

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapportnr. 718823001

Onderzoek naar de effecten van bekalking op de
nematodenfauna van drie bosopstanden in
Boswachterij St. Anthonis (Peel-regio).

R. Manger en A.J. Schouten.

november 1989

Dit onderzoek werd uitgevoerd onder projectnr. 718823, in opdracht en ten laste van de Directie Bos- en Landschapsbouw (voormalig Staatsbosbeheer / sector Bosontwikkeling) van het ministerie van Landbouw en Visserij.

Verzendlijst

- 1-5 Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Drinkwater, Water,
Bodem, Hoofdafdeling Water
- 6 Secretaris - Generaal van het Ministerie van Welzijn,
Volksgezondheid, en Cultuur
- 7 Directeur-Generaal Milieubeheer
- 8 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer
- 9 Mr. A.B. Holtkamp, DGM/DWB/Bodem
- 10 Ir J.G. Robberse, DGM/DWB/Bodem
- 11 Dr C.J. van Leeuwen, DGM/SR
- 12 Directeur Staatsbosbeheer
- 13 Dr C.J.F. ter Braak, Groep landbouwwiskunde, Wageningen
- 14 Dr D. Sturhan, Munster, W.-Duitsland
- 15 Dr G.W. Yeates, New Zealand Soil Bureau, Nieuw Zeeland
- 16 Dr H. Koehler, Universiteit, Bremen
- 17 Dr H. van Dobben, RIN, Arnhem
- 18 Dr H.A. Verhoef, VU, Amsterdam
- 19 Dr Ir A.M.T. Bongers, LU, Wageningen
- 20 Dr J. Vegter, TCB, Leidschendam
- 21 Drs J. Muilwijk, HVA, Amsterdam
- 22 Drs R.G.M. de Goede, LU, Wageningen
- 23 Drs W. de Boer, IOO, Heteren
- 24 Drs W. Tamis, CML, Leiden
- 25 Ing J. van Bezooijen, LU, Wageningen
- 26 Ir G. van Tol, Dir. Bos en Landbouwschap (L.en V.)
- 27 Ir H. Schreuder, Dir. Bos en Landbouwschap (L.en V.)
- 28 Ir J.van den Burg, Dorschkamp, Wageningen
- 29 Ir P. van den Tweel, SBB
- 30 Prof. Dr E.N.G. Joosse-van Damme, VU, Amsterdam
- 31 Bibliotheek vakgroep Nematologie LU, Wageningen
- 32 Bibliotheek vakgroep Dieroecologie VU, Amsterdam
- 33 Bibliotheek RIN, Arnhem
- 34 Bibliotheek TNO-SCMO, Delft
- 35 Bibliotheek IB, Haren
- 36 Bibliotheek IOO, Heteren
- 37 Directie van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en
Milieuhygiëne
- 38 Dr H.A.M. de Kruijf, RIVM

39	Drs A. Minderhoud, RIVM
40	K.K.M. Arp, RIVM
41	Dr P. van Beelen, RIVM
42	Ir R. v.d. Berg, RIVM
43	S. v.d. Berg, RIVM
44	Ir W. van Duijvenbooden, RIVM
45	M.L.P. van Esbroek, RIVM
46	Ir C.A.M. van Gestel, RIVM
47	Ir H. Denier v.d. Gon, RIVM
48	Drs J. Hoekstra, RIVM
49	Dr F.I. Kappers, RIVM
50	Drs A.G.A.C. Knaap, RIVM
51	Dr W. Slob, RIVM
52	Ir W.J.F. Visser, RIVM
53 - 62	Staatsbosbeer afd.
63 - 66	auteurs
67 - 68	Bibliotheek RIVM
69 - 70	Bibliotheek RIVM\depot EMD
71 - 72	Projekten en Rapportenregistratie
73 - 82	Reserve exemplaren

VOORWOORD

In opdracht van de Directie Bos- en Landschapsbouw van het ministerie van Landbouw en Visserij, wordt door het Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw ("De Dorschkamp") een grootschalig bosbemestingsonderzoek uitgevoerd. In dit project worden de technische haalbaarheid en de voor- en nadelen van bosbemesting bestudeerd bij verschillende boomsoorten in cultures, nieuwe bosaanleg en in bestaande opstanden. Een onderdeel van de minerale bemestings experimenten, vormt het praktijk-onderzoek naar de mogelijkheden van bosbekalking.

Bij de bekalkings proeven, die in boswachterij St. Anthonis (Peel) zijn aangelegd, wordt onderzoek gedaan aan mogelijke effecten op verschillende biotische en abiotische ecosysteem-componenten. In dit rapport wordt het onderzoek aan de vrijlevende nematoden (aaltjes) beschreven. Het werd uitgevoerd door de afdeling Bodemecologie (laboratorium voor Ecotoxicologie, Milieuchemie en Drinkwater), van het RIVM.

Van mei 1988 tot mei 1989 was dhr R. Manger aangesteld als projectmedewerker. Hij verzorgde het grootste deel van het nematologisch onderzoek en de verwerking van de gegevens. Drs A.J. Schouten trad op als (deel) project-leider.

De auteurs willen de volgende personen bedanken voor hun bijdrage aan het tot stand komen van dit rapport: In eerste instantie Dr.G.J.F. ter Braak (landbouwwiskunde, TNO) voor zijn bijdrage aan de multivariate statistische verwerking (CANOCO) met bijbehorende tekst. Voor de statistische (univariate) analyse en aanzet tot de multivariate programma's, Dr.W. Slob (CWM/-RIVM) en Drs. J. Muilwijk (HVA Amsterdam).

Verder mw. Dr. F.I. Kappers, mw. K.K.M. Arp, S. van de Berg, I.R. van de Bruggen, mw. M.L.P. van Esbroek, mw. Ir. R. Postuma, M. Stolk en mw. J.A.A.M. Wondergem - van Eijk, voor adviezen en medewerking bij de praktische uitvoering van het onderzoek.

INHOUDSOPGAVE

Verzendlijst	blz
Voorwoord	
Inhoudsopgave	
Summary	
Samenvatting	
1. Inleiding	1
1.1 Doel van het onderzoek	1
1.2 Verzuringsproblematiek	3
1.3 Nematoden en bosbekalking	4
2. Materiaal en methoden	5
2.1 Beschrijving proefvelden	5
2.2 Bemonstering nematodenfauna	7
2.3 Extractie nematoden	7
2.4 Fixatie en determinatie van de nematodenfauna	8
2.5 Fysisch-chemische bepalingen	9
2.6 Statistische verwerkingsmethoden	10
3. Resultaten	15
3.1 pH- en vochtgehalte veranderingen in bodem en strooisel na bekalking	15
3.2 Verloop van de nematodendichtheid na bekalking	19
3.3 Verhouding tussen de voedselgroepen (trofische niveau's)	24
3.4 Nematodengenera analyse m.b.v. TWINSPAN en DECORANA	31
3.5 Resultaten van analyse met behulp van CANOCO	35
4. Discussie	37
5. Conclusies	42
Literatuur	44
Bijlagen	48
1. Biologie van nematoden	48
2. Nematodendichtheid per m ² van de drie bossen en onderzochte lagen	53
3. Dichtheid (aantallen per m ²) van de voedselgroepen op tijdstip 0.	54
4. Dichtheid (aantallen per m ²) van de voedselgroepen op tijdstip 1.	56

5.	Dichtheid (aantallen per m ²) van de voedselgroepen op tijdstip 2.	58
6.	Dichtheid (aantallen per m ²) van de voedselgroepen op tijdstip 3.	60
7.	Gemiddelde pH H ₂ O en KCl van behandelde veldjes van de drie verschillende bossen	62
8.	Nematodengenera van groveden minerale laag op t=0	63
9.	Nematodengenera van groveden strooisel op t=0	64
10.	Nematoden genera van eik mineraal op t=0	65
11.	Nematodengenera van eik strooisel op t=0	66
12.	Nematodengenera van douglas minerale laag op t=0	67
13.	Nematodengenera van douglas strooisel op t=0	68
14.	Genera indeling en nummering gebruikt voor TWINSPAN, DECORANA en CANOCO.	69
15.	TWINSPAN tabel groveden minerale laag	70
16.	TWINSPAN tabel groveden strooisel	71
17.	TWINSPAN tabel douglas spar strooisel	72
18.	TWINSPAN tabel douglas spar minerale laag	73
19.	TWINSPAN tabel zomereik minerale laag	74
20.	TWINSPAN tabel zomereik strooisel	75
21.	TWINSPAN tabel van strooisel van de drie bostypen	76
22.	TWINSPAN tabel van de minerale laag van de drie bostypen	77
23.	Procentuele verdeling van 6 dominante genera in de minerale laag van drie bostypen bij behandelingen op 4 tijdstippen.	78
24.	Procentuele verdeling van 4 nematoden-voedselgroepen bij drie behandelingen in de strooisellaag van drie bostypen.	79
25.	Procentuele verdeling van 4 nematoden-voedselgroepen bij drie verschillende kalkbehandelingen in de minerale laag van drie bostypen.	80
26.	Verloop van de nematodendichtheid (aantallen per m) ² per veldje, in de strooisellaag van 3 opstanden.	81
27.	Verloop van de nematodendichtheid (aantallen per m) ² per veldje, in de minerale laag van 3 opstanden.	82

SUMMARY

Effects of liming on free-living soil nematodes in three forest types at the forestry St. Anthonis (Peel, the Netherlands).

The free-living nematode fauna inhabiting, the acidified soils of the St. Anthonis Forestry (Peel, the Netherlands), was studied during, the first eight months after liming of the forest floor.

Soil nematodes of three different types of forests (*Pinus silvestris* - Scots Pine, *Pseudotsuga menziesii* - douglas fir and *Quercus robur* - Oak) were analysed before and after liming of the soil.

Four different lime-treatments were applied, 0, 3, 6 and 9 ton/acre Dolokal. The nematode fauna of the 6 ton/acre was not investigated. The first sampling took place just before liming (at the end of march 1988), and subsequently 6, 19 and 32 weeks after liming.

The lime treatment raised the acidity from 4 to neutral in the litter layer. In the mineral soil there was hardly any effect on the pH. The moisture content did not change in both layers after lime treatment.

The total density of nematodes in soil and litter layer, was not influenced by the lime treatments.

Only in the mineral soil layer of the Oak forest, liming had a significant effect on the density of different feeding types that can be distinguished in the nematode fauna. A significant increase of bacterial feeders was found in all treatments of the Oak soil layer. The plantparasites and miscellaneous group showed an increase in the 3 ton field only. Although significant differences between feeding types were also found in the litter layer, no unequivocal relation with liming could be detected here.

The Oak forest contained the largest amount of nematode genera.

After multivariate analysis (ordination- and clusterprogram's TWINSpan, DECORANA and CANOCO) the three forest types appeared to have a specific composition of genera. Liming had no effect on the genus-composition.

After analysis with CANOCO, only a time-effect (seasonal fluctuation) but no liming-effect was found.

In the nearby future research should primary be aimed on the nematode fauna of the Oak mineral soil layer, because effects of liming are most clearly here. At the same time monitoring of the two other forests stays also of interest to detect possible longterm changes in nematode fauna, and expansion or colonization of plantparasites.

SAMENVATTING

Gedurende 8 maanden werd de nematodenfauna bemonsterd, in een bekalkings-experiment in boswachterij St.Anthonis (Peel).

Drie verschillende bostypen: groveden (*Pinus silvestris*), douglas (*Pseudotsuga menziesii*) en zomereik (*Quercus robur*) werden geanalyseerd op de nematodenfauna voor en na de bekalking. Vier verschillende kalkbehandelingen werden toegepast, 0, 3, 6 en 9 ton/ha Dolokal, waarvan de 6 ton behandeling voor het nematoden onderzoek niet gebruikt werd.

De eerste bemonstering vond plaats net voor de bekalking (eind maart 1988) en de daarop volgende bemonsteringen op respectievelijk 6, 19 en 32 weken na de bekalking.

Door bekalking nam de pH in de strooisellaag toe van 4 tot neutraal. In de minerale laag was bijna geen pH verandering waarneembaar. Het vochtgehalte van de bodem- en strooisellaag vertoonden geen veranderingen t.g.v. de bekalkingen.

De totale nematodendichtheid werd niet beïnvloed door de bekalking in het strooisel en de minerale laag van de drie bostypen.

De verschillende voedselgroepen van de nematodenfauna vertoonden alleen in de minerale laag van het zomereikenbos een respons op de bekalking.

In de strooisellaag werden significante verschillen gevonden tussen voedselgroepen, maar er bleek geen eenduidige relatie te bestaan met de bekalking. Voor de bacterie-eters werd in de minerale laag van het Eikenbos een significante toename van de behandelde velden t.o.v. de blanco gevonden. Ook de plantenparasieten en de restgroep vertoonden in deze laag een significante toename in het drie ton veld t.o.v. de blanco en 9 ton behandeling. Het eikenbos had het grootste aantal nematoden genera.

De drie bossen bleken na multivariate analyse met de ordinatie- en clusterprogramma's TWINSPAN, DECORANA en CANOCO een specifieke genera-samenstelling te bezitten. Uit de analyses van de genoemde computerprogramma's bleek de bekalking geen effect te hebben op de genera-samenstelling. Uit de Analyse met CANOCO, waarbij de abiotische factor pH meegewogen werd, bleek alleen sprake van een tijdseffect en geen kalkeffect.

Voor de toekomst is in eerste instantie onderzoek naar het verloop van de nematodendichtheid en soortensamenstelling in de minerale bodem van het bekalkte eikenperceel aan te bevelen, omdat hier het duidelijkst effecten van bekalking op treden. Gezien de armoede aan nematodenfauna in de bodemlagen van de onderzochte percelen en het verkrijgen van inzicht in de snelheid waarmee herstel processen zich afspelen, blijft bemonstering in de komende jaren van wetenschappelijk en beleidsonderbouwend belang.

1 INLEIDING

1.1 Doel van de het onderzoek.

Bekalking van bosbodems is (naast terugdringen van de depositie van verzurende stoffen) in feite de enig mogelijke korte-termijn-maatregel om bodemverzuring in bosopstanden tegen te gaan. Er bestaan echter nog tal van onduidelijkheden over mogelijke (ongewenste) effecten van bekalking. Mede doordat niet goed is in te schatten in hoeverre resultaten van buitenlands onderzoek van toepassing zijn op de nederlandse situatie.

Om een beter inzicht te verkrijgen in de processen die gaan optreden na bekalking van bosopstanden, die zijn belast met een hoge stikstof-input en gelegen op zure voedselarme zandgrond, is in Boswachterij St. Anthonis (Peelregio) een praktijkproef aangelegd. Naast bosbouwkundige aspecten wordt er in de bekalkings-proeven aandacht besteed aan effecten op andere onderdelen van het ecosysteem. In verschillende deelprojecten wordt onderzoek gedaan aan: nitraatuitspoeling naar het ondiepe grondwater, nitrificerende bacteriën, mycorrhiza-schimmels, micro-arthropoden in de strooisellaag, vrijlevende nematoden in minerale bodem en strooisel, en veranderingen in de onderbegroeiing.

In dit rapport worden de resultaten beschreven van het onderzoek dat gedaan is aan de vrijlevende nematodenfauna, in het eerste 8 maanden na de bekalking van de proefvelden.

Nadere informatie over de biologie (bouw, voedingswijze en voortplanting) van nematoden is opgenomen in bijlage 1.

1.2 Verzuringsproblematiek

Enige jaren geleden is de "zure regen" problematiek in de belangstelling komen te staan, doordat op het noordelijk halfrond schade ontstond aan bossen en meren. Onder "zure regen" wordt de depositie vanuit de atmosfeer van stoffen met verzurende werking verstaan. Zwaveldioxide (SO_2), stikstof-oxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3) en de volgprodukten ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat zijn hierbij de meest belangrijke stoffen (van Breemen et al, 1982; Mulder, 1988). In Nederland zijn de gevolgen van de "zure regen" vooral merkbaar in de bossen, schade aan gebouwen en schade aan landbouwgewassen. In de bodem vindt een groot aantal processen plaats die zuur produceren of consumeren (Verstraten, 1982; van Breemen et al, 1983). Het saldo van deze processen en de zuurtoevoer vanuit de atmosfeer wordt de zuurbelasting genoemd. Door menselijke activiteiten zijn zowel de toevoer vanuit de lucht als de processen ingrijpend veranderd. Zo is de depositie

van de beschouwde verzurende stoffen toegenomen tot minstens het 5-voudige van het natuurlijke niveau (Manuel et al, 1984). Volgens van der Aart et al (1988) is de gemiddelde atmosferische stikstofdepositie in Nederland zelfs een factor 10 tot 100 zo hoog als de natuurlijke depositie.

Een langzame verzuring van Bosbodems vindt van nature al plaats. Bij een gegeven zuurbelasting zijn de gevolgen hiervan sterk afhankelijk van de samenstelling van de bodem. Bepaalde bestanddelen van de bodem, voor zover aanwezig, zorgen voor neutralisatie van zuren; de zogenaamde bufferende werking. Bij deze buffering worden aan het bodemmateriaal gebonden metalen vrijgemaakt en gaan in oplossing. Bodemverzuring kan daarom worden gedefinieerd als de afname van de buffercapaciteit van de bodem (van Breemen et al 1983, 1984).

Bij een te grote zuurbelasting worden de bufferende stoffen opgebruikt. Dit proces is meestal niet omkeerbaar. Afname van buffercapaciteit leidt tot uitspoeling van kationen, zoals (Ca, Na en K) en toxische ionen zoals zware metalen.

Uit onderzoek is gebleken dat vanaf de twintiger jaren de ondergrens van pH KCl niet veel is veranderd, maar de bovengrens wel lager is geworden (v/d Burg 1985). Omdat zware metalen bij lage pH (beneden pH 4) in oplossing gaan is echt gevaar tot uitspoeling van zware metalen nog niet aanwezig. Omdat in Nederland de hoeveelheid neerslag groter is dan de verdamping, kunnen o.a. toxische stoffen (bijv. aluminium) in het grondwater terecht komen.

Over directe of indirecte effecten van verzuring op de bodemfauna is nog relatief weinig bekend. In voor verzuring gevoelige bodems treedt een verschuiving in soorten samenstelling van de bodemfauna op en in het algemeen neemt de diversiteit af (van der Aart et al, 1988 ; van Straalen et al, 1988; Huhta et al 1986). Een geconstateerd effect is de vermindering van de afbraak van organisch materiaal door het verdwijnen van de daarvoor benodigde soorten, zoals bacteriën en regenwormen (Manuel et al, 1984). Bodemverzuring beïnvloedt de mobiliteit van ionen en daardoor de beschikbaarheid voor opname door plantenwortels, microflora en fauna die leven in direct contact met de bodemoplossing. Een verlaagde beschikbaarheid kan enerzijds leiden tot onvoldoende opname van een voedingselement in organismen. Een verhoging van de beschikbaarheid kan anderzijds leiden tot toxische effecten en tot zodanig hoge gehalten dat organismen worden vergiftigd (Eijsackers et al, 1984; van der Aart et al, 1988).

Bekalking van bossen is een mogelijkheid om verdergaande bodemverzuring tegen te gaan. Van den Burg (1985 en 1986) geeft een uitgebreid overzicht van bekalking van bossen in Nederland en over het buitenland.

In Nederland zijn voormalige heidegronden in de eerste helft van deze eeuw bemest met fosfor- en kaliummeststoffen, als meereisende naaldboomsoorten (douglas, fijnspar, Japanse lariks) of zomereik moesten worden aangelegd. Bekalking is op beperkte schaal uitgevoerd. Na de bosaanlegfase verdween de belangstelling voor bemesting.

In Midden-Europa en Scandinavië is vrij veel onderzoek gedaan naar bekalking van hoofdzakelijk naaldhoutbossen. Vooral in de Duitse Bondsrepubliek nam na de Tweede Wereldoorlog de bekalking van fijnsparbossen een hoge vlucht, maar zakte volkomen in na de vijftiger jaren als gevolg van een tegenvallende groeitoename en dalende houtprijzen (van den Burg, 1986).

Staatsbosbeheer is sinds 1984 begonnen met een systematisch onderzoek naar de vitaliteitstoestand van het Nederlandse bos. De vitaliteit wordt bepaald aan het percentage naald- en bladverlies en de mate van verkleuring van het blad. Inmiddels is duidelijk geworden dat een complex van traditionele en niet traditionele factoren verantwoordelijk is voor het vitaliteitsverlies van de bossen in Nederland en Europa. Traditionele factoren bij Oostenrijkse- en Corsicaanse den zijn schimmelaantastingen, bij de eik: weersomstandigheden en insektaantastingen en bij douglas al enige jaren naaldverlies na een koude winterperiode. Onder de voornaamste niet traditionele factor kan de luchtverontreiniging gerekend worden.

Het Nederlandse bos is voor een groot deel aangelegd op vroegere heidevelden (humuspodzolgronden). Omdat deze gronden van nature zeer zuur zijn, is bij de aanleg rekening gehouden met boomsoortkeuze en maatregelen om de bodem te verbeteren (bekalking en bemesting). Vroeger lag het accent op bodemverbetering, nu staat bosbemesting in de belangstelling als mogelijke maatregel om bodemverzuring tegen te gaan. Toediening van een protonenconsumerende verbinding als Calciumcarbonaat is in feite de enige haalbare noodmaatregel.

1.3. Nematoden en bosbekalking

Het aantal onderzoeken gedaan naar het effect van bekalking op de nematodenfauna is niet groot. Uit een recent Zweeds onderzoek van dennebossen bleek, twee- en twaalf jaar na bekalking geen effect op het aantal nematoden waarneembaar (Hyvonen in prep.). In een laboratorium-experiment van Heungens (1981) met pH-verhogende produkten zoals KOH en Ca(OH)_2 en Calciumcitraat in dennestrooisel werd echter een zeer snelle toename van bacterie-etende nematoden geconstateerd. Dit effect was slechts van korte duur

(enkele weken). Bassus (1960) vond na toevoeging van Calciumcarbonaat en CaO aan sparrenstrooisel een toename van 25 tot 100% van de nematodendichtheid. De aanwezige soortensamenstelling veranderde echter niet. Effecten van pH-verandering op nematoden zullen voor een deel indirect van aard zijn, doordat de hoeveelheid of samenstelling van het aanwezige voedsel verandert. Bij de veldexperimenten van Bááth et al (1980) bleek de microflora in dichtheid en biomassa af te nemen bij verzuring van verschillende veldjes. Bekalking had echter geen positief effect op de microflora. Dergelijke literatuur gegevens maken het voorspellen van effecten bijzonder moeilijk. Naast mogelijke (onbekende, ecotoxicologische) directe effecten van ionen in het bodemvocht is er geen duidelijk beeld over effecten van pH-verhoging op de microflora (voedselbron) in het veld.

De literatuur gegevens over effecten van bekalking op nematoden in bossen, hebben meestal betrekking op onderzoek lange tijd na bekalking (1 - 12 jaar). Uit labexperimenten blijkt de nematodenfauna echter snel kan reageren op bekalking. In de bekalkingsexperimenten in de Peel is daarom gekozen voor een frequente bemonstering direct na de bekalking (0, 6, 19 en 32 weken). Effecten werden in eerste instantie vooral in de strooisel verwacht, omdat daar de grootste pH verandering optreedt.

2 MATERIAAL EN METHODEN

In dit onderzoek zijn drie bostypen onderzocht en is de nematodenfauna geanalyseerd van de verschillende behandelde velden (0, 3 en 9 ton). Hieronder worden de verschillende proefvelden van de drie bostypen beschreven.

2.1 Beschrijving proefvelden.

2 (6 ton/ha)	3 (9 ton/ha)	6 (blanco)	7 (3 ton/ha)
1 (3 ton/ha)	4 (blanco)	5 (6 ton/ha)	8 (9 ton/ha)

Fig.1 : Proefveldindeling van douglas (*Pseudotsuga menziesii*) vak 3d St.Anthonis.

Vak 3d van het douglasbos (*Pseudotsuga menziesii*) is aangelegd in 1958, dus 31 jaar oud. Momenteel bevindt zich vlak naast de proefvelden in hetzelfde bos een camping.

2 (3 ton/ha)	3 (9 ton/ha)	6 (6 ton/ha)	7 (blanco)
1 (blanco)	4 (6 ton/ha)	5 (9 ton/ha)	8 (3 ton/ha)

Fig.2 : Proefveldindeling van groveden (*Pinus silvestris*) vak 44c St.Anthonis.

Vak 44c van het grovedennenbos (*Pinus silvestris*) stamt uit 1950 en is 39 jaar oud. Het bos wordt gekenmerkt door een grote inhomogeniteit wat betreft de onderbegroeiing. De velden 1 tot en met 4 hebben vrij weinig ondergroei en de overige velden zijn voornamelijk vergrast door *Molinia*. Tevens bevinden zich in de velden 7 en 8 een aantal Amerikaanse eiken (*Quercus rubra*).

