

Epifylfloraen på Rødgran

En undersøgelse af belægnings på grannåle

Ulrik Søchting
Bitta Jensen
Liselotte Unger

Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen
og
Københavns Universitet, Institut for Sporeplanter
1992

*Epifylfloraen på Rødgran,
- En undersøgelse af belægnings på grannåle.*

Forfattere:

*Ulrik Søchting, Bitta Jensen
& Liselotte Unger, Institut for
Sporeplanter, Københavns Universitet.*

ISBN: 87-503-9812-1

Layout og sats: Ole Lansø

Papir: G-print 115 g

Tryk: Grafisk Center Hillerød

Oplag: 400 eksemplarer

Pris: 60 kr. incl. moms

*Udgivet af Miljøministeriet,
Skov- og Naturstyrelsen*

*Forhandles af:
Skov- og Naturstyrelsen,
Informationssektionen,
Slotsmarken 13,
2970 Hørsholm.*

Tlf. 45 76 53 76

Yderligere oplysninger om denne publikation kan fås hos:

*Institut for Sporeplanter,
Københavns Universitet*

Tlf. 33 14 61 81

Forord

Belægninger på grannåle er et fænomen, som synes at være taget til i de senere år.

Da disse belægningers forudsætninger, sammensætning og udvikling kun i meget begrænset omfang har været kendt, iværksatte Skov- og Naturstyrelsen i samarbejde med Institut for Sporeplanter, Københavns Universitet en undersøgelse heraf.

Samarbejdsprojektet iværksattes i 1991 og har været styret af Eyvind Nygård, Skov- og Naturstyrelsen og Ulrik Søchting, Institut for Sporeplanter.

Følgende skovdistrikter takkes for velvillig hjælp i forbindelse med indsamling af grangrene: Bidstrup skovdistrikt, Feldborg statsskovdistrikt, Esrum statsskovdistrikt, Lindet statskovdistrikt, Tisvilde-Frederiksværk statsskovdistrikt, Ulborg statsskovdistrikt og Åbenrå statsskovdistrikt.

Værdifuld taxonomisk hjælp er ydet af Tyge Christensen, Inst. f. Sporeplanter, Brian Coppins, Edinburgh, Ove Eriksson, Umeå, Orlando Petrini, Zürich og Brian Sutton, Kew. Willem Asman, DMU har bidraget med oplysninger om kvælstofafsætning.

For medvirken ved indsamling og præparering af nåle takkes Eva Fredtoft og for teknisk assistance takkes Else Meyer Andersen Niels-Henry Larsen og Ole Lansø, Inst. f. Sporeplanter. Knud Fuglsang, Geologisk Institut hjalp med scanningfotograferingen og kvantificeringerne af belægningerne er udført af stud. scient.'erne Lotte Dahl og Morten Klamer; de takkes for deres omhyggelige indsats.

Sammenfatning

Gennem de senere tiår er der konstateret en øget dannelse af belægninger på grannåle i Danmark. I de seneste år er dette blevet et kommercielt problem for pyntegrøntproduktionen på nogle skovdistrikter.

Denne rapport sammenfatter den kendte viden om nålebelægninger og fremlægger en kvantitativ analyse af belægningernes udvikling og de organismer, der danner dem.

Belægninger på grannåle er kendt i Nordvesteuropa, men synes at udvikles bedst i Danmark. Det er overvejende sandsynligt, at den øgede kvælstofafsætning på træerne er årsagen hertil, selvom det ikke har været muligt at påvise tydelige regionale forskelle i algebelægningernes forekomst indenfor landets grænser. Fugtighed og gode lysforhold fremmer antagelig dannelsen af nålebelægninger.

Allerede få måneder efter nålenes dannelse begynder en kolonisering af deres overflade med alger og svampe. Gennem de to første år opbygges et tykt algedække, som hyppigt udgør 10 % af nålenes tørvægt. Algedækket inficeres hurtigt af svampe, der dels nedbryder algelaget, dels lever symbiotisk med dem under dannelse af skorpeformede laver. På de fire-årige nåle er svampeinfektionen så kraftig, at belægningerne begynder at skalle af. På ældre nåle kan der begynde en sekundær kolonisering af nåleoverfladen.

Belægningerne dannes i hovedsagen af grønalgerne *Apatococcus lobatus*, *Desmococcus viridis* og *Coccomyxa* sp., samt ved høj kvælstofbelastning af en antagelig ubeskrevet trådalge. Algebelægningerne angribes af en ubeskrevet svamp, foreløbig navngivet *Scolecotheca cornuta*, og en antagelig lav-dannende ubeskrevet art af *Capronia*, her kaldet *C. epiphylla*. Senere kan flere skorpeformede laver indfinde sig: *Lilliputeana curvata* og *Fellhanera subtilis*, der begge ikke tidligere er fundet i Danmark.

