
83	TYLENCHIDAE	<i>Lelenchus</i>	<i>Lelenchus sp.</i>	1e	0	<1	0	<1
84	TYLENCHIDAE	<i>Lelenchus</i>	<i>Lelenchus leptosoma</i>	1e	<1	0	0	<1
85	TYLENCHIDAE	<i>Malenchus</i>	<i>Malenchus sp.</i>	1e	11	41	29	24
86	TYLENCHIDAE	<i>Malenchus</i>	<i>Malenchus acarayensis</i>	1e	<1	<1	2	1
87	TYLENCHIDAE	<i>Malenchus</i>	<i>Malenchus andrassyi</i>	1e	4	23	42	17
88	TYLENCHIDAE	<i>Malenchus</i>	<i>Malenchus bryophilus</i>	1e	0	0	<1	<1
89	TYLENCHIDAE	<i>Neopsilenchus</i>	<i>Neopsilenchus sp.</i>	1e	<1	<1	0	<1
90	TYLENCHIDAE	<i>Psilenchus</i>	<i>Psilenchus sp.</i>	1e	1	29	12	13
91	TYLENCHIDAE	<i>Psilenchus</i>	<i>Psilenchus hilarulus</i>	1e	<1	2	0	1
92	TYLENCHIDAE	<i>Tylenchus</i>	<i>Tylenchus sp.</i>	1e	0	9	2	3
93	TYLENCHIDAE	<i>Tylenchus</i>	<i>Tylenchus arcuatus</i>	1e	<1	1	0	<1
94	TYLENCHIDAE	<i>Tylenchus</i>	<i>Tylenchus elegans</i>	1e	0	<1	0	<1
95	TYLENCHIDAE	<i>Tylenchidae</i>	<i>Tylenchidae sp.</i>	1e	469	843	844	659
96	TYLENCHULIDAE	<i>Gracilacus</i>	<i>Gracilacus sp.</i>	1d	0	<1	0	<1
97	TYLENCHULIDAE	<i>Gracilacus</i>	<i>Gracilacus goodeyi</i>	1d	0	<1	0	<1
98	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>Paratylenchus sp.</i>	1d	219	143	279	202
99	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>Paratylenchus bukowinensis</i>	1d	0	<1	0	<1
100	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>Paratylenchus hamatus</i>	1d	<1	0	0	<1
101	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>Paratylenchus microdorus</i>	1d	0	1	5	1
102	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>Paratylenchus nanus</i>	1d	21	30	62	31
103	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>P. neoamblycephalus</i>	1d	<1	<1	0	<1
104	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>Paratylenchus projectus</i>	1d	23	39	141	47
105	TYLENCHULIDAE	<i>Paratylenchus</i>	<i>Paratylenchus similis</i>	1d	<1	1	0	<1
106	TYLENCHULIDAE	<i>Tylenchulidae</i>	<i>Tylenchulidae sp.</i>	1d	0	1	0	<1

¹⁾ Wanneer nematoden niet op geslacht (en soort) gedetermineerd konden worden is de familienaam gegeven, met bij 'soort' de toevoeging 'sp.'
 Als wel op geslacht maar niet op soort gedetermineerd kon worden, is de geslachtsnaam gegeven met toevoeging 'sp.'

²⁾ Aantal monsters: n=205 voor zand, n=147 voor klei, n=65 voor veen, en n=417 in totaal

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Wageningen Livestock Research Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl [www.wur.nl/
livestock-research](http://www.wur.nl/livestock-research)

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.