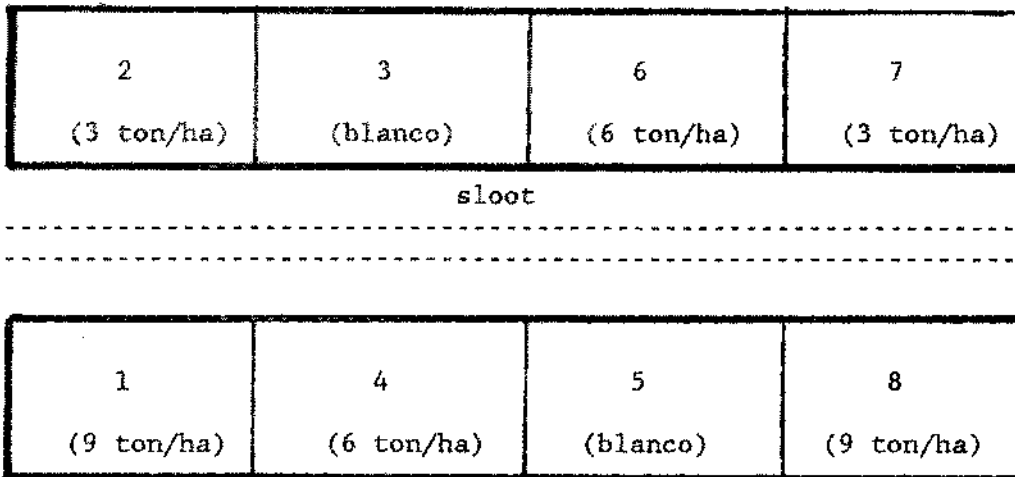


Fig.3 : Proefveldindeling van zomereik (*Quercus robur*) vak 35c St.Anthonis. veldjes: 1,4,5 en 8 zijn 30 x 30 m en veldjes: 2,3,6 en 7 zijn 25 X 36 m

Vak 35c van het zomereikenbos (*Quercus robur*) dateert uit 1953 (36 jaar). In dit bos bevinden zich ook berken. Tijdens de bemonsteringen in het voorjaar (maart en mei) was de grondwaterstand gestegen tot het maaiveld, hetgeen de nauwkeurigheid van de bemonstering niet ten goede kwam.

Bekalking:

De bekalking van de bossen heeft eind maart/begin april 1988 plaats gevonden. Kalkgiften van 0, 3, 6 en 9 ton/ha kalk (Dolokal) zijn met de hand, zo homogeen mogelijk, zonder in te werken, uitgebracht op de proefvelden. Tegenwoordig wordt kalk in bossen oppervlakkig uitgebracht en niet ingewerkt om de volgende redenen:

- inwerken heeft wortelbeschadiging tot gevolg
- inwerken zou machinaal moeten gebeuren, maar daartoe lenen zich de vaak te dichte opstanden niet.
- het hoofdbezwaar is dat door het inwerken de ruwe humus wordt geactiveerd met als gevolg een toenemende nitrificatie; het vermoeden bestaat dat de in de oudere literatuur aangetroffen vermelding van toegenomen stikstofverlies en de ontwikkeling van een nitrofiële flora meer zijn veroorzaakt door het "rommelen in de grond" dan door de bekalking.

Verdere bemestingen zijn niet toegepast, om het effect van de bekalking zo zuiver mogelijk vast te stellen. Om praktische redenen werden voor het nematoden onderzoek alleen de 0, 3 en 9 ton/ha veldjes bemonsterd.

2.2 Bemonstering nematodenfauna.

De eerste bemonstering vond plaats op 29 maart 1988, nog net voor de bekal-king, de overige drie bemonsteringen op de volgende data; 10/11 mei, 8/9 augustus en 7/8 november 1988.

Gemonsterd werd met een deelbare boor (diameter 2,7 cm), waarbij 15 mon-stersteken random (ongeveer 20 cm diep) in een proefveld van 30 x 30 m werden genomen. Strooisel en minerale laag werden gescheiden en apart behandeld. De afzonderlijke monsters werden in het veld tot een mengmonster samengevoegd. De minerale laag werd precies op 15 cm lengte afgesneden, nadat strooisel verwijderd was.

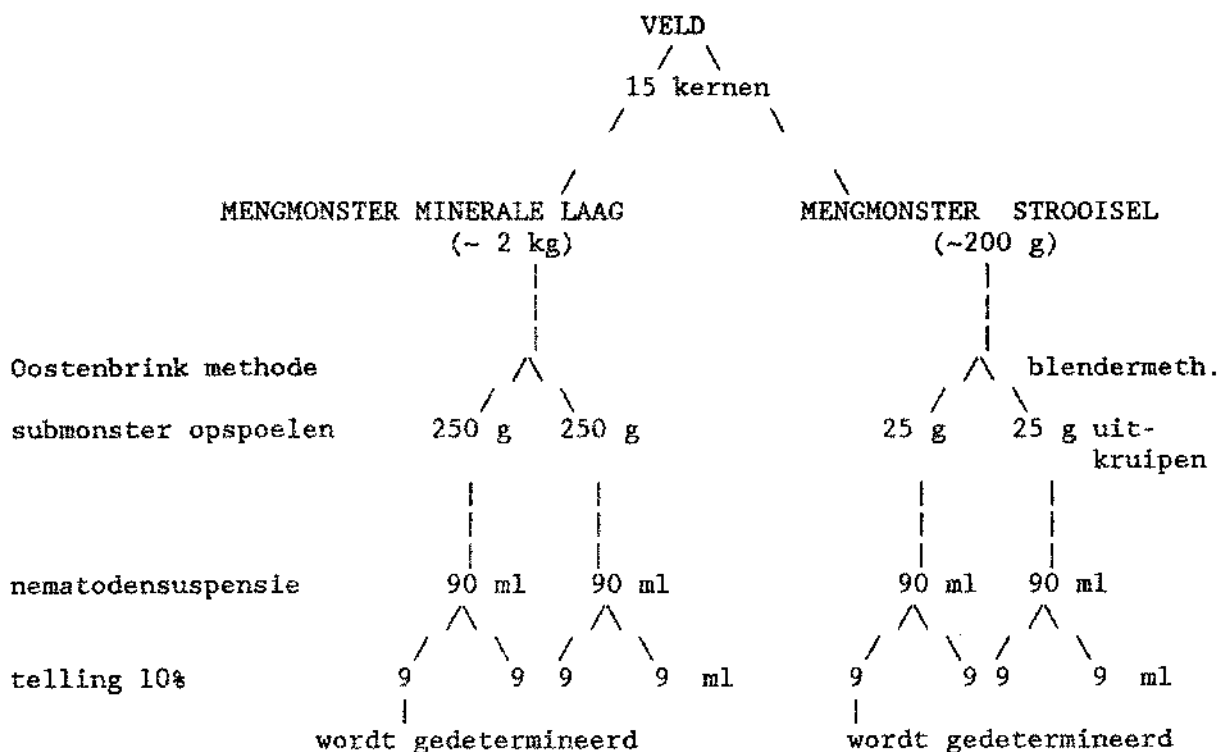
2.3 Extractie nematoden.

Uit het mengmonster werden 2 submonsters van elk 250 gram opgespoeld (ongeveer 1/4 van het mengmonster), om een zo groot mogelijk deel van het monster te extraheren en problemen met homogeniseren te voorkomen. De nematoden werden geëxtraheerd volgens de Oostenbrink opspoelmethode (Oostenbrink 1960, v. Bezooijen en s'Jacob 1986). Deze methode is gebaseerd op het feit dat nematoden een lager soortelijk gewicht hebben dan de mine-rale deeltjes. Scheiding van nematoden en bodempartikels vindt plaats door een verschil in bezinkingssnelheid in een opgaande waterstroom. Daarna wordt de overblijvende nematodensuspensie over een wattenfilter (merk Hygia milac 190 mm doorsnee) gegoten. Het filter met resten fijn bodemmateriaal wordt in een schaalte met kraanwater geplaatst. De actieve nematoden kruipen binnen 24 uur door het wattenfilter in het water.

Volgens Oostenbrink (1971) kan met deze methode een extractie-efficiëntie bereikt worden van 70 - 90%.

Van het strooisel werden ook twee submonsters van elk 25 gram genomen en met een blender 10 seconden gemalen. vervolgens werd de suspensie direct uitgeschonken over een wattenfilter. Deze werd dan 24 uur weggezet in een extractieschaaltje. Daarna werden de nematodensuspensies uit bodem- en strooiselmonsters overgegoten in een potje van 100 ml en aangevuld tot 90 ml. De suspensie werd gehomogeniseerd (doorborreld met perslucht) en ver-volgens 9 ml in duplo afgepipetteerd om het aantal nematoden te tellen. Daarna werd één van de telbakjes in een reageerbuisje (12 ml) gedaan voor fixatie en determinatie van de nematoden.

De bemonsterings- en extractie procedure is samengevat in het onderstaande schema.



2.4 Fixatie en determinatie van de nematodenfauna.

Om de nematoden uiteindelijk voor lange tijd in preparaat te kunnen bewaren, moeten zij eerst gedehydriseerd worden en via een aantal stappen worden overgebracht naar glycerol.

De nematoden werden gedood met 5 ml formaline en propionzuur (verhouding 4:1) van 90 graden Celsius, terwijl de reageerbuis in een ijsbad stond. Hierna werd snel formaline (kamertemperatuur) toegevoegd. Dit werd gedaan om een temperatuurschok te bewerkstelligen, zodat de nematoden in een soortspecifieke houding komen te liggen. Na minimaal een week werd de inhoud van het reageerbuisje uitgeschonken in een trechtersvormig glas, waarin de nematoden naar de punt zakken. Een groot gedeelte van de formaline werd in de zuurkast uitgedampt. Een druppel glycerine werd toegevoegd om bij snelle verdamping het materiaal voor uitdroging te behoeden. Door toevoeging van twee vloeistoffen, S1 en S2 genaamd (vloeistoffen met een oplopend alcoholgehalte), werd de nematodensuspensie langzaam overgebracht naar glycerol. Uiteindelijk werden de trechters in een exsiccator met silicagel geplaatst. Nadat de nematoden in de glycerine watervrij geworden waren, werden deze met behulp van een Pipetman (Gilson van 0-5 ml) per preparaat 0.25 ml afgetapt en op een objektglas van 56 x 72 mm met een

aangebrachte ring van parafine opgebracht, voor het vervaardigen van een zogenaamd 'massapreparaat' (ongeveer 100 nematoden bevattend). Het preparaat werd enkele seconden op een strekplaat geplaatst om de parafine te laten smelten, zodat een dekglas van 45 x 45 mm opgebracht kon worden. Met een Leitz Diaplan interferentie microscoop werden de determinaties (Tabel Bongers, 1989) bij een vergroting van 400 maal uitgevoerd. De nematoden werden op geslacht en sexe gedetermineerd. Bepaling op soort moest echter bij een vergroting van 1000 maal bekeken worden.

2.5 Fysisch-chemische bepalingen.

Vochtpercentage grond:

Ongeveer 10 gram veldvochtige grond werd overnacht (16-18 uur) gedroogd in een droogstoof bij 105 graden Celsius. Het vochtpercentage werd berekend op basis van het nat- en drooggewicht van het grondmonster.

pH bepalingen aan minerale bodem en strooisel:

a) pH KCl:

Aan een monster van 20 gram werd 50 ml KCl-oplossing (1 mol/l) toegevoegd. Het mengsel werd 2 uur geschud op een schudmachine bij 200 r.p.m. waarna het overnacht (16 -18 uur) bleef staan om zwevende (grond-) deeltjes te laten uitzakken. Vervolgens werd in de bovenstaande vloeistof de pH gemeten (pH meter: Methrohm E 632).

b) pH water:

Aan een monster van 20 gram werd 200 ml demiwater toegevoegd. Verdere behandeling gelijk aan pH KCl.

2.6 Statistische verwerkingsmethoden

Variantie analyse werd toegepast om veranderingen in totaal aantallen nematoden en de aantallen per voedselgroepen te toetsen.

Multivariate analyses werden gebruikt om verandering in soortensamenstelling t.g.v bekalking te analyseren.

Variantie analyse:

Met het programma GENSTAT is een variantie analyse uitgevoerd op de totaal aantallen nematoden en de aantallen per voedselgroep. Hierbij zijn, per veldje, de waarnemingen op de tijdstippen t=6, t=19 en t=32 gemiddeld en afgetrokken van de waarneming op t=0 (situatie voor de bekalking). Deze opzet wordt de Contrast-toets genoemd, en heeft als voordeel dat de factor

tijd geëlimineerd wordt terwijl er bovendien rekening gehouden wordt met de beginsituatie in de veldjes en de afhankelijkheid van de waarnemingen per veldje. Door deze wijze van analyseren zouden veranderingen in de nematodenfauna (door bekalking), het meest duidelijk zichtbaar moeten worden.

Multivariate analyse:

Voor de analyse van datasets met lange soortenlijsten zijn de z.g. multivariate methoden het meest geschikt. Bij de verwerking van de gegevens werd gebruik gemaakt van de volgende ordinatie en clusterprogramma's; TWINSPAN, DECORANA en CANOCO.

TWINSPAN is een divisieve clustermethode, d.w.z. alle waarnemingsobjecten worden beschouwd als een groep, die steeds verder in kleinere groepjes (in tweeën) wordt onderverdeeld. DECORANA is een agglomeratieve methode, die van een verzameling monsterpunten aan de hand van de soorten-samenstelling van deze punten ordineert.

Om ook milieufactoren in de ordinatie te betrekken is CANOCO gebruikt (Canonical Community Ordination). Dit gedeelte is door Dr. C.J.F. ter Braak (Groep Landbouwwiskunde TNO) geanalyseerd en beschreven.

TWINSPAN staat voor Two-Way Indicator Species Analyses. In het kort gezegd bepaalt TWINSPAN voor een reeks opnamen de belangrijkste gradient door middel van ordinatie en splitst dan de groep in tweeën met behulp van 'indicator species' voor de uiteinden van die gradient. Elk van de verkregen groepen wordt weer verder opgesplitst op dezelfde manier. Voor het bepalen van een splitsing wordt door TWINSPAN eerst een 'reciprocal averaging' (R.A. herhaling van het gemiddelde) berekening uitgevoerd. Deze methode zoekt een gradient in de tabel, zodanig dat de soorten slechts over een beperkt deel van de gradient voorkomen. De R.A. berekening in TWINSPAN houdt alleen rekening met aan- en afwezigheid en let niet op hoeveelheden. TWINSPAN is een divisieve clustermethode, d.w.z. alle waarnemingsobjecten worden beschouwd als een groep, die steeds verder in kleinere groepjes wordt onderverdeeld. Om de kwantiteit van de waarnemingen mee te nemen in de verwerking, worden naarmate een soort meer voorkomt, meer pseudospecies gedefinieerd. Deze minimale abundanties worden 'cut levels' genoemd en staan standaard op 0, 2, 5, 10 en 20 procent ingesteld (waarbij 0 geen gewicht heeft). Vervolgens worden de pseudospecies die karakteristiek zijn voor één van de twee groepen ingedeeld (differential species). Daarna wordt op basis van de differential species een verdeling gemaakt van de waarnemingsobjecten (refined ordination). Dan volgt de 'indicator ordination',

een indeling met zo min mogelijk pseudospecies. Verder kunnen in dit programma net als in CANOCO soorten en monsters weggelaten worden (Poolman Simons 1989, Looman, 1984).

Voordelen:

- het gebruik maken van een ordinatie voor de verdelingen
- het tegelijkertijd clusteren van opnames en soorten
- het aanwijzen van kensoorten
- levert een gerangschikte tabel

Nadelen:

- Bij divisieve methoden beschouwt men de objecten als een grote groep, welke men op grond van één (monothetisch) of meerdere (polythetisch) attributen in twee groepen splitst. Deze attributen worden subjectief toegekend, wat inhoudt dat een verkeerde keuze kan worden gemaakt. De verschillende clusters worden gekenmerkt door hun totale soortensamenstelling, maar voor het onderscheiden van de verschillende clusters worden kensoorten 'indicator species', welke dus meestal gekenmerkt worden door een smalle ecologische amplitude. Dit betekent weer dat deze soorten vaak ontbreken, waardoor het moeilijk wordt de clusters in een hiërarchisch systeem te plaatsen. Ten gevolge van de "ruis" is (zeker bij een monothetische divisieve methode) de kans op een mis-classificatie groot. Bij TWINSPAN wordt de eerste verdeling gemaakt op aan- en afwezigheid van de soorten, dit geeft ook mogelijk kans op missers.
- Het is vaak niet verantwoord om resultaten in de vorm van een dendrogram weer te geven, omdat aan de indelingen geen maat verbonden is.

Met behulp van TWINSPAN zijn de verschillende bossen en lagen (strooisel en mineraal) apart geanalyseerd (zie bijlagen 15 t/m 20). Dit is hoofdzakelijk gedaan om overzichtelijke tabellen te verkrijgen van de nematodenfauna per hostype.

DECORANA staat voor Detrended Correspondence Analysis (Hill 1979) en is een ordinatieprogramma voor ecologisch gebruik. Bij normale correspondentie-analyse is de tweede as lineair onafhankelijk van de eerste as. Hierdoor kan het zogenaamde 'hoefijzereffect' ontstaan, omdat de tweede as kwadratisch of anderzijds niet-lineair van de eerste afhankelijk is. De "detrending"-techniek is een oplossing voor dit probleem en zo verkrijgt men extra informatie uit de tweede as. Verder wordt in het programma een methode gebruikt, om de lengte van een as in een te gebruiken grootte uit te drukken. Een gemiddelde amplitude wordt van alle Gauss-curven berekend

en vervolgens wordt een correctie op de scores uitgevoerd, zodat de gemiddelde amplitudo over de hele lengte van de as gelijk wordt. Daarna worden de scores omgerekend in standaarddeviaties. Met de optie 'Downweighting' kan voorkomen worden, dat het gewicht van laagfrequente soorten in de analyse de overhand kunnen krijgen (Looman, 1984).

CANOCO (Ter Braak, 1988) is een uitbreiding van DECORANA. Met dit programma kan men verschillende ordinatietechnieken uitvoeren. Het ordineren heeft tot doel, monsterpunten te rangschikken langs één of meer assen. Punten die een grote overeenkomst qua soortensamenstelling hebben, komen dicht bij elkaar - en voor een verschillende soortensamenstelling ver uit elkaar te liggen. Bij CA (Correspondentie-Analyse) en DCA (Detrended Correspondence Analyses, een variant van CA) vormen de soorten van de monsterpunten de basis voor de ordinatie-assen. Daarna kan eventueel vergelijking met de gemeten milieuparameters plaats vinden. Een derde variant is CCA (Canonical Correspondence Analyses), waarbij wel milieuvariabelen nodig zijn. CCA is geen echte ordinatie, noch een regressietechniek, maar staat daar tussenin (Poolman Simons 1989, Ter Braak 1987, 1988).

Analysen uitgevoerd met CANOCO (bijdrage C.J.F. ter Braak):

Multivariate analyses werden uitgevoerd om eventuele verschuivingen in de soortensamenstelling (of liever: taxasamenstelling) te kunnen opsporen. Er zijn twee typen van analyses uitgevoerd, beide met het programma CANOCO versie 3.0 (Ter Braak, 1988): een onttrende correspondentie analyse (DCA, Jongman et al., 1987) op de soortgegevens gevolgd door een regressie-analyse op de eerste twee hoofdasen ("indirecte gradienten analyse") en een partiële canonische correspondentie-analyse (CCA; Jongman et al., 1987) waarbij het effect van de kalkbehandeling is geanalyseerd na correctie voor de verschillen tussen veldjes en tussen tijdstippen (maanden). Deze typen van analyses zijn geschikt omdat de soortgegevens percentages betreffen met veel nullen (Ter Braak, 1988, sectie 7.1). Dezelfde analyses zijn ook uitgevoerd op aan- en afwezigheidsgegevens. Hiermee is het kwalitatieve aspect van de soortensamenstellingen onderzocht.

De multivariate analyses zijn qua model zeer verwant met de univariate analyses. Het model volgt uit de proefopzet, een BACI-design (Before-After-Control-Impact; Green, 1979; Stewart-Oaten & Murdoch, 1986).

De regressie-analyse na de DCA is daarom uitgevoerd volgens het model:

$$y = (\text{veldbijdrage}) + (\text{tijdbijdrage}) + (\text{kalkbijdrage}) + (\text{restterm})$$

waarin y de score is van een veldje op een hoofdas van DCA. De statistische significantie van de kalkbijdragen wordt beoordeeld aan de hand van de t -ratio in de regressie. In de partiële CCA is hetzelfde model gehanteerd door in CANOCO de factoren veld en tijdstip als "covariabele" te specificeren en de factor kalk als "milieuvariabele". (Alle factoren zijn gecodeerd als "dummy variabelen".) Het verschil met DCA is dat de hoofdasen in CCA optimaal het effect van bekalking laten zien. De significantie van het effect van bekalking is beoordeeld met een Monte Carlo permutatietoets op de eerste eigenwaarde. De permutatie is beperkt tot een permutatie binnen veldjes. Deze toets is niet geheel valide voor het "BACI-design" (C. ter Braak, pers. comm.), maar geeft vermoedelijk wel een indruk; de volgende versie van CANOCO zal een valide permutatietoets mogelijk maken (C. ter Braak, pers. comm.).

In de analyses waarvan de resultaten gepresenteerd zullen worden, zijn de soortensamenstellingen in strooisel en in de minerale laag tesamen geanalyseerd; (hierbij verdubbelt het aantal soorten; naast een "soort A in strooisel" is er een "soort A in de minerale laag"). De veldjes van de verschillende bossen zijn tesamen geanalyseerd. Met de analyse wordt getracht een gemeenschappelijk kalkeffect te vinden. Gezien het geringe

aantal veldjes per bos (12)(6 strooisel en 6 mineraal aut.), werd het weinig zinvol geacht analyses per bos uit te voeren of, wat hetzelfde is, interacties met bostype aan het model toe te voegen. Evenmin zijn interacties met tijdstip afzonderlijk opgenomen. Strooisel en minerale laag zijn ook afzonderlijk geanalyseerd, maar de conclusies daaruit weken niet wezenlijk af van de gezamenlijke analyse.

3 RESULTATEN

3.1 pH- en vochtgehalte veranderingen in bodem en strooisel na bekalking.

Na elke bemonstering van de nematodenfauna (0, 6, 9, 32 weken) werd aan het mengmonster tevens de pH en het vochtgehalte bepaald. De resultaten van deze pH-metingen zijn samengevat in de figuren 4 t/m 9 (zie ook bijlage 7). Bekalking van de proefvelden vond plaats vlak na de opname van de nul-situatie, eind maart 1988. In alle drie de opstanden is een sterke pH-stijging in de strooisellaag te zien van 2 tot 3 eenheden. Deze stijging is het grootst in het zomereik perceel. Het verschil tussen de 3 en 9 ton behandeling is aanvankelijk gering. In de loop van de tijd vindt in de 3 ton/ha-veldjes echter al weer een pH-daling plaats.

In de minerale laag is er gedurende het eerste half jaar nauwelijks invloed van de bekalking waar te nemen. Alleen de 9 ton behandeling geeft een geringe pH-stijging van ca 0,2-0,3 eenheden in de bodem onder groveden en zomereik. In het zomereik perceel is de invloed van de bekalking op de minerale laag waarschijnlijk het grootst door de dunne en plaatselijk ontbrekende strooisellaag. Tevens stond dit perceel gedurende het voorjaar van 1988 enkele weken blank door overvloedige regenval en de lage ligging. Blijkbaar heeft dit slechts geringe invloed gehad op het uit- of afspoelen van de toegediende kalk. Op $t=0$ bleken de blanco veldjes van groveden minerale laag, en zomereik strooisel een lagere pH te hebben dan de andere veldjes uit het perceel. De latere waarnemingen in de blanco veldjes liggen echter weer op hetzelfde niveau als de beginsituatie in de overige veldjes, zodat spatiële variabiliteit of inhomogeniteit van de monsters de meest voor de handliggende verklaring voor deze waarnemingen is.

