

# Nederlandsch Boschbouw-Tijdschrift

OPRICHTER Dr. J. R. BEVERSLUIS

Orgaan van de Nederlandsche Boschbouwvereniging

17e Jaargang

No. 8

Augustus 1944

## Oorspronkelijke Bijdragen

### GROEI EN AANWASBEPALING VAN EEN 63-JARIGEN EIKENOPSTAND IN DE BOSCHWACHTERIJ „ULVENHOÛTSCHBOSCH”

door

P. M. Tutein Nolthenius.

De groei en ontwikkeling van den eik, de koning van onze woudboomen, heeft reeds jaren mijn belangstelling, en ik mocht in het Nederl. Boschbouw-tijdschrift Jaargang 1939 no. 5 eenige cijfers omtrent den groei van jonge eikenopstanden mededeelen.

Ofschoon de zware houtvellingen, waaronder de eens zoo houtrijke Houtvesterij „Breda” gebukt gaat, geenszins lokken tot het schrijven van een artikel, zoo kon ik moeilijk de verleiding weerstaan om een en ander na te gaan omtrent den groei van den zoogenaamden Vinkenslag. Vak 49 c der Boschwachterij „Ulvenhoutschbosch”, een 63-jarigen eikenopstand, die ontijdig is geveld.

Genoemde afdeling, die met krachtig groeiende eiken was bezet, is ontstaan uit z.g. spaartelgen, welke in het begin der negentiger jaren door den toenmaligen houtvester van Schermbek werden gespaard. De afdeling werd hierop aangevuld met eikenheesters, terwijl voorts tusschenplanting met fijnspar plaats vond.

Deze menging is m.i. minder juist en 28 jaren geleden heeft ondergeteekende dan ook gemeend de meeste fijnsparren te moeten verwijderen.

Voor zoover een ondergroei van nature niet aanwezig was, is geleidelijk een onderplanting met beuk, eschdoorn en tamme kastanje ingeleid, welke onder het eikenkronendak welig tierde en op sommige plaatsen hier reeds in werd opgenomen.

De geheele afdeling heeft een oppervlakte van 6.33.40 ha.

De dunning werd zooveel mogelijk om de 5 jaren met zorg uitgevoerd, waarbij eerst op lengte aanwas en daarna op dikteaanwas is gewerkt. Zooveel mogelijk eiken met goeden spilvorm werden behouden.

Het stamtal bedroeg in 1934 per ha — 587 stuks, terwijl op het tijdstip der velling nog 525 boomen aanwezig waren.

Drie modelboomen, die een zoo juist mogelijk beeld van den gemiddelden boom vertoonden, zijn in secties van 2 m gezaagd, terwijl de jaarringen niet stuk voor stuk zijn gemeten, doch iedere vijf jaarringen samen.

De meting geschiedde overkruis, waardoor per boom voor iedere groep van vijf jaarringen vier aflezingen werden verkregen, in totaal voor de 3 boomen dus twaalf. Deze uitkomsten zijn gemiddeld, waarna een graphische voorstelling is vervaardigd.

Met de formule voor den afgeknotten kegel werden de inhouden der secties bepaald; het topstuk is als kegel in rekening gesteld.

De inhoud van het spilhout met inbegrip van de schors werd volgens staat No. 1 berekend.

Ter vergelijking zijn in dezen staat tevens de aanwasprocenten vermeld, berekend volgens de formule van Preszler:

$$\frac{M - m}{M + m} \times \frac{200}{n},$$

terwijl voorts de door Schwappach in zijn Ertragstabeln der wichtigeren Holzarten voor de II boniteit eiken berekende aanwas % ter vergelijking zijn opgenomen.

De gemiddelde hoogte van de in secties gezaagde boomen bedroeg 19 m, welke hoogte is aangenomen als hoogte voor den geheelen opstand. Het vormgetal werd door sectiemeting aan tien boomen berekend op 0.47.

De spilhoutmassa per ha bedroeg  $525 \times 0.37293 \text{ m}^3$  (met schors) =  $196 \text{ m}^3$ . De inhoud van de schors bedroeg per ha  $525 \times (0.37293 - 0.31572 \text{ m}^3)$  =  $30 \text{ m}^3$  of  $\pm 15\%$  van het spilhout met schors.

## STAAT No. 1.

INHOUD	63 jaar	60 j.	55 j.	50 j.	45 j.	40 j.	35 j.	30 j.	25 j.	20 j.	15 j.	10 j.	5 j.	60 jaar + schors
0-2	0.08358	0.07980	0.06906	0.05872	0.05108	0.04346	0.03404	0.02406	0.01532	0.00883	0.00307	0.00178	0.00016	0.09590
2-4	0.05828	0.05476	0.04808	0.04098	0.03518	0.02918	0.02246	0.01649	0.01151	0.00539	0.00206	0.00055		0.06738
4-6	0.05104	0.04744	0.04154	0.03524	0.02952	0.02424	0.01774	0.01213	0.00634	0.00092	0.00053			0.06024
6-8	0.04336	0.04006	0.03404	0.02814	0.02262	0.01738	0.01195	0.00624	0.00246	0.00053				0.05206
8-10	0.03508	0.03166	0.02534	0.01859	0.01346	0.00912	0.00513	0.00186	0.00040					0.04226
10-12	0.02556	0.02204	0.01622	0.00985	0.00592	0.00302	0.00010							0.03106
12-14	0.01456	0.01202	0.00760	0.00398	0.00189	0.00050								0.01844
14-16	0.00426	0.00329	0.00162	0.00055										0.00559
	0.31572	0.29107	0.24350	0.19605	0.15985	0.12690	0.09142	0.06078	0.03603	0.01567	0.00566	0.00233	0.00016	0.37293
Aanwas %o berekend volgens Preszler	2.68	3.76	4.28	5.00	4.60	6.32	8.05	10.22	16.52	16.77	16.67	34.86		
Aanwas %o Schwappach II boniteit	2.88	3.36	3.67	4.48	4.92	6.08	7.04	9.12						

## STAAT No. 2.

	hoogte	dikte	stamtal	vormgetal	
Schwappach I bon.	20.8 m	22.5 cm	563	0.52	Derbholz per ha 244 m <sup>3</sup>
Schwappach II bon.	16.1 m	18.1 cm	833	0.49	Idem 169 m <sup>3</sup>
Vinkenslag Vak 49c	19.0 m	22.0 cm	525	0.47	Spilhout per ha 196 m <sup>3</sup>

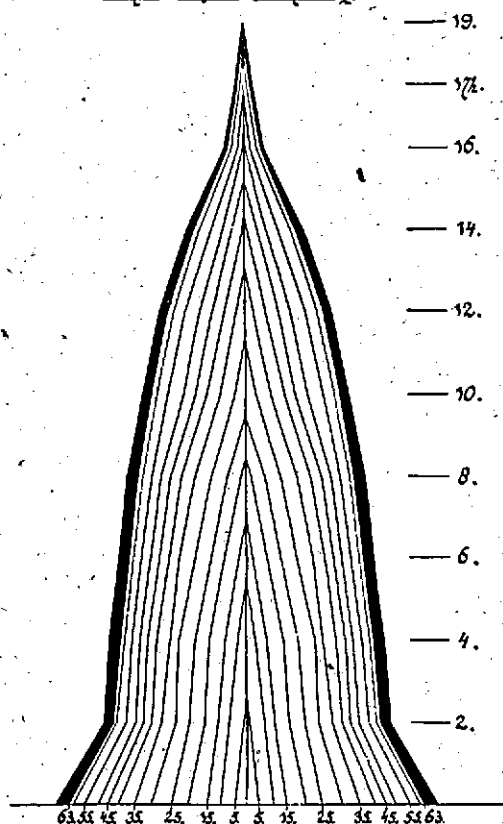
Ofschoon in de praktijk tot voor 1 October 1943 het loofhout steeds met de schors werd gemeten, terwijl in tegenstelling bij verkoop van naaldhout de schors buiten beschouwing werd gelaten, zoo is het duidelijk, dat bij loofhout het bastpercentage aanzienlijk is, hetgeen natuurlijk den prijs beïnvloedt.

Volgens de thans geldende voorschriften van meting van hout (I.M.E.S.) wordt zoowel het loof- als het naaldhout met de schors gemeten.

Beschrijving „Ulvenhoutbosch“

Aanwasanalyse

Eiken. 1949c. Vinkenlag.



moeten overgaan, zoo mogen bovengenoemde uitkomsten er toe leiden meer aandacht aan de cultuur van eiken te besteden, vooral op die gronden, welke daarvoor geschikt zijn te achten.

Past men de methode van zaailing toe, zoo zijn de kosten betrekkelijk gering.

De meting van bedoelde eiken is geschied door de heeren Cleyn dert en Mulder, waardoor het schrijven van dit artikel werd vergemakkelijkt.

Verder volgen hier in staatvorm de door ons gevonden waarden voor den Vinkenslag en ter vergelijking die van Schwappach I en II boniteit. Ter vergelijking zijn van Schwappach de cijfers van dikhout genomen, aangezien deze het spilhout het meeste benaderen. (het tophout dunner dan 7 cm, hetwelk thans in rekening is gesteld, weegt ongeveer op tegen de massa takhout (dikhout). Zie staat 2.

Uit een en ander volgt en wel speciaal wat de lengte betreft, dat de thans geveldde afdeling 49 c in het Ulvenhoutbosch de I en II boniteit van Schwappach in ligt.

Het aanwasprocent van 60—63 jaren, hetgeen correspondeert met de jaren 1941—44 bedraagt 2.68 % per jaar of 4.2 m<sup>3</sup> houtmassa (zonder schors), derhalve een zeer bevredigend resultaat zelfs bij de lage houtprijzen welke thans voor den eik zijn vastgesteld.

Toch had dit aanwaspercentage nog belangrijk hooger kunnen zijn, indien niet de Geometra brumata (spanner) samen met de Tortrix viridana (eikenbladroller) in 1942 hun schadelijken invloed hadden doen gelden. De sterke daling van het aanwaspercentage van 3.76 % tot 2.68 % wijst hierop duidelijk.

Waar in dezen tijd vele boschbezitters binnenkort tot herplanting van hun geveldde bosschen

## DE VERHOUDING TUSSEN BOSCH EN GROND.

Voordrachten, gehouden op de 15e wetenschappelijke bijeenkomst van de Sectie Nederland van de Int. Bodemk. Vereeniging over „de verhouding tusschen bosch en grond”, op 19 Mei 1944.

### Agenda:

- Prof. Ir. J. H. Jager Gerlings, Openingswoord; de verhouding tusschen bosch en grond in den boschbouw.
- Prof. Ir. J. Hudig, Samenvattende beschouwing over de beteekenis van den grond als onderdeel van het productieproces in den boschbouw.
- Ir. J. Vlieger, De boschassociatie als maatstaf bij de beoordeeling van de groeiplaats.
- Prof. Ir. J. Smit, De beteekenis der groundbacteriën in de huishouding van het boschgezelschap.
- Prof. Dr. Joha Westerdijk, De beteekenis van de schimmels in den grond in de huishouding van het bosch.
- Dr. A. D. Voûte, De beteekenis van de fauna van den grond voor het boschgezelschap.

### Aanvullende opmerking bij de voordracht van Prof. Smit.

Bij het debat over mijn voordracht (zie Juli nummer blz. 211 e.v.) maakte Prof. O. de Vries de opmerking, dat de door mij vermelde autarkie in de voeding van het bosch niet volledig is, omdat door regen, door inwaaiend stof en vooral door sneeuw-jacht een hoeveelheid voedende stoffen van buiten af op den boschgrond wordt gebracht. Deze opmerking is volkomen juist en het feit is interessant, maar ik vraag mij af, of het normale leven van het boschgezelschap van deze extra voeding afhankelijk is of niet. Zou ja, maar alleen dan, zou men inderdaad niet van voedingsautarkie mogen spreken.