Der er behov for yderligere udforskning af de væsentligste epifylle mikroorganismers forekomst i Europa, ligesom det vil være af betydning eksperimentelt at efterprøve hypotesen om kvælstofafsætningens betydning for dannelsen af nålebelægninger. Herudover er det ønskeligt eksperimentelt at belyse belægningernes effekt på nålenes stofproduktion.

Summary

During the last decades an increase in epiphyllic growth on spruce needles has been observed in Denmark. In recent years this has become a commercial problem for the production of ornamental spruce branches in some forest districts.

This report summarises our knowledge of epiphyllic growth on spruce needles and gives a quantitative analysis of the development of the epiphyllic cover and the organisms which comprise it.

The formation of an epiphyllic layer on spruce needles is known in Northwest Europe but appears to be quantitatively best developed in Denmark. There is good evidence that the increased deposition of nitrogen on the trees is the main cause for this, even though it has not been possible to show significant regional differences in the severity of the problem within Denmark. High humidity and sufficient light appear to be prerequisite for the epiphyllic growth.

Within a few months after the formation of the needles, algae and fungi begin colonising the surface of the needle. During the first two years a thick cover of algae develops, up to 10% of the dry weight of the needle. The algal cover is soon colonised by fungi, some of which kill the algae, while others form a symbiotic relationship forming more or less differentiated crustose lichen thalli. On four year old needles the fungal growth becomes so extensive that the epiphyllic layer begins to peel off the needle and on older needles a secondary layer begins to form.

The epiphyllic cover is mainly composed of the green algae *Apatococcus lobatus*, *Desmococcus viridis* and *Coccomyxa* sp. and an underscribed thread alga is present. The algal cover is colonized by an undescribed fungus, ad interim called *Scolecotheca cornuta* and probably an undescribed lichenized species of *Capronia*, ad interim called *C. epiphylla*. Later other lichens appear, viz.: *Lilliputeana curvata* Serusiaux ad int. and *Fellhanera subtilis*, both of which are new to Denmark.

There is a need for further research on the European distribution of the most significant epiphyllic species on spruce. Furthermore the importance of nitrogen deposition for the formation of an epiphyllic cover on spruce and the effect of the cover on net production of needles should be investigated experimentally.

Indledning

Belægninger på grannåle er et relativt nyt fænomen og historiske oplysninger vedr. omfanget tidligere er meget sparsomme. Folk, der har færdes i nåleskovene gennem mange år, anser dog fænomenet for at have være i stigning gennem firserne.

Først i de senere år er nålebelægninger blevet et reelt problem i nogle skovdistrikter, da kraftigere belægninger skæmmes nålene på pyntegrønt, og i værste fald kan gøre det umuligt at sælge. Der er gjort vellykkede forsøg med bekæmpelse af belægningerne, men de døde alger danner et uønsket, gråt slør på nålene (Jensen 1991, A. Yde-Andersen, pers. medd.)

Belægningerne er i mange tilfælde så udbredte og kraftige, at man må antage, at de nedsætter nålenes fotosyntese i væsentlig grad. Der foreligger dog meget lidt konkret viden herom (Burg m. fl. 1989).

Der er meget få studier af nålebelægningernes omfang og artssammensætning. Høj fugtighed omkring nålene anses at være af betydning for fremkomsten af belægninger, mens den øgede forekomst af belægninger i nyere tid er blevet tilskrevet øget afsætning af kvælstofforbindelser på trækroneerne.

Formålet med denne undersøgelse er at beskrive belægningerne på nåle af rødgran kvantitativt og kvalitativt, samt at vurdere om der er regionale forskelle på belægningerne som funktion af forskelle i kvælstofafsætning.

Økologiske vilkår på nåleoverflader

Organismerne på nåleoverflader må være tilpasset de meget specielle kår som karakteriserer overfladen på grannåle.

Nålenes epidermis må antages at være så tyk, at der ikke afgives vand af betydning gennem den. Det betyder, at vegetationen bliver udsat for jævnlige og til tider måske langvarige udtørninger. Imidlertid kan algebelægningerne på nålene formentlig optage vand fra luftens fugtighed, ligesom dug må antages at være af betydning. De kraftigste nålebelægninger forekommer normalt i ret tætte granbevoksninger – ofte på de laveste grene og i dele af skoven, hvor fugtigheden er stor. Dette benytter skovvæsenet sig af på den måde at der plantes pyntegrønt på højere partier, og hvor der er god gennemluftning.