Voor een nauwkeurige weergave van het pH-verloop na bekalking, was de gehanteerde monsterfrequentie voor het verzamelen van bodem-nematoden, te laag. Duidelijk is echter wel dat de effecten op de zuurgraad van de strooisellaag groot zijn en vrijwel onmiddellijk optreden. Het kalk (of de effecten ervan) dringt slechts langzaam in de ondergrond door. Aansluitend op deze resultaten mag verwacht worden dat directe effecten van kalk of pH-stijging op de bodemfauna aanvankelijk vooral in de strooisellaag zullen optreden.

fig 4:
groveden

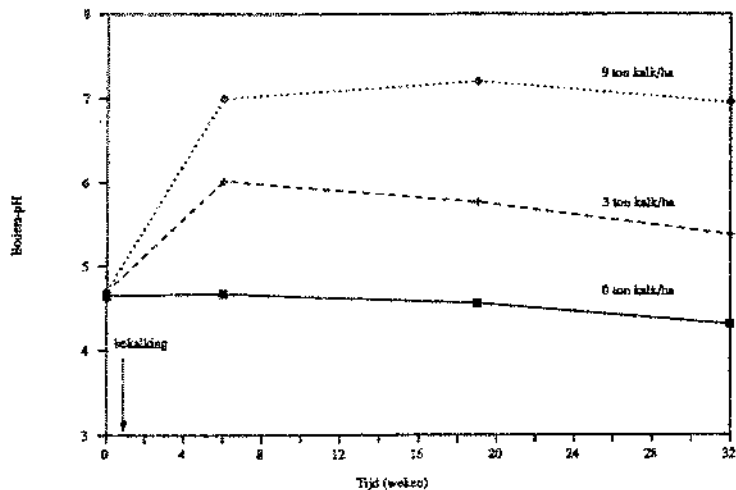


fig 5:
douglas

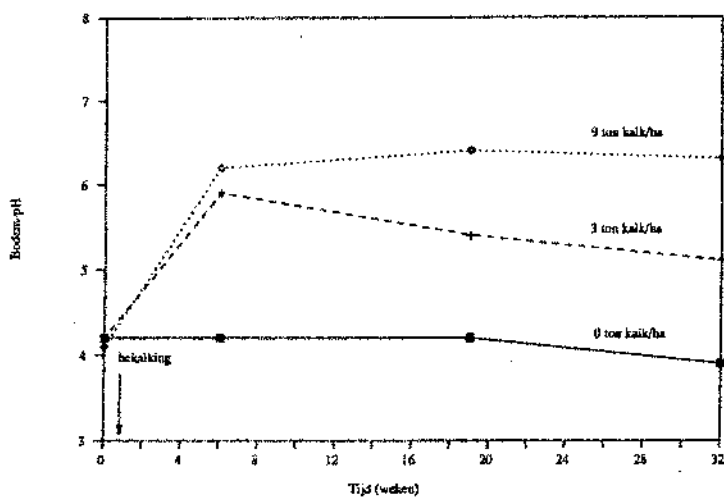
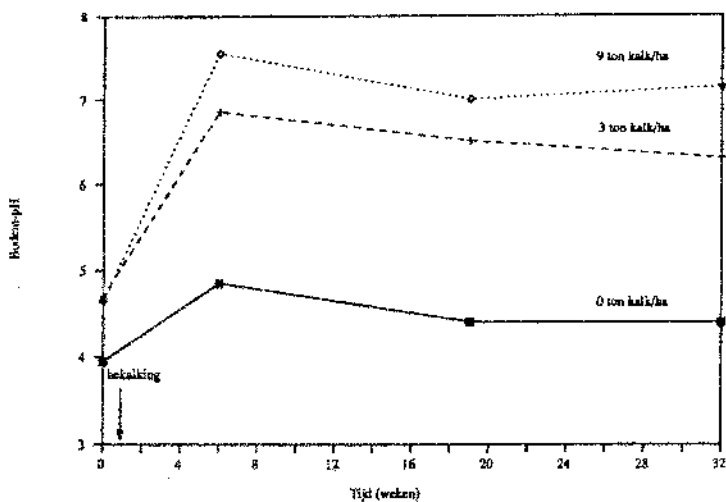


fig 6:
zomereik



figuur 4, 5, 6. pH-H₂O verloop in de strooisellaag van 3 opstanden, gedurende de eerste 32 weken na bekalking.

fig 7:
groveden

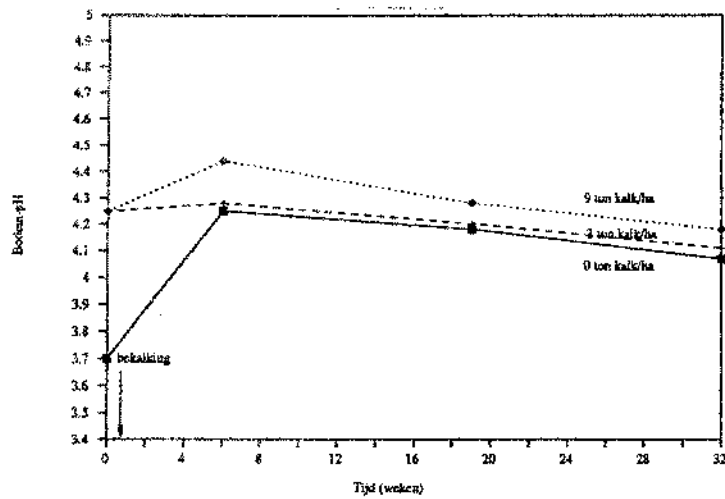


fig 8:
douglas

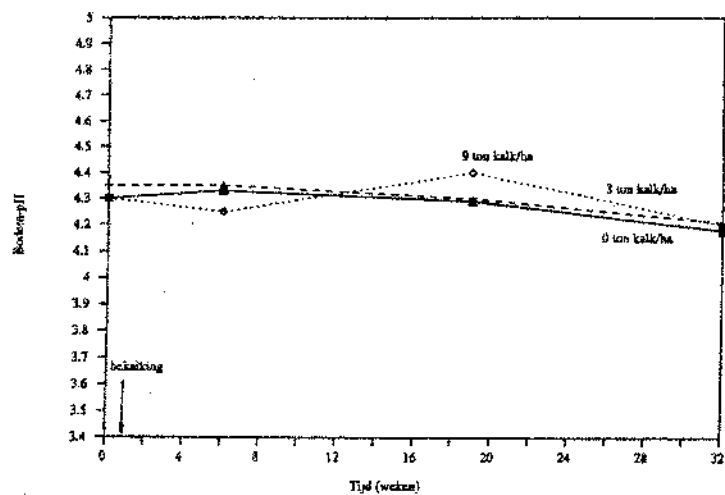
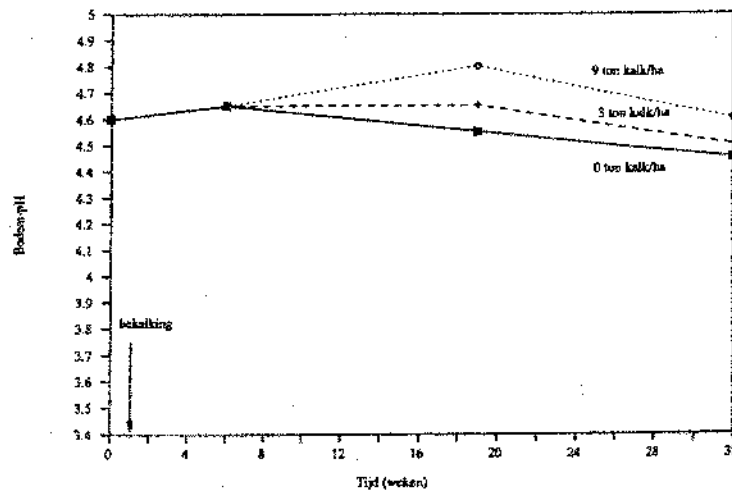


fig 9:
zomereik



figuur 7, 8, 9. pH-H₂O verloop in de **minerale laag** van 3 opstanden, gedurende de eerste 32 weken na bekalking.

In het vochtgehalte van de bodem- en strooisellaag werden geen veranderingen gevonden t.g.v de bekalkingen. De spreiding tussen de bodem-(meng) monsters uit een opstand lag in de meeste gevallen in de orde van enkele procenten. De spreiding in de vochtgehalten van de strooiselmonsters was het meest constant in Strooisel van groveden, maar liep in de andere twee lokaties gedurende de zomermaanden soms op tot 20%.

In de onderstaande tabel zijn de gemiddelde vochtgehalten van de bodemlagen weergegeven. Duidelijk is te zien dat, na het natte voorjaar, de hoeveelheid water in bodem en strooisel gedurende de zomermaanden van 1988 langzaam afneemt. Bij de laatste najaars bemonstering is het vochtgehalte in de groveden- en douglasopstand weer licht gestegen.

De hoge grondwaterstand in het zomereikenperceel is duidelijk terug te vinden in het vochtgehalte van de minerale bodem. Tijdens de eerste bemonstering stond het grondwater slechts enkele centimeters onder het maai-veld, wat het steken van bodemmonsters ernstig bemoeilijkte. Waarschijnlijk is het vochtgehalte van de verzadigde minerale bodem in het veld nog hoger geweest. Tijdens het monstereen zal in veel gevallen water uit de bodemkernen weggelopen zijn. De gegevens over de nematodenfauna zijn uitgedrukt per oppervlakte eenheid. Hierdoor was het niet nodig om voor een verschillend vochtgehalte van de lokaties te corrigeren.

Tabel 1. Gemiddeld vochtgehalte van bodem- en strooiselmonsters, per lokatie op 4 tijdstippen. Tijd in weken na eerste bemonstering (29-3-88). B = 15 cm minerale bodem, S = strooisellaag.

Bostype		Tijd			
		0	6	19	32
grove Den	S	66,4	55,8	47,5	55,3
	B	15,6	17,5	14,0	13,9
douglas	S	54,5	51,5	43,6	48,5
	B	11,6	10,3	8,2	10,1
Eik	S	54,9	53,5	48,0	43,9
	B	24,2	23,8	17,0	13,3

3.2 Verloop van de nematodendichtheid na bekalking.

In het algemeen waren er geen grote verschillen tussen de drie bossen qua nematodendichtheid per m^2 . Gemiddeld over de monsterperiode, was de dichtheid in het eikenperceel het hoogst (1,5 milj./ m^2), gevolgd door groveden (1,3 milj./ m^2) en douglas (1 milj./ m^2). Deze dichtheden zijn relatief laag in vergelijking met andere gegevens over bossen op zandgronden. De nematodendichtheid in de strooisellaag was gemiddeld 1,7 x zo hoog als in de minerale laag. Met name in de strooisellagen van de drie bossen was in de loop van het (zomer) seizoen een daling van de nematoden-dichtheid te zien. Dit seizoenpatroon is mogelijk gecorreleerd met het vochtgehalte van strooisel en bodem.

Het verloop van de nematodendichtheid in de drie opstanden is grafisch weergegeven in de figuren 10 t/m 15. Er is onderscheid gemaakt tussen de nematoden in de strooisellaag (fig. 10 t/m 12) en minerale bodem (fig. 13 t/m 14). Per tijdstip en kalkbehandeling is het gemiddelde van de duplo-veldjes uitgezet. In veel gevallen was de spreiding tussen de veldjes aanzienlijk (figuren van de aantallen per veldje zijn opgenomen in de bijlagen 26 t/m 27).

In het strooisel van groveden (fig. 10 t/m 12), neemt de totale nematoden dichtheid bij alle behandelingen af gedurende de eerste drie maanden. In de 3 en 9 ton veldjes bevinden zich op de eerste twee monsterdata aanzienlijk meer nematoden, dan in de blanco-veldjes. Dit is geen effect van bekalking. Reeds voor de behandeling was de nematoden dichtheid in de betreffende veldjes hoger door een inhomogene verdeling van de nematodenfauna in het perceel.

Bij de nematoden in zomereik-strooisel valt de hoge piek in de 9 ton veldjes op. Deze uitschieter is te wijten aan een uitzonderlijk zwaar monster, dat na omrekening resulteerde in een zeer hoge schatting van het aantal nematoden in het betreffende veld. Vergelijking van deze waarneming met die van het duploveld op $t=6$, leidt tot de conclusie dat we hier waarschijnlijk met een artefact te maken hebben.

In de minerale bodem van het groveden- en douglas perceel is eveneens geen effect van bekalking zichtbaar. Bij zomereik is de situatie echter geheel anders. Hier lijkt een duidelijk stimulerend effect uit te gaan van met name de drie ton behandeling. Dit resulteert in een ruim twee maal zo hoge nematoden dichtheid in de bekalkte veldjes, t.o.v de blanco. Deze toename is echter statistisch net niet significant. Een verklaring voor dit bekalkings effect ligt niet onmiddellijk voor de hand. De strooisellaag in het

zomereik-perceel is dun en op een aantal plaatsen afwezig (afgespoeld of verwaaid). Het effect van kalktoediening op de minerale laag is in dit perceel dus ook het eerst te verwachten. De (geringe) pH-verandering in de bodem wijkt echter niet af van die in de andere twee opstanden (zie 3.1), zodat hier mogelijk andere indirecte effecten een rol spelen. De toename van het aantal nematoden wordt vooral veroorzaakt door bacterie- en plantenwortel-etende soorten (zie fig 23).

fig 10:
groveden

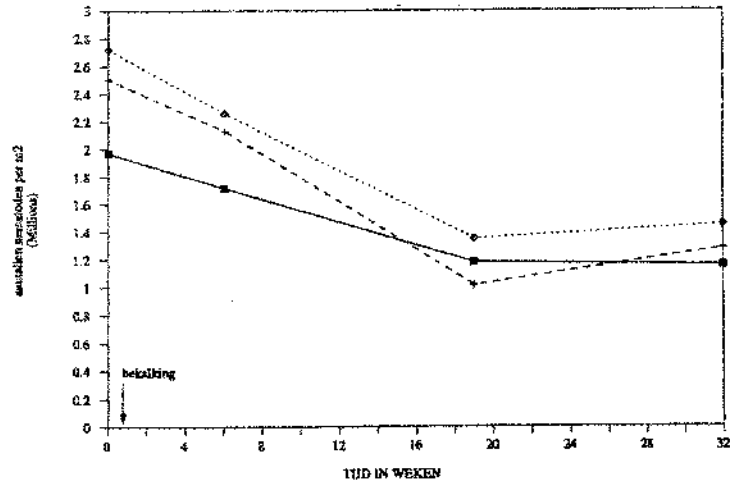


fig 11:
douglas

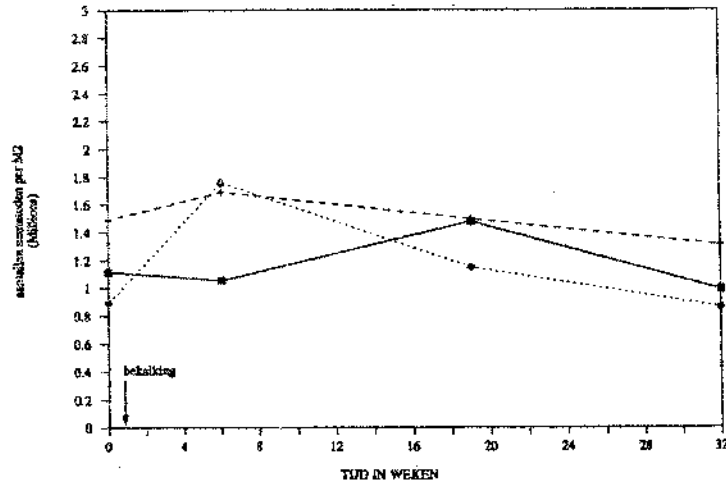
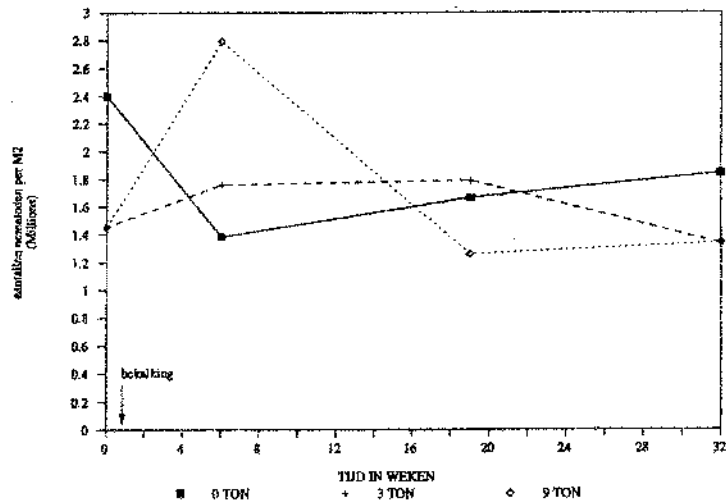


fig 12:
zomereik



Figuren, 10, 11, 12. Verloop van de nematodendichtheid (aantal/m²) (gemiddelde uit duplovelde), in de strooisellaag van drie opstanden, gedurende de eerste 32 weken na bekalking.

fig 13:
groveden

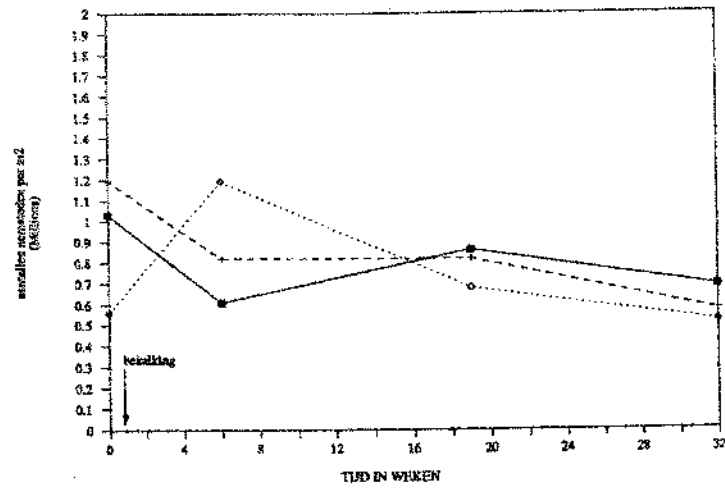


fig 14
douglas

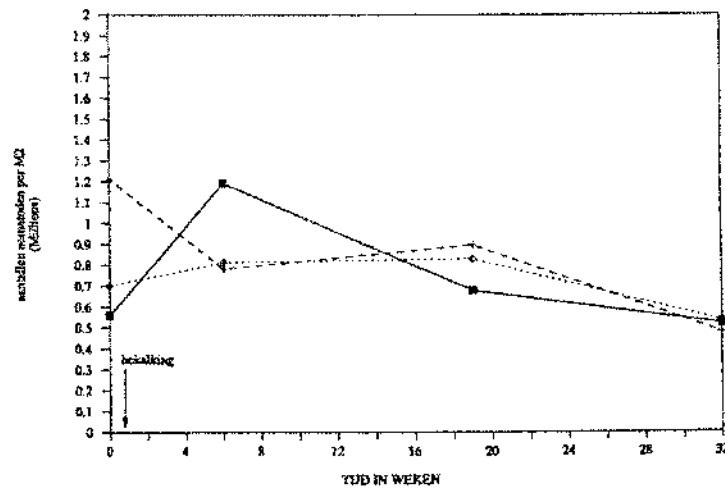
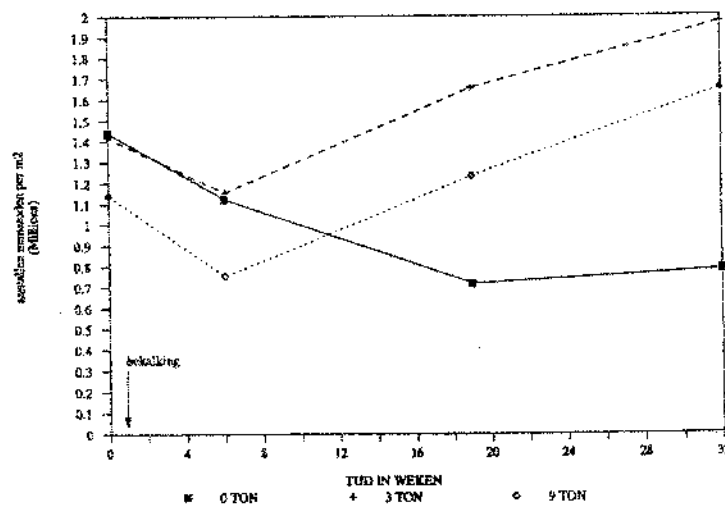


fig 15
zomereik



Figuur 13, 14, 15. Verloop van de nematodendichtheid (aantal/m²) (gemiddelde uit duplovelde), in de bovenste 15 cm van de **minerale bodem** van 3 opstanden gedurende de eerste 32 weken na bekalking.

Herhaalde bemonstering van de nematodenfauna (in de tijd) in de dulpoveldjes van de verschillende kalkbehandelingen, impliceert dat de waarnemingen per veldje niet onafhankelijk van elkaar zijn. In de statistische analyse van de gegevens dient met deze opzet rekening gehouden te worden. In principe zijn er twee variantie-analyse methoden om de gegevens uit de gebruikte experimentele opzet te analyseren. Dit zijn de z.g Split-Plot analyse en de Contrast-toets. De gegevens zijn statistisch getoetst met de laatst genoemde methode.

Aangezien de minerale bodem en strooisellaag sterk verschillen in structuur, nematodendichtheid en de effecten van bekalking eerst in het strooisel te verwachten zijn, werden de resultaten van de nematodenfauna in de twee lagen apart getoetst.

Met de Contrast-toets werd het aantal nematoden op het tijdstip $t=0$ (vóór de bekalking) vergeleken het gemiddelde van $t=6$, $t=19$ en $t=32$ weken samen. Hierdoor werd het tijdeffect (seizoens fluctuatie) geëlimineerd. Om de effecten van bekalking vast te stellen, werd vervolgens de verandering in de blanco vergeleken met die in de bekalkte proefvelden.

Zowel de totale dichtheid als de samenstelling in voedselgroepen werd op deze manier bewerkt. Resultaten van de analyse op de totale nematodenfauna zijn weergegeven in tabel 2. Aantalsfluctuaties in de voedselgroepen worden in de volgende paragraaf behandeld.

Tabel 2. Resultaten van variantie-analyse (Contrast-toets) op het verschil in nematodendichtheid tussen $t=0$ en gemiddelde van $t=6, 19, 32$, voor drie bostypen en drie kalkbehandelingen (0, 3, 9 ton/ha), * = $p < 0,05$.

Bron van variatie	d.f	MS	F-ratio	sig.niveau
MINERALE BODEM:				
Bos	2	$9,4 * 10^6$	0,63	-
Kalk	2	$9,6 * 10^6$	0,65	-
Bos * Kalk	4	$2,8 * 10^7$	1,87	-
residual	9	$1,5 * 10^7$		
STROOISEL:				
Bos	2	$1,8 * 10^8$	6,30	*
Kalk	2	$1,7 * 10^7$	0,58	-
Bos * Kalk	4	$3,7 * 10^7$	1,29	-
residual	9	$2,8 * 10^7$		

Ondanks eliminatie van het tijdseffect en correctie voor het beginniveau in de veldjes, wordt geen invloed van bekalking op de nematoden fauna zichtbaar. Alleen in de strooisellaag is er een zwak significant effect tussen

de bossen. Dit wordt veroorzaakt door een gemiddelde afname van de nematodendichtheid in dennen- en eikenstrooisel en een toename in douglasstrooisel ten opzichte van de situatie voor bekalking.

Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat bij de gebruikte proefopzet in de betreffende percelen geen effecten van bekalking op de dichtheid van de (gehele) nematodenfauna zijn opgetreden, in het eerste half jaar na behandeling.

3.3 Verhoudingen tussen de voedselgroepen (trofische niveau's)

Rangschikking van de nematodenfauna in voedselgroepen kan (indirect) een indicatie geven over de dichtheid (en verschuivingen hierin) van bacteriën en schimmels die als voedselbron dienen voor verschillende nematodensoorten.

De verdeling van de voedselgroepen op $t=0$ (beginsituatie,) geeft een beeld van de homogeniteit van de veldjes ten aanzien van de nematoden-samenstelling. Zoals duidelijk blijkt uit de figuren 16 en 17, was de verdeling over de verschillende voedselgroepen in de strooisellaag aanzienlijk homogener dan in de minerale bodem, ondanks de mengmonsters die uit de veldjes werden genomen. Mogelijk wordt dit beeld enigszins beïnvloed door het geringere aantal bodemnematoden dat gedetermineerd werd. Deze resultaten illustreren dat het belangrijk is om de veranderingen in nematodenfauna te volgen tegen de achtergrond van de Ausgangssituatie in de verschillende veldjes. In de figuren 16 en 17 is een iets meer gedetailleerde indeling in voedselgroepen gehanteerd. Dan bij de toetsen. In de figuren bestaat de restgroep uit 'niet te determineren nematoden' en zijn de invertebraten en omnivoren als groep apart genomen (zes voedingsgroepen i.p.v vier).

fig 16:
strooisel

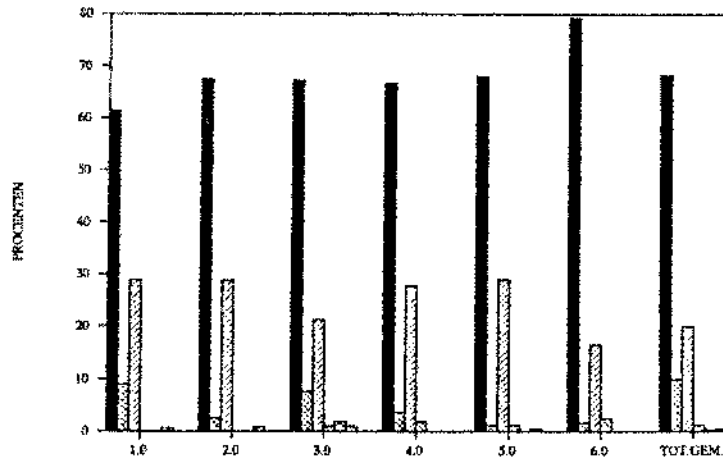


fig 17:
bodem

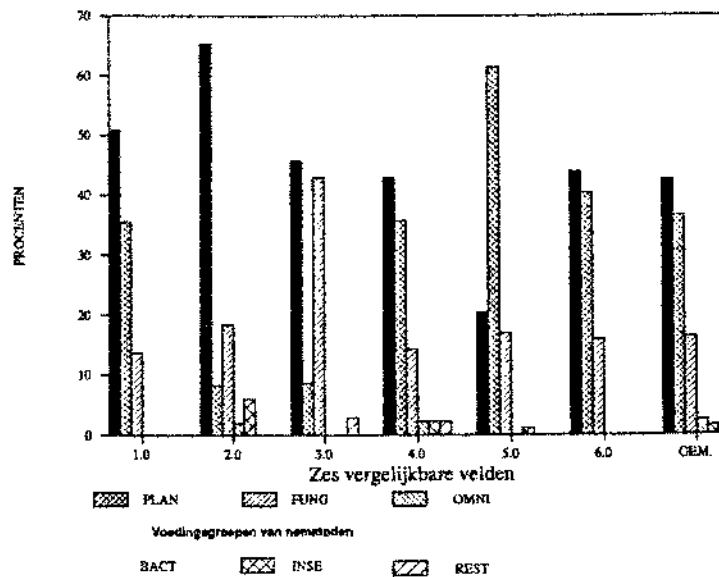


Fig 16 en 17. Trofische niveau's van nematoden fauna in strooisel en bodem van het douglassparrenbos, vlak voor de bekalving. Op de x-as staan volgnummers (niet corresponderend met de 'echte veldnummers')

Verklaring afkortingen:

PLAN = planteparasieten, BACT = bacterie-eters, INSE = insekteparasieten, FUNG = schimmeleeters, OMNI = omnivoren, REST = niet determineerbaar

Om te beoordelen of bekalking van bosbodems invloed heeft op de verhoudingen tussen de verschillende voedselgroepen, werd de nematodenfauna ingedeeld naar de volgende vier trofische niveau's: bacterie-eters, planteparasieten, schimmeleeters en een restgroep (omnivoren, carnivoren en insekteparasieten). De verschillende voedselgroepen zijn ingedeeld volgens Bongers et al (1989).