Het zou belangrijk zijn, indien Prof. de Vries, behalve van de met regen neergelaten stikstof ook kwantitatieve gegevens over de gemiddeld ingewaaide voedingsstoffen zou kunnen verstrekken.

## DE BETEKENIS VAN DE SCHIMMELS IN DEN GROND VOOR DE HUISHOUDING VAN HET BOSCH

door

Prof. Dr. Joha Westerdijk.

De uitspraak van Sir John Russell in 1936, als zou er hoegenaamd niets van de schimmels en hun werking in den bouwgrond bekend zijn, moet sterk overdreven genoemd worden. Ware hij directeur van een boschbouwproefstation geweest, zijn meening zou zeker anders zijn. Toch beschikken wij niet over zeer veel exacte kennis op dit gebied.

In de vorige eeuw verstonden de meeste botanici en mycologen de kunst van de reincultuur nog niet en de eerste proeven die gedaan werden, waren slechts pogingen om iets van kwaliteit en van kwantiteit van deze schimmels in den grond te weten te komen. Degenen die zich daarnaast voor de werking der fungi interesseerden, waren dan niet van de systematiek op de hoogte; zij nummerden de schimmels of determineerden deze half of verkeerd, de afbeeldingen bleven primitief, veel slechter dan van de systematische mycologen omstreeks het midden van de vorige eeuw. Daarnaast spraken de wetenschappelijke boschbouwers, vooral de zeer kundigen uit de Deutsche school (Hartig, Möller) en de Deen P. E. Müller, meer in algemeene termen over de werking van de micro-organismen in den boschgrond; over veel feitenmateriaal beschikten zij echter niet.

Allereerst moet gezegd worden dat een overgroot deel der fungi wereldbewoners zijn gebleken, maar dat maar in zeer beperkte gebieden van de aarde uitvoerige onderzoekingen over de bodemflora zijn verricht.

Wat het voorkomen van fungi in den bodem van het bosch aangaat: het was reeds lang bekend dat er in het strooisel en in den humus van het bosch schimmelmyceliën voorkomen en men meende, dat naast microscopische fungi, hiervan de hoedpaddestoelen (Basidiomyceten) deel uitmaakten. Vóór 1900 zijn er voornamelijk opgaven van Ramann en medewerkers over de verhouding van de hoeveelheid bacteriën tot de schimmels. Van de specifieke soorten schimmels die in bepaalde gronden zouden voorkomen, was toen nog niets bekend. In Pinusbosch vond Ramann in het strooisel 100 bacteriën tegenover 0.1 schimmels; in den ruwen humus 100 tegenover 20; in milden humus 100 tegenover 171. Hij zag dus de schimmels gedurende het verloop van de vertering toenemen. Ook bleek duidelijk, dat, al kan men zich met zijn methoden van telling niet vereenigen, in den sterk zuren humus veel schimmels aanwezig waren. Voor bacteriën is dit milieu niet meer geschikt gebleken.

Eén van de eerste onderzoekers, die zich meer speciaal met de schimmels uit den bodem zelve hebben bezig gehouden en die daarnaast ook proeven over het humificatieproces deed, is de Bussumsche apotheker C. J. Koning, die in Nederland in 1902 en 1904 artikelen publiceerde in de werken van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen: Contributions à la connaissance de la vie des champignons humicoles et des phénomènes chimiques qui constituent l'humification. Hij werkte voor de soortbepaling van de schimmels samen met den voortreffelijken mycoloog C. A. J. A. Oudemans. Zij komen tot het besluit dat de draadschimmels, de Hyphomycetes, belangrijker zijn voor de omzetting van het strooisel dan de bacteriën. Zij stellen zich voor, dat de soorten, aanwezig op de overrijpe, afvallende bladen, direct in den bodem tot sterke ontwikkeling komen. Op het oudere blad werd door hen een opvolging van verschillende associaties al naar stadium van rijping en verblijf in den grond, waargenomen. In den Bussumschen boschgrond vinden zij vaak een overheersching van *Trichoderma Koningii* (een soort nauwverwant met *Trichoderma lignorum*, beide tegenwoordig *T. viride* genoemd) gedurende de humificatie. Vooral de eikenbladen bleken sterk met deze *Trichoderma* en met *Cephalosporium Koningii* bezet, veel sterker dan b.v. beukebladen en Pinusnaalden. Koning meent dat beide fungi hun stikstof-behoefte uit den humus dekken; verder zouden zij lichtelijk cellulose aantasten en hun C. behoefte uit vetzure zouten verkrijgen. Hij vond door isolatie naast deze soorten veel Penicillium en Mucoraceae. Door voedingsproeven met deze fungi maakte hij zich een beeld van de omzettingen van deze organismen.

O. Hagem (Noorwegen 1910) beschreef in 1910 talrijke fungi uit de familie der Mucoraceae en door uitgebreide voedingsproeven bewees hij dat deze nauwelijks een aandeel aan de eerste omzettingen van de groote massa's cellulose in den boschgrond kunnen hebben: zij leven van sulkers en zetmeel. C. N. Jensen en andere Amerikaanse onderzoekers gingen tezelfdertijd aan het inventariseeren der soorten, zonder echter de stofwisseling te bestudeeren.

Meer diepgaand onderzoek werd in 1916 door Selman Waksman in New Brunswick verricht. Hij was en is nog steeds in een bepaalde op den voorgrond trekkende groep van bodemschimmels geïnteresseerd, n.l. in de *Actinomycetes*, die de bekende bodemgeur veroorzaken. Hij vond dat zij nitraten tot nitrieten, maar niet tot ammoniak kunnen reduceeren. Onder de Hyphomycetes en bepaaldelijk onder de *Trichoderma*-soorten, vond hij daarentegen sterke  $\text{NH}_3$  vormers. Bij de Mucoraceae treedt deze omzetting niet zoo sterk op den voorgrond en binnen het bekende geslacht *Penicillium* zijn de producties van de stikstofverbindingen sterk uiteenlopend. Waksman stelde buitendien vast, dat in de meeste boschgronden de geslachten *Penicillium* en *Trichoderma* overheerschen, in de boomgaarden daarentegen de Mucoraceae.

Dezelfde auteur publiceert later in de dertiger jaren een reeks artikelen: Soil fungi and their activities. Hij werkt echter met veel onvoldoende gedetermineerde of genummerde soorten. Uitvoerig behandelde hij de houtzwammen, o.a. de *huiszwam*, *Merulius lacrymans*, die ook in den boschgrond voorkomt en die vet, cellulose en pentosanen verteert en die daarbij doch een stijging in % lignine en aschbestandeelen doet ontstaan. Hij is van meening dat de resten van paddestoelen, schimmels en bacteriën in den grond moeijlijk aantastbaar zijn en dat een groot deel van de anorganische en halfverteerde stof weer bij den opbouw van de micro-organismen dienst doet.

In den boschgrond vond Waksman een bepaalde opvolging van schimmelassociaties, zoo in strooisel *Phycomycetes*, die in water oplosbare substanties verbruiken, dan *Ascomyceten* en fungi imperfecti, waaronder de meer genoemde *Trichoderma*, die zetmeel, hemicellulose en cellulose verteren. Uiteindelijk de lignine-aantasters, zooals

sommige Actinomycetes en vooral de Basidiomycetes. De graad en snelheid van omzetting bepaalde hij door metingen van het gevormde CO<sub>2</sub>. Hij deed proeven met enkele organismen, met combinaties en daartegenover met suspensies van de heele grondflora. Deze geheele suspensie gaf minder omzetting dan *Trichoderma* en Actinomycetes elk apart (gemeten in CO<sub>2</sub> opbrengst, verricht op turf). Er moeten dus antagonististen in den grond aanwezig zijn, die de verrichtingen van genoemde fungi verzwakken.

Intusschen had R. Falck zich in Duitschland meer uitvoerig met den boschgrond bezig gehouden. Hij heeft in zijn „Denkschriften“ in 1923 de beteekenis van de schimmels voor den bodem van het bosch zeer duidelijk naar voren gebracht, met de volgende woorden: „Der Nährstoffmangel und die Erkrankung des Waldbodens bei abnormer Anreicherung von Rohhumus im Walde, ist vorzugsweise bedingt durch das Fehlen einer normalen Fadenpilzvegetation in den obersten Bodenschichten. Wo der Waldboden gesund bleibt und die Bodenkraft andauert oder ansteigt, da ist diese Vegetation vorhanden. Die rohumusbildenden jährlichen Abfallstoffe des Waldes werden dann normal zersetzt und zwar etwa in demselben Ausmass in dem ihr Aufbau erfolgt ist.“ Falck analyseerde de ontbinding van de organische massa van de afvallende takken en bladen, en de vorming van den humus. Hij bestudeerde de omzetting der koolstof- en stikstofverbindingen in het strooisel en in den humus.

Een belangrijke rol bij deze processen spelen de Basidiomycetes, paddestoelen, die, als zij goede condities vinden, het strooisel en zelfs grootere houtresten kunnen verteren, zonder dat er noemenswaard hoeveelheden humus ontstaan (mykrokrine soorten). De stikstof en minerale zouten blijven dan bij de rotting van de paddestoelen in den bodem achter.

Meestal geschiedt echter de afbraak van het strooisel lang niet volledig; Falck onderscheidt wat de vertering der koolstofverbindingen aangaat twee processen: 1. *Corrosie*, de afbraak van lignine, die gepaard gaat met cellulose-omzetting en 2. *Destructie*, waarbij alleen de cellulose en pentosanen aangetast worden en lignine achterblijft. De corrosie geeft een totale omzetting tot milden humus (niüll), de destructie laat onverteerde lignine-resten achter, ruwe humus, zure humus, zooals we die in het naaldbosch en in turf aantreffen. Bij het eerste proces ontstaat veel CO<sub>2</sub>, bij het tweede minder: de rest humificeert.

Direct onder de oppervlakte van het strooisel ontstaat een schimmellaag, voornamelijk uit Basidiomyceten bestaand, in het voorjaar dikwijls met het bloote oog te zien. De schatting van de hoeveelheden fungusmateriaal is moeilijk. Er zijn natuurlijk uit de paddestoelhoeften gevallen sporen aanwezig; deze zouden op voedingsplaten zijn te tellen, maar overwegend vindt men netwerken van mycelium, die niet te meten zijn. Buitendien kiemen de sporen van de humuszwammen zeer slecht! De daaronder gelegen laag, waarin de mineralen opgehoopt zijn, is veel armer aan mycelium. Bij de corrosie wordt de bladsubstantie opgehelderd, daarna blijft tijdelijk een doorzichtig, teer cellulose-skelet achter. Uiteindelijk vindt men weinig schimmels meer over. Bij de cellulose-destructie ontstaat een donkere verkleuring en de murw geworden massa valt uiteen, onder sterke ontwikkeling van oxaal- en andere zuren. Deze massa is sterk oplosbaar in loog; zoo ontstaat dan de humus, waarin veel lignine aanwezig blijft. Deze laat zich daarna nauwelijks meer door de corrosief werkende Basidiomycetes aantasten, zooals Falck over *Clitocybe nebularis* bewees.

Falck nam corrosie- en destructieproeven met *Clitocybe nebularis* en met *Coniophora cerebella*, een fungus tot de Basidiomycetes behoorend, die in houtresten in het bosch leeft en die ook verwerkt hout aantast (huiszwam). Luchtdroge afgewogen massa's van strooiselresten werden met een reincultuur van de schimmels geënt, en de omzettingen werden door gewichtsafname vastgesteld.