Det er uafklaret om lysintensiteten på nålene er af betydning for dannelsen af epifylle belægninger. De bliver altid dannet på nålenes opadvendende side, og det er sandsynligt at lyset kan være begrænsende i tætte granbevoksninger. Fra skovfolk er det angivet at udtyndinger kan give ophav til kraftigere belægninger, og dette burde undersøges nærmere.

Det er veldokumenteret, at der fra bladoverflader sker en vis lækning af organiske og uorganiske forbindelser, heriblandt aminosyrer, kalium, calcium og magnesium (Tukey Jr. 1971, Godfrey 1976). Organiske stoffer i beskeden mængde er nødvendige for epifylle svampes vækst på de unge nåle. Efterhånden som et algelag opbygges på nålene danner

algerne basis for den videre udvikling af den epifylle vegetation. Dette sker enten ved at svampe parasiterer algerne (f.eks. *Scolecotecha cornuta*, se side 23) eller ved at svampene ernærer sig biotroft af algerne (*Capronia epiphylla*, *Lilliputeana curvata* m.fl., se side 21 og 28). Der er her tale om mere eller mindre udpræget lav-dannelse.

Der er lavet undersøgelser af svovldioxids indflydelse på svampevegetationen på nåle af hhv. fyr (Hesse m.fl. 1989) og rødgran (Sauter 1985). Begge undersøgelser baserer sig på fremvækst af kulturer på agar og påviser negativ indflydelse af svovldioxid på svampemængde og diversitet.

En række stoffer bliver fra luften afsat på nålene og deres epifylle vegetation. Det gælder bla. salte fra havet og menneskeskabte svovl- og kvælstofforbindelser.

Afsætning af kvælstofforbindelser på graner er behandlet af Beier (1988) og Gundersen (1989), Reiners & Olson (1984) og Søchting (1991) har beskrevet kvælstofoptagelse i epifytiske laver på gran. Det er sandsynligt, at de epifylle alge-lavbevoksninger optager kvælstof på samme måde som epifytiske laver.

Et væsentligt problem for epifyllfloraen er at holde sig fast på nålenes overflader, som er belagt med vokskrystaller. Dette gælder specielt, når belægningerne bliver tykke og danner faste skorper.

Tidligere undersøgelser

Floraen på danske grannåle

Rødgranen er indført til Danmark omkring år 1750, men først i slutningen af forrige århundrede tog dyrkningen fart.

De eneste oplysninger om epifylle laver på danske rødgrannåle er angivelse af fund af den skorpeformede lav *Catillaria bouteillei* i 1878 (Friederichsen 1925, Galløe 1929). Denne lav er ikke siden indsamlet i Danmark, men findes muligvis stadigvæk i Sverige og Norge. Det antages, at den er forsvundet eller i tilbagegang på grund af følsomhed overfor luftforurening, der især rammer laver på trækronernes yderside, dvs. på kviste og nåle (Tønsberg 1992).

Der foreligger ingen oplysninger i litteraturen om svampe og alger på grannåle i Danmark.

Epifylle laver

Epifylle laver blev meget grundigt behandlet i en verdensmonografi af Santesson i 1952. Siden dette standardværk er tropernes og subtropernes bladlevende laver behandlet i en række afhandlinger skrevet af især A. Vezda, Brno (1983), E. Farkas, Budapest (1987) og E. Serusiaux, Liege (1989).

Kolonisering af grannåle blev behandlet af Jahns m. fl. (1979), der med scanningelektron-

mikroskopiske fotos beskrev udviklingen på ét- til 4-årige nåle indsamlet i januar fra Biebergemünd, 40 km øst for Frankfurt a. M.. På ét-årige nåle fandt de spredte algegrupper og mellem dem spredte, temmelig uforgrenede svampehyfer. På de 2-årige nåle var der begyndende dannelse af klumper af alger og svampehyfer, hvilket tolkedes som begyndende lavdannelse. Udviklingen af algeklumper og likénisering var mest fremskredet ved nålebasis. På de 3-4-årige nåle var der dannet en sammenhængende skorpe, som begyndte at løsnes fra den glatte nåleoverflade. Der dannedes ingen frugtleger, men sådanne iagttoges på barken af kvistene. Den lavdannende art antoges at være By-Kantskivelav (*Lecanora conizaeoides*).