Met de contrast-toets werden per laag (strooisel of bodem), de toe of afname van de nematoden per voedselgroep bij verschillende bekalkingsniveau's vergeleken met het verloop in de blanco-veldjes. Hierbij is dus primair de aandacht gericht op de effecten van bekalking binnen bossen. Verschillen tussen bossen en significante interacties worden hier buiten beschouwing gelaten.

Tabel 3. Overzicht van de significante verschillen tussen kalkbehandelingen per voedselgroep (Contrast-toets). Per bos, laag en kalkbehandeling werd het verschil in aantal tussen t=0 en gemiddeld van de overige drie tijdstippen getoetst.

	bos	laag	groep	beh.	toe/af- name	t.o.v. behandeling
1.	Eik	mineraal	bact.	3 en 9	toe	0
2.	Eik	,,	plan	3	toe	0 en 9
3.	Eik	,,	rest	3	af	0 en 9
4.	Eik	strooisel	sch	0	af	9
5.	Grove d.	strooisel	sch	3	af	0

Van het grote aantal proefgroepen bleken er slechts 5 significante verschillen op te leveren. Zoals in tabel 3 te zien is traden de meeste veranderingen op in de minerale bodem van het Eikenbos. Hieronder worden de resultaten per voedselgroep in detail besproken.

Bacterie-eters:

Dichtheden (per m²)

In de loop van het jaar zijn de bacterie-eters in alle bossen dominant aanwezig in de minerale bodem (zie fig 21 t/m 23).

In de minerale laag van het zomereik-perceel, bleek het aantal bacterie-eters in de blanco significant lager dan in de bekalkte veldjes. Uit fig.

23 is op te maken, dat in alle drie de behandelingen in eerste instantie een daling plaats vindt. Deze is echter bij de blanco het grootst. Daarna vindt bij de beide kalk-behandelde veldjes een toename van bacterie-eters plaats. Bij de andere twee bossen is er sprake van een afname, van het aantal bacterie-eters in de minerale laag bij alle behandelingen.

In de strooisellaag zijn de bacterie-eters nog duidelijker dominant (fig 18 t/m 20). Na de bekalking is in het eikenstrooisel sprake van een toename in de behandelde veldjes, gevolgd door een afname. Deze fluctuaties zijn echter niet significant.

Bij groveden en douglas strooisel verlopen de fluctuaties na bekalking parallel aan de blanco.

Procentueel:

Ondanks de grote fluctuaties in aantallen, blijken de verhoudingen tussen de voedselgroepen opmerkelijk constant. In veel gevallen is er dus een evenredige toe- of afname in alle trofische niveau's. De figuren voor de procentuele verdeling van de verschillende trofische niveau's zijn opgenomen in de bijlagen 24 en 25.

Planteparasieten:

Deze groep heeft in beide lagen (strooisel en minerale laag) ongeveer een zelfde dichtheid. De dichtheden van de planteparasieten van de minerale laag van de groveden en douglas zijn iets hoger dan het Eikenbos. In de minerale laag van de zomereik zijn de aantallen planteparasieten in de 3 ton kalk behandeling significant hoger dan de blanco en de 9 ton kalk behandeling. Het hoge gemiddelde aantal op $t=3$ (zie fig. 23) in het drie ton veld van Eik minerale laag, is het resultaat van een erg hoge dichtheid in één van de duplovelen (standaardafwijking 61% van het gemiddelde). Bij de twee naaldbossen is het verloop van de dichtheden in de bekalkte veldjes ongeveer gelijk aan die in de blanco's.

Schimmeleters:

In de strooisellaag van het Eikenbos (fig. 20) bleek de afname van het aantal schimmeleters in de blanco groter dan in de 9 ton. De 3 ton behandeling vertoont hetzelfde verloop, als de blanco. Ook in de overige bossen (en lagen) werd verder geen afwijking gevonden t.o.v. het verloop in de blanco veldjes. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat er bij de schimmeleters geen specifiek behandelingseffect optreedt. In alle drie de bossen is

er in de strooisellaag een dalende tendens waar te nemen, dit in tegenstelling tot de minerale laag. Waarschijnlijk is hier sprake van een seizoens-effect.

Restgroep:

Gezien de grote heterogeniteit binnen deze groep en de lage aantallen, kunnen eigenlijk weinig betrouwbare conclusies getrokken worden. Toch bleek in de minerale laag van het Eikenbos de 3 ton kalk behandeling een significante afname te vertonen ten opzichte van de 0- en 9 ton behandelingen. Gezien de grote spreiding in het gemiddelde op $t=0$ van de 3 ton behandeling, is het waarschijnlijk dat deze waarneming beïnvloed is door onevenredige bemonstering van nematodenclusters. Eén van de monsters uit de 3 ton veldjes bevatte op $t=0$ een hoge dichtheid aan insekteparasieten. Bij de 3 ton behandeling was de spreiding tussen de duplofeldjes op $t=1$ en $t=3$ ook aanzienlijk (standaardafwijking van het gemiddelde: resp. 115% en 35%).

fig 18:
groveden

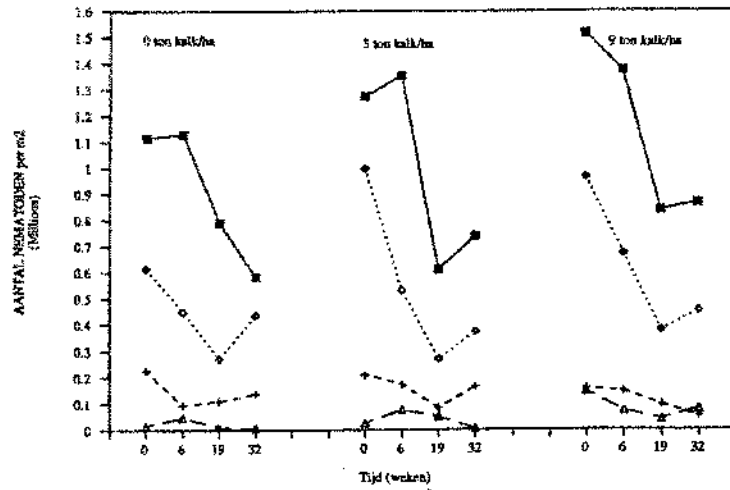


fig 19:
douglas

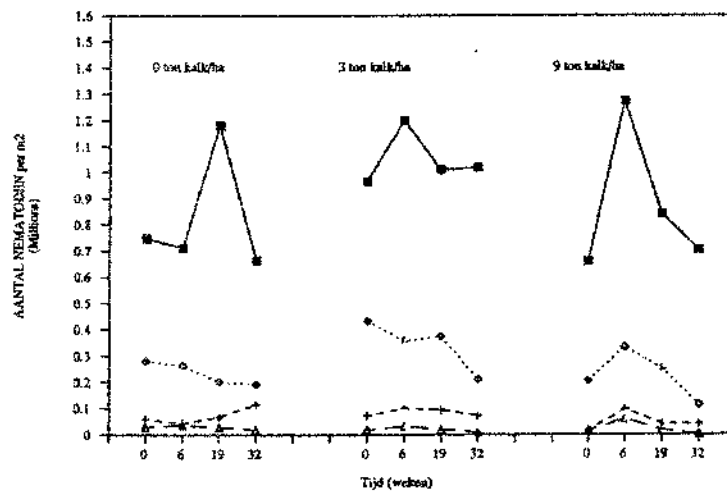
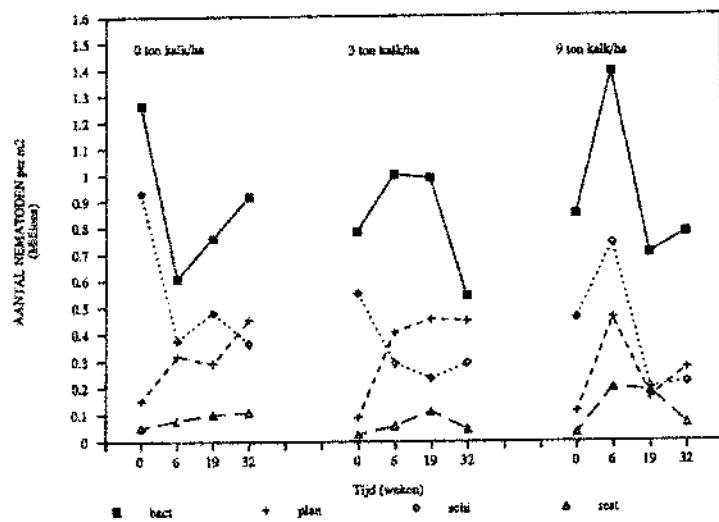


fig 20:
zomereik



Figuren 18, 19, 20. Dichtheid (aantal/m²) van 4 nematoden-voedselgroepen in de **strooisellaag**, bij drie verschillende kalkbehandelingen van groveden, douglas en zomereik, gedurende 32 weken na bekalking.

fig 21:
groveden

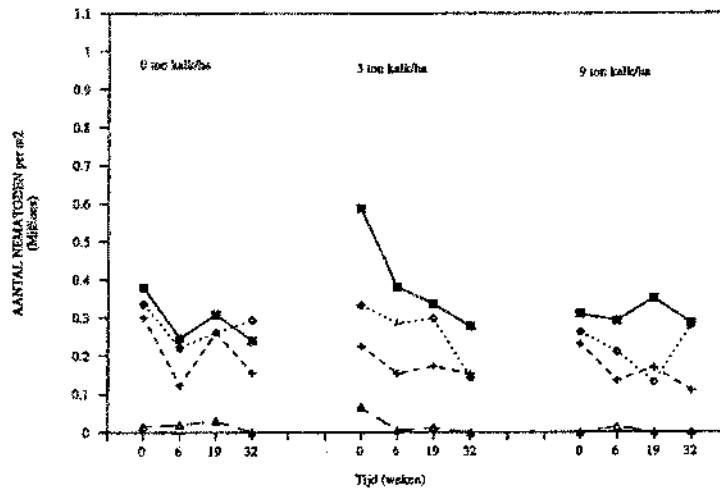


fig 22:
douglas

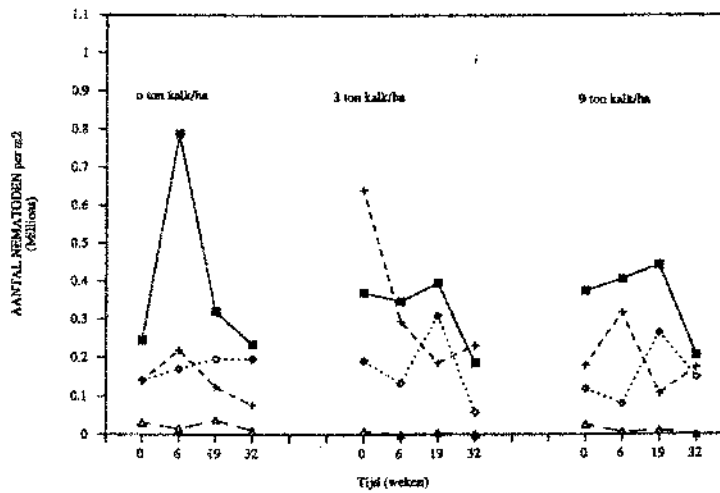
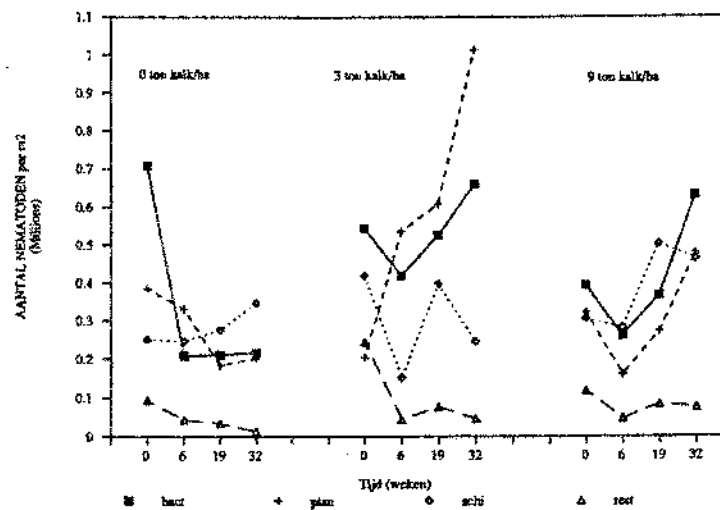


fig 23
zomereik



Figuren 21, 22, 23. Dichtheid (aantal/m²) van 4 nematoden-voedselgroepen in de **minerale laag**, bij drie verschillende kalkbehandelingen van groveden, douglas en zomereik, gedurende 32 weken na bekalking.

3.4 Nematodengenera analyse m.b.v. TWINSPAN en DECORANA

De effecten van bekalking op de aantallen van de individuele genera zijn niet met behulp van variantie analyse getoetst. Voor de analyse van fluctuaties binnen de nematodenfauna in z'n geheel zijn multivariate technieken meer geschikt.

Effecten van bekalking kunnen optreden op verschillende niveau's. In de voorgaande paragrafen is gekeken naar mogelijke veranderingen in de totale nematodenfauna en vervolgens naar de (functionele) indeling in voedselgroepen. Op beide niveau's werden geen grote of trendmatige veranderingen gevonden. De situatie in de minerale laag van het Eikenbos vormt hierop mogelijk een uitzondering. Vervolgens is "afgedaald" naar de meer gedetailleerde indeling in genera om verschuivingen binnen de voedselgroepen of dominantie wisselingen, vast te kunnen stellen.

De meeste informatie wordt uiteraard verkregen wanneer tot op soortsniveau gedetermineerd zou worden. Voor nematoden is dit echter vaak problematisch, tijdrovend of onmogelijk (juvenielen). Uit diverse studies is gebleken dat analyse op genusniveau voldoende informatie geeft over veranderingen binnen de nematodenfauna.

De resultaten van de nematoden determinaties zijn samengevat in tabel 4.

Tabel 4: Aantal genera in de verschillende lagen van de drie bossen.

bostype	minerale laag	strooisel
groveden	25	30
douglas	25	26
zomereik	36	42

Het Eikenbos herbergt het grootste aantal genera in strooisel en minerale laag. In de strooisellaag van de drie bossen komen meer genera voor dan in de minerale laag. Het aantal soorten is voor alle bossen groter, omdat een aantal genera, zoals *Filenchus*, *Teratocephalus*, *Plectus*, *Rhabditis*, *Steinernema* en *Aphelenchoides* meerdere soorten bevat.

Uit de TWINSPAN-tabellen (bijlage 15 t/m 22) blijkt, dat bepaalde genera in de drie bossen dominant aanwezig zijn. Zes dominante genera (genera welke in ieder gedetermineerd monster aanwezig waren) zijn hieruit nader geanalyseerd. Deze gegevens staan in tabel 5. Uit deze tabel valt af te leiden dat de genera binnen de verschillende behandelingen een grote overeenkomst qua

dichtheid vertonen in de tijd. Opvallend is dat binnen de groep van de bacterie-eters in alle drie de bostypen en behandelingen een stijgende tendens van *Acrobeloides nanus* te zien is in de strooisellaag.

In het grovedennen-strooisel vertoont deze soort de meest duidelijke toename in de bekalkte veldjes.

Aphelenchoides spec. en *Plectus spec.* nemen in het strooisel van de drie bossen relatief in dichtheid af. Gezien het verloop in de blanco veldjes is dit niet een gevolg van de bekalking.

Het genus *Filenchus* vertoont in de 3 ton behandeling van het zomereikstrooisel een procentuele toename ten gevolge van de bekalking.

In het douglas strooisel neemt het geslacht *Teratocephalus* in dichtheid toe door de bekalking. Tevens is *Teratocephalus* in dit bos het meest dominant. Dit laatste geldt in mindere mate ook voor de dominantie van *Plectus spec.* in het strooisel van de grovedennen-opstand (zie tabel 5).

De resultaten voor de verdeling van de dominante genera in de minerale laag zijn hier niet nader uitgewerkt, omdat de grote spreiding tussen de duplo-veldjes het trekken van eenduidige conclusies vrijwel onmogelijk maakt. Daarnaast zijn veranderingen t.g.v bekalking in de minerale laag minder voor de hand liggend door de geringe pH-stijging. De resultaten zijn wel opgenomen in bijlage 23.

Tabel 5 Procentuele verdeling van 6 dominante genera in het strooisel in van 3 bostypen bij verschillende behandelingen op 4 tijdstippen. Waarden zijn een gemiddelde van twee duplovelden.

DOUGLAS

tijd (weken)	0	6	19	32	0	6	19	32	0	6	19	32	
behandeling	0 ton/ha				3 ton/ha				9 ton/ha				effect
Acrobeloides	5	3	5	7	5	6	6	8	5	3	10	10	+ -
Plectus	17	14	17	13	17	14	13	13	17	15	10	8	-
Teratocephalus	28	34	36	19	28	30	30	33	28	24	22	38	+-
Wilsonema	5	7	9	13	5	8	8	7	5	5	3	5	c
Aphelenchoides	16	17	10	12	16	13	17	9	16	15	11	6	-
Filenchus	4	5	6	12	4	3	7	7	4	6	4	4	c

ZOMEREIK

Acrobeloides	2	1	6	10	2	3	2	4	2	2	10	9	+
Plectus	14	9	6	8	14	14	13	12	14	11	16	12	c
Teratocephalus	3	5	4	9	3	5	2	5	3	7	3	3	c
Wilsonema	5	3	7	9	5	5	5	2	5	5	3	5	c
Aphelenchoides	23	22	20	12	23	15	9	15	23	21	11	10	-
Filenchus	7	14	12	13	7	15	17	26	7	12	10	16	(k)+

GROVEDEN

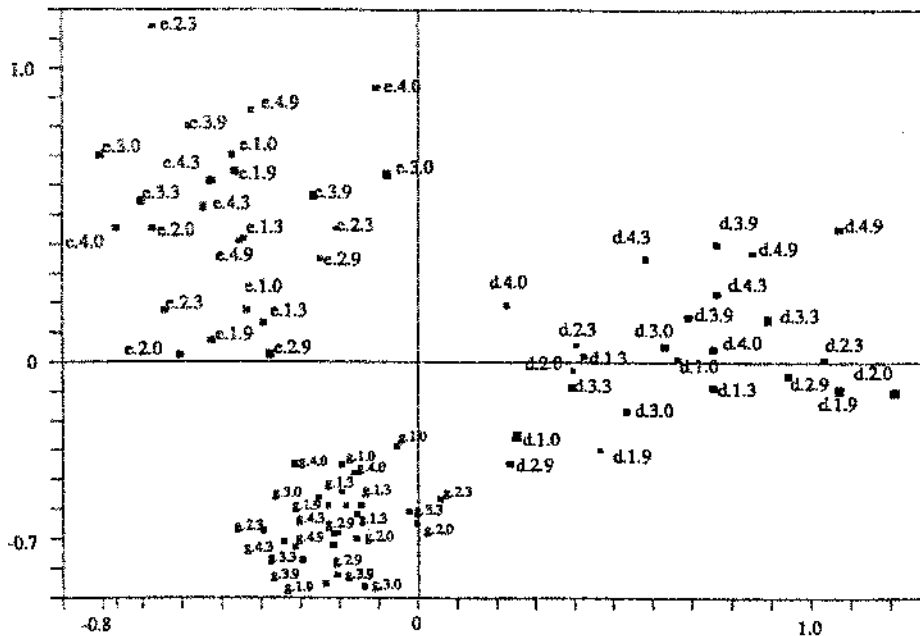
Acrobeloides	3	3	8	6	3	2	9	12	3	4	7	18	(k)+
Plectus	20	27	29	17	20	30	29	12	20	30	20	14	-
Teratocephalus	7	6	5	2	7	4	5	2	7	5	3	2	-
Wilsonema	8	9	6	12	8	9	9	11	8	3	8	5	c
Aphelenchoides	29	22	20	27	29	22	24	27	29	28	23	22	-
Filenchus	8	5	9	11	8	8	7	12	8	6	7	2	c

Verklaring waargenomen effect:

k = kalk, c = constant, + = toename, - = afname

Met behulp van de cluster- en ordinatieprogramma's TWINSPAN en DECORANA zijn alle monsterpunten met soortensamenstellingen ingevoerd en geanalyseerd (strooisel en minerale laag apart). Een voordeel van het programma TWINSPAN is, dat overzichtelijke tabellen gemaakt worden van de verschillende monsterpunten. Deze monsterpunten staan gerangschikt naar de nematodensamenstelling. Uit de TWINSPAN tabellen (bijlagen 15 t/m 22) blijkt dat er in de 3 bostypen sprake is van een groot aantal genera, die op alle tijdstippen en behandelingen vertegenwoordigd zijn. Meestal in het midden van deze tabellen, is dat zichtbaar als een brede band cijfers achter de betreffende soorten over alle monsterpunten.

Het aantal monsterpunten in de TWINSPAN tabellen (15 t/m 22) is vrij laag en zorgt voor een grove scheiding. Als alle strooiselmonsters van de drie bossen gezamenlijk worden geanalyseerd met TWINSPAN (bijlage 21), worden de bossen op grond van de generasamenstelling gescheiden. De niet optimale scheiding van de bostypen kan mede veroorzaakt worden door de wijze waarop TWINSPAN werkt. TWINSPAN is een divisieve methode, die een grote groep in kleinere groepjes opsplijt. Waarschijnlijk zijn de agglomeratieve methoden beter geschikt, aangezien hier de kwantiteit van de verschillende genera meegewogen worden. Voor de strooiselnematoden werd met DECORANA een duidelijke clustering van de verschillende bossen gevonden (zie fig 24). Een behandelings- of tijdseffect valt echter niet uit de figuur te halen. Bij de minerale laag werd een minder duidelijke clustering bereikt. Ook hier werd geen behandelings- of tijdseffect gevonden in de ordinarie van de bodemonsters. In grote lijnen komen de resultaten van de verschillende cluster- en ordinatieprogramma's overeen. DECORANA geeft een betere (verfijnde) clustering van de monsterpunten.



Figuur 24 Ordinatie diagram DECORANA (DCA) van de strooisellagen van de drie bostypen (eigenwaarden 0.22 en 0.19). De monsterpunten zijn gecodeerd.