*Pinusnaalden:*

	% lucht-droge subst. contrôle	<i>C. nebularis</i> afgebroken tot	<i>Coniophora</i>
lignine	41.58	35.93	41.00
cellulose	33.14	27.98	14.92
<i>Beukenblad:</i>			
lignine	42.54	24.55	42.56
cellulose	26.34	18.60	13.60

*Clitocybe nebularis* komt in beukenbosch veel voor en breekt 40—70% lignine en cellulose af. Naar verhouding stijgt het cellulosegehalte in *nebularis*-strooisel, evenals dat der pentosanen. De werking van *Coniophora* noemt Falck *humigenie*. Zij komt in naaldboschen zeer veel voor. *Clitocybe nebularis* is daarentegen een bewoner van loofboschen. Men kan deze zwam kunstmatig het strooisel laten verteren, doch deze

lignine-omzetting bedraagt dan slechts 15%. Bij de *Coniophora*-aantasting van naaldstrooisel blijft de lignine, die niet omgezet wordt, als een klomp op den mineralen ondergrond liggen. Er is geen capillair verband; dit komt voor in het bosch waarin *Vaccinium* overheerscht. (Humigenie.)

Falck stelt zich nog als ideaal, door besporing van bepaalde bodemlagen, de verschieping van humusverteering en humusvorming door schimmels te bepalen. Hij wist toen nog niet, wat Niels Fries en anderen later bewezen te dat bepaalde gisten de sporenkieming kunnen bevorderen (*Torulopsis sanguinea*) en dus als activator optreden.

Een nieuwere publicatie, waarin uiteindelijk de lignine-omzetting van boschfungi zeer nauwkeurig onderzocht is, is die van Gösta Lindenberg, werkende in het laboratorium van Prof. E. Melin te Uppsala, het laboratorium waarin op het oogblik het beste moderne onderzoek over de Basidiomyceten van den boschgrond en de rol van deze als mycorrhizavormers verricht wordt. Het bleek dat de 30 soorten van *Marasmius* die in Zweden voorkomen, alle corrosief en destructief werkzaam zijn; de meeste breken zeer sterk lignine af. De werking van deze soorten werd in verschillende voedingsmedia bestudeerd. Zij werden gekweekt op verschillende gesteriliseerde strooisels; van tijd tot tijd werden de gehalten aan lignine en cellulose, etc. bepaald.

Vastgesteld werd bij 8 soorten een sterke lignine-aantasting. *M. personatus* gaf 48—59% omzetting van Pinusstrooisel, *M. faetidus* 67—72% van beukebladen, *M. oreades* (heksenring), 63% van stroo. Cellulose werd door vele tot 90% omgezet, vooral bij beuken en *Populus tremula*. Bij Pinusnaalden werd slechts 36% ontleed.

		lignine omgezet	cellulose
Pinus	<i>M. androsaceus</i>	48.1	20.5
	<i>M. putillus</i>	58	17.5
	<i>M. chordalis</i>	1.2	7.7
Populus	<i>M. epiphyllus</i>	16.3	76.6
Fagus	<i>M. alliaceus</i>	72	84
	<i>M. putillus</i>	67	19

Typische lignine specialisten vond hij in *M. personatus*, *M. androsaceus*, *M. putillus*. Deze verrijkten het materiaal met cellulose. *M. perforans* zet echter even sterk cellulose om.

Bavendam had vroeger reeds beweerd dat typische lignine-omzetters op voedingsbodem met tannine een zwarte kolonie afscheiden (oxydeerende enzymen), de onderzoekers hebben dit bevestigd. Mogelijk bestaat er parallel tussen lignine en tannine-omzetting.

Het moet gezegd worden dat de omzettende kracht van *Marasmius*-soorten op strooisel reeds door Romell in Zweden bemerkt was. Niels Fries vond in '43 in hetzelfde Zweedsche laboratorium dat ook *Mycena Galera Omphalia* typische lignine-omzetters van het strooisel zijn. Al deze Zweedsche onderzoekingen zijn de enige, die voorbeeldig zijn genomen en waarbij met zuiver benoemde cultures is gewerkt.

In het werk van den Hongaar Fèhèr (1933) (*Sopron*)- van het Instituut voor Mijn- en Boschbouwingenieurs, vindt men een hoofdstuk waarin de feiten omtrent de microscopische schimmels in den boschbodem zijn samengevat. In dit instituut wordt origineel onderzoek verricht. In verschillende proefvakken werd de kwantiteit schimmelsporen of (wat onvermijdelijk is!) stukken van hyphen bepaald. Meer in het bijzonder werden de lagere fungi bestudeerd, niet de Basidiomycetes. Het blijkt dat het optimum van ontwikkeling van schimmels in het eene vak in April (*Picea*), in het andere in Juli ligt (*Abies* en *Picea*). Natuurlijk kunnen temperatuur en neerslag in bepaalde jaren den doorslag geven. De pH-kurve gaat opwaarts met de schimmelfrequentie en de kurve van het humusgehalte gaat naar omlaag.

Uit een tabel met gegevens uit verschillende deelen van Hongarije en uit streken van Noordduitschland en Scandinavië, Finland en Schotland blijkt dat naar het noorden het aantal schimmels in verhouding tot bacteriën toeneemt. Schimmels zijn sterk aërob en hun ontwikkeling is bij 40—50 cm diepte reeds afgeloopen. Merkwaardig is dat de fungi toch in een tamelijk droge grond nog goed ontwikkelen. Wat soortsbepaling aangaat, vindt Fèhèr *Penicillium* en *Aspergillus* overheerschend; de *Mucoraceën*, die meer vochtliefvend zijn, komen echter veel minder voor.

De naaldhoutgronden omvatten een grootere hoeveelheid fungi dan de bodem in de loofbosschen. Hier zij nog eens opgemerkt, dat bij Fèhèr's onderzoekingen de Basidiomycetes uitgesloten zijn.

Een samenvatting over de in cultuur- en boschgronden voorkomende schimmelsoorten

biedt het boek van Anna Niethammer, *Die Bodenpilze 1937*. Zij vindt de „boschflora“ niet duidelijk specifiek in samenstelling, aan den anderen kant komt zij tot de conclusie dat derhalve de Basidiomycetes, die Penicillien en Mucoraceae overheerschen.

Naast de schimmel flora die het strooisel ontleedt, is van groot belang de schimmel flora die in en op de wortels van de boomsoorten leeft en die een vorming teweegbrengen die men *mycorrhiza* noemt.

Sinds Frank's uitvoerige onderzoekingen en beschouwingen heeft de *mycorrhiza* voor den boschbouwer vele vragen opgeworpen. Onder *mycorrhiza* vat men samen de samenleving van plantenwortels met fungi, hetzij dat deze in de wortels leven en deze vervormen (endotrophe) hetzij dat deze zich als netwerk om de wortels spinnen en slechts lichtelijk daarin doordringen, terwijl de veranderingen in de wortels daarbij geringer zijn (ectotrophe). Tusschen deze twee toestanden vindt men overgangen. Het was Frank reeds gebleken, dat bij een boomsoort meerdere schimmelsoorten *mycorrhiza* konden vormen. Over het voordeel dat beide organismen uit deze symbiose zouden trekken, was in de vorige eeuw reeds allerlei geschreven; exacte proefnemingen hieromtrent waren echter nauwelijks voorhanden. Feitelijk moet men zeggen dat Melin en zijn school (Modess, Björkmann, Lihnell), die sinds 1923 aan deze vraagstukken gewerkt hebben, het onderzoek op hooger wetenschappelijk peil hebben gebracht en dat door dit werk een zekerder basis voor de practijk is ontstaan. Het was dringend noodig onomstootelijk te bewijzen, dat door inwerking van een bepaalde schimmel de eigenaardige wortelvormingen optreden, waarvan men weet, dat zij in bepaalde bodems onontbeerlijk zijn voor een behoorlijke ontwikkeling van allerlei boomsoorten. Terwijl het aan vele onderzoekers niet gelukt was uit de wortels waargenomen hyphen een reïncultuur te krijgen, en anderen het spaarzaam groeiende mycelium niet konden identificeren, zijn de werkers uit de Zweedsche school er in geslaagd, vele myceliën wel zuiver te kweken, te identificeren en wel in veel gevallen met de zwamvlok van paddestoelen (Basidiomycetes). Daarnaast is een synthese gemaakt van de boomen en de schimmels in reïncultuur, waardoor bewezen werd hoe de *mycorrhiza* ontstaat. Daar de Zweedsche school het meest uitvoerig met de *mycorrhiza's* van *Pinus*, *Picea* en *Abies* heeft gewerkt, laten zich het best voorbeelden uit deze groep aanhalen. Talrijke vormen van *mycorrhiza* worden gevonden; deze zijn meest door verschillende fungi teweeggebracht. Er zijn gevorkte *mycorrhiza's* en meer knolvormige (*Pinus*); sommige zijn monopodiaal vertakt, andere racemeus (trossvormig), *Picea*, *Abies*. Soms treft men aan één wortel meerdere vormen aan. Aan korte wortels ontstaan de meeste *mycorrhizen*; daarbij stralen dikwijls de draden van de schimmels zeer duidelijk zichtbaar uit; in andere gevallen zijn zeer dikke, viltige mantels van hyphen aanwezig (het réseau van Hartig). Bij *Pinus* bestaat een combinatie van ecto- en endotrope *mycorrhiza*. Binnenin de veranderde wortels vindt vertering van de schimmel plaats en tegelijkertijd is een dikke mantel van hyphen aanwezig. Deze knolvormige *mycorrhiza* blijkt door verschillende *Boletus*soorten te kunnen ontstaan; het dikke uitwendige mycelium was reeds lang bekend als *Mycelium radicis silvestris*. In reïncultuur van de schimmel alleen, ontstaan echter nooit de vruchthoeden, evenmin in de syntheses. De reïncultures worden meesttijds uit de steel der *Boleten* gemaakt, daar de sporen zeer slecht kiemen. (Zie pag. 230).

Toen Melin isolaties uit verschillende vruchthoeden maakte, kreeg hij myceliën, die wat *mycorrhiza* vormende kracht aangaat, zeer uiteenloopen. Hij spreekt dan van een meer of minder intense virulentie voor *mycorrhizavorming*. Buitendien vond hij ook myceliën die de geheele wortels doorgroeiden en deze doodden, dus een overgang naar parasitisme (*M. R. atrovirens*), die op den eenen grond meer parasitair optreedt, op den anderen grond geen schade doet. Ook bij *Calluna* is dit indertijd door Rayner waargenomen. Daar men evengoed de *mycorrhiza* als een dubbel-parasitisme als een symbiose kan opvaten, is dit niet verwonderlijk.

Er bestaan tenslotte nog *pseudo-mycorrhiza's*, die uit losse hyphenweefsels zijn samengesteld en die niet of nauwelijks in de wortelweefsels doordringen en waarschijnlijk geen rol bij de voeding der planten spelen (*Mucor*, *Penicillium*).

Wat nu de rol van de schimmel tegenover de boom betreft, het volgende: vroeger werd gemeend dat de schimmel stikstof zou assimileren. Dit is echter niet waar gebleken. De schimmels kunnen wel de organische stikstofverbindingen afbreken (nucleïnezuur, eiwitachtige stoffen) en deze den wortel toevoeren; in de milde humusbodems breken de schimmels de organische stoffen meestal tot nitraten af, in den ruwen humus ontstaan  $\text{NH}_4$ -verbindingen, die de schimmels zelf dan weer voor opbouw van hun eigen eiwitten gebruiken. De ammoniak wordt gereassimileerd. Doordat de *mycorrhiza*-fungi in de plant groeien, voeren zij de boom de noodige stikstof als  $\text{NH}_4$ -zout toe.