De øgede belægninger på grannåle blev kvantitativt beskrevet af Steffens (1987), som ligeledes arbejdede i et stærkt forurenede område omkring Münster i Westfalen. Hun fandt stigende belægningsgrad med nålenes alder. De yngste nåle (1-2 år) havde alger, bakterier og svampe – især i hulninger og ved spalteåbninger. Ved 3-4 års alderen var hele oversiden på nålene dækket, og på de 5-årige nåle var også undersiden dækket. På de 6-årige nåle sås frugtleger af By-Kantskivelav (*Lecanora conizaeoides*). Et lignende forløb – men hurtigere – sås på døde nåle.

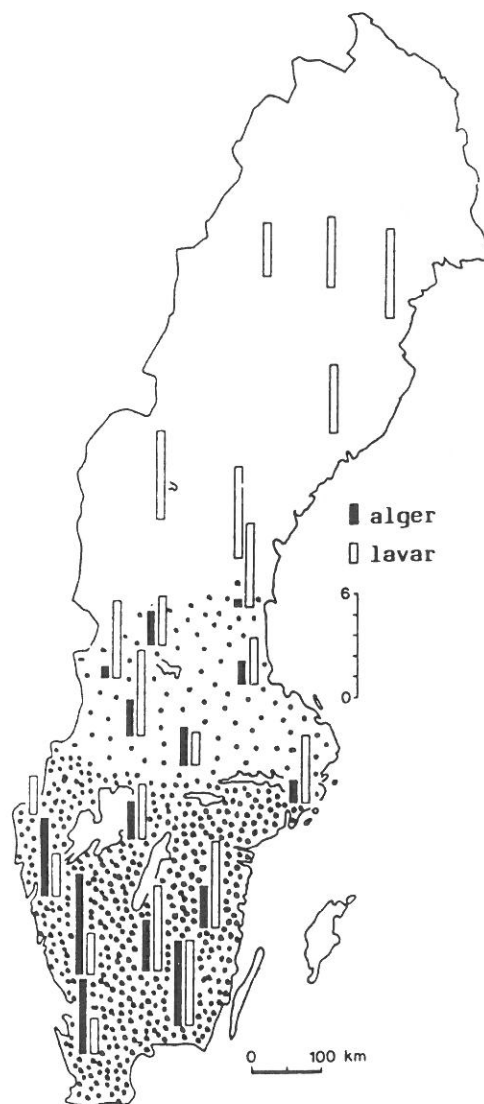
De to ovennævnte undersøgelser blev foretaget i områder med en betydelig luftforurening, hvor By-Kantskivelav har været en af de få arter, som kunne trives.

Kvantificering af nålebelægninger

Kvantificering af algebelægninger på grannåle er foretaget i Sverige som led i det stort anlagte PMK-program. I en rapport beskriver Göransson (1988) algebelægningerne på 20 overvågningsstationer spredt i Sverige. Undersøgelserne, som er foretaget i årene 1985-87, benytter hovedsagelig 15-20 årige graner. For hver lokalitet registreres algebelægningens tykkelse v.h.j.a. en skala (tab. 1), samt alderen af det yngste hovedskud, som har algebelægning på nålene. Organismerne i 'algebelægningerne' undersøges ikke.

Tabel 1. Skala brugt af Göransson (1988 og 1990) til kvantificering af algebelægninger på grannåle.

0	ingen belægning
1	meget tynd algebelægning
2	tynd algebelægning
3	temmelig tyk algebelægning
4	temmelig tyk belægning med grynet struktur
5	tyk belægning med grynet struktur
6	meget tyk algebelægning med grynet struktur (undertiden med lysere grønne nyancer i ydre lag)



Figur 1. Mængde og udbredelse af alger og laver på unge graner 1985-87. De tre punkteringstætheder angiver tre zoner (se tekst). Højden på de sorte søjler angiver graden af algebevoksning på nålene (jf. tab. 1). Hvide søjler angiver lavbevoksning på grenene (Göransson 1988).