Verklaring codering: v.b : g.4.3 = groveden, tijdstip 4 en 3 ton behandeling.

d = Douglas

e = Zomereik

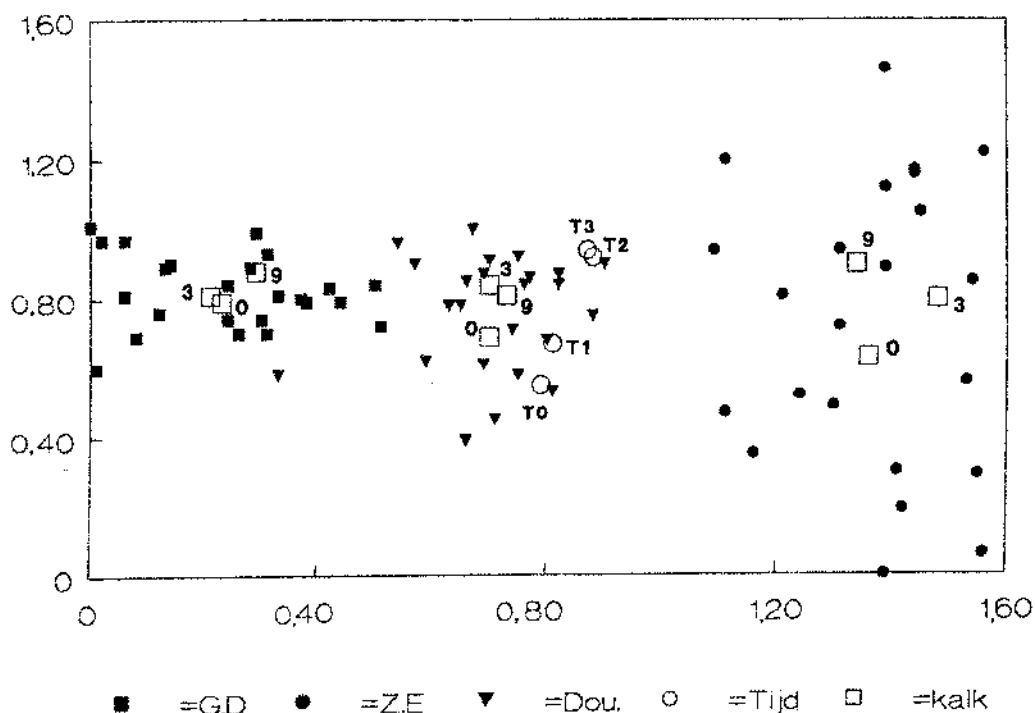
3.5 Resultaten analyse met behulp van CANOCO (C.J.F. ter Braak)

In Figuur 25 liggen links de monsters uit groveden; in het midden, die uit douglas en rechts die uit zomereik. Uit de zwaartepunten van de monsters uit eenzelfde bos die eenzelfde bekalking hebben ondergaan, zien we dat de onbehandelde monsters in Figuur 25 gemiddeld iets lager liggen dan de met kalk behandelde. De regressie-analyse die is uitgevoerd na de DCA geeft aan dat bekalking de positie van een veldje in Figuur 25 niet significant doet verschuiven (t-ratio's in absolute waarde kleiner dan 0.50). Dat is niet zo verwonderlijk aangezien er een enorme variatie is rond de zwaartepunten in figuur 25. Verder kunnen de verschillen tussen de zwaartepunten mede verklaard worden door een trend over de maanden: de onbekalkte monsters komen vooral uit de eerste bemonsteringsperiode en de monsters uit de eerste twee bemonsteringen liggen lager dan die uit de laatste twee bemonsteringen. Alleen de regressie-analyse volgens het BACI-

design is in staat de tijdbijdrage en de kalkbijdrage te scheiden. De kalkbijdrage blijkt dan niet significant te zijn.

De DCA op percentagegegevens geeft een ander ordinatiediagram, maar ook daarin is de kalkbijdrage niet significant (t-ratio's in absolute waarde kleiner dan 1.3).

Uit de partiële CCA blijkt dat de factoren veld en tijdstip ongeveer de helft verklaren van de totale variatie in de nematodengegevens (percentagegegevens: 52%; aan- en afwezigheidsgegevens: 42%; de variatie is hier uitgedrukt in "inertia"; zie Greenacre, 1984). De factor bekalking verklaart slechts ongeveer 2% extra. Deze geringe bijdrage van bekalking is bij lange na niet significant zoals blijkt uit de Monte Carlo permutatietoets ($P > 0.50$).



Figuur 25. Ordinatiediagram van de DCA op aan- en afwezigheid van de taxa in het strooisel en de minerale laag in groveden (G.D.), douglas (Dou) en zomereik (Z.E.) (eigenwaarden: 0.21 en 0.10). De open vierkante symbolen zijn zwaartepunten van de behandelingen per bostype. De zwaartepunten van de bemonsteringstijdstippen zijn (over alle data) aangegeven met t0 t/m t3.

4 DISCUSSIE

In de literatuur zijn slechts een zeer beperkt aantal publicaties verschenen over de effecten van bosbekalking op de vrijlevende nematodenfauna. De bestaande informatie is in te delen in vier categorieën. Ten eerste is er in Duitsland in de 50^{er} en 60^{er} jaren veldonderzoek gedaan door o.a. Franz (1959) en Bassus (1960, 1967). Vervolgens zijn er resultaten beschikbaar uit Zweeds microcosmos- en veldonderzoek (Huhta et al 1983, 1986). In België is door Heungens (1981) onderzoek uitgevoerd dat primair tot doel had de ontwikkeling van planteparasieten te onderzoeken, in organisch materiaal dat als substraat voor sierplanten gebruikt wordt. Tenslotte is er vrij veel literatuur over de effecten van pH op endoparasitaire nematoden die opbrengstverliezen veroorzaken bij cultuurgewassen (zie voor overzicht Heungens, 1981). Uit al deze gegevens komt geen eenduidig beeld naar voren over de effecten van de zuurgraad of kalk-toediening op de nematodenfauna in verschillende bodemtypen.

Uit een deel van het Duitse veldonderzoek en de laboratorium experimenten blijkt dat pH-verhoging door bekalking tot een snelle groei van de bacterie-etende nematoden kan leiden. Alhoewel dit alleen door Franz (1959) expliciet vastgesteld is, mag aangenomen worden dat dit een gevolg is van de toename van bacteriepopulaties na bekalking, vooral wanneer dit behandeling van zure grond betreft. Anderzijds blijkt uit een deel van het Duitse (Franz, 1959, Bassus, 1960, 1967) en uit het Zweedse onderzoek (Hyvönen (in prep.), Huhta et al, 1983, 1986) dat geen duidelijke trendmatige verschuivingen optreden in de nematodenfauna na bosbekalking. In de meeste gevallen betrof het hier onderzoek dat pas geruime tijd na de bekalking (minimaal een jaar) gestart werd. Bij het oudere Duitse onderzoek kunnen bovendien vraagtekens gezet worden wat betreft de gebruikte monsteren en extractiemethoden. Om de hoeveelheid arbeid te beperken werd slechts een beperkt aantal kleine monsters genomen in een veelal zeer heterogene bosbodem.

Uit de literatuur gegevens kan dus geen eenduidige conclusie getrokken worden. Mogelijk is in bovengenoemde veldonderzoek het effect van bekalking gemist omdat te laat met de bemonstering gestart werd. Dit houdt overigens wel in dat de mogelijk opgetreden effecten niet desastreus zijn en dat herstel van de oorspronkelijke situatie weer snel zou zijn opgetreden. Door het gebrek aan voldoende gedetailleerde achtergrondinformatie is extrapolatie van de gegevens naar de huidige nederlandse situatie niet goed mogelijk. Uit eigen lopend onderzoek is reeds gebleken dat de nematodenfauna in

zure zandige bosbodems arm is, en grotere langlevende soorten (o.a predatoren en "grote"omnivoren) vrijwel geheel ontbreken. Door het gemis aan voldoende historische gegevens is het echter niet duidelijk of dit de "natuurlijke" situatie is voor dit type bosccosystemen, of dat verzuring reeds zijn tol geeist heeft. Uit kolomproeven en toxiciteits experimenten (ongepubliceerd), blijkt dat een geringe verzuring van de huidige situatie reeds een flinke afname van de nematodenfauna veroorzaakt. Als dit proces inmiddels aan de gang is dan zou het effect van bekalking tweeledig kunnen zijn. In de eerste plaats kan er op korte termijn een duidelijke toename van de bacterie-etende soorten plaatsvinden, zoals in verschillende laboratoriumexperimenten aangetoond is. En op den duur zou de soortensamenstelling kunnen herstellen, doordat zuurgevoelige soorten de behandelde bosbodems opnieuw kunnen koloniseren. Doordat de toegediende kalk lang in de strooisellaag blijft hangen, en slechts langzaam doordringt naar de minerale laag, zijn effecten op de nematodenfauna het eerst in de organische horizont te verwachten.

Uit de resultaten, zoals die in het voorgaande hoofdstuk beschreven zijn, is gebleken dat in de eerste 32 weken na bekalking geen schokkende veranderingen zijn opgetreden in de totale nematodendichtheid, de verhoudingen tussen de verschillende trofische niveau's of de genera-samenstelling. De situatie in de minerale laag van het Eikenperceel vormt hierop enigszins een uitzondering. Het is duidelijk dat er zich in de onderzochte proefvelden geen grote veranderingen hebben voorgedaan, ondanks de flinke pH-stijging in de strooisellaag. Het blijft echter nog de vraag waarom bacterie-etende soorten niet gereageerd hebben op de pH-verhoging. Een eerste verklaring zou zijn, dat ook het aantal bacteriën niet is toegenomen. Het is in dit verband te betreuren dat niet mogelijk geweest is om gelijktijdig onderzoek uit te voeren naar de dichtheid aan nitrificerende bacteriën in de behandelde veldjes. Uit onderzoek naar de nitraatgehalten in het ondiepe grondwater onder de bekalkte veldjes, door het Laboratorium voor Bodem en grondwateronderzoek van het RIVM, is echter gebleken dat de nitraatuitspoeling door de bekalking is vergroot. In het douglasperceel was de nitraat concentratie onder de 6 ton's veldjes na 11 maanden verdubbeld. Onder groveden en zomereik was de situatie echter onduidelijker door de grote variabiliteit in de waarnemingen (Denier van der Gon pers. med.). Dit alles wijst er op dat er in ieder geval in de bodem van de douglasopstand een verhoogde nitrificatie heeft plaatsgevonden. De nematoden hebben dus niet kunnen reageren op de bacterietoename. Dit kan veroorzaakt worden door het feit dat nitrificeerders slechts een klein gedeelte uitmaken van de

bacterieflora in de bodem, en dat hun toename relatief van weinig betekenis voor de beschikbare hoeveelheid "nematodenvoedsel" is geweest.

Nematoden komen veelal geclusterd in de bodem voor. Dit heeft consequenties voor de wijze van bemonstering en het aantal monsters dat gestoken moet worden om een representatief beeld te krijgen van de aanwezige fauna. Een probleem hierbij is het ontbreken van voldoende kennis over verspreidings patronen van nematodensoorten. Voor planteparasieten ("stekeldragende nematoden") mag bijvoorbeeld verwacht worden dat de hoogste dichtheden rond boomwortels of schimmelmycelia gevonden zullen worden. Deze aggregaties geven al snel aanleiding tot grote variatie tussen de monsters. Om het bemonsterings probleem rond de spatiële heterogeniteit in dichtheden op te lossen kunnen enerzijds mengmonsters gemaakt worden, samengesteld uit veel submonsters, anderzijds kan de monsterstrategie bestaan uit het nemen van een zo groot mogelijk replica's om de variabiliteit binnen een proefveld te vergelijken met die tussen de velden. In de bekalkingsproeven was elke behandeling (noodgedwongen) slechts in duplo aanwezig. Tevens moest de hoeveelheid monster-materiaal beperkt worden om herhaalde bemonstering mogelijk te maken. Dit heeft in een aantal gevallen geresulteerd in een aanzienlijke spreiding in de gegevens (zie bijlagen 26 en 27), waardoor een behandelingseffect pas duidelijk (significant) wordt bij grote verschillen tussen bekalkte veldjes en de blanco's. Dit probleem heeft t.a.v de totale nematodendichtheid waarschijnlijk alleen maar parten gespeeld bij de effecten van bekalking in de minerale laag van het Eikenbos.

Uit de resultaten van de bemonstering voor de bekalking van de proefvelden ($t=0$) is gebleken dat de verhoudingen tussen de voedselgroepen in het strooisel veel constanter zijn dan in de minerale bodem. Verschuivingen in deze verhoudingen t.g.v bekalking zouden in de strooisellaag dan ook eerder en betrouwbaarder tot uiting moeten komen. Uit analyse van de totaal dichtheden en de genera samenstelling bleek echter dat de temporele variabiliteit in het strooisel weer groter is dan die in de bodem.

Alleen in de minerale bodem van het Eikenbos werd t.a.v de totale dichtheid en de verdeling in voedselgroepen een (mogelijk) effect van bekalking gevonden. Zowel de bacterie-etende nematoden als de groep van de planteparasieten nam gemiddeld in aantal toe in de bekalkte veldjes (zie tabel 5 en fig 23). Deze resultaten zijn niet direct te verklaren uit de gemeten pH-stijging. Het zomereikenperceel was in meerdere opzichten (biotisch en abiotisch) afwijkend van de twee naaldhoutopstanden. Naast de hoge grondwaterstand en het grofzandige moedermateriaal ontbrak op de meeste hoog-

gelegen delen de strooisellaag. Bekalking kan hierdoor veel sneller effecten gehad hebben in de minerale bodem. Afgemeten aan de reactie van de nematodenfauna, rijst het vermoeden dat stimulering van de bacterieflora, wortel- en/of schimmelgroei heeft plaats gevonden. Dit lijkt niet te stroken met de eerder genoemde waarnemingen van extra nitraatuitspoeling en het achterwege blijven een reactie van de nematodenfauna hierop. De situatie in de bodem van het Eikenbos kan in die zin afwijkend zijn, dat bacteriën in de grofzandige bodem minder refugia hebben om aan predatie door de nematoden te ontkomen. Een toename van planteparasieten is in bekalkings experimenten in bossen nog niet waargenomen. Een groeiend aandeel van deze groep is wel te verwachten wanneer er duidelijk veranderingen in de ondergroei op gaan treden. In een vergelijkbare bemestings/bekalkings proef te Harderwijk werd echter ook door Dekker (1989) een afname in het percentage planteparasieten gevonden, twee jaar na bekalking. Een zelfde resultaat wordt ook door Bassus (1967) beschreven.

Verdere uitsplitsing van de nematodenfauna in genera en analyse van deze gegevens met behulp van multivariate methoden, liet eveneens geen grote verschuivingen ten gevolge van bekalking zien.

Wanneer naar het verloop van de dominante genera in de bossen gekeken wordt, dan is na bekalking van het strooisel een toename vast te stellen van *Acrobelloides* (bact.-eter) in groveden, *Teratocephalus* (bact.-eter) in douglas en *Filenchus* (plan.-eter) in zomereik (tabel 5). Dit doet vermoeden dat er toch enig effect is van veranderingen in de bacterieflora.

Voor de minerale bodem is de beoordeling van verschuivingen in de dichtheid waarin genera voorkomen nog problematischer, door de grote variatie die tussen de duplovelddjes gevonden werd (zie bijlage 27). In de bodem van het groveden-perceel neemt *Acrobelloides* weer in dichtheid toe. In de Eikenopstand neemt *Filenchus* alleen in de 3 ton behandeling toe, en met de hoge aantallen *Xenocriconemella* in dit veld veroorzaken deze twee genera de significante toename in de groep van de planteparasieten. De toename van bacterie-eters in de Eikenbosbodem, is geen gevolg van een reactie van één van de dominante genera. Door de bekalking groeit het percentage *Prismatolaimus* en *Protorhabditis* in dit perceel.

Ondanks de verscheidenheid aan statistische toetsen, is er voor de vermeende verschuivingen in de individuele genera geen toetsmethode toegepast die een "harde uitspraak" oplevert over de mate van toeval waaraan het resultaat onderhevig is. Hierdoor zijn bovengenoemde (mogelijke) effecten van kalk op verschillende nematoden genera hoofdzakelijk subjectief vastgesteld. Nader onderzoek (en hierop gerichte toetsen) samen met het volgen

van trends in de tijd zal moeten uitwijzen of de geuite veronderstellingen correct zijn.

Uit de multivariate analyses bleek duidelijk dat de bossen gekarakteriseerd kunnen worden op basis van hun nematodensamenstelling in het strooisel. Het onderscheid tussen de bossen qua bodemnematoden-samenstelling was minder duidelijk dan die van de strooisellaag. Aansluitend op de resultaten van Yeates (1984), Postuma (1988) en Bongers et al (1989) blijkt ook uit dit onderzoek, dat een ecologische typologie van bodems met behulp van de nematodenfauna mogelijk moet zijn.

5 CONCLUSIES

pH:

De bekalking gaf in de strooisellagen binnen 6 weken een gemiddelde pH verhoging van 4 tot neutraal. In de minerale laag was bijna geen pH verandering waarneembaar.

Vocht:

In het vochtgehalte van de bodem- en strooisellaag werden geen veranderingen gevonden t.g.v. de bekalkingen.

Totale nematodendichtheid:

Uit de resultaten van de variantieanalyse blijkt dat bekalking geen significant effect heeft op de nematodenaantallen in de strooisellaag of minerale bodem van de bossen, althans niet in het eerste half jaar na behandeling. Wel bleek het aantal nematoden in de strooisellaag van de drie bossen significant verschillend van elkaar. Dit wordt veroorzaakt door een verschillend aantal verloop van de strooiselnematoden in de tijd.

In de minerale laag van het Eikenbos nam het aantal nematoden toe (het sterkst in de 3 ton behandeling), dit effect was echter (net) niet statistisch significant.

Voedselgroepen in de 'blanco'-situatie:

De verhouding van de voedselgroepen van zes veldjes van het douglasbos en groveden op $t=0$ (onbehandeld), komen goed overeen, in tegenstelling tot de minerale laag. De zomereik vertoont een minder identieke verhouding van de voedselgroepen in de strooisellaag tussen de veldjes onderling. Dit wordt waarschijnlijk mede veroorzaakt door de minder homogene verdeling van het strooisel over de bodem (open plekken).

Voedselgroepen:

Wat betreft de bacterie-eters is alleen in het eikebos in de minerale laag een significante toename door de behandelingen aan te tonen. De planteparasieten en de restgroep vertoonden in de 3 ton behandeling in de eik minerale laag resp. een toe- en afname ten opzichte van de blanco en de 9 ton kalkbehandeling.

Nematoden genera:

Het eikenbos blijkt het grootst aantal genera te hebben, gevolgd door grove- den en douglas. Dominante genera in de strooisellaag vertonen meestal dezelfde tendens in de kalk behandelingen als in de blanco.

De volgende geslachten vertonen wel een beperkte toename in reactie op bekalking: *Acrobelloides* (groveden bodem en strooisel), *Teratocephalus* (douglas strooisel), *Protorhabditis* en *Prismatolaimus* (Eik bodem).

Wel blijkt binnen een voedselgroep een verschuiving tussen de diverse genera plaats te vinden, terwijl de voedselgroep als geheel redelijk constant blijft in de tijd.

De drie bossen hebben een specifieke soortensamenstelling, zoals blijkt uit analyse met TWINSPAN, DECORANA en CANOCO. Effect van bekalking op de generasamenstelling bleek niet uit de resultaten van de analyses met de genoemde programma's. Het uitblijven van de invloed van bekalking op de genera-samenstelling kan een gevolg zijn van de korte proefduur. Uit de multivariate analyse met CANOCO blijkt, dat er sprake is van een tijds-effect en geen kalkeffect.

In tegenstelling tot resultaten die in het verleden met experimenteel laboratoriumonderzoek behaald zijn, blijkt uit dit onderzoek geen snelle of explosieve reactie van de nematodenfauna op de bekalking van bosbodems.

Mogelijk treedt hetzelfde proces hier vertraagd in de tijd op. Toename van bacterie-etende en planteparasitaire nematoden in het eikenbos, wijzen hierop. Mede met het oog op herstel van de diversiteit en dichtheid, maar ook gezien de mogelijk ongewenste ontwikkeling van het aantal planteparasitaire soorten, is monitoring van de nematodenfauna van bekalkte bospercelen aan te bevelen.

LITERATUURLIJST

- Aart, P.J.M. van der, Aerts, R., Bobbink, R., Dijk, van H.F.G. & Koerselman, W. 1988. De invloed van vermessing op terrestrische ecosystemen. *Landschap* nr. 4, 1988, 253 - 269.
- Abrahamsen, G.J., Hovland, J. & Hagvar, S. 1980. Effects of artificial acid rain and liming on soil organisms and the decomposition of organic matter. *Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems*. 414 - 362.
- Bååth, E., Berg, B., Lohm, U., Lundgren, B., Lundkvist, H., Roswall, T., Soderström, B. and Wiren, A., 1980. Effects of experimental acidification and liming on soil organisms and decomposition in a Scots pine forest. *Pedobiologia* 20, 85 - 100.
- Bassus, W. 1960. Der einfluss der kalkdungung auf die fauna des waldbodens. *Archiv fur Forstwesen*, 9. Band, Heft 12, 1960. 1065 - 1081.
- Bassus, W. 1967. Der einfluss von Meliorations und Dungungsmassnahmen auf die Nematodenfauna verschiedener Waldboden. *Pedobiologia* 7. 280 - 295.
- Bongers, A.T.M., Goede, de R.G.M., Kappers, F.I. en Manger, R. 1989. Ecologische typologie van de Nederlandse bodem op basis van de vrijlevende nematodenfauna. Verslag van het project 'Het functioneren van nematoden in ecosystemen'. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene. Rapportnr. 718602002
- Bongers, T. 1985. Nematoden in Nederlandse bossen. Mededeling 175 ; Vg. *Nematologie* LU Wageningen. 50 p.
- Bongers, T. 1988. De nematoden van Nederland. KNNV , Utrecht. *Natuurhistorische Bibliotheek* nr 46. (ISSN 0169-5355). 408 p.
- Breemen, N. van, Burrough, P.A., Velthorst, E.J., Dobben, H.F. van, Wit, T.de, Ridder, T.B., and Rijnders, H.F.R. 1982. Soil acidification from sulfuric ammoniumsulphate in forest canopy throughfall. *Nature* 299:548-550.
- Breemen, N. van, Mulder, J., and Driscoll, C.T. 1983. Acidification and alkalization of soils. *Plant and Soil* 75:283-308.
- Breemen, N. van, Driscoll, C.T., and Mulder, J. 1984. Acidic deposition and internal proton sources in acidification of soils and waters. *Nature* 307:599-604
- Brzeski, M.,W., & Dowe, A. 1969. Effect of pH on *Tylenchorynchus dubius* (Nematoda, Tylenchidae). *Nematologica* 15, 403 - 407
- Burg, J. van den, 1985. Bekalking van bossen. 1. Nederlandse literatuur. Rapport nr. 401.

- Burg, J. van den 1986. Bekalking van bossen. 2. Een overzicht van de buitenlandse literatuur. Rapport nr. 424.
- Burg, J. van den, 1987. Achtergronden van bekalking van bossen in Nederland. Bosbouwvoorlichting nr. 3 april 1987. 30 - 33
- Burns, N.,C. 1971. Soil pH effects on nematode populations associated with soybeans. *J. Nematol.*, 3, 238 - 245.
- Dekker, H. 1989. Invloed van bekalking en bemesting op de nematodenfauna in een dennebos. Doctoraalverslag van een zes-maands onderzoek op de vakgroep Nematologie, Wageningen.
- Eijsackers, H. 1984. Verzuring door atmosferische depositie. *Bodembioogie. Publikatiereeks Milieubeheer. Rapport nr. VROM 83658/1-84.*
- Franz, H. 1959. Das biologische geschehen in waldboden und seine beeinflussung durch die kalkdungung. *Allg. Forstzeitung.* 70. 178 - 181.
- Green, R.H. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley, New York, 257 pp.
- Greenacre, M.J., 1984. Theory and applications of correspondence analysis. Academic Press, London, 364 pp.
- Heungens, A. 1981. Nematode population fluctuations in pine litter after treatment with pH changing compounds. *Med. Fac. Landbouw Rijksuniversiteit Gent.* 46. 1267 - 1281.
- Huhta, V., Hyvönen, R., Koskenniemi, A. & Vilkkamaa, P. 1983. Role of pH in the effect of fertilization on nematoda, olichochaeta and microarthropods. *New trends in Soil Biology. Proceedings of the VIII. Intl Colloquium of Soil Zoology. Louvain-la-Neuve (Belgium).* 61 - 73.
- Huhta, V., Hyvönen, R., Koskenniemi, A., Vilkkamaa, P., Kaasalainen, P. & Sulander, M. 1986. Response of soil fauna to fertilization and manipulation of pH in coniferous forests. *Seloste: Lannoituksen ja pH-muutoksen vaikutus kangasmetsan maaperaelaimistoon. cta For.Fenn.* 195: 1-30.
- Hyvönen, R. (in prep.) Effects of acidification and liming on soil nematode populations in two Swedish coniferous forests.
- Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. & Van Tongeren, O.F.R., 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen.
- Looman, W.N. 1984. Documentatie computergebruik voor de vakgroep vegetatiekunde, plantenoecologie en onkruidkunde. Dictaat L.U, Wageningen.