Door de micro-organismen in den bodem, wordt de plant dus door haar mycorrhiza-vormingen gesteund! De meeste boomen in den ruwen humus zijn dan ook mycotrooph. Hasselmana neemt aan op grond van bepalingen, dat ook K. en P. opgehoopt worden in de mycorrhiza. Bij sommige jonge Pinus- en Abiesplantjes vindt men soms het geheele wortelsysteem verzwaard, terwijl wortelharen volkomen ontbreken, en de boompjes zeer goed groeien.

In milden humus zijn de naaldboommycorrhiza's vaak zeer slecht ontwikkeld! Vooral is dit op kalkrijken bodem het geval. Het verschil ligt waarschijnlijk in de gevoeligheid van vele schimmels voor te hoge pH's. Buitendien kan de plant, gezien de sterke nitraatvorming, in deze gronden het buiten de mycorrhiza's stellen.

Welk voordeel heeft nu de schimmel voor de samenleving?

Dat deze van geen betekenis zou zijn, wordt al daardoor bewezen, dat de paddestoelen verdwijnen bij kaalslag van het bosch. De opvatting dat de schimmels door de boom van vocht voorzien zouden worden, wordt onwaarschijnlijk, nu gebleken is dat mycorrhiza's ook in zeer droge gronden ontstaan.

Melin stelde vast dat fosphatiden door de wortels worden afgescheiden en Björkman maakte onlangs waarschijnlijk dat de wortels aneurine afgeven, een vitamine dat voor vele fungi onontbeerlijk is voor den groei. De fosphatiden zetten op hun beurt de sporenkieming van de Basidiomycetes aan, die zoo moeilijk verloopt. De schimmels voeden zich gemakkelijk met glucose en nemen deze uit de met zetmeel gevulde endodermis van de mycorrhiza op. In den humus vinden zij alleen de meer gecompliceerde koolstofverbindingen.

Door Björkman werd later in 1942, de invloed van allerlei factoren op het ontstaan van mycorrhiza nagegaan. Hij zag deze goed ontwikkelen als er in het substraat van den bodem gebrek aan oplosbare stikstof-phosphorverbindingen heerscht. Zijn meening is dat bij aanwezigheid van veel N en P, de eiwitsynthese op den voorgrond treedt, ten koste van de oplosbare koolhydraten en zijn proeven met analyses bewijzen dit duidelijk. Verder bewees hij dat bij zwakke belichting de mycorrhiza zich zwak ontwikkelde, bij sterke belichting en sterke CO<sub>2</sub> assimilatie daarentegen sterk. Hoe meer oplosbare stikstof, hoe meer licht noodig is om de schimmels der symbiose genoeg voedsel te geven. De krachtigste mycorrhiza ontwikkelt zich in de herfst, als er veel koolhydraten in de wortels aanwezig zijn én niet in het voorjaar.

In reïncultuur van boom en schimmel bleek toevoeging van glucose sterk ten gunste van mycorrhizavorming te werken. Björkman wenscht te besluiten dat deze vorming geregeld wordt door het in de wortel aanwezige overschot aan energievoedsel. Het voorkomen van dit overschot gaat gepaard met gebrek-verschijnselen aan N en P in den bodem. In dit opzicht komt de naaldboommycorrhiza met die van Leguminosen en Alnus overeen.

Wij moeten nog het werk van Modess noemen, die 140 Hymenomycetes en Gasteromycetes onderzocht heeft op hun mycorrhiza-vormend vermogen. 60—70 werden zuiver gekweekt. Bij 55 soorten gelukte de synthese met Pinus, Picea en Abies of met een daarvan. Tegelijkertijd werd de zuurgraad van den grond bepaald, die daarbij het gunstigst bleek. Grote verschillen doen zich hierbij voor. De Amanita's vragen een pH 4, de Boletus bovinus 4.5—5, Lactarius deliciosus 5.5 en B. granulatus 6.5.

Nu moeten uiteindelijk nog de plantenparasieten die in den bodem leven ter sprake komen. Economisch kunnen deze een storenden invloed uitoefenen: verschillende soorten van *Polyporaceae*-en vooral de plaatjeszwam *Armillaria mellea* zijn veroorzakers van sterke wortelrottingen, waarbij in het laatste geval ook het cambium direct wordt vernietigd en waarbij ten overvloede de rhizomorphen overblijven in den bodem, om van hieruit weer andere wortels aan te tasten. De hoedvormen ontwikkelen zich meestal op oude onder- of bovengrondsche stempelen, meer zeldzaam komen zij uit spleten van de boom te voorschijn, direct van het cambium uitgaande. Behalve eiken, sparren, dennen en beuken worden veel heesters aangetast. Op onze zure, arme gronden is de schade zeer groot. Kiemplanten van allerlei boschboomen worden door niet-Basidiomycetes, door Phycomycetes en de geslachten *Fusarium* en *Rhizoctonia* in bezaaiingen en kiembedden aangetast, waardoor de jonge plantjes omvallen. Ten slotte doen zij ook bij de bezaaiingen schade.

Vatten wij de resultaten der bovengenoemde onderzoekingen samen, dan blijkt dat de fungi een zeer groote rol spelen bij de omzettingen van het strooisel in het bosch, waarin zij als lignine- en cellulose-afbrekers op den voorgrond treden. Voor de ontwikkeling van de boomen zelf zijn zij van groot belang, door de voorziening van mycorrhiza, door welke „organen" een betere stikstofvoeding van het bosch ontstaat. Tenslotte werken zij destructief als parasieten van de wortels en stammen, en ook van de jonge plantjes in de bezaaiingen.

## DE BETEKENIS VAN DE FAUNA VAN DEN GROND VOOR HET BOSCHGEZELSCHAP

door

Dr A. D. Voûte.

### 1. Inleiding.

Het dichtstbevolkte deel van het bosch is ongetwijfeld de grond. Vaak treft men op 1 m<sup>2</sup> goeden boschgrond tienduizenden, ja honderdduizenden dieren aan van de meest uiteenlopende afmetingen. De grootste zijn een paar dm, de kleinste slechts zichtbaar met een sterken microscoop. Het is zonder meer begrijpelijk, dat de rol, die deze geweldige massa's dieren spelen in de levensgemeenschap van het bosch groot moet zijn. In het onderstaande zal worden getracht een kort overzicht te geven van het weinige, dat over hun invloed bekend is.

Jacot onderscheidt geobionten: „confined to the soil as a medium” en „soiltransients” of „geophiles”, die in bepaalde stadia in den grond komen. Ook deelt hij de grondfauna in in: „residents” (saprophytic, fungivorous, coprophagous, necrophagous, predaceous, phytophagous en nidicolous) en „non-residents” (nidifacious, pupating in soil, parasites laying in wait, seasonal (hibernating, aestivating)).

Cameron rekent alle dieren, die eenigen tijd van hun leven in of op den grond doorbrengen tot de grondfauna. Volgens een dergelijke definitie behoort een zeer groot gedeelte van de fauna tot de grondfauna en zullen weinig typeerende trekken voor deze fauna te vinden zijn. Ik meen echter, dat men op deze wijze het begrip „grondfauna” niet tot zijn recht laat komen. Er is toch wel degelijk een uiterst karakteristieke levensgemeenschap als „grondfauna” af te grenzen. Ik zou deze anders willen definieeren en er toe rekenen die dieren, die één of meer stadia van hun leven in den grond doorbrengen en zich met de aldaar aanwezige planten of dieren dan wel hun resten, uitwerpselen enz. voeden. Een rups, die op de boomen leeft en zich vlak voor de verpopping in den grond ingraaft, zich daar verpopt en als adult den grond weer verlaat om op de boomen eieren te leggen, reken ik dus niet tot de grondfauna (v.b. dennenspanrups). Evenmin doe ik dit met dieren, die hun eieren in den grond leggen, maar verder bovengronds leven (v.b. vele sprinkhanen), of die een hol graven, maar hun voedsel bovengronds bemachtigen (konijnen, Cicindela-larven, enz.). Muizen die een hol in den grond maken en hun voedsel zoowel in als boven den grond zoeken, behooren dus wel tot de grondfauna.

Het ligt niet in mijn bedoeling een volledig overzicht te geven over hetgeen in de literatuur over dit onderwerp is te vinden. Slechts voor zoover het voor een goed begrip noodzakelijk is, zullen de onderzoekingen worden besproken.

### 2. Overzicht der diergroepen, waarvan vertegenwoordigers tot de grondfauna mogen worden gerekend.

#### Protozoa (oerdiere).

Onder de verschillende klassen der Protozoen treft men vele soorten aan, zoowel op de pas gevallen bladeren als in de diepere strooisellagen.

#### Plathelminthes (platwormen).

In ons land zijn tot dusverre geen platwormen in den grond gevonden. In dit verband mag echter worden gewezen op de op Java zoo algemeene land-Tricladen, die in en op vochtige boschgronden voorkomen.

#### Nematoda (rondwormen).

Vele soorten van Nematoden vindt men parasitisch of saprophytisch levend in den grond.

#### Annelida (ringwormen).

Tot deze groep behooren o.m. de regenwormen, die zoo'n belangrijke rol spelen bij het vermengen van het strooisel met den mineralen ondergrond.

#### Mollusca (weekdieren).

In vochtig strooisel treft men zeer veelvuldig slakken aan, die zich voeden met de daar voorkomende planten (algen, enz.).

#### Arthropoda (geleedpootigen).

Verreweg het grootste deel der gronddieren behoort tot de geleedpootigen. Tot de Arthropoden behooren o.m.

a. de *Myriopoden* (duizendpooten). Tot deze groep behooren vele typische gronddieren, waarvan sommige dierlijk (duizendpooten), ander rottend materiaal of plant-aardige stoffen (miljoenpooten) eten.

b. *Hexapoda* (insecten): vele insecten leven of als larven, of gedurende hun geheele leven in den grond. Onder de eerste groep vindt men vliegen- en keverlarven, verder enkele soorten van rupsen en een kokerjuffer, enz. Collembolen, die vaak in zeer groot aantal worden aangetroffen bewonen gedurende hun geheele leven den grond. Hetzelfde is het geval met Proturen en enkele soorten van hoogere insecten.

c. *Arachnoidea* (spinachtigen).

Hiertoe behooren o.m. de mijten, die meestal het grootste gedeelte van de bevolking van den boschgrond vormen. Ook de bastaard-schorpioenen behooren tot deze groep.

Tot de Arthropoden worden ook wel gerekend de Tardigraden, die vaak in groot aantal in den grond worden gevonden.

Onder de *Vertebraten* vindt men in ons land slechts onder de zoogdieren echte gronddieren, t.w. mollen en muizen.

### 3. *Algemeene eigenschappen van de grond-fauna in verband met den aard van het milieu.*

Het milieu in het strooisel wijkt sterk af van dat van de andere deelen van het bosch. Extreme temperaturen worden in hooge mate getemperd; zoo maten wij tijdens een buitentemperatuur van  $-15^{\circ}$  C op 10 cm onder de aardoppervlakte een temperatuur van  $-5^{\circ}$  C, nadat de koude reeds vele dagen had aangehouden. Volgens King bewerkt het eigenaardige milieu, dat de dieren zich niet snel kunnen verplaatsen. Hiermee zou het feit samenhangen, dat de dieren zelden of nooit op een bepaald voedsel gespecialiseerd zijn. Deze uitspraak berust niet op directe waarnemingen. In ons laboratorium hebben wij kunnen constateeren, dat vele kleine dieren een in verhouding tot hun grootte aanzienlijke bewegelijkheid aan den dag legden. Enkele gronddieren weten zich bovendien onafhankelijk te maken van de belemmerende eigenschappen van het milieu door het maken van uitgebreide gang-systemen, waardoorheen zij zich snel kunnen verplaatsen enz. (b.v. mollen en muizen). Hierbij moet worden opgemerkt, dat King speciaal met insecten heeft gewerkt.