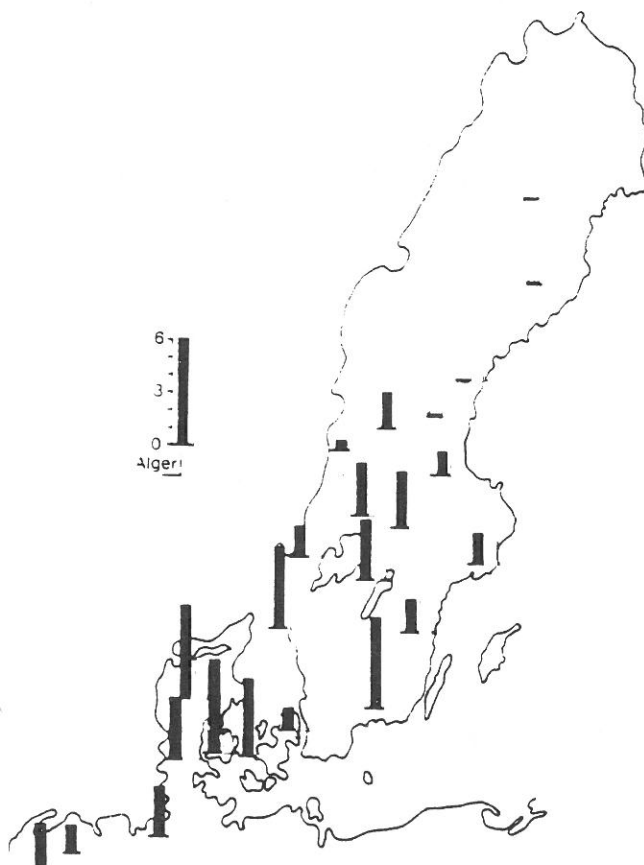
Göransson (1988) fremlægger resultaterne i et kort (fig. 1), der opdeler landet i tre zoner: en nordlig med ingen algebelægninger, en mellemzone med belægninger svarende til højst 2 på skalaen (tab. 1), samt en sydlig med tykkere belægninger. Variationen i belægningsgrad var størst i den sydlige zone. Kortet viser tillige den yngste alder af koloniserede nåle ved hver station, og Göransson finder god overensstemmelse mellem belægningsmængden og hvor tidligt algerne indfinder sig (fig. 1). Resultaterne er i god overensstemmelse med angivelser af kvælstofdepositionen i de forskellige dele af Sverige. Tilmed er det sådan, at der ved lokale kvælstofforureningskilder i den nordlige zone kan påvises tydelige algebelægninger.

Göransson diskuterer årsagerne til sammenhængen mellem kvælstofdepositionen og algebelægningerne og fremfører, at diverse kutikulanedbrydende stoffer fra luften kan medvirke til at øge algekoloniseringen på nåle.

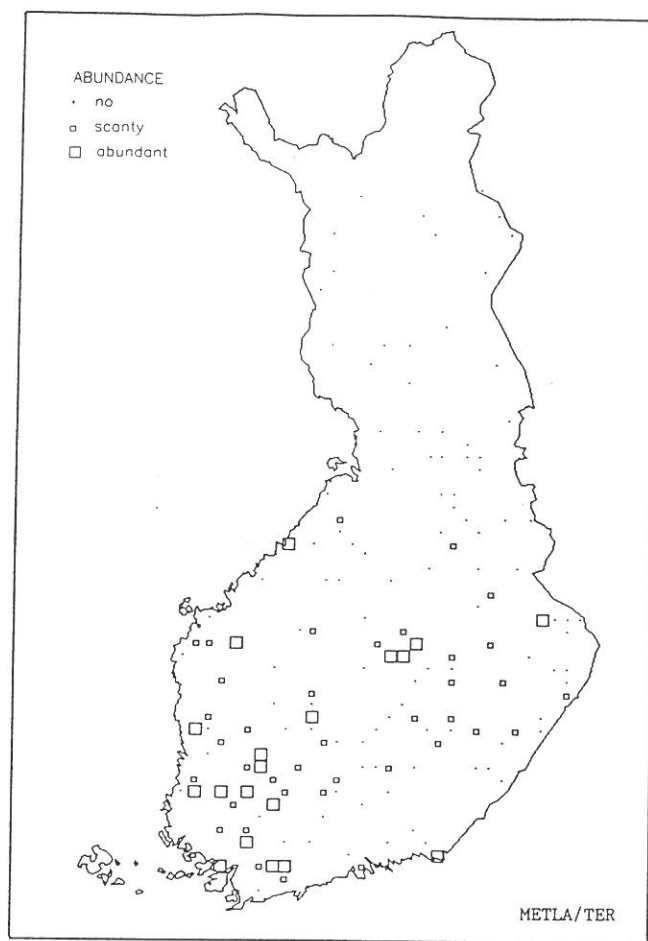
I sommeren 1987 foretog Göransson en undersøgelsesrejse gennem Danmark, Nordtyskland og Holland med det formål at sammenligne grantræernes algebelægninger, lavbevoksninger og nåletab (Göransson 1990). Hun undersøgte generelt unggraner på ca. 10 år og på hver station blev grene i brysthøjde af mindst fem træer undersøgt. Metoderne var de samme som i hendes første undersøgelse. Følgende områder undersøgtes: I Danmark: Gandløse, Bromme, Fyn, Katrinedal og Bommerlund. I Tyskland: V for Hamburg og i Holland: Meppel og Garderen. Hun sammenligner med lokaliteter i Sverige, undersøgt senere på året.