- Manuel, A.R., Aalst, R.M. van, Bastiaans, H., Bresser, A.H.M., Don, A., and Zoete Lief, J. 1984. Verzuring door atmosferische depositie. Evaluatie rapport. Publicatierreeks Milieubeheer. Rapportnr. VROM 83655/1-84.
- Marshall, V.G. (?). Effects of Manures and Fertilizers on Soil Fauna: A Review. Special Publication No. 3. Commonwealth Bureau of Soils. ISSN 85198 - 3847.
- Mulder, J. 1988. Impacts of Acid Atmospheric Deposition on woodland soils. Field Monitoring and Aluminium Chemistry.
- Oostenbrink, M. 1971. Comparison of techniques for population estimation of soil and plant nematodes. IBP Handboek 18, 72 - 84.
- Persson, T. 1987. Influence of soil organisms on nitrogen immobilisation after liming.
- Poolman Simons, M.T.T. 1989. Multivariate analyse als hulpmiddel bij de ontwikkeling van een ecologisch bodemclassificatiesysteem op basis van de nematodenfauna. Verslag van een leeronderzoek op de vakgroep Nematologie Wageningen.
- Postuma, R. 1988. De rol van de monster- en verwerkingstechniek en de invloed van het seizoen op de nematodenfauna. Doctoraalverslag Nematologie.
- s'Jacob, J.J. & van Bezooijen, J. 1986. A manual for practical work in Nematology. Vg. Nematologie LU, Wageningen.
- Sohlenius, B. 1985. Influence of climatic conditions on nematode coexistence: a laboratory experiment with a coniferous forest soil. *Oikos* 44: 430 - 438. Copenhagen.
- Sohlenius, B., Wasilewska, L. 1984. Influence of irrigation and fertilization on the nematode community in a swedish pine forest soil. *Journal of applied Ecology*; 21; 1. 327 -342.
- Stewart-Oaten, A., Murdoch, W.W. & Parker, K.P., 1986. Environmental impact assessment: "Pseudo replication" in time? *Ecology* 67: 929-940.
- Straalen, N.M. van, Kraak, M.H.S., and Denneman, C.A.J. 1988. Soil microarthropods as indicators of soil acidification and forest decline in the Veluwe area, the Netherlands. *Pedobiologia* 32, 47-55.
- Tamis, W.M.L. 1986. Nematoden in een ammoniumdepositiegradient in een grovedennenbos. *Med. Hydrobiol. Adviesburo Klink* no. 23. 26 pag.
- Ter Braak, C.J.F., 1988. CANOCO - A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and

- redundancy analysis (version 2.1). Technical report LWA-88-02, January 1988, Agricultural Mathematics Group, P.O. Box 100, 6700 AC Wageningen, The Netherlands.
- Timans, U. 1986. Einfluss der sauren beregung und kalkung auf die nematodenfauna. Forstwissenschaftliches Centralblatt; 105; 4. Contribution no. 13 of the Hoglewald Series. 335 - 337.
- Verstraten, J.M. 1982. De bodem als bufferend systeem tegen verzuring. Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van gewoon hoogleraar. Universiteit van Amsterdam.
- Yeates, G.W. 1971. Feeding types and feeding groups in plant and soil nematodes. *Pedobiologia*, Bd 11, S. 173 - 179.
- Yeates, G.W. 1984. Variation in soil nematode diversity under pasture with soil and year, *Soil Biol. Biochem.* Vol.16 no. 2: 95-102

Bijlage 1 Biologie van nematoden

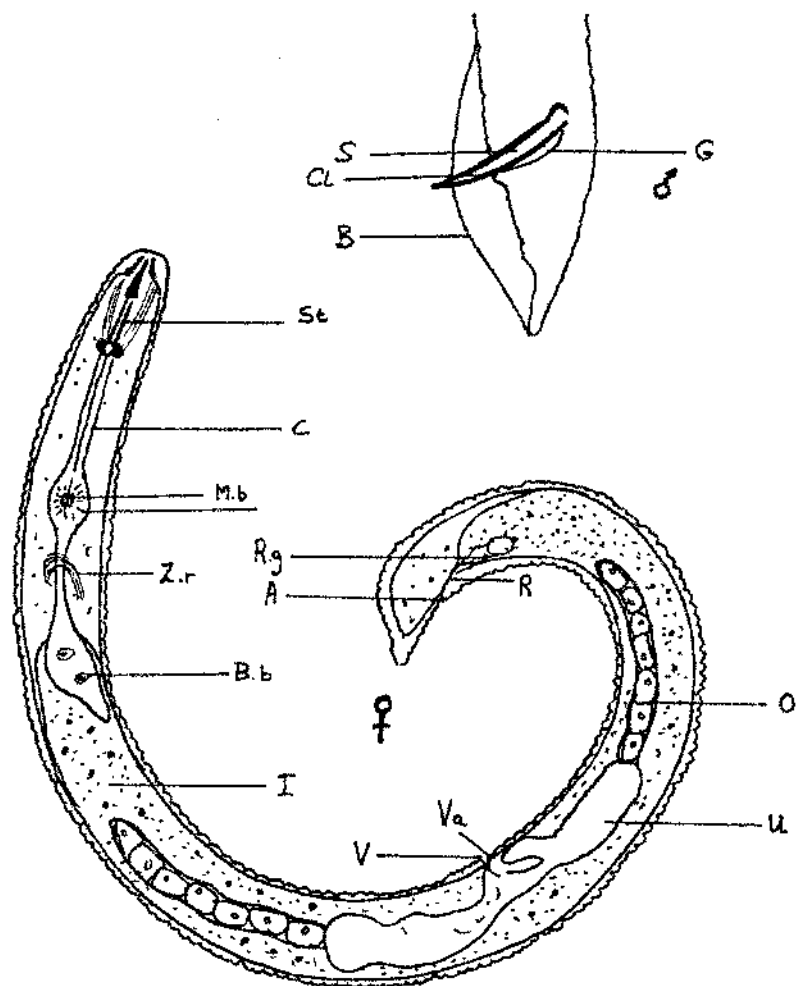
Nematoden of aaltjes zijn de meest dominante diergroep op de wereld. Ze maken, wat aantal individuen betreft, 80 % uit van de meercellige dieren op aarde en worden in elk type milieu aangetroffen. Vocht is een belangrijke factor voor nematoden en bij tijdelijke uitdroging van hun milieu gaat een deel van de soorten over tot een anabiotisch (droogte resistent) stadium. Zodra vocht beschikbaar komt worden de nematoden weer actief.

Nematoden hebben hun grootste bekendheid gekregen als veroorzakers van planteziekten (zoals aardappelmoehed) bij cultuurgewassen.

Waarschijnlijk bestaat er geen hogere diersoort, die geen nematoden als parasiet met zich draagt. Bij de mens zijn dat de spoelworm, de aarsmade, de trichinen en andere soorten. Totaal zijn er ongeveer 20.000 soorten nematoden beschreven waarvan in Nederland ongeveer 1000 vrijlevende nematoden.

Anatomie:

Bij nematoden zijn er twee verschillende verschijningsvormen, waarvan het fusiforme type (aan beide uiteinden spits toelopend) het meest voorkomt. Daarnaast komen er afwijkende ovale-, zak-, en peervormige soorten voor. Hoewel er geen onderdelen aan het lichaam te onderscheiden zijn, wordt er vaak van kop en staart gesproken. Het achterste gedeelte van het lichaam verschilt vaak bij beide sexen. Nematoden zijn transparant door het ontbreken van pigmenten. Soms zijn ze een beetje melkachtig of lichtgeel getint door de cuticula. Vrijlevende bodemnematoden zijn gewoonlijk 1-2 mm lang. Onder mariene soorten komen de grootste vrijlevende nematoden voor en deze kunnen dan een lengte van 5 cm bereiken.

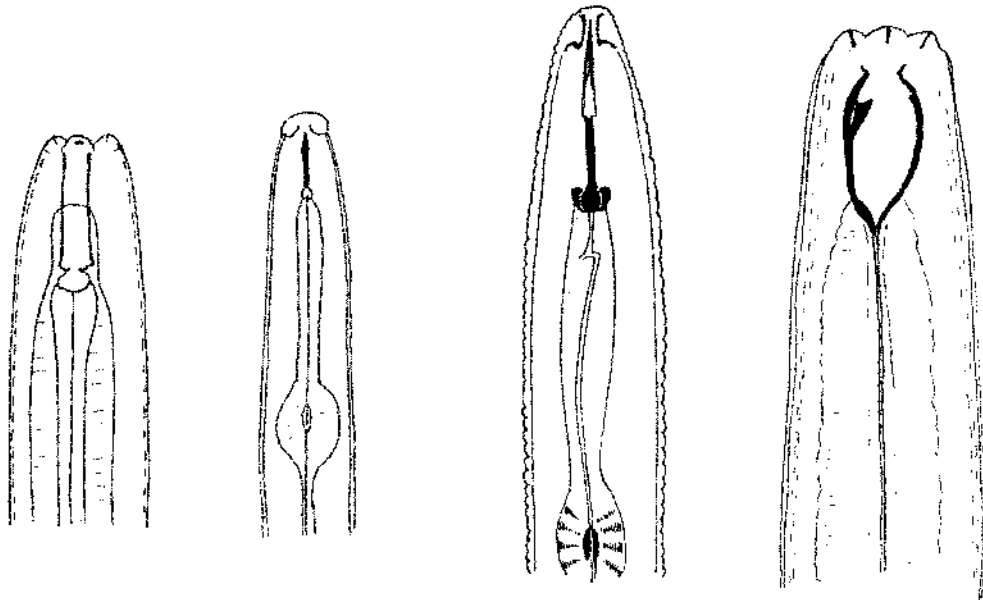


Figuur 26

Structuren van *Helicotylenchus spec.* (planteparasiet).
 Stekel (St), pharynx (C), middenbulbus (M.b), zenuwring
 (Zr), eindbulbus (B.b), darm (I), vulva (V), vagina (Va),
 uterus (U), ovarium (O), rectale klier (R.g), rectum (R),
 anus (A), spiculae (S), gubernaculum (G), bursa (B),
 cloaca (Cl) (tek. R.Manger).

Nematoden voeden zich met bacteriën, algen, korstmossen, schimmels, hogere planten, andere nematoden, oligochaeten en protozoën. De wijze van voeden is af te leiden aan de vorm van de mondholte (fig 27). Ze worden op hun beurt weer gepredeerd door grotere- en kleinere bodemorganismen, zoals bacteriën, amoeben en speciaal aangepaste schimmels. Deze laatsten vormen lussen die dicht klappen als een nematode zich erin bevindt. Daarna wordt de inhoud van de nematode opgenomen.

Nematoden hebben een spijsverteringskanaal dat begint met de mond gevolgd door de bucale holte, de pharynx, de darm en het rectum. De bucale holte kan zeer variabel van vorm en afmeting zijn, de wijze van voeden uit zich in de bouw hiervan.



Figuur 27 Voorbeeld van verschillende kopstructuren. Achtereenvolgens van links naar rechts een bacterie-eter, een schimmeleter, een planteparasiet en een carnivoor. (tek. R.Manger)

Voortplanting:

Nematoden zijn in de regel van gescheiden geslacht. Hermaphroditisme en parthenogenese komen ook voor. Mannetjes zijn uitwendig eenvoudig van de vrouwtjes te onderscheiden door hun afwijkende achterlijf. Het mannelijke reproductieve systeem bestaat uit één of twee buisvormige testis, die via het vas deferens, samen met het rectum in de cloaca uitkomen. De meeste mannelijke nematoden bezitten copulatiehaakjes die bestaan uit gesclerotiseerde cuticula. Zij dienen bij de copulatie hoofdzakelijk om de vrouwelijke gonopore open te houden. De vrouwtjes bezitten gewoonlijk twee ovaria, die in tegengestelde richting gelegen zijn. De ovaria gaan via een

oviduct over in de uterus. Het begin van de uterus fungeert als bergplaats voor sperma. Hier vindt na de bevruchting ook de schaalvorming en de eerste embryonale ontwikkeling plaats. De eieren worden meestal buiten het lichaam afgezet. Nematoden komen uit het ei als juveniele wormen. Op de gonaden en hun lengte na zijn de juvenielen volledig ontwikkeld. Er zijn altijd vier vervellingen, de nematode komt als volledig ontwikkeld adult uit de vierde vervelling te voorschijn. De generatietijd varieert van enkele dagen tot een jaar.

Dierparasieten:

Het verschil tussen dierparasieten en vrijlevende nematoden is moeilijk aan te geven. Sommige nematoden leven in een bepaald stadium in een insect, om daar verder te ontwikkelen. Andere dierparasieten worden in verschillende organen van zoogdieren gevonden. De insekteparasieten zijn te herkennen aan een 'bacteriezakje' achter de slokdarm. Als de nematoden in een insect zijn gedrongen, verlaten de bacteriën de nematode en vermeerderen zich in het insect. Een insekteparasiet die het meest in bosmonsters worden gevonden, behoort tot het genus *Steinernema* (Bongers 1988).

Nematoden worden ook gebruikt voor biologische bestrijding, bijvoorbeeld tegen bepaalde schadelijke insecten bij landbouwgewassen.

Ook bij bomen kunnen nematoden schade aanrichten, zoals in Japan, waar aan het begin van deze eeuw melding gemaakt werd van een verwelkingsziekte onder naaldbomen. Pas laat ontdekte men dat het hier ging om een bepaalde nematodesoort, namelijk *Bursaphelenchus xilophilus*). Deze nematodesoort gebruikt een boktor (*Monachamus altenator*) om zich over grotere afstanden te verplaatsen. Bongers (1985) vond echter in Nederland geen *Bursaphelenchus xilophilus* in een onderzoek naar minder vitale bossen.

Nematoden als indicator:

Van de meeste vrijlevende nematodengenera is nog een hoop onduidelijkheid over de precieze functie en voedingswijze binnen het ecosysteem. Bongers (1988) geeft een indeling van de Nematoden (Secernentia en penetrantia) in trofische niveau's. Over het algemeen kan men stellen dat de r-strategen voor het grootste deel bij de secernentia gezocht kunnen worden. R-strategen zijn nematoden met een korte generatiewisseling, relatief ongevoelig voor verstoringen en snelle kolonisten. De penetrantia zijn echter over het algemeen de K-strategen, dieren met een langere generatietijd, meer gebonden aan hun habitat en gevoeliger voor verstoringen. Aangenomen wordt, dat hoe meer Dorylaimida een monster bevat, des te stabielere deze leefgemeenschap is (Bongers 1988).

Bijlage 2 Dichtheid aantallen nematoden per m² van de drie bossen en de twee onderzochte lagen (strooisel en mineraal)

<u>Bodem</u>		kalkbehandeling	t = 0	t = 6	t = 19	t = 32 (weken)
Grove den	VELD 1	0	904034	663941	722227	374555
	VELD 7	0	1152750	556104	1001250	998156
	VELD 2	3	1325683	1207910	972324	813995
	VELD 8	3	1062127	435329	663872	327360
	VELD 3	9	978092	719884	706597	498637
douglas	VELD 5	9	639833	587009	589500	821824
	VELD 4	0	428332	578237	660332	714436
	VELD 6	0	689077	1809037	697440	321826
	VELD 1	3	806237	365827	1203163	393429
	VELD 7	3	1619341	1198770	593382	560437
Eik	VELD 3	9	638208	1145310	873911	582111
	VELD 8	9	762988	478551	784832	482036
	VELD 3	0	1719104	1029647	426928	455313
	VELD 5	0	1159613	1214149	1001028	1107083
	VELD 2	3	1857361	589384	1804676	2404299
	VELD 7	3	974000	1715313	1504255	1530397
	VELD 1	9	1280240	544267	1321237	1962508
	VELD 8	9	999540	958915	1142302	1335943

<u>Strooisel</u>		kalkbehandeling	t = 0	t = 6	t = 19	t = 32 (weken)
Grove den	VELD 1	0	2242454	1521899	1359698	1311834
	VELD 7	0	1698762	1910259	999500	999500
	VELD 2	3	2715676	1814353	1046687	1368146
	VELD 8	3	2293993	2449656	982035	1191134
	VELD 3	9	2717091	2488936	982035	1191134
douglas	VELD 5	9	2722729	2032348	1718334	1706372
	VELD 4	0	899371	1047604	1506376	861815
	VELD 6	0	1331773	1062114	1447676	1116805
	VELD 1	3	1437588	1402016	1596204	1129801
	VELD 7	3	1542181	1977424	1392369	1487947
Eik	VELD 3	9	897840	1736031	1128481	1017862
	VELD 8	9	892620	1783997	1171397	703025
	VELD 3	0	2482091	1539851	1825427	1712038
	VELD 5	0	2316427	1228634	1513088	1982463
	VELD 2	3	1887204	1798831	1926512	1161491
	VELD 7	3	1029647	1723604	1660726	1512524
	VELD 1	9	1904333	1668642	902199	1307547
	VELD 8	9	1012773	3916522	1618004	1375495

BIJLAGE 3 Dichtheden (m^2) van de voedselgroepen op tijdstip 0
 (eind maart 1988)
 De velden bestemd voor de kalkbehandelingen zijn aangegeven,
 maar de bekalking was op dat tijdstip nog niet uitgevoerd.
 Deze getallen zijn een weergave van de inhomogeniteit van de
 veldjes

Verklaring afkortingen:

std : standaarddeviatie
 BEH. : behandeling (kalk ton/ha)
 BACT : bacterie-eters
 PLAN : planteparasieten
 SCHI : schimmeleeters
 REST : omnivoren, carnivoren en insekteparasieten.

BODEM

GROVEDEN	BEH.	BACT	std	PLA	std	SCHI	std	REST	std
VELD 1	0	361614	25516	270306	42803	262170	104800	8136	12179
VELD 7	0	397699		330839		410379		25361	
VELD 2	3	670796	119835	241274	24905	327444	5039	103403	52839
VELD 8	3	501324		206053		334570		28677	
VELD 3	9	330595	30625	257238	37570	391237	184803	0	0
VELD 5	9	287285		204107		129886		0	

DOUGLAS

VELD 4	0	195748	70616	36837	147901	183754	60257	12422	26299
VELD 6	0	295614		246000		98538		49614	
VELD 1	3	409568	54874	287020	500105	109648	115980	0	13741
VELD 7	3	331965		994275		273669		19432	
VELD 3	9	416750	57840	52333	180959	117430	2207	51695	36554
VELD 8	9	334952		308247		120552		0	

ZOMEREIK

VELD 3	0	658417	68230	703114	447978	238955	18806	118618	34678
VELD 5	0	754908		69577		265551		69577	
VELD 2	3	772662	321831	367757	230429	330610	125736	386331	198107
VELD 7	3	317524		41882		508428		106166	
VELD 1	9	444243	71701	417358	133264	270131	51415	149788	45133
VELD 8	9	342842		228895		342842		85960	

STROOISEL

GROVEDEN

	BEH	BACT	std	PLAN	std	SCHI	std	REST	std
VELD 1	0	1195228	113619	329641	147806	697403	119563	13590	5753
VELD 7	0	1034546		120612		528315		21725	
VELD 2	3	1550651	394107	241695	46003	901604	134588	29822	132615
VELD 8	3	993299		176637		1091941		217367	
VELD 3	9	1567762	74710	168460	13230	891206	103346	73514	27180
VELD 5	9	1462105		149750		1037360		35075	

DOUGLAS

VELD 4	0	605277	200122	69252	14125	190667	126973	25304	10777
VELD 6	0	888293		49276		370233		10063	
VELD 1	3	882679	116292	129383	78402	416901	21448	27759	13915
VELD 7	3	1047141		18506		447232		8081	
VELD 3	9	606042	71987	23344	5777	259476	79333	22316	28098
VELD 8	9	707848		15175		147282		62052	

ZOMEREIK

VELD 3	0	1208778	77265	220906	97238	987872	81020	41696	3878
VELD 5	0	1318047		83391		873293		47180	
VELD 2	3	1098353	441740	124555	46574	617116	89077	6178	38722
VELD 7	3	473638		58690		491142		60939	
VELD 1	9	1155930	432800	72365	57684	613195	215172	6077	4297
VELD 8	9	543859		153941		308896		0	

BIJLAGE 4 Dichtheden per m² van vier trofische niveau's, zes
weken (t=1) na de bekalking (mei 1988).

BODEM

GROVEDEN

	BEH	BACT	std	PLAN	std	SCHI	std	REST	std
VELD 1	0	272415	37735	119177	5109	255352	49499	16997	5873
VELD 7	0	219049		126402		185349		25303	
VELD 2	3	564456	261780	225758	102811	406341	173678	11234	7943
VELD 8	3	194244		80362		160723		0	
VELD 3	9	341945	72357	161974	38283	197968	16832	17997	4258
VELD 5	9	239617		107834		221772		11975	

DOUGLAS

VELD 4	0	201226	828611	150920	97953	226091	78003	0	23025
VELD 6	0	1373059		289446		115778		32563	
VELD 1	3	186572	226633	104626	269320	74629	84550	0	0
VELD 7	3	507080		485502		194201		0	
VELD 3	9	603578	278243	443235	176706	85898	7274	12598	8908
VELD 8	9	210084		193335		75611		0	

ZOMEREIK

VELD 3	0	288301	6397	597195	173306	30889	364498	72075	33794
VELD 5	0	279254		352103		546367		24283	
VELD 2	3	173279	348082	248720	407538	132611	27520	34184	14641
VELD 7	3	665541		825065		171531		54890	
VELD 1	9	185595	107440	199202	54744	145864	193169	13062	47720
VELD 8	9	337538		121782		419046		80549	

GROVEDEN

STROOISEL

	BEH.	BACT	std	PLAN	std	SCHI	std	REST	std
VELD 1	0	964884	230836	71529	31817	445916	2117	53487	40438
VELD 7	0	1291335		116526		448911		110676	
VELD 2	3	990637	510300	181435	12239	531605	1753	44094	18099
VELD 8	3	1712310		164127		529126		69690	
VELD 3	9	1553096	256072	179203	46239	686946	24439	75197	27986
VELD 5	9	1190956		113811		652384		35619	

DOUGLAS

VELD 4	0	586658	175478	59713	21946	365614	145874	39298	12917
VELD 6	0	834822		28677		159317		21030	
VELD 1	3	965989	329276	95337	8092	318258	53210	45481	9577
VELD 7	3	1431655		106781		393507		59025	
VELD 3	9	1251678	29500	85066	14277	340262	12274	60656	13729
VELD 8	9	1293398		105256		322903		80072	

ZOMEREIK

VELD 3	0	639962	45500	339999	29129	479971	143743	77404	20008
VELD 5	0	575615		298804		276688		49108	
VELD 2	3	1193704	274057	351671	80643	204347	125828	69461	97664
VELD 7	3	806130		465718		382295		207579	
VELD 1	9	830149	789110	315540	206967	315540	602437	194651	137639
VELD 8	9	1946120		608236		1167515		0	

BIJLAGE 5

Dichtheden nematoden per m² van vier trofische groepen op 19 weken (t=2) na de bekalking (augustus 1988).

BODEM

GROVEDEN

	BEH.	BACT	std	PLAN	std	SCHI	std	REST	
VELD 1	0	304130	6195	209085	73402	209085	73402	0	44249
VELD 7	0	312891		312891		312891		62578	
VELD 2	3	367928	44462	236469	91068	341675	63969	26253	18564
VELD 8	3	305049		107680		251209		0	
VELD 3	9	343759	9572	229149	86252	133688	6120	0	0
VELD 5	9	357296		107171		125033		0	

DOUGLAS

VELD 4	0	312997	10958	69335	76730	243002	65305	34998	4350
VELD 6	0	328494		177847		150647		41149	
VELD 1	3	489687	132693	222585	50397	489687	254792	0	7553
VELD 7	3	302032		151313		129357		10681	
VELD 3	9	425594	26486	156430	67881	269164	5526	22722	16067
VELD 8	9	463051		60432		261349		0	

ZOMEREIK

VELD 3	0	139606	100893	136617	68322	95632	255150	40558	8152
VELD 5	0	282290		233240		456469		29030	
VELD 2	3	557645	44367	637050	42014	424099	37157	133546	79540
VELD 7	3	494900		577634		371551		21060	
VELD 1	9	340879	36821	319739	66967	594557	128825	55492	40726
VELD 8	9	392952		225034		412371		113088	

STROOISEL

GROVEDEN

	BEH.	BACT	std	PLAN	std	SCHI	std	REST	std
VELD 1	0	897401	152552	81582	38431	358960	125194	21755	15383
VELD 7	0	681659		135932		181909		0	
VELD 2	3	611265	2394	102575	26007	303539	48672	29307	31357
VELD 8	3	607880		65796		234706		73653	
VELD 3	9	606898	325402	48120	66823	290682	121304	35353	7808
VELD 5	9	1067086		142622		462232		46395	

DOUGLAS

VELD 4	0	1176932	4832	103639	51787	197787	4480	28320	1472
VELD 6	0	1183765		30401		204122		30401	
VELD 1	3	1007205	1009	117959	32902	440552	96983	31924	16273
VELD 7	3	1008632		71429		303397		8911	
VELD 3	9	810588	41594	47735	7828	262259	18708	7899	13797
VELD 8	9	869411		36665		235802		27411	

ZOMEREIK

VELD 3	0	776354	21711	487389	275413	379871	143201	115550	20079
VELD 5	0	745650		97897		582388		87154	
VELD 2	3	1207730	312754	431346	34486	201320	50349	86115	39981
VELD 7	3	765428		480116		272525		142656	
VELD 1	9	528238	248070	112775	74252	201822	303	59365	183525
VELD 8	9	879061		217783		202250		318909	

BIJLAGE 6 Dichtheden nematoden per m² van de voedselgroepen
t= 3 (november 1988)

BODEM

GROVEDEN

	BEH.	BACT	std	PLAN	std	SCHI	std	REST	std
VELD 1	0	108733	183696	157089	2526	108733	259711	0	0
VELD 7	0	368519		153516		476021		0	
VELD 2	3	401544	177454	238745	122522	173625	44069	0	0
VELD 8	3	150585		65472		111302		0	
VELD 3	9	240094	62443	92348	23146	166196	157815	0	0
VELD 5	9	328401		125082		389380		0	

DOUGLAS

VELD 4	0	285774	72133	61441	21638	347216	212977	20719	14650
VELD 6	0	183763		92042		46021		0	
VELD 1	3	92062	133047	259663	39360	41703	24407	0	0
VELD 7	3	280219		203999		76219		0	
VELD 3	9	242740	49960	178126	4270	161827	16946	0	0
VELD 8	9	172087		172087		137862		0	

ZOMEREIK

VELD 3	0	133407	120162	206257	5720	100624	349226	15025	2013
VELD 5	0	303341		198168		594504		12178	
VELD 2	3	726098	93553	1452197	619968	151471	135296	74533	39717
VELD 7	3	593794		575429		342809		18365	
VELD 1	9	847803	307589	688840	296263	345401	167634	80463	5884
VELD 8	9	412806		269860		582471		72141	

STROOISEL

GROVEDEN

	BEH.	BACT	std	PLAN	std	SCHI	std	REST	std
VELD 1	0	625745	65062	208582	102964	469637	50089	9183	3666
VELD 7	0	533733		62969		398801		3998	
VELD 2	3	915289	253030	173755	13369	266788	150782	10945	7739
VELD 8	3	557451		154847		480027		0	
VELD 3	9	727783	193647	25014	40229	401412	70895	38116	58715
VELD 5	9	1001640		81906		501673		121152	

DOUGLAS

VELD 4	0	559749	146485	88853	37226	195460	6568	17753	3240
VELD 6	0	766910		141499		186171		22336	
VELD 1	3	872545	203159	55925	25161	190145	27366	11185	2543
VELD 7	3	1159855		91509		228846		7589	
VELD 3	9	788028	122942	65652	34989	164181	70359	0	5717
VELD 8	9	614163		16170		64678		8085	

ZOMEREIK

VELD 3	0	740799	248575	543230	126608	329225	53313	98613	16061
VELD 5	0	1092337		364178		404621		121327	
VELD 2	3	589340	62182	367263	118807	170855	173625	34264	17804
VELD 7	3	501402		535282		416398		59442	
VELD 1	9	699407	114987	273670	1011	220452	264	114018	67687
VELD 8	9	862023		275099		220079		18294	

BIJLAGE 7 Gemiddelde pH H₂O en KCl van behandelde veldjes van de drie verschillende bossen.