Het strooisel werkt in zekere mate als een spons. Het zuigt water op en geeft het eerst langzaam weer af. Het gevolg hiervan is, dat de luchtvochtigheid in den grond over het algemeen hoog is. De gronddieren moeten dus bestand zijn tegen deze hooge vochtigheden. Tegen droogte zijn de meeste, althans in actieven toestand, zeer weinig resistent; hierbij mag worden aangeteekend, dat verscheidene soorten gedurende een bepaald ontwikkelingsstadium zeer goed bestand zijn tegen uitdroging (Tardigraden, Protozoen). Gedurende deze stadia nemen zij geen voedsel tot zich.

Ook moet de grondfauna bestand zijn tegen invriezen. Tijdens strenge winters toch gebeurt het vaak, dat een vochtige strooisellaag in haar geheel bevroest. Waarnemingen hebben ons geleerd, dat een dergelijk hard bevroren laag vele levende dieren bevat (zie ook Noordam en van der Vaart-de Vlieger).

Tenslotte bemoeilijkt het milieu een passieve verspreiding door middel van wind, waterstromen, enz. De mogelijkheid bestaat natuurlijk, dat bepaalde diersoorten worden verspreid met bladeren, die in de bosschen opwaaien. Daar echter de pas gevallen bladeren meestal arm zijn aan diersoorten is deze mogelijkheid tot verspreiding gering te achten. De kleine gronddieren, die zich slechts langzaam actief kunnen verplaatsen, zullen dus over speciale mogelijkheden moeten beschikken willen zij van een woongebied kunnen worden overgebracht naar een ander dat geïsoleerd van het eerste ligt.

### 4. *Aard van het strooisel en invloed hiervan op de samenstelling der fauna.*

De samenstelling van de strooisellaag wordt in hooge mate bepaald door de samenstelling van het bosch in kwestie, den grond en zijn begróeiing. Het is zonder meer duidelijk, dat deze samenstelling een belangrijken invloed op de fauna moet uitoefenen.

Bornebusch deelt mede, dat de fauna van het slecht verterende strooisel van sparrboschen voornamelijk bestaat uit Collembolen en mijten, terwijl dat van loofhoutboschen, waarin een behoorlijke omzetting plaats vindt, bovendien vele grootere dieren, als regenwormen, miljoenpooten enz. herbergt.

Ulrich zegt, dat het strooisel van verschillende bosschen steeds overeenkomstige mijtensorten oplevert, al wordt soms een soort door een verwante soort vervangen. Ulrich gaat met het determineren slechts tot de familie, zoodat gegevens over de werkelijke samenstelling van de fauna hem in feite ontbreken.

Wel kan hij uit zijn origineel opgezet onderzoek besluiten dat de samenstelling van de fauna in hooge mate wordt beïnvloed door de samenstelling van het strooisel en den graad van vertering, waarin het verkeert. Het onderscheid in de fauna der

verschillende soorten van strooisel is echter volgens hem meer van quantitatieven, dan van qualitatieven aard.

Fourmann e. a. zijn van meening, dat het strooisel van verschillende bosschen een specifieke fauna bevat. Fourmann gaat zelfs zoo ver, dat hij zegt aan de bodemfauna van een bepaald bosch te kunnen zien, hoe vroeger de samenstelling van het bosch is geweest. Feiten, waarop deze opvatting berust, geeft hij echter niet.

Het onderzoek in Hoenderloo heeft ons geleerd, dat de samenstelling van de fauna der mijten en Collembolen in de verschillende boschtopen ook qualitatief sterk verschillend kan zijn. Er zijn mijten, die speciaal in naaldhout, andere, die speciaal in loofhoutbosschen leven. Zelfs de strooisels van b.v. eiken- en beukenbosschen leveren weer onderling verschillende soorten op. Ook ten aanzien van de grootere diersoorten kunnen belangrijke verschillen worden waargenomen. Zoo ontbreken bepaalde regenwormen in de arme dennenbosschen, terwijl zij in loofbosschen wel regelmatig worden gevonden.

Het zou mij te ver voeren dieper op deze verschillen in te gaan. Recapitulerend mogen wij zeggen, dat de verschillende soorten van strooisel waarschijnlijk hun eigen fauna hebben, waarbij uit den aard der zaak vele diersoorten niet tot één strooiseltype beperkt zijn.

Ook de bevolkingsdichtheid wordt door de samenstelling van het strooisel beïnvloed. Zoo vond Trägårdh, dat de grondfauna van een bosch, bestaande uit spar en groveden ook qualitatief zeer veel rijker wordt, wanneer ook loofbladeren aanwezig zijn om welke reden hij dan ook gemengde bosschen voorstaat.

##### 5. Invloed van andere factoren op de grondfauna.

De vochtigheid van den grond oefent een grooten invloed op de bevolking uit. In tijden van droogte worden de bovenste lagen door de dieren verlaten. Vochtige boschgronden zijn over het algemeen sterker bevolkt dan droge (Jacot, Noordam en van der Vaart-de Vlieger).

De luchtcapaciteit is zeer belangrijk. Volgens Schimitschek stijgt het getal der mijten met de luchtcapaciteit. Hierbij mag worden opgemerkt, dat de fauna zelf de luchtcapaciteit en daarmee de bewoonbaarheid van den grond kan bevorderen.

Over den invloed van de temperatuur is weinig bekend.

##### 6. Gelaagdheid van het strooisel en verhouding van de fauna tot deze lagen.

Wanneer het blad in het najaar valt, wordt deze laag vanuit de onderliggende strooisellagen betrekkelijk snel bevolkt. Wordt het blad ouder, dan wordt het dichter bevolkt door een grooter aantal diersoorten. Het onderzoek, dat in ons laboratorium is verricht door Noordam en van der Vaart-de Vlieger, geeft hiervan een duidelijk beeld.

De lagen, die reeds duidelijke teekenen van vertering vertoonen, herbergen een veel dichtere bevolking, dan de bovenste laag, waarin nog vele gave bladeren te vinden zijn.

Vele diersoorten zijn geheel onafhankelijk van een bepaalde laag. Zoo bewegen b.v. de groote regenwormen zich geregeld vanuit den mineralen ondergrond naar het aardoppervlak en terug. Mollen, die zich in hoofdzaak van regenwormen voeden en muizen, die evenals de mollen, groote gangsystemen in den grond maken, doorsnijden met hun gangen alle lagen. Ditzelfde geldt voor sommige polyphage zeer kleine dieren, die gebruik maken van de gangen van anderen.

Resumeerend mogen wij dus zeggen, dat vele diersoorten in sterke of minder sterke mate aan een bepaalde laag in den grond zijn gebonden. Deze binding is meestal niet zoo sterk, dat de dieren buiten de laag in kwestie ontbreken (zie ook Voltz).

Een enkel woord mag in dit verband nog worden gewijd aan de fauna van de doode wortels. Evenals het strooisel worden ook de wortels door vele dieren bewoond. Zij doordringen alle lagen en dringen vaak ver in den mineralen ondergrond door. Volgens Fourmann vormen zij een soort in- en uitvalspoort voor de grondfauna. Hierover zijn ons echter nog geen exacte gegevens bekend, zoodat een uitspraak op de resultaten van een desbetreffend onderzoek zal moeten wachten. Ook Jacot beschouwt de van binnen verteerde, holle wortels als de voornaamste gangen, waardoor de microfauna zich beweegt.

##### 7. Mogelijkheid tot verticale en horizontale verplaatsing van de fauna.

De verticale verplaatsing is voor de grondieren van groot belang. Immers deze verplaatsing veroorzaakt het bevolken van de nieuwe lagen, die steeds weer op de oude

ontstaan. Ik mag in dezen nogmaals verwijzen naar het reeds genoemde artikel van Noordam en van der Vaart-de Vlieger. Uit dit artikel blijkt, dat de verticale verplaatsing er niet slechts toe leidt, dat een nieuwe laag wordt bevolkt, maar ook dat een tijdelijk ongunstig milieu wordt verlaten. Gedurende een regenarme, warme periode droogt de bovenste laag van het strooisel in de bosschen uit. De fauna, zoowel de gróóte als de zeer kleine dieren, trekt zich terug in de dieper liggende lagen, die het vocht langer vasthouden. Zoo vonden Noordam en van der Vaart-de Vlieger gedurende een droge periode geen fauna in de bovenste laag. Nauwelijks waren de regens doorgekomen en was de bovenlaag weer vochtig geworden, of mijten en Collembolen bevolkten haar opnieuw. Hieruit blijkt, dat tijdens droge periodes de fauna zich verticaal verplaatst naar de diepere lagen om tijdens een vochtige periode de bovenste laag wederom te bevolken (zie ook Voltz).

Wanneer de fauna van de bovenste bladlaag in haar samenstelling afhankelijk is van die der onderliggende lagen, zóó, dat de fauna zich in de onderste lagen kan staande houden en slechts onder gunstige klimatologische omstandigheden de bovenste laag kan bevolken, dan mag hieruit worden geconcludeerd, dat de inwerking van deze fauna op het pas gevallen blad afhankelijk is van de faunistische samenstelling van de onderliggende lagen. Bladeren, die liggen op een faunarijke onderlaag moeten dus een sterkeren invloed ondervinden van deze fauna, dan bladeren van dezelfde boomsoort, die zich bevinden op een onderlaag welke arm is aan fauna. In dit opzichte zijn de zoo belangrijke waarnemingen van Wittich uitermate interessant. Deze onderzoeker bracht bladeren van een groot aantal boomsoorten op een ondergrond van goede „Mull“-aarde. Hij vond, dat het strooisel steeds goed werd verteerd, beter, dan wanneer het zich op een andere onderlaag bevond. In hoeverre de fauna hierbij een rol speelde, heeft hij niet verder nagegaan. Wel nam hij een belangrijke werking van de fauna waar. Op zijn waarnemingen over de vertering van naalden kom ik nader terug.

Het lijkt mij van groot belang voor óns inzicht in de vertering van het strooisel onzer bosschen, dat deze proeven in ons land worden herhaald en dat daarbij ook de werking der fauna wordt onderzocht.

In hoeverre de jaargetijden een verticale verplaatsing van bepaalde elementen der fauna veroorzaken, is mij niet bekend. Dat een dergelijke seizoenverplaatsing voorkomt, is echter niet onmogelijk.

Over de verticale verplaatsing van bepaalde regenwormen is reeds gesproken. Bij deze dieren zal misschien in vele gevallen sprake kunnen zijn van een zeker dagrythme in de verplaatsing. Ook dit dient nog nader te worden onderzocht.

Over het vermogen van vele gronddieren zich horizontaal actief dan wel passief te verplaatsen, is weinig bekend.

De soorten, die slechts een gedeelte van hun leven in den grond doorbrengen, verspreiden zich in het stadium, dat zij buiten den grond doorbrengen. Zoo zullen b.v. de vliegers zich als imagines en niet als larven over grootte afstanden kunnen verspreiden.

Sommige soorten van mijten, behoorende tot de orde der Atracheata bezitten gedurende een der nymphenstadia hechtorganen, waarmee zij zich vasthechten aan grootere dieren, die in of op den grond leven. Na verloop van tijd laten zij zich vallen en kunnen dan ver van hun geboorteplaats terecht komen.