Om algebelægningerne konkluderer hun: "Algemængderne i Danmark gav nålene et alment misfarvet indtryk, med kun det sidste årsskud var naturligt grønt. Misfarvningen var mest iøjnefaldende på blågraner. Fyn (overvejende alm. rødgran med enkelte ædelgraner) og Bommerlund (ædelgran samt ældre bestande af alm. rødgran) i Sønderjylland husede meget mørkfarvet algebelægning, som ofte er et tegn på indslag af større forureningspartikler som sod. På den nordlige lokalitet i Jylland bar granerne forholdsvis rigelige algemængder på både nåle og internodiebark."

Göransson fandt algebelægningerne større i Danmark end i både Sverige og Tyskland-Holland (fig. 2). Hun konstaterede, at der på nogle jyske lokaliteter allerede var belægninger på i gennemsnit 2.1 år gamle nåle.



Figur 2. Graden af algebevoksning på grannåle på lokaliteter i Sverige, Danmark, Tyskland og Holland (jf. tab. 1)(Göransson 1990).



Figur 3. Regionalt mønster af grønalgebevoksninger på nåle af Rødgran. Symbolstørrelsen viser mængden af alger (Jukola-Sulonen m.fl. 1991).

Fra Finland beskriver Jukola-Sulonen m.fl. (1991) resultater af en betydelig inventering af skovsundheden 1990. Der undersøgtes 533 graner spredt over landet. Som led i analyserne vurderedes mængden af grønalger på nåleoverfladen efter følgende skala:

- 0: ingen algevækst
- 1: sparsom algevækst
- 2: udbredt algevækst

Resultaterne er vist i figur 3. Forfatterne anfører: "Ialt havde en tredjedel af de undersøgte graner i 1990 grønalger på nålene. Hyppigst observeredes algerne voksende på nordvendte grene, antagelig favoriseret af mere fugtigt mikroklima. Mængden af algeinficerede graner var højere i bestande, der var yngre end 40 år og i frodige habitater sammenlignet med ældre og mere magre habitater. Nordgrænsen for forekomsten af epifytiske grønalger i Finland er på højde med Oulu. Kvælstofafsætningen i algernes forekomstområde er > 6 kg/ha både i Finland og i Sverige."

Egne undersøgelser

Lokaliteter

Der er indsamlet materiale på seks danske og én polsk lokalitet (fig. 4). Det er tilstræbt at fordele lokaliteterne på egne med så forskellig kvælstofdeposition som muligt. Lokaliteterne tilligemed indsamlingstidspunkter og antal analyserede træer er angivet nedenfor:

Feldborg distr. 272f. 5. juli 1991.
Spredt af 15 m høj Rødgran i mose.

Feldborg distr. 265a. 5. juli 1991.
Spredt bevoksning af 26-årig, 8 m høj Rødgran.

Feldborg distr. 99. 5. juli 1991.
Ret spredt bevoksning af 32-årig, ca. 10 m høj Rødgran, 200 m fra nørøstvendt skovbryn.

Feldborg distr. 5a. 5. juli 1991.
Bevoksning af 26-årig, ca. 10 m høj Rødgran, 50 m fra skovbryn.

Ulborg distr. 9a. 6. juli 1991.
Bevoksning af 31-årig, ca. 10 m høj Rødgran. Ved luftmålemaster, ca. 50 m fra skovbryn mod hede.

Ulborg distr. 3a. 6. juli 1991.
Bevoksning af 27-årig Rødgran. Skovbryn mod nordvest, mod marker.