ZOMEREIK	pH H ₂ O				(weken)	pH KCl			
	0	6	19	32		0	6	19	32
bodem/kalk									
0	4.6	4.7	4.6	4.5		3.6	3.6	3.5	4.4
3	4.6	4.7	4.7	4.5		3.5	3.8	3.6	3.5
9	4.6	4.7	4.8	4.6		3.5	4.0	3.7	3.5
strooisel									
0	4.0	4.9	4.4	4.4		3.3	3.3	3.1	3.1
3	4.7	6.9	6.5	6.3		3.3	6.2	5.8	5.4
9	4.7	7.6	7.0	7.2		3.3	6.7	6.4	6.4

GROVEDEN

bodem/kalk	0				6				19				32			
	0	6	19	32	0	6	19	32	0	6	19	32	0	6	19	32
0	3.7	4.3	4.2	4.1	3.2	3.3	3.2	3.1	3.2	3.3	3.2	3.1	3.2	3.3	3.2	3.1
3	4.3	4.3	4.2	4.1	3.1	3.3	3.3	3.1	3.1	3.3	3.3	3.1	3.1	3.3	3.3	3.1
9	4.3	4.4	4.3	4.2	3.2	3.4	3.3	3.2	3.2	3.4	3.3	3.2	3.2	3.4	3.3	3.2
strooisel																
0	4.7	4.7	4.6	4.4	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8
3	4.7	6.0	5.8	5.4	2.9	5.2	5.0	4.2	2.9	5.2	5.0	4.2	2.9	5.2	5.0	4.2
9	4.7	7.0	7.2	7.0	3.4	6.4	6.5	6.3	3.4	6.4	6.5	6.3	3.4	6.4	6.5	6.3

DOUGLAS

bodem/kalk	0				6				19				32			
	0	6	19	32	0	6	19	32	0	6	19	32	0	6	19	32
0	4.3	4.3	4.3	4.2	3.5	3.5	3.4	3.2	3.5	3.5	3.4	3.2	3.5	3.5	3.4	3.2
3	4.4	4.4	4.3	4.2	3.5	3.5	3.5	3.4	3.5	3.5	3.5	3.4	3.5	3.5	3.5	3.4
9	4.3	4.3	4.4	4.2	3.5	3.5	3.6	3.4	3.5	3.5	3.6	3.4	3.5	3.5	3.6	3.4
strooisel																
0	4.2	4.2	4.2	3.9	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7
3	4.2	5.9	5.4	5.1	2.8	5.0	4.4	4.0	2.8	5.0	4.4	4.0	2.8	5.0	4.4	4.0
9	4.1	6.2	6.4	6.3	2.8	5.9	5.6	5.3	2.8	5.9	5.6	5.3	2.8	5.9	5.6	5.3

BIJLAGE 8 Nematoden genera van groveden minerale laag op t= 0, totaal aantal gedetermineerde nematoden van zes onbehandelde velden (10 % van het mengmonster).

GROVEDEN BODEM

NEMATODENGENERA		aantallen	%
1.	Indet	4.0	0.8
2.	Acrobelloides nanus	b	63.0
3.	Alaimus sp.	b	4.0
4.	Cervidellus serratus	b	27.0
5.	Drilocephalobus moldavicus	b	83.0
6.	Metateratocephalus crassidens	b	1.0
7.	Eumonhystera sp.	b	5.0
8.	Plectus spp.	b	19.0
9.	Prismatolaimus intermedius	b	1.0
10.	Rhabditis sp.	b	1.0
11.	Teratocephalus sp.	b	1.0
12.	Wilsonema othophorum	b	16.0
13.	Steinernema sp.	i	5.0
14.	Aporcelaimellus obtusicaudatus	o	0.0
15.	Eudorylaimus sp.	o	2.0
16.	Filenchus spp.	p	128.0
17.	Trichodorus sp.	p	7.0
18.	Aphelenchoides spp.	s	110.0
19.	Cephalenchus hexalineatus	s	25.0
20.	Ditylenchus sp.	s	0.0
21.	Tyloilaimophorus typicus	s	26.0
Totaal		528.0	100.0

BIJLAGE 9 Nematoden genera van groveden strooisel op t=0,
 totaal aantal gedetermineerde nematoden van zes onbehandelde
 velden (10 % van het mengmonster).

GROVEDEN STROOISEL

NEMATODENGENERA		aantallen	%
1.	Indet	7.0	0.5
2.	Acrobelloides nanus	b 47.0	3.4
3.	Alaimus sp.	b 15.0	1.1
4.	Bastiana sp.	b 3.0	0.2
5.	Bunonema richtersi	b 8.0	0.6
6.	Bursilla monhystera	b 34.0	2.4
7.	Domorganus sp.	b 3.0	0.2
8.	Eumonhystera sp.	b 5.0	0.4
9.	Heterocephalobus elongatus	b 1.0	0.1
10.	Metateratocephalus crassidens	b 108.0	7.8
11.	Panagrolaimus rigidus	b 27.0	1.9
12.	Plectus sp.	b 274.0	19.7
13.	Prismatolaimus intermedius	b 4.0	0.3
14.	Prodesmodora arctica	b 22.0	1.6
15.	Teratocephalus terrestris	b 80.0	5.8
16.	Teratocephalus tenuis	b 13.0	0.9
17.	Wilsonema otophorum	b 111.0	8.0
18.	Eudorylaimus sp.	o 16.0	1.2
19.	Filenchus spp.	p 113.0	8.1
20.	Helicotylenchus sp.	p 1.0	0.1
21.	Lelenchus leptosoma	p 2.0	0.1
22.	Malenchus sp.	p 7.0	0.5
23.	Aphelenchoides spp.	s 401.0	28.9
24.	Cephalenchus hexalineatus	s 29.0	2.1
25.	Ditylenchus sp.	s 47.0	3.4
26.	Seinura sp.	s 4.0	0.3
27.	Tyrolaimophorus typicus	s 7.0	0.5
Totaal		1389.0	100.0

BIJLAGE 10 Nematoden genera van Eik minerale laag op t=0,
 totaal aantal gedetermineerde nematoden van zes onbehandelde
 velden (10 % van het mengmonster).

EIK MINERALE LAAG

NEMATODENGENERA		aantallen	%
1.	Indet	4.0	0.8
2.	Acrobeloides nanus	b	91.0
3.	Cervidellus serratus	b	51.0
4.	Drilocephalobus moldavicus	b	1.0
5.	Heterocephalobus sp.	b	1.0
6.	Metateratocephalus crassidens	b	38.0
7.	Plectus spp.	b	7.0
8.	Prismatolaimus intermedius	b	3.0
9.	Pristionchus lheritieri	b	1.0
10.	Protorhabditis sp.	b	5.0
11.	Teratocephalus spp.	b	7.0
12.	Wilsonema othophorum	b	7.0
13.	Dotylyphus ruehmi	i	0.0
14.	Insecteparasiet	i	22.0
15.	Steinernema sp.	i	18.0
16.	Mesodorylaimus sp.	o	10.0
17.	Eudorylaimus sp.	o	2.0
18.	Ecphyadophora sp.	p	1.0
19.	Filenchus spp.	p	52.0
20.	Helicotylenchus pseudorobustus	p	1.0
21.	Lelenchus leptosoma	p	1.0
22.	Paratylenchus sp.	p	20.0
23.	Trichodorus sp.	p	1.0
24.	Xenocriconemella macrodora	p	45.0
25.	Aphelenchoides sp.	s	29.0
26.	Cephalenchus hexalineatus	s	38.0
27.	Ditylenchus sp.	s	7.0
28.	Tylencholaimus sp.	s	3.0
29.	Tyrolaimophorus typicus	s	44.0
Totaal		510.0	100.0

BIJLAGE 11

EIKENBOS STROOISEL

Nematodengenera van Eikstrooisel op t= 0,
 totaal aantal gedetermineerde nematoden van zes
 onbehandelde velden (10 % van het mengmonster).

NEMATODENGENERA		aantallen	%
1.	Indet	7.0	0.6
2.	Acrobeloides nanus	b 20.0	1.7
3.	Bunonema richtersi	b 11.0	0.9
4.	Cervidellus serratus	b 17.0	1.4
5.	Drilocephalobus moldavicus	b 2.0	0.2
6.	Eumonhystera sp.	b 156.0	13.0
7.	Heterocephalobus longicaudatus	b 32.0	2.7
8.	Metateratocephalus crassidens	b 80.0	6.7
9.	Panagrolaimus sp.	b 9.0	0.8
10.	Plectus spp.	b 141.0	13.5
14.	Rhabditis sp.	b 45.0	3.8
15.	Teratocephalus terrestris	b 41.0	3.4
16.	Wilsonema otophorum	b 67.0	5.6
18.	Steinernema sp.	i 4.0	0.4
19.	Aporcelaimellus obtusicaudatus	o 1.0	0.1
20.	Eudorylaimus sp.	o 12.0	1.0
22.	Filenchus spp.	p 82.0	6.9
23.	Heterodera sp.	p 1.0	0.1
24.	Lelenchus leptosoma	p 1.0	0.1
25.	Malenchus sp.	p 1.0	0.1
26.	Paratylenchus sp.	p 3.0	0.3
28.	Xenocriconemella macrodora	p 1.0	0.1
29.	Aphelenchoides spp.	s 297.0	24.8
30.	Cephalenchus hexalineatus	s 15.0	1.3
31.	Deladenus durus	s 28.0	2.3
32.	Ditylenchus spp.	s 75.0	6.3
34.	Tylencholaimus sp.	s 2.0	0.2
35.	Tyloilaimophorus typicus	s 27.0	2.3
Totaal		1198.0	100.0

BIJLAGE 12 Nematodengenera in douglas minerale laag op t=0,
 totaal aantal gedetermineerde nematoden van zes
 onbehandelde velden (10 % van het mengmonster).

DOUGLAS BODEM

NEMATODENGENERA		aantallen	%
1.	Indet	2.0	0.6
2.	Acrobeloides nanus	b 75.0	23.1
3.	Cervidellus serratus	b 24.0	7.4
4.	Drilocephalobus sp.	b 13.0	4.0
5.	Metateratocephalus crassidens	b 3.0	0.9
6.	Plectus sp.	b 6.0	1.8
7.	Teratocephalus terrestris	b 11.0	3.4
8.	Wilsonema othophorum	b 6.0	1.8
9.	Steinernema sp.	i 5.0	1.5
10.	Eudorylaimus sp.	o 2.0	0.6
11.	Bitylenchus dubius	p 13.0	4.0
12.	Criconema sphagni	p 2.0	0.6
13.	Filenchus spp.	p 99.0	30.5
14.	Trichodorus sp.	p 3.0	0.9
15.	Aphelenchoides spp.	s 18.0	5.5
16.	Cephalenchus hexalineatus	s 30.0	9.2
17.	Diphterophora sp.	s 2.0	0.6
18.	Ditylenchus sp.	s 5.0	1.5
19.	Tyolaimophorus typicus	s 6.0	1.8
Totaal		325.0	100.0

BIJLAGE 13 Nematodengenera van douglas strooisel op t=0,
 totaal aantal gedetermineerde nematoden van zes
 onbehandelde velden (10 % van het mengmonster).

DOUGLAS STROOISEL

NEMATODENGENERA		aantallen	%
1.	Indet	4.0	0.5
2.	Acrobeloides nanus	b	35.0
3.	Bunonema richtersi	b	6.0
4.	Cervidellus serratus	b	1.0
5.	Drilocephalobus moldavicus	b	4.0
6.	Eumonhystera filliformis	b	4.0
7.	Heterocephalobus sp.	b	6.0
8.	Metateratocephalus crassidens	b	58.0
9.	Prismatolaimus intermedius	b	14.0
10.	Rhabditis sp.	b	14.0
11.	Teratocephalus spp.	b	213.0
12.	Wilsonema othophorum	b	38.0
13.	Steinernema sp.	i	2.0
14.	Eudorylaimus sp.	o	8.0
15.	Bitylenchus sp.	p	1.0
16.	Filenchus spp.	p	30.0
17.	Tylenchus sp.	p	1.0
18.	Aphelenchoides spp.	s	119.0
19.	Cephalenchus hexalineatus	s	31.0
20.	Ditylenchus spp.	s	43.0
21.	Tyrolaimophorus typicus	s	1.0
Totaal		754.0	100.0

BIJLAGE 14 Genera indeling en nummering gebruikt voor
TWINSPAN, DECORANA EN CANOCO

NEMATODENGENERA IN GROVEDEN, DOUGLAS EN ZOMEREIK
(strooisel en bodem)

NUMMER	SOORT	VOEDGR.	NUMMER	SOORT	VOEDGR.
1	Acrobeloides	B	28	Heterodera	P
2	Alaimus	B	29	Lelenchus	P
3	Bastiania	B	30	Malenchus	P
4	Bunonema	B	31	Paratylenchus	P
5	Bursilla	B	32	Pratylenchus	P
6	Cervidellus	B	33	Trichodorus	P
7	Domorganus	B	34	Tylenchus	P
8	Drilocephalobus	B	35	Xenocriconemella	P
9	Eumonhystera	B	36	Aporcelaimellus	R
10	Heterocephalobus	B	37	Chrysonemoides	R
11	Metateratocephalus	B	38	Diplogaster	R
12	Panagrolaimus	B	39	Dotylaphus	R
13	Plectus	B	40	Eudorylaimus	R
14	Prismatolaimus	B	41	Heterorhabditis	R
15	Pristionchus	B	42	Insekteparasiet	R
16	Prodesmodora	B	43	Mesodorylaimus	R
17	Protorhabditis	B	44	Mylonchulus	R
18	Rhabditis	B	45	Prionchulus	R
19	Rhabdolaimus	B	46	Steinernema	R
20	Teratocephalus	B	47	Aphelenchoides	S
21	Wilsonema	B	48	Cephalenchus	S
22	Bitylenchus	P	49	Deladenus	S
23	Criconema	P	50	Diphterophera	S
24	Ecphyadophora	P	51	Ditylenchus	S
25	Filenchus	P	52	Seinura	S
26	Helicotylenchus	P	53	Tylencholaimus	S
27	Hemicyclophora	P	54	Tyololaimophorus	S
			55	Cephalobus	B

Verklaring afkortingen voedselgroepen:

B : Bacterie-eters

P : Planteparasieten

S : Schimmeleters

R : Restgroep: Omnivoren, carnivoren en insekteparasieten

BIJLAGE 15

TWINSPAN tabel grove den minerale laag

GROVEDEN BODEM:

Bemonsteringstijdstip: 332342123441124131412234

Kalkbehandeling: 309993303903993099300300
(ton/ha)11112 122 2 1 2 1111
470618678232490153451239

Criconema	23	-----1-----	000
Trichodorus	33	-----2-----2-2223--1----	000
Aporcelaimellus	36	-----1-----	000
Steinernema	46	-----21--1-----	000
Prismatolaimus	14	2-2-2-----1-32-----	001
Helicotylenchus	26	-2-----2--1-----	001
Malenchus	30	23--1-----	001
Eudorylaimus	40	232--111--1-1-----2---	001
Alaimus	2	32-2-1-----1--12-1--2---	010
Rhabditis	18	--2--1-----1-----2-	010
Ditylenchus	51	322332-32-2--11--2--22	010
Plectus	13	-243-32322232323-22-2333	011000
Filenchus	25	554444444444545555555455	011000
Aphelenchoides	47	555354455555454545545455	011000
Acrobeloides	1	433554445543435454433433	011001
Cervidellus	6	22223333323233222123323-	011001
Drilocephalobus	8	4444445433354443444444-2	011001
Cephalenchus	48	233--432433-11-22224342-	01101
Tylolaimophorus	54	2-23-132-34222232122222-	01101
Wilsonema	21	-----1222223-31122222232	0111
Domorganus	7	--22--1-----1-22-	10
Eumonhystera	9	-----11-1----122--	11
Metateratocephalus	11	-----2-----11--212233	11
Panagrolaimus	12	-----1--2-----	11
Teratocephalus	20	-----1--2-32	11

000000000000000001111111
00000111111111110000011
0011100000011111100111
011111000011
00111

BIJLAGE 16 TWINSPAN tabel grove den strooisel

GROVEDEN STROOISEL:

Bemonsteringstijdstip: 122311132221123333444444
 Kalkbehandeling: 003003300399999339090339
 (ton/ha)

111 1 1 111122222
 512712637803496845913042

Alaimus	2	22121212-121111-----	000
Steinernema	46	-1-----	000
Bastiania	3	----1--1-----	001
Helicotylenchus	26	-----1-1-----	001
Eudorylaimus	40	122-1111222222322-----	001
Insekteparasiet	42	-----1----1--1-----	001
Metateratocephalus	11	4332333322433323221-1--2	01
Teratocephalus	20	233-33343123332312212212	01
Tylolaimophorus	54	--1----111-2111-11----11	01
Prismatolaimus	14	1332----1-2-1-12-21-1-22	1000
Bunonema	4	----111-1--1-----2---	10010
Plectus	13	45555445554455544444534	100110
Wilsonema	21	443333333423322244434342	100110
Filenchus	25	33344333243333333413442	100110
Panagrolaimus	12	132-22133312132234213332	100111
Prodesmodora	16	-11--13112232222-2-1222	100111
Aphelenchoides	47	44445555555555555555455	100111
Ditylenchus	51	211-132211-222212322--2	100111
Acrobeloides	1	21242222123133343353434	1010
Bursilla	5	222211121113213322142234	1010
Domorganus	7	1-----1-----11--1--1	1010
Cephalenchus	48	3322211111-1112212233122	1010
Lelenchus	29	-112--1-1-----12	1011
Cervidellus	6	-----1-----1	110
Malenchus	30	1----2-----1--11--	110
Seinura	52	1-----1-----1--	110
Eumorphystera	9	111-----11-1-1-1111-2	1110
Heterocephalobus	10	-----1-----1	1110
Cephalobus	55	-----1-----1--	1110
Rhabdolaimus	19	-----1--2	1111
Deladenus	49	-----22----	1111

00000000000000000000111111
 00001111111111111000001
 0000000111111100011
 00001110000011
 00111

BIJLAGE 17 TWINSPAN tabel Douglas spar strooisel

DOUGLAS SPAR STROOISEL:

Bemonsteringstijdstip: 112311232312224414343344
 Kalkbehandeling: 030390339099030330939099
 (ton/ha) 1 111 1122 2111122
 319724732568012351894640

Heterocephalobus	10	11-1212----	1-----	000
Criconema	23	-----	2-----	0010
Trichodorus	33	-----	1-----	0010
Tylenchus	34	-----	1-----	0010
Bunonema	4	-11-1----	1111112-----	0011
Ditylenchus	51	122-33222--	2122241---1--	0011
Drilocephalobus	8	-----	21-11-1-111-1----	3 01000
Metateratocephalus	11	42334432333333212212222-		01001
Panagrolaimus	12	--122-2131-2-1-111-2-1--		01001
Eudorylaimus	40	1-2--2212122222112211-1-		01001
Aphelenchoides	47	444454454344444444234332		01001
Plectus	13	544344445543443444443333		01010
Teratocephalus	20	45555454455555553455555		01010
Wilsonema	21	233323442432334234333334		01010
Filenchus	25	333322333323234314232222		01010
Steinernema	46	2--1--1----	1-----2--	01011
Prismatolaimus	14	--121-2234343332443323-		011
Acrobeloides	1	242332322222123323443344		10
Rhabditis	18	1--1111211-21--1322-1222		10
Bitylenchus	22	1-----	-----2	10
Cephalenchus	48	2444-3322222132224433224		10
Eumonhystera	9	---112121----	124-233324-	110
Lelenchus	29	---1-----	-----1-----	110
Tylolaimophorus	54	-----2-1-----	1-12-1--	110
Cervidellus	6	-1-----	-----211----	111
Deladenus	49	-----1-----	-----21--2	111

000000000000000001111111
 000000011111111110000001
 0111111000000001011111
 00011100000011 00111
 0111111
 001111

BIJLAGE 18 TWINSPAN tabel Douglas spar minerale laag

DOUGLAS SPAR BODEM:

Bemonsteringstijdstip: 412124333112434311222344
 Kalkbehandeling: 999333309030990090930303
 (ton/ha)

2 1 1111 2121 11122
 462179358359041624810723

Rhabdolaimus	19	-----222-----	00
Ecphyadophora	24	-----2-----	00
Xenocriconemella	35	-----2-----	00
Ditylenchus	51	--3---333-12-3-22---12-2	00
Trichodorus	33	3---22-2--2-----212--	01000
Acrobeloides	1	555554555544455454544445	01001
Cervidellus	6	-3333--343342324433313--	01001
Aphelenchoides	47	-22224423431222233131--3	01001
Cephalenchus	48	53344-455535535242321442	01001
Drilocephalobus	8	33332322---2-3324-332253	0101
Filenchus	25	-55555433-55542435554555	0101
Wilsonema	21	-----33-2-234-2232-23--	011
Bitylenchus	22	---322---3233-23-44-12--	011
Diphterophora	50	-----11-----2-----	011
Tyololaimophorus	54	-----22-2332444-21322-2	011
Plectus	13	-22242-22--233-223334232	10
Criconema	23	-22-----2---12-3-	10
Steinernema	46	-----3--1--222321-12--	110
Teratocephalus	20	----2---2-2-223234135433	1110
Metateratocephalus	11	-----22112--2	11110
Prismatolaimus	14	-----2--2143--	11110
Domorganus	7	-----2-----	11111
Eumonhystera	9	-----2-----	11111
Panagrolaimus	12	-----1-----	11111
Eudorylaimus	40	-----222--1---	11111

000000000000000111111111
 000000111111111000000011
 011111000000110000011
 001110001111 01111

BIJLAGE 19 TWINSPAN tabel zomereik minerale laag

ZOMEREIK BODEM:

Bemonsteringstijdstip: 123444344333341122121122

Kalkbehandeling: 993309303900993939000303

(ton/ha)

Monsternummer:

		122212211111	1	11	
		177024413356892682394501			
Drilocephalobus	8	11--22-----			00000
Ditylenchus	51	331-1--111-----			00000
Protorhabditis	17	33-31322211-2-----			00001
Ecphyadophora	24	113----1----2-----			00001
Hemicycliophora	27	-----1-----			00001
Diplogaster	38	-----2-----			00001
Eudorylaimus	40	1112--21123131----11----			00010
Eumonhystera	9	--122-2121232-----			000110
Criconema	23	--2-222-1---21-----			000110
Trichodorus	33	1--2212112232---1-----			000110
Aporcelaimellus	36	----1-2-----			000110
Alaimus	2	-----1-----			000111
Rhabdolaimus	19	-----13-2-----			000111
Pratylenchus	32	-----1-----			000111
Chrysonemoides	37	-----1-----			000111
Prismatolaimus	14	11311122-2313-1111-----			001
Tylencholaimus	53	--12--2122-1221-1-22----			010
Plectus	13	112222223233242121--2222			0110
Filenchus	25	525543434444453333223232			0110
Cervidellus	6	3323213333322344342242-2			0111
Gephalenchus	48	114255433525422323224545			0111
Tylolaimophorus	54	442243442444442423333434			0111
Heterocephalobus	10	---1-----1-----			10
Teratocephalus	20	1122-2212-1---2-2-22----			10
Xenocriconemella	35	--15-355434--242455----			10
Insekteparasiet	42	2222-22-2-12--4141--2222			10
Acrobeloides	1	444244334433444434445555			1100
Aphelenchoides	47	222-32-23322323434223333			1100
Metateratocephalus	11	221---213-2-2-2323444242			1101
Wilsonema	21	11-----12---111122-2-2			1101
Steinernema	46	22-12----2222-2222232323			1101
Lelenchus	29	--1-----1-1-----			1110
Mesodorylaimus	43	22-1-----1212221-1-			1110
Pristionchus	15	-----1-1-----			1111
Helicotylenchus	26	-----1-1-----			1111
Paratylenchus	31	--2-----323233-2-2			1111