Vele gronddieren bezitten een dergelijke inrichting niet. Hoe zij er in slagen zich te verplaatsen of te doen verplaatsen naar gebieden, die liggen buiten het aaneengesloten woongebied, waarin zij zijn geboren, is niet bekend en dient nader te worden onderzocht. Het geldt niet slechts voor de kleine dieren als mijten, Collembolen, Tardigraden enz. maar ook voor grootere dieren, die hun geheele leven in den grond doorbrengen, als regenwormen, miljoenpooten en mollen. Hierbij mag worden aangeteekend, dat Jacot (1930) van meening is, dat ook vele andere soorten van mijten passief worden verspreid b.v. door vogels met het nestmateriaal.

Er mag op worden gewezen, dat de horizontale verspreiding van het grootste belang is voor de bevolking van ontginningen en de herbevolking van gebieden waarvan de grondfauna als gevolg van brand, diep spitten enz. is vernietigd.

#### 8. Invloed van de grondfauna op het strooisel.

Dat de grondfauna invloed uitoefent op het strooisel, staat vast. Hoe deze invloed is en welke rol de fauna speelt bij het proces van de humificatie is nog maar uiterst onvolledig bekend.

De fauna kan op verschillende manieren op het strooisel inwerken:

- a. zij kan door het maken van gangen de luchtcirculatie in de strooisellaag bevorderen en den grond toegankelijk maken voor kleine, teere gronddieren;
- b. zij kan het strooisel mechanisch verkleinen;

c. zij kan het strooisel chemisch omzetten ;  
 d. zij kan er toe bijdragen, dat het strooisel wordt gemengd met den mineralen ondergrond ;

e. zij kan door het verdelen van schimmels, bacteriën en grond dieren er toe bijdragen, dat deze organismen, die van het strooisel leven, op hun beurt weer worden afgebroken en hierdoor regulerend werken.

ad. a. De grootere dieren als muizen en mollen maken groote gangen in de strooisellaag. In vele gevallen is vrijwel deze geheele laag door hen doorgraven. Echter zijn niet slechts de muizen en mollen in dit opzicht van belang. Ook miljoenpooten, regenwormen en vele insecten en hun larven bewegen zich over grooteren of kleineren afstand door het strooisel, daarbij een min of meer duidelijk waarneembare gang vormend. Daar deze dieren vaak in groot aantal aanwezig zijn, maken zij een dicht netwerk van gangen, hetgeen de luchtvoorziening van den grond zeer ten goede komt. In hoeverre ook de zeer kleine grondfauna een belangrijke rol speelt, is niet met zekerheid bekend. Zeer waarschijnlijk is de invloed van mijten en Collembolen in dit opzicht niet groot.

Het is zonder meer duidelijk, dat al deze ontelbaar vele groote, kleine en zeer kleine gangen de luchtcirculatie en daarbij de gaswisseling in den grond in zeer belangrijke mate bevorderen. Waren er geen dieren, de grond zou veel eerder kans loopen dicht te slaan, zooals dit b.v. bij de strooisellaag van Amerikaansche eiken kan worden waargenomen, waarbij mag worden opgemerkt, dat ook de vorm der bladeren van inlandsche eiken en beuken het vormen van een afsluitende bovenlaag tegengaan.

Het is bekend, dat vele kleine mijten-soorten de gangen der grootere dieren gebruiken om in den grond door te dringen. Ik mag hier nogmaals verwijzen naar de waarnemingen van Schimitschek volgens welke het getal der mijten stijgt met de luchtcapaciteit van den grond.

ad. b. Vele dieren verkleinen al vretende de strooiseldeeltjes. Van regenwormen is het bekend, dat zij deelen van het strooisel in hun gangen trekken en daarbij uiteenscheuren. Miljoenpooten, vliegenlarven, kevers, mijten en Collembolen zij allen vreten stukken uit de afgevalnen bladeren. Dat ook de kleinste dieren hieraan in aanzienlijke mate kunnen meewerken, bewijzen de waarnemingen van Noordam en van der Vaart-de Vlieger. Zij kweekten mijten op bladeren van den eik en namen waar, dat sommige soorten de bladeren skeletteerden, anderen vreten ook de kleine nerven op, terwijl weer andere soorten stukken blad wegvraten met nerf en al. Of deze mijten nu de bladeren zelf of wel de schimmels, die in deze bladeren leefden als voedsel gebruikten, doet weinig ter zake: het blad werd verkleind en had daardoor een grooter aangrijpingsvlak voor schimmels en bacteriën, die bij de omzetting zoo'n groote rol spelen. Ook Ulrich, Bornebusch e.a. gaven voorbeelden en foto's van een dergelijke vretelij.

ad c. Vele diersoorten voeden zich met het strooisel zelf. Dit doen b.v. de regenwormen, zooals uit de reeds genoemde waarnemingen van Lindquist duidelijk blijkt. Ook vliegenlarven en vele soorten van mijten en Collembolen vreten strooisel. Jacot zegt, dat „Mull"-grond zelfs vrijwel geheel bestaat uit uitwerpselen van wormen en Arthropoden, waaruit zou kunnen blijken, dat vrijwel de geheele strooiselmasse het darmkanaal van de fauna passeert. Veelal beschouwt men de mijten en vooral zij, die behooren tot de Oribatiden als schimmelvreters, die hoogstens het blad opvreten, omdat het schimmeldraden bevat (zie Forsslund), de waarnemingen, welke door mejuffrouw Rooseboom aan ons laboratorium zijn verricht, hebben het zeer waarschijnlijk gemaakt, dat vele deze Oribatiden leven van het strooisel zelf en dus niet in de eerste plaats van de schimmeldraden. Jacot neemt trouwens aan, dat de Phthiacariden, die in naalden mineeren, wel degelijk van de naalden-substantie leven.

Wanneer nu deze dieren leven van het strooisel, dan heeft uit den aard der zaak een chemische omzetting van dit strooisel plaats. Dat deze omzetting en de daarbij behorende bemesting van het strooisel het humificatie-proces bevordert, is waarschijnlijk, exacte gegevens hierover zijn echter maar uiterst schaars.

Hierbij mag worden opgemerkt, dat Franz uit zijn proeven meende te mogen concluderen, dat een Bibionide, *Penthetria holosericea* in staat is humus te vormen uit de door hen opgevreten deelen van bladeren. Langs theoretischen weg berekende Ulrich, dat in sparrestrooisel de fauna per jaar ongeveer  $\frac{1}{4}$  gedeelte van het strooisel afbreekt, in beuken-eiken strooisel echter  $\frac{2}{3}$  gedeelte. Exacte waarnemingen ontbreken echter, zoodat deze berekeningen, hoewel op physiologische wetten gefundeerd, slechts een betrekkelijke waarde kan worden toegekend.

De dieren nemen bestanddeelen op uit het strooisel en geven deze in omgezetten vorm weer aan de aarde terug, wanneer zij dood gaan. Volgens Lindquist zijn doode

regenwormen van groot belang als nitraat-producent in de „Mullerde”. Daar de regenworm niet in staat is stikstof vast te leggen kan het N-gehalte door de doode regenwormen niet grooter zijn geworden. Hoogstens kan het door het vergaan van den dooden worm snel in een vorm geraken waarin het voor de planten opneembaar is. *ad. d.* Het klassieke voorbeeld van het mengen der grondlagen door dieren wordt wel gevormd door *Lumbricus terrestris*. Ver buiten de wetenschappelijke kringen is dit bekend. Inderdaad nemen de wormen door de wijze, waarop zij zich voeden, in dit opzicht een unieke plaats in.

De wormen vreten zich door de aarde heen. De minerale bestanddeelen worden in den darm een eind meegevoerd en later vaak boven den grond gedeponereerd. Op weilanden en in tuinen zijn de wormexcrementen, die grootendeels uit aarde bestaan, veelal uiterst opvallend.

Enkele soorten van regenwormen bewegen zich regelmatig in verticale richting door de aarde heen en wel vanuit den mineralen ondergrond naar het aardoppervlak en terug. Dat zij op deze wijze een zeer intensieve menging van minerale bestanddeelen en strooisellaag bewerken, is zonder meer duidelijk. Bovendien hebben deze wormen de eigenschap bladeren en naalden die pas zijn afgevallen, in hun gangen naar binnen te trekken, ook daardoor een vermenging der lagen veroorzakend.

In hoeverre ook andere diersoorten — waaronder in de eerste plaats aan miljoenpooten (*Romell*) en mieren mag worden gedacht — de vermenging der lagen bevorderen, is nog niet onderzocht. In geen geval doen zij het echter in die mate als de regenwormen.

In dit verband dient nog een enkel woord te worden gezegd over het reeds genoemde werk van Wittich. Wanneer hij naalden bracht op den goeden „Mull”-grond, verteerden zij niet, zoolang zij op den grond lagen. De hierin levende fauna — vooral regenwormen — zorgde er echter voor, dat deze naalden vroeg of laat in den grond werden getrokken. Was dit eenmaal geschied, dan vergingen zij zeer spoedig. *ad. e.* Vele mijten (vgl. *Forsslund* de *Oribatei*) en Collembolen staan bekend als schimmeleeters. Zij bewerken, dat de schimmels, die vaak tegen ontleding zeer resistent zijn, ten deele worden afgebroken. In hoeverre de schimmels zonder deze dieren de overhand zouden krijgen in het strooisel, zal nog nader moeten worden onderzocht. Waarschijnlijk zal de fauna er toe medewerken, dat het strooisel door de schimmels niet tot dichte pakketten aaneen wordt gesponnen. Bovendien bevat de grondfauna een groot aantal vleescheters, die leven van andere in het strooisel verblijvende dieren.

#### 9. Invloed van de grondfauna op de dierenwereld buiten den grond.

Vele dieren, die niet tot de typische grondfauna mogen worden gerekend, brengen één of meer stadia — meestal een ruststadium — in den grond door. Van de bosch-insecten mag ik in dezen noemen: de bladwespen van lariks en groveden, de dennen-spanrups, de gestreepte dennenrups enz. Zeer groot is vaak het getal dezer insecten, dat tijdens dit ruststadium in den grond door de grondfauna wordt vernietigd. Zoo nam *Besemer* waar, dat de boschmuizen bijna alle cocons van *Diprion pini* in de al dan niet gemengde grovedennenbosschen vernietigden. Ook de larven van *Elateriden* kunnen hiertoe meewerken. Hetzelfde namen wij in het afgeloopen jaar waar ten aanzien van cocons van lariksbladwespen. De grondfauna vormt dus in vele gevallen een uiterst belangrijken weerstands-factor voor bepaalde insecten, die het grootste gedeelte van hun bestaan vrij in het bosch leven.

Dat de dieren, die slechts gedurende een bepaald gedeelte van hun bestaan tot de echte grondfauna mogen worden gerekend, b.v. vliegen en kevers, invloed op de vrij levende levensgemeenschap kunnen uitoefenen, behoeft geen nader betoog. Deze dieren behoren immers actief tot twee of meer levensgemeenschappen.

#### 10. Invloed van de dierenwereld buiten den grond op de grondfauna.

De grondfauna ondervindt op haar beurt den invloed van de dierenwereld buiten den grond.

In de eerste plaats gebruiken vele dieren den grond als schuilplaats, waar den winter wordt doorgebracht, enz. Hierbij graven zij gangen in den grond, deponeren zij aldaar hun uitwerpselen, resten en prooien enz. waardoor zij het milieu van den grond veranderen.