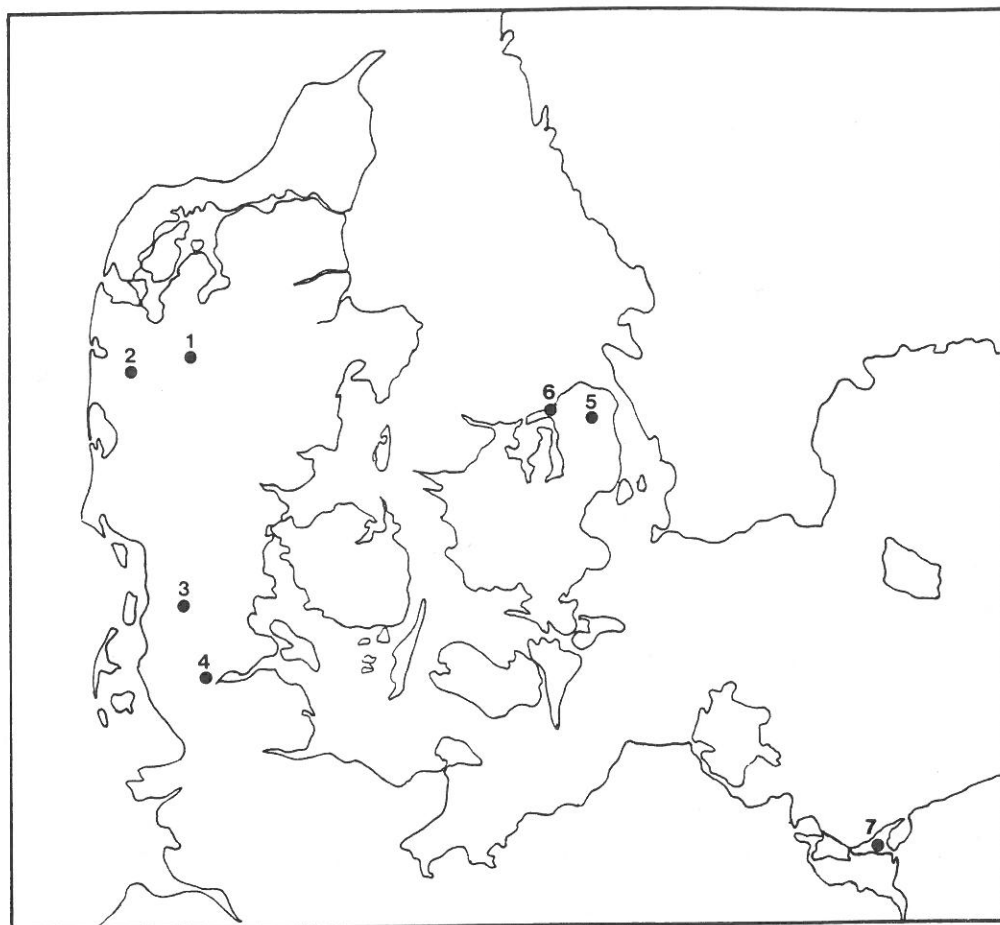
Ulborg distr. 119. Lystlund Bjerger. 7. juli 1991.
Bevoksning af 36-årig, ca. 12 m høj Rødgran.

Frøslev Plantage. Aabenraa distr. 559. 28. august 1991.
bevoksning af 26-årig, ca. 10 m høj Rødgran.

Frøslev Plantage. Aabenraa distr. 532. 28. august 1991.
Bevoksning af 26-årig, ca. 10 m høj Rødgran. De indsamlede grene var mere bevoksede end generelt i parcellen.

Frøslev Plantage. Aabenraa distr. 518a. 28. august 1991.
Skovbryn mod vest mod marker. 27-årig, 8-10 m høj Rødgran bag lavt, tyndt krat af Hæg.

Lovrup Skov. Lindet distr. 196a. 29. august 1991.
Bevoksning af 26-årig, ca. 10 m høj Rødgran. En km SV for svinefarmen 'Skovgård'.



Figur 4. Placering af de undersøgte lokaliteter: 1. Feldborg; 2. Ulborg; 3. Frøslev Plantage; 4. Lovrup Skov; 5. Stenholt Vang; 6. Asserbo Plantage; 7. Wolin Nat. Park.

Lovrup Skov. Lindet distr. 182. 29. august 1991.

Bevoksning af 24-årig, ca. 8 m høj Rødgran, 400 m vest for 'Skovgård', 100 m fra skovbryn.

Asserbo Plantage v. Stængehusvej, Tisvilde distr. 88e. 15. august 1991.

Bevoksning af 19-årig Rødgran ved NS-gående tyndingssti.

Asserbo Plantage, Lerbjerg, Tisvilde distr. 137. 15. august 1991.

Bevoksning af 18-årig, ca. 8 m høj, S-eksponeret Rødgran langs ØV-gående tyndingssti.

Stenholt Vang. Esum distr. 524. 5. september 1991.

Bevoksning af 23-årig, ca. 10 m høj Rødgran.

Wolin National Park. NØ for Wolin i det nordlige Polen. 24. august 1991.

Bevoksning af ca. 10 m høj Rødgran.