000000000000001111111111

001111111111110000001111

000011111111000011

00000001

0001111

BIJLAGE 20 TWINSPAN tabel Zomereik strooisel

ZOMEREIK STROOISEL:

Bemonsteringstijdstip:	334434443342222221112111	
Kalkbehandeling:	390903039090399309033309	
(ton/ha)		
	11221222111111	1
	782450133690127891454236	
Bastiania	3	----1----2----- 00000
Hemicycliophora	27	-----1----- 00000
Dotylaphus	39	----1----1----- 00000
Cephalobus	55	----1----- 00000
Rabdolaimus	19	22233221----- 00001
Prionchulus	45	1--1--2-----1----- 00001
Lelenchus	29	11--11--1-1----1----1-- 0001
Xenocriconemella	35	----2232-----1-2-----1- 0001
Prodesmodora	16	----1---11-1221----1--- 00100
Domorganus	7	-----1----- 00101
Criconema	23	-----11----- 00101
Trichodoros	33	-----1-----11----- 00101
Insekteparasiet	42	11--1--1111322--2--1-- 00101
Prismatolaimus	14	23-312-111211223----- 0011
Cephalenchus	48	424322233432122--1132-1- 010
Acrobeloides	1	134432324331222211132111 01100
Filenchus	25	542445553344434442234334 01100
Aporcelaimellus	36	2-----1--1-----1- 01100
Eudorylaimus	40	13--221222232232121-121- 01100
Plectus	13	4433343343434434344544 01101
Mesodorylaimus	43	2-----1-----1--- 01101
Deladenus	49	224223222234322331333121 01101
Tylencholaimus	53	2-----1-----1-----11 01101
Paratylenchus	31	----1-----1-1-----1- 0111
Bunonema	4	--2--111--1-1-2121-1-112 1000
Metateratocephalus	11	3322212-2114324442422333 1000
Teratocephalus	20	-241122323232332232222 1001
Aphelenchoides	47	333344444544554354553555 1001
Tylolaimophorus	54	143-11212223112212222121 1001
Cervidellus	6	-1-1113211-21222-222221- 1010
Rhabditis	18	11-23221222121221223332- 1010
Wilsonema	21	2133223-2423232314323332 1010
Drilocephalobus	8	---2-----1--1--1-- 1011
Eumonhystera	9	442333234342223214434444 1011
Panagrolaimus	12	---2-----12-11---1-1--3 1011
Heterocephalobus	10	1123--12111-1212-23332-2 110
Steinernema	46	-1---1--1--1--1--1--111- 1110
Malenchus	30	-----1--1--- 11110
Heterorhabditis	41	-----1----- 11110
Ditylenchus	51	-----334-313 11110
Heterodera	28	-----1-- 11111
Tylenchus	34	-----1 11111
		000000000000000001111111
		000000000001111110000111
		00111111111000001
		00111111100011
		0000111

BIJLAGE 21 TWINSPAN tabel van strooisel van de drie bostypen

	groveden	douglas	zomereik
(* = zomereik monster)			*
mnstr	11111111111111111111111111111111		1 11111111111111111111 1
nr	44434432222222223333233377778888788788889990989991201111111000000019990		
	204913725613479012368458346591497588203734522601680934215679347856107890		
SPEC			
2	-----2111111-1211211-----		
34	-----1-----		
52	-----1--11-----		
4	423142212112211122231222-----		
7	1----1--11-----1-1-----		
16	1122-1--1-23112113212-2-----1-11--1111--1----		
12	133213-11122133132323342-1--1122111--2111-12--2--2--1-2-----11--1--1		
30	----11-21-----1-----		
51	2--322-32212212-112111212331122-421-121-1223-----4-3313		
1	443353422222123212221433331132232232122233314343444413333232122211321111		
48	112233213121111-221211113-32342422211232422-33432433324222231-11-1321-11		
3	-----2-1-111-1-----11--1--1--1111--112-----2-----1111111-2-1-111-		
11	1--1-12343333234333222224443333222323332213-2122223312112-443244222334		
25	24441343334332333334323322333321321223344342223324344344555444344342332		
40	-----11112122211112223--11122-21-22221221--1211--213122112322213-11211		
5	-----1-----1-----		
29	2-1--2--1--1--11-----1-----1-----111-111--1-----1--		
13	443444554454455555455445444544534434434543443344333444234433344433444533		
21	23443423423323223332344232323322232332244421333333321142223-232312134333		
47	54555545455555554555555455444444534444344452423333433544444435554534555		
8	-----2-1-1-----111111-3-----2-----1-----1-1		
14	2-21-12-1--11-233-1--22-1--212212233434433--3433-31131112-12312-1-----		
20	221212-323333332334211135554454555455554355255455412-1312223332323122223		
23	-----2-----1-1-----		
46	-----1-----1--1-12-1-----11--1--1--1--1111-		
9	21-111--1--11--11-1-1--12-1-11-21--1-2244-323423444333323321212344444		
10	1-----1-----11112--1-----1-----2-----231111-1-121111--2321-3		
18	-----1111-11212-11-12-1-211-2-2211222121222111332322		
54	1-1-----2111--111111-----111--1--1--12-3-214212111121113222112		
33	-----1-----1-----		
31	-----1-----1-1--1-1-----		
36	-----2-1-----1-----1-		
42	-----11-1-----111111--1--2223-1-----		
43	-----2-----1-----1-----		
19	-----23-11-3-211-----		
35	-----2-1311--2-----1-		
39	-----11-----		
45	-----1-1-----1-----1-----		
6	1-----1-----1-----2-----11--11-111-1222211-1112212		
49	---22-----1--121-2-42222222322233233231113		
53	-----1-----11-----1-----1-		

BIJLAGE 22 TWINSPAN tabel van de minerale laag van de drie bostypen
 Monsternummer:

	groveden		douglas		zomereik	
	**	*	*			
111	15611	11226	12 126	2767455556566656556722434443344444333332223		
SPEC	039291404767868131452215073419291735802368526940583702698578411462356790					
22	-----	-----	-----	2---2-333223-----	1134-3-----	-----
50	-----	-----	-----	-----	11-----	-----
7	22-----	1--2-----	12-----	-----	-----	-----
8	4-254433445444343244433443443333-	2-2-432-21-33251-----	2-----	-----	-----	-----
12	-----	-----	-----	1--2-----	-----	-----
2	---1-1--32--12-----	1-1-1-----	-----	-----	-----	-----
26	-----	2-----	1-----	1-----	-----	-----
30	-----	23--1-----	-----	-----	-----	-----
21	-32331----	121-2-23-222121-22----	22----	22--3243-2332-2-1--1--2-----	12-1--1221	-----
47	555555115545435554444544445532-	24122232231-3132-22231232-232-23253133234	-----	-----	-----	-----
1	33333355434445554543444554445555445455554445443454434433344244222343454	-----	-----	-----	-----	-----
25	45544555554444444455445555552-5-	455534334555545535444444343555514353223	-----	-----	-----	-----
51	222-1--332-3232323-----	1--22----	21--233311--2-3--1--1--11--12223-1----	-----	-----	-----
6	23-23333253332333-3322122-12-2-3343324334132334-	343321233331324233344224	-----	-----	-----	-----
13	43333211-213332-1-2-223-22222--1-2-	432322412332212422223122222333312-21	-----	-----	-----	-----
48	32--123323324-4-34144322--2225545524543551423224142554524335243543112253	-----	-----	-----	-----	-----
54	22-221--2-3213--422213322-1224--232-2-41-222133-3334444444232234----	2344	-----	-----	-----	-----
20	-32--1-----	1-23----	22232-254313221-----	1212222-111-121--	-----	-----
33	---22-----	1-----	1-2322----	3--22--1-11--1--1--222211112-122121----	-----	-----
40	22-112----	1113-----	1--221-----	2--2211113--132121--1-1--1	-----	-----
9	---1-2-----	112--1-----	-----	2--13122112-21-1--1--1--	-----	-----
14	2--1--2-----	2-----	32-----	43-212-1--2131222-11311-1--1-1--1	-----	-----
19	-----	2-----	-----	22-----	1-2-2-----	-----
23	-----	22-----	-----	2--122--1--22-2-12-21231-----	-----	-----
11	-33-11-----	1-----	11--1--22-----	2--2-211--23--2-2213--1-1-1-12423	-----	-----
24	-----	-----	-----	2-----	1--1--1--3--1-----	-----
46	---2-----	1--1-----	2--1--323-1121-2-22-11222----	1-1232212232	-----	-----
15	-----	-----	-----	-----	1--1--1--	-----
18	22-----	1-----	1-----	-----	222333----	-----
29	-----	-----	-----	-----	1-1-211--1	-----
27	-----	-----	-----	-----	1-----	11----
31	-----	-----	-----	-----	21112313322	-----
43	-----	-----	-----	-----	21-----	1-----
10	-----	-----	-----	-----	1-----	1--
35	-----	-----	-----	2-----	3--45543412--35425-4	-----
36	-----	1-----	-----	-----	1-2-----	13----
42	-----	-----	-----	-----	22--1--11-2222--31-14-21	-----
17	-----	-----	-----	-----	3--1-11122233-----	-----
53	-----	-----	-----	-----	2211--212-211-1--111--	-----

* = douglas monsterpunten

Bijlage 23 Procentuele verdeling van 6 dominante genera in de minerale laag van 3 bostypen bij verschillende behandelingen op vier tijdstippen. Waarden zijn een gemiddelde van twee duplovelden.

DOUGLAS

tijd (weken) behandeling	0 ton/ha				3 ton/ha				9 ton/ha			
	0	6	19	32	0	6	19	32	0	6	19	32
Acrobeloides	26	13	19	18	22	22	21	23	25	27	28	24
Plectus	2	9	5	2	1	9	1	2	3	5	4	4
Cervidellus	5	6	11	2	6	6	3	0	10	6	10	1
Aphelenchoides	11	1	4	1	4	5	5	5	4	1	5	9
Cephalenchus	14	15	15	21	8	11	17	1	10	7	13	25
Filenchus	13	15	12	13	42	30	20	49	23	43	12	13

ZOMEREIK

Acrobeloides	28	6	7	13	16	10	10	8	12	9	11	17
Plectus	1	6	6	3	2	5	2	4	1	5	3	9
Cervidellus	7	8	5	5	12	9	6	7	11	10	4	5
Aphelenchoides	4	3	2	5	8	8	12	4	7	15	5	2
Cephalenchus	7	13	18	20	19	4	12	5	4	12	19	18
Filenchus	5	14	17	12	5	23	16	29	18	16	12	20

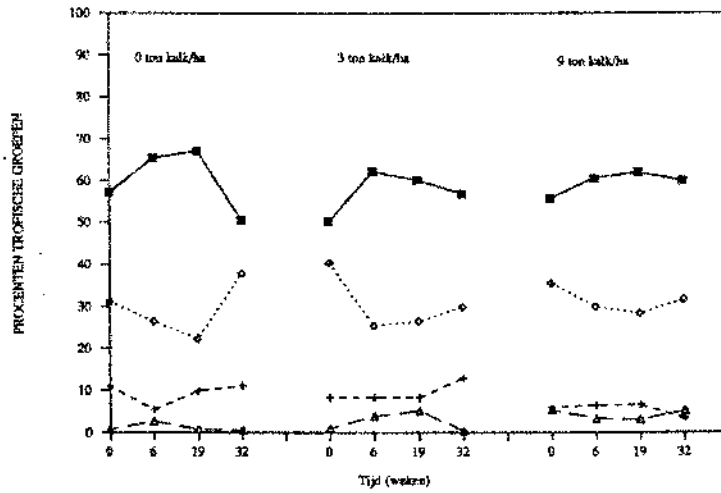
GROVEDEN

Acrobeloides	12	11	9	11	9	13	22	19	14	9	32	23
Plectus	4	4	4	4	4	7	1	3	3	11	3	2
Cervidellus	5	8	4	3	6	6	4	3	5	5	3	6
Aphelenchoides	18	20	17	25	19	21	24	15	25	24	11	29
Cephalenchus	9	4	5	5	3	14	7	2	2	4	1	4
Filenchus	27	20	25	28	18	17	19	21	29	19	23	17

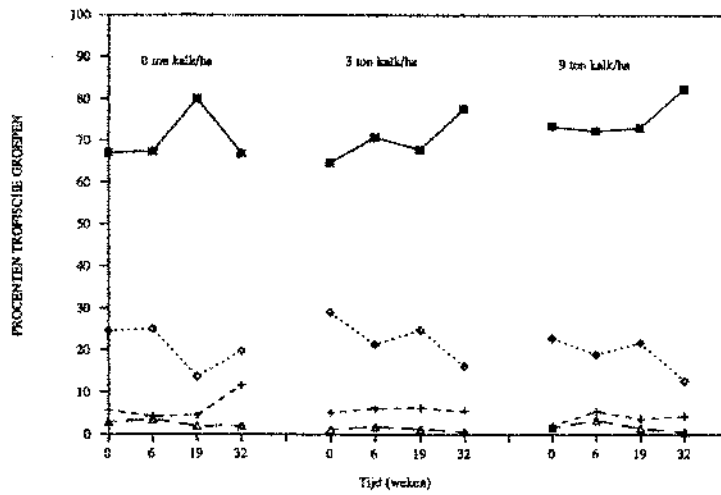
Bijlage 24

Procentuele verdeling van 4 nematoden-voedselgroepen van drie verschillende kalkbehandelingen in de strooisellaag van drie bostypen over 32 weken.

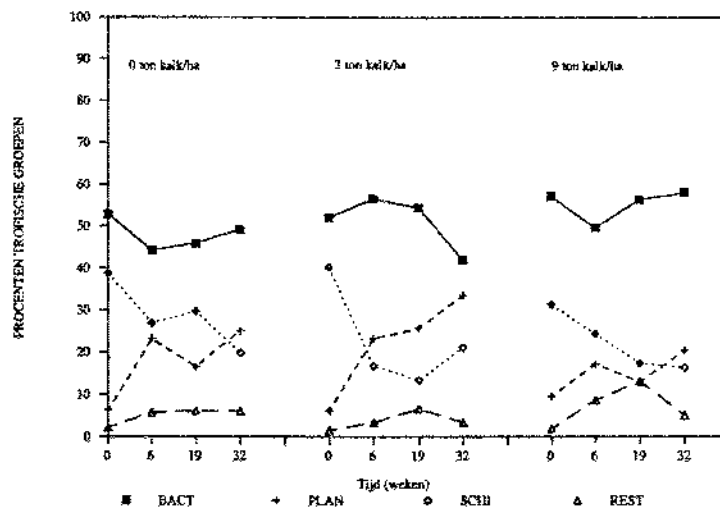
groveden



douglas



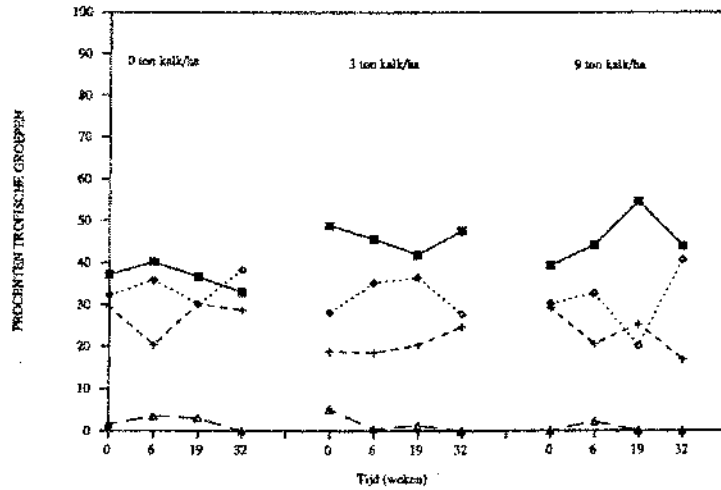
zomereik



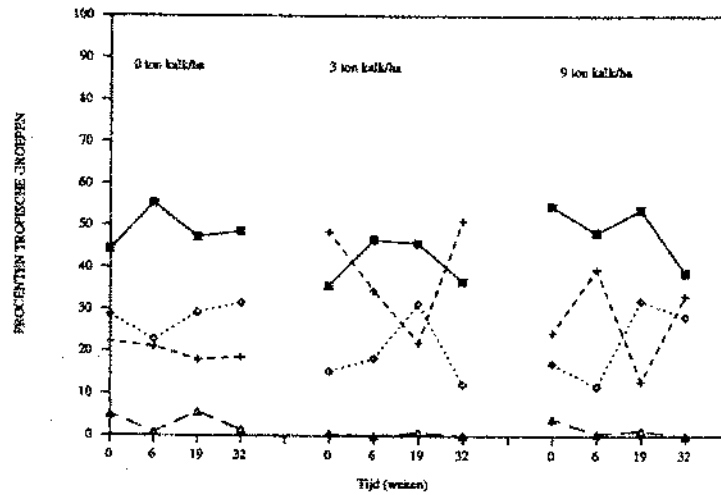
Bijlage 25

Procentuele verdeling van 4 nematoden-voedselgroepen van drie verschillende kalkbehandelingen in de minerale laag van drie bostypen over 32 weken.

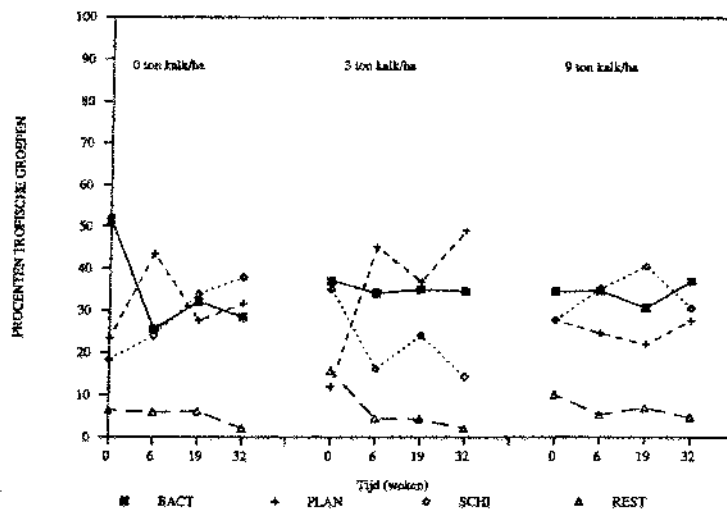
groveden



douglas



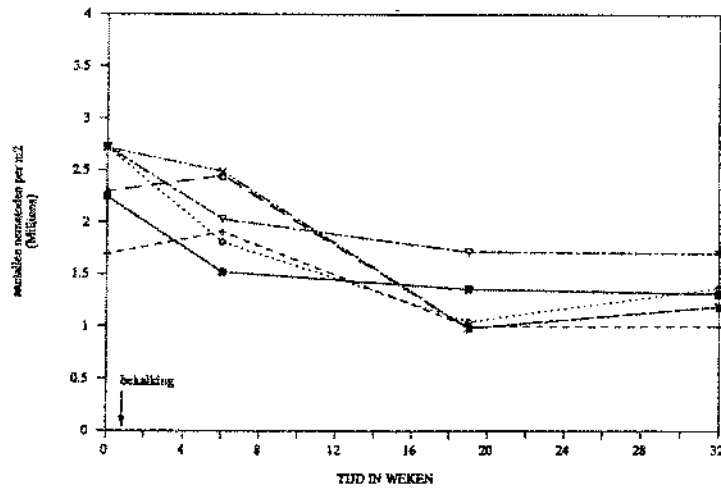
zomereik



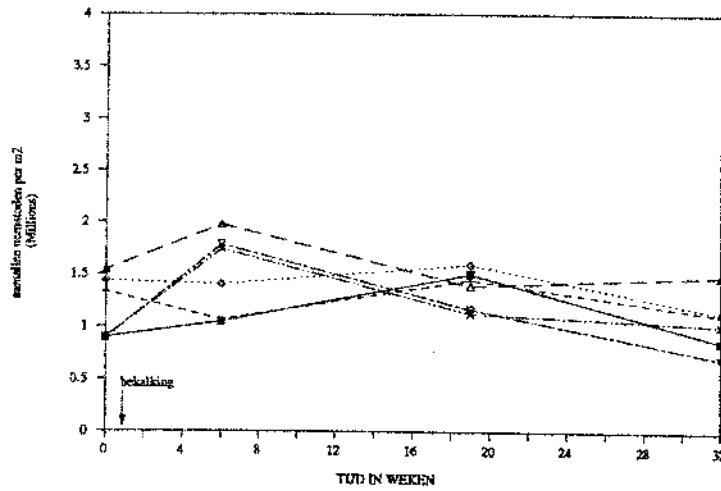
Bijlage 26

Verloop van de nematodendichtheid per m² in de strooisellaag van 3 opstanden van elk veldje, gedurende de eerste 32 weken na bekalking.

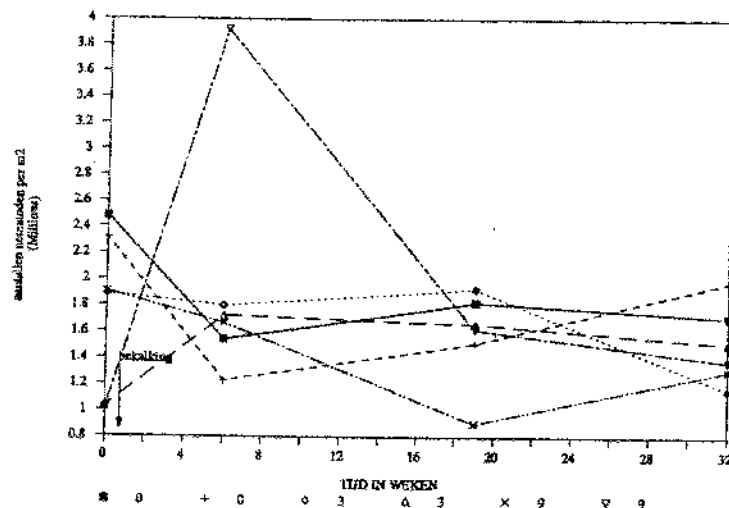
groveden



douglas



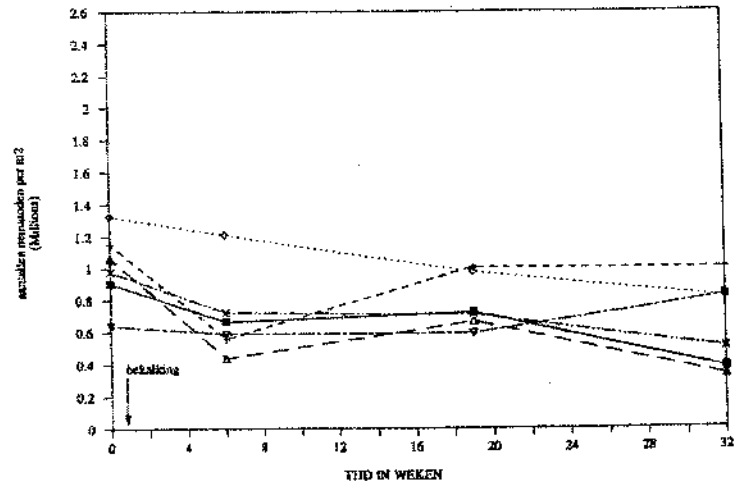
zomereik



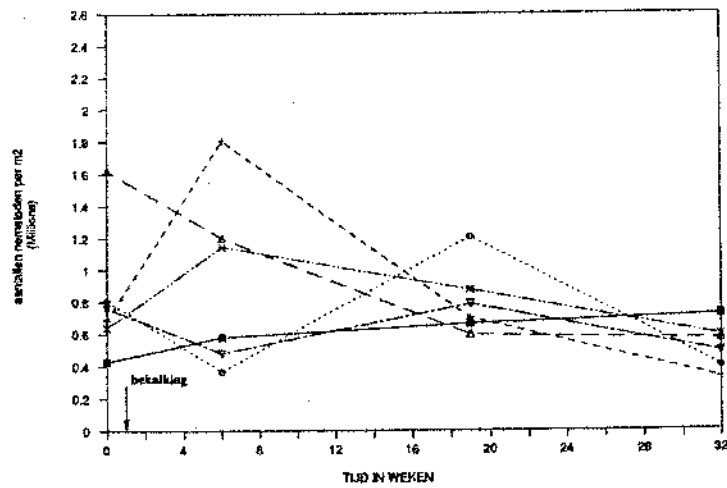
Bijlage 27

Verloop van de nematodendichtheid per m^2 in de minerale laag van 3 opstanden van elk veldje, gedurende de eerste 32 weken na bekalking.

groveden



douglas



zomereik