Grondieren, die aan de oppervlakte verschijnen, worden vaak door dieren uit het bosch opgegeten, b.v. regenwormen door vogels, kevers en egels; Collembolen en mijten door verschillende soorten van mieren enz.

Dieren, die niet hun geheele leven in den grond doorbrengen, worden bovengronds vaak opgevreten door hun vijanden, waardoor hun optreden in den grond wordt beperkt, b.v. vliegen, kevers, enz.

### 11. *Directe invloed van de grondfauna op de planten.*

Vele gronddieren voeden zich niet met strooisel of dierlijk voedsel, maar met levende planten. Als voorbeeld moge dienen de larven van meikevers, die van *Strophosomus*, *Brachyderes*, enz. De uitgebreide meikeverliteratuur laat zien, hoe groot de schade van dergelijke dieren voor onze cultuurplanten kan zijn. Zie b.v. *Schwerdtfeger*. In verband hiermee mag nog worden gewezen op het artikel van de *Fluiter* over de schade door larven van *Brachyderes incanus* toegebracht aan de wortels van grovedennen. Verder mogen nog worden genoemd: wortelluizen, aaltjes enz.

### 12. *De grondfauna als onderdeel van de levensgemeenschap van het bosch.*

Uit het voorafgaande moge blijken, dat de grondfauna door talloze banden is verbonden met de overige levensgemeenschappen, die we in het bosch kunnen onderscheiden. Eigenlijk mogen wij zeggen, dat er één levensgemeenschap in het bosch bestaat, waarin de grondfauna door bijzondere eigenschappen een eigen plaats inneemt. De bron van het voedsel van deze fauna is het strooisel en in mindere mate ook de wortels van boomen, struiken en kruiden, alsmede dieren, die dood zijn gegaan en tusschen het strooisel terecht zijn gekomen dan wel den grond gebruiken als schuilplaats. De samenstelling van dit voedsel wordt geheel bepaald door de samenstelling van de flora en de bovengrondse dierenwereld.

Doordat de grondfauna medewerkt aan de vertering van het strooisel, beïnvloedt zij op haar beurt indirect den toestand, waarin de planten verkeerden en zeer waarschijnlijk eveneens de samenstelling van het plantendek. Vroeger heb ik er reeds op gewezen (1940, 1941) dat samenstelling van de dierenwereld van het bosch wordt bepaald, behalve door de mogelijkheid voor de verschillende diersoorten het betreffende bosch te bereiken, door het plantendek, het klimaat en den grond, welke beide laatste factoren op hun beurt van nature het plantendek bepalen. De aan ons laboratorium verrichte onderzoekingen van *Quispel* en de *Westhoff's* legden reeds het verband vast tusschen de mierenfauna en de floristische samenstelling van het bosch. *Mörzer Bruins* verkreeg soortgelijke resultaten ten aanzien van de weekdieren in de *Ijselvallei*.

De grondfauna en de dierenwereld buiten den grond beïnvloeden elkaar, zooals ik hierboven reeds aangaf.

Een goed ontwikkelde grondfauna wijst op en werkt mede aan een goeden toestand van den grond. Hierdoor zal zich een rijk plantendek ontwikkelen met goede, levenskrachtige boomen. Het gevolg hiervan zal weer kunnen zijn een rijk dierenleven, d.w.z. vele diersoorten elk met een gering aantal individuen. Immers, volgens de door *Thienemann* opgestelde wet, op welke ik vroeger reeds heb gewezen, bewerkt een eenzijdig milieu een eenzijdige fauna, bestaande uit weinige diersoorten, veelal met groot aantal individuen, een veelzijdig milieu daarentegen een fauna bestaande uit een groot aantal diersoorten, elk met een gering aantal individuen.

Zoo zal dus de aanwezigheid van een goed ontwikkelde grondfauna er op wijzen en er toe medewerken, dat in het betreffende bosch de kans op het optreden van calamiteiten — insectenplagen, ziekten, enz. — gering is, dat het bosch een harmonisch geheel vormt, zich gedraagt als een goed functioneerend super-organisme.

### 13. *Maatregelen tot het verkrijgen van een gewenschte grondfauna.*

Overtuigd als wij zijn van de beteekenis van de grondfauna voor de omzetting van het strooisel, is het van practisch belang, dat er naar wordt gestreefd om middelen te vinden, waardoor onze boschgrond wordt bewoond door een fauna, die zo intensief mogelijk aan de afbraak van de organische producten in het strooisel medewerkt. Beschouwen wij het onderzoek naar de grondfauna als één van toegepast natuurwetenschappelijke aard, dan moet dit zelfs het doel van het onderzoek zijn.

Voordat deze vraag kan worden opgelost, moet allereerst worden uitgemaakt, welke elementen van de grondfauna belangrijk zijn en in welk opzicht zij dit zijn. Uit het voorgaande is wel gebleken, dat hierop nog maar voor enkele diersoorten — regenwormen, miljoenpooten, enkele soorten van mijten en Collemboles — een antwoord kan worden gegeven, dat dan nog vaak niet eens behoorlijk is gefundeerd. Hieruit volgt weer, dat het onderzoek nog niet ver genoeg is gevorderd om reeds nu maatregelen aan te geven.



Eerst wanneer ons inzicht in het probleem zoover zal zijn gevorderd, dat wij in staat zijn aan te geven welke elementen van de grondfauna als gewenscht moeten worden beschouwd, kunnen wij zoeken naar maatregelen, die een dergelijke bevordering mogelijk maken. Een enkele beschouwing moge hierover reeds thans worden gegeven.

Baas Becking heeft in zijn „Geobiologie” het woord van Beijerinck afhankelijk gemaakt: „alles is overal”. Volgens hem selecteert het milieu, zoodat het van het milieu afhankelijk zou zijn, welke levensgemeenschap zich ontwikkelt. Ten aanzien van de grondfauna wijzen de onderzoekingen van Ulrich en anderen in deze richting. Volgens deze onderzoekers toch worden de verschillende biotopen door dezelfde elementen bewoond, hoewel zij overal in andere verhoudingen optreden. Uit deze waarnemingen zou mogen worden geconcludeerd, dat na het veranderen van het milieu zich na korten of langeren tijd de in dat milieu thuis hoerende fauna zou ontwikkelen, zoodat inderdaad de samenstelling der grondfauna slechts van het milieu afhankelijk zou zijn. Bovendien is Ulrich van meening, dat de fauna, wanneer zij door de een of andere omstandigheid wordt vernietigd, zich zeer snel herstelt. Dit laatste zou wijzen òf op een groot reproductie-vermogen en een snelle ontwikkeling van de gronddieren òf op een zeer groot verspreidingsvermogen. In dit laatste geval zou de stelling van Beijerinck en Baas Becking voor de bodemfauna een groote mate van geldigheid bezitten.

Wanneer de meening van Ulrich juist is, dan zal de studie zich dus in hoofdzaak kunnen beperken tot het bestudeeren van het milieu en zal de vraag naar een eventuele enting van een geschikte fauna in een voor deze fauna gereed gemaakt milieu achterwege kunnen blijven.

De stand van het onderzoek is nog niet ver genoeg gevorderd om reeds thans een uitspraak te kunnen doen inzake het al of niet geldig zijn van bovengenoemde stelling. Wel zijn feiten bekend, die ons nopen de opvatting van Ulrich niet zonder meer over te nemen.

In de eerste plaats doet de door ons gevonden langzame ontwikkeling van vele gronddieren de vraag rijzen of het herstel werkelijk zoo snel kan geschieden, als door Ulrich wordt aangenomen. Wanneer dit het geval is, zou het, in verband met deze langzame ontwikkeling, wijzen op een zeer groot verspreidingsvermogen, dat in het algemeen genomen, niet zeer waarschijnlijk is en waarover ons vrijwel geen gegevens ten dienste staan. Dan zijn er de waarnemingen naar het herstel van de grondfauna na een boschbrand. Sommige waarnemingen wijzen op een snel, andere op een uiterst langzaam herstel. Hier zou kunnen worden gedacht aan verschil in intensiteit der boschbrand, waarvoor in het eene geval de fauna gelegenheid heeft gehad zich in diepere lagen terug te trekken en zoodoende aan vernietiging heeft kunnen ontkomen, terwijl zij in het andere geval geheel of bijna geheel is vernietigd. Is dit het geval, dan zou het wijzen op een gering verspreidingsvermogen der dieren. Echter bestaat ook de mogelijkheid, dat als gevolg van den hevigen brand de grond tijdelijk ongeschikt is geworden als milieu voor de fauna, zoodat deze eerst zal herstellen, wanneer dit milieu zoodanig is veranderd, dat het den gronddieren wederom behoorlijke levenskansen biedt.

Tenslotte moet nog worden opgemerkt, dat Ulrich niet tot de soort determineert, zoodat nog in geenen deele is aangevoond, dat de biotopen inderdaad door dezelfde elementen worden bewoond. De waarnemingen, die aan ons laboratorium zijn gedaan, wijzen niet in deze richting.

Is, hetgeen mij niet mogelijk lijkt, de fauna van een biotoop inderdaad in meer of mindere mate specifiek en beschikken de gronddieren niet allen over het vermogen zich zeer snel te verplaatsen of te worden verplaatst naar een gebied, dat geïsoleerd ligt ten opzichte van het oorspronkelijke woongebied, dan zal behalve de mogelijkheid tot het scheppen van een gunstig milieu ook die naar het eaten van de gewenschte fauna moeten worden bestudeerd.

Dit onderzoek zal veel gemeen hebben met dat naar de mogelijkheid van het overbrengen van parasieten en andere vijanden van onze schadelijke insecten van het eene gebied naar het andere, waarbij er zorg voor wordt gedragen, dat bepaalde soorten wel en andere uit hetzelfde biotoop niet worden overgebracht.

Het heeft niet veel zin verder op dit onderwerp in te gaan, daar het onderzoek zal moeten uitwijzen, welke weg moet worden ingeslagen om tot een oplossing van het probleem te geraken. Toch is het goed, dat wij ons reeds bij het verrichten van het oriënteerende onderzoek voor oogen houden, wat het doel van het werk is en langs welke wegen andere richtingen van toegepast-biologisch experimenteren tot groote resultaten hebben geleid.

14. *Het onderzoek naar de grondfauna, verricht door het Itbon in het Biologisch Laboratorium „Hoenderloo“.*

Tot slot wil ik nog het een en ander mededeelen over het onderzoek, dat door ons Instituut wordt verricht en de richtlijnen, die hierbij worden gevolgd.

Het onderzoek wordt uitgevoerd door mejuffrouw Dr M. Rooseboom en Drs J. van der Drift; het is er een van toegepast natuurwetenschappelijke aard. Voordat wij echter kunnen gaan toepassen, moet er iets zijn, dat kan worden toegepast en uit het voorgaande zal, naar ik hoop, duidelijk zijn gebleken, dat ons inzicht in de faunistische samenleving in den boschgrond uiterst beperkt is. Onze eerste taak is dan ook het inzicht in deze samenleving te verdiepen. Wij trachten dit te doen door een combinatie van veld- en laboratorium-waarnemingen.

Zooals ik boven reeds mededeelde, is in de meeste gevallen de boschgrond rijk aan individuen en rijk aan soorten. Dit levert voor het onderzoek gevaar op, dat het leeren kennen van de vormen zooveel van de krachten van den onderzoeker vergt, dat het leeren kennen van de levensgemeenschap er door op den achtergrond wordt gedrongen. Vele publicaties lijden hieraan. Ons streven is er dan ook op gericht dit bezwaar te ondervangen. M.i. is dit uitsluitend mogelijk, doordat wij ons bij het onderzoek zooveel mogelijk beperken tot die vormen, die werkelijk belangrijk zijn. Alle zeldzame diersoorten moeten voorloopig — hoe interessant zij faunistisch wellicht mogen zijn — buiten beschouwing worden gelaten. Ook dan nog vergt het leeren kennen van de vormen een belangrijk deel van de werkkraft van den onderzoeker.

Met in acht neming van bovengenoemde richtlijnen trachten wij ons een denkbeeld te vormen van de levensgemeenschap in den grond door met behulp van de daarvoor geschikte apparatuur de fauna in de verschillende biotopen quantitatief en kwalitatief te bepalen. Hierbij wordt niet als biotoop beschouwd het strooisel van een bepaald boschtype, b.v. beukenstrooisel, maar de afzonderlijke lagen van dit strooisel. In elk boschtype worden dus de verschillende lagen, die in het strooisel kunnen worden onderscheiden op hun fauna onderzocht. Hierbij mag worden opgemerkt, dat men in het buitenland somtijds de fauna op verschillende diepten beneden het aardoppervlak onderzoekt, b.v. op een diepte van 5, 10, 15 cm enz. Deze methode lijkt ons minder juist, daar in dat geval geen rekening wordt gehouden met de natuurlijke gelaagdheid van den grond en met de mogelijkheid dat een bepaalde natuurlijke laag een bepaalde fauna bezit.

De diersoorten, die in belangrijke aantallen worden gevonden, kweeken wij in het laboratorium, teneinde te weten te komen op welke wijze zij zich voeden, hoe zij zich voortplanten, hoe snel zij zich ontwikkelen enz. Daar de grondfauna in het laboratorium in een geheel ander milieu leeft, dan in de vrije natuur moet steeds met de mogelijkheid rekening worden gehouden, dat de dieren buiten van ander voedsel leven, dan in gevangenschap. Ook bestaat de kans, dat schimmelvreters stukken blad vreten ter wille van de schimmels, die er in of er op leven en zodoende ten onrechte voor bladvreters worden gehouden. Om deze reden worden de maag- en darminhoud van de in aanmerking komende diersoorten onderzocht, alsmede hun uitwerpselen. Dit is ook geschied door buitenlandsche onderzoekers, b.v. door Forsslund, die inhouden van darm- en maag onderzocht, maar de dieren niet kweekte en door Michael, die wel kweekte, doch geen darm- en maaginhouden onderzocht. Door deze wijze van onderzoek hebben mijn medewerkers kunnen aantonen, dat eenige soorten van Oribatei, die in de literatuur als schimmelvreters bekend staan, zich niet slechts met schimmels maar ook met bladresten voeden.

Het ligt nu in de bedoeling de aldus in het laboratorium verkregen gegevens te combineeren met die, welke het veldwerk heeft opgeleverd. Eerst op deze wijze zal het o.i. mogelijk zijn een inzicht te verkrijgen in den samenhang van strooisel, grondfauna en grondflora.

Een eenvoudig voorbeeld moge aantonen, dat op deze wijze resultaten kunnen worden verkregen. Voor enkele soorten van mijten, die wij slechts in bosschen aantreffen, waarin loofhout voorkwam, kon worden aangetoond, dat zij typische bladvreters waren. Zelfs ten deele vergane dennen- of sparrennaalden vreten zij niet. Het ontbreken van de betreffende mijten in de zuivere naaldhoutbosschen was dus een gevolg van het onvermogen dezer dieren om naalden te vreten en werd niet veroorzaakt door een anderen milieufactor. In dit verband mag worden gewezen op het werk van Lindquist, die waarnemingen deed naar de levenswijze van 7 soorten van regenwormen. Deze dieren vreten geen naalden, eikenbladeren vreten zij ongaarne, bladeren van beuk werden beter opgenomen en het liefst vreten de wormen bladeren van iep, esch en berk. In naaldhoutbosschen werden deze wormen uit den aard der zaak niet gevonden.

Op bovengenoemde wijze wordt aan ons laboratorium thans in de eerste plaats het beukenstrooisel onderzocht. Dit geschiedt in bosschen, waarin de vertering bevredigend verloopt en in bosschen, waarin, dit niet het geval is. Dat in de eerste plaats het beukenstrooisel voor het onderzoek is gekozen, vindt zijn oorzaak daarin, dat het langzaam verderende beukenstrooisel een eenvormiger milieu vormt, dan de goed verderende strooisels van andere boomsoorten, zoodat wij verwachten dat ook de analyse minder moeilijk zal zijn. Daarnaast worden voortdurend ter vergelijking waarnemingen verricht naar het strooisel van andere boschtypen: eik, groveden, enz.

In aansluiting aan het onderzoek van Hudig, Jager Gerlings en Wolterson, gepubliceerd in het Tijdschrift van de Ned. Heide Mij. stellen wij thans ook een onderzoek in naar de fauna van het strooisel onzer lariksbosschen. Bij dit onderzoek werden fauna-elementen gevonden, die voor de vertering van het grootste belang kunnen zijn, wanneer wij slechts in staat zouden zijn het aantal dezer dieren te vergroeten.

Behalve deze algemeene onderzoekingen worden thans nog enkele onderzoekingen verricht van meer bijzondere aard. Zoo worden waarnemingen gedaan naar de verspreiding en de levenswijze van de regenwormen onzer Nederlandsche bosschen en naar die der ritnaalden (Elateriden). Deze onderzoekingen geschieden niet door het vaste personeel van ons Instituut, maar door studenten en doctorandi, die een speciaal onderwerp aan ons Instituut bewerken.

Over de resultaten van het onderzoek kan ik nog maar weinig mededeelen. De waarnemingen, hebben ons tuit dusverre geleerd, dat de ontwikkeling van de meeste diersoorten waarschijnlijk langer langzaam verloopt, in tegenstelling tot hetgeen eenige Duitsche onderzoekers trachten te sugereeren. Het gevolg hiervan is, dat ook de resultaten lang op zich doen wachten.

Uit het korte overzicht, dat uit den aard der zaak geen aanspraak maakt op volledigheid, moge blijken, dat nog zeer veel van het leven der gronddieren en hun invloed op de omzetting van het strooisel enz. onbekend is. De onderzoekingen, die zich op dit gebied zwenden, hadden bijna steeds een incidenteel karakter. In Denemarken, Duitschland, Zweden, Engeland en Amerika zijn onderzoekers één of enkele jaren met dit probleem bezig geweest. Vaak zijn daarbij aardige resultaten bereikt, die veel doen verwachten van een verder onderzoek. Sinds bijna 3 jaar werken wij thans in Hoenderloo aan dit probleem. Het ligt in de bedoeling van ons Instituut het onderzoek voort te zetten over een langen termijn, Ik mag de hoop uitspreken, dat dit plan in het belang van het grondonderzoek in het algemeen, zal kunnen worden verwezenlijkt, alle ongunstige tijden ten spijt.

#### Literatuur.

- Baas Becking, L. G. M. (1934): Geobiologie. — Van Stockem, Den Haag.
- Besemer, A. F. H. (1942): Die Verbreitung und Regulierung der Diprion-Haare, Kalamitäten in den Niederlanden in den Jahren 1938—1941. — Meded. Comité Best. Bestr. Insectenpl. in Bosschen No. 5.
- Bornebusch, C. H. (1930): The Fauna of forest soil Skowbundens Dyreverden.
- Cameron, A. E. (1938): General survey of the insect fauna of the soil within a limited area near Manchester. — J. econ. Biol. XIX p. 159—204.
- De Fluiter, H. J. & P. A. Blijdorp (1935): De grauwe dennensnuitkever *Brachyderes incanus* L. — Meded. Landbouwhoogeschool XXXIX Verh. 4.
- Forslund, K. (1938): Beiträge zur Kenntnisse der Einwirkung der Bodenbewohnenden Tiere auf die Zersetzung des Bodens I. Ueber die Nahrung einiger Hornmilben. Meddel. f. Statens Skogsförsöksanstalt H. 31 Nr 3.
- Fourmann, K. L. (1938): Untersuchungen über die Bedeutung der Bodenfauna bei der biologischen Umwandlung des Abfalles forstlicher Standorte. — Mitt. Fo. u. Fo. IX p. 144.
- (1936): Ueber Grundfragen biologischer Denkens und Arbeitens in Forstwissenschaft und Forstwirtschaft. — Mitt. Fo. u. Fo. VII.
- Franz, H. (1942): Untersuchungen über die Bedeutung der Bodentiere für die Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. Forschungsdienst XIII H. 4/5 p. 320.
- Jacot, A. P. (1936): Soil structure and soil biology. — Ecology XVII, p. 359—379.
- Jager Gerlings, J. H., N. J. Hudig & J. F. Wolterson (1943): De vertering van het strooisel van den lariks. — Tijdschr. Ned. Heide Mij. afl. 3, 4 & 5.

- King, K. M. (1939): Population studies of soil insects. — *Ecol. Monogr.* IX, p. 270—286.
- Lindquist, B. (1941): Untersuchungen über die Bedeutung einiger Skandinavischer Regenwurmarten für die Umsetzung der Laubstreu und für die Struktur der Mullerde in Schwedischen Waldboden. — *Svensk Skogvårdsfören T.* XXXIX p. 181—242.
- Meltzer, J. en V. Westhoff (1943): Inleiding tot de Planten Sociologie. — Breugel, 's Graveland.
- Michael, A. D. (1884): *British Oribatidae*. — London.
- Mörzer Bruins, H. F. (1943): De Gastropodenfauna van het IJssedal. — *Basteria* VIII p. 9—20.
- Noordam, D. & S. K. van der Vaart-de Vlieger (1943): Een onderzoek naar samenstelling en beteekenis van de fauna van eikenstrooisel. — Mededeeling van het I.T.B.O.N. No. 2.
- Quispel, A. (1941): De verspreiding van de mierenfauna in het Nationale Park De Hoge Veluwe. — *Meded. Comité Best. Bestr. Insectenpl. in Bosschen* No. 2.
- Romell, L. G. (1935): An example of Myriapods as Mullformers. — *Ecology* XVI, p. 67—71.
- Schimitschek, E. (1938): Einfluss der Umwelt auf die Wohndichte der Milben und Collembolen im Boden. — *Z. angew. Entomol.* XXIV.
- Schwerdtfeger, F. (1941): Ueber die Ursachen des Massenwechsels der Insekten. — *Z. angew. Entom.* XXVIII.
- Trägårdh, I. (1933): Methods of automatic collecting for studying the fauna of the soil. — *Bull. Ent. Research* XXIV.
- (1929): Studies on the fauna of the soil in Swedish forests. — IV International Congress of Entomology Ithaca August 1928 II.
- Ulrich, A. Th. (1933): Die Makrofauna der Waldstreu. — *Mitt. Fo. u. Fo.* IV.
- Voltz, P. (1934): Untersuchungen über die Mikroschichtung der Fauna der Waldböden. — *Zool. Jahrb. Abt. System.* 66 p. 153—210.
- Voute, A. D. (1941): De mogelijkheid voor biologische en oekologische bestrijding van de insectenplagen onzer bosschen. — *Ned. Boschb. Tijdschr.* XIV, p. 588—615.
- (1940): De kans op het optreden van insectenplagen in oerwoud en monocultuur. — *Ned. Boschb. Tijdschr.* XIII, p. 250—254.
- Westhoff, V. & J. N. Westhoff-de Joncheere (1942): Verspreiding en nestoecologie van de mieren in de Nederlandsche bosschen. — *Meded. Comité Best. Bestr. Insectenpl. in Bosschen* No. 9.
- Wittich, W. (1939 & 1943): Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einen Boden mit Mullzustand I & II. — *Forstarchiv* XV & XIX.