Udvælgelse og behandling af grene

Til indsamling af nåle er der udvalgt rødgraner på ca. 25 år svarende til en højde på 8–10 m. De udvalgte træer har stået relativt frit, f.eks. i forbindelse med en skovsti eller en lysning i skoven. Der er udvalgt grene i fra én til to meters højde, hvorfra der er afklippet en sidegren ca. 1 m fra grenspidsen. Der kan være betydelige forskelle på mængden af belægning i forskellige skovparceller, ligesom den kan variere fra træ til træ. Det er tilstræbt at vælge træer, der var nogenlunde repræsentative. Imidlertid er det næsten alle steder muligt at finde træer, der er næsten uden belægninger. Sådanne træer er der ikke samlet fra og de undersøgte belægninger må derfor antages at være større end de gennemsnitlige.

Hovedaksen på de afklippede grene blev klippet i stykker svarende til årsskud, således at nåleårgangene blev adskilt. Knopzonen mellem årsskuddene blev klippet fra. De enkelte årsskud blev lagt i papirposer og nummereret svarende til alderen på nålene. Det aktuelle års skud betegnedes .00, forrige års skud: .01 og så fremdeles. Der indsamledes op til 11 år gamle nålegenerationer, men hyppigst var der blot bevaret 6–7 generationer nåle.

Poserne med kviste blev tørret, hvorved nålene faldt af.

Kvantificering af belægninger

Fra hver skudgeneration udvalgte tilfældigt 15 nåle – ialt 2445 nåle. Hver nål undersøgte under stereolup med henblik på vurdering af belægningens dækningsprocent, tykkelse og svampeinfektion. Belægningerne bedømtes på den side, hvor de var mest veludviklede, sædvanligvis nålenes overside. På de samme nåle bedømtes forekomsten af forskellige organismer (se nedenfor).

Dækningen bestemtes efter følgende skala:

0 %	nål helt fri for belægning
1 %	nål med op til 1 % belægning
5 %	nål med ca. 5 % belægning
10 %	nål med ca. 10 % belægning
20 %	nål med ca. 20 % belægning
osv.	

Belægningstykkelsen bedømtes efter en skala fra 1 til 3, med 1 som den tyndeste og tre som den tykkeste.

1	tynd belægning
2	belægning af ca. dobbelt tykkelse
3	belægning af ca. tredobbelt tykkelse

Svampeinfektion bestemtes efter følgende skala:

- 0 ingen infektion
- 1 beskeden infektion; svampehyfer kan erkendes
- 2 nogen infektion; svampehyfer ses tydeligt
- 3 svampeinfektion overalt på nålen

Tabel 2 viser dækning, tykkelse og svampeinfektion på 3–6-årige nåle for hver skovparcel, samt middelværdier for de enkelte lokaliteter. Endvidere er der udregnet et biomasseindeks svarende til produktet af dækning og tykkelse.

Resultaterne viser betydelige forskelle mellem skovparcellerne på de enkelte skovdistrikter. På baggrund af disse variationer kan der ikke påvises meningsfulde forskelle mellem skovdistrikternes belægningsresultater.

Tabel 2. Resultatskema for de enkelte skovparceller og for skovdistrikterne.
Gennemsnit for 3–6-årige nåle

Lokalitet	Dækning (%)	Tykkelse	Biomasse index	Infektion	Antal undersøgte nåle	Kvælstof i Hypogymnia	Kvælstofaf-sætning (kg N/ha/år)
Feldborg 265a	56.3	1.4	88.6	2.1	180	2.34±0.14	
Feldborg 272f	37.7	1.3	55.6	2.1	240	2.23±0.16	
Feldborg 5a	29.4	1.2	38.7	2.1	105	2.19±0.17	
Feldborg 99	35.6	1.4	57.7	1.8	210		
Feldborg	40.5	1.3	61.9	2	735	2.25	20.5
Ulborg 3	56.3	1.5	85.3	2.3	150	1.93±0.22	
Ulborg 9	37	1.3	55.9	2.2	120	2.27±0.07	
Ulborg 9a	53.6	1.3	71.9	2.2	105		
Ulborg 119	47.8	1.4	72.3	2	60		
Ulborg	49.2	1.4	72.2	2.2	435	2.10	16.4
Frøslev Plant. 518a	58.2	1.5	87.3	2.3	180	2.74±0.25	
Frøslev Plant. 532	63.7	2	127.4	2.4	180		
Frøslev Plantage 559	51.1	1.4	75.2	2.2	120		
Frøslev Plantage	58.5	1.7	99.5	2.3	480	2.7	25.9
Lovrup Skov 182	51	1.3	67.4	2.3	210	2.52±0.12	
Lovrup Skov 196a	52.6	1.8	96.8	2.5	120	2.06±0.29	
Lovrup Skov	51.6	1.5	79.1	2.4	330	2.3	39.8
Stenholt Vang 524	59.1	1.2	76.1	2.6	180	1.8	15
Asserbo Plantage 88e	69.8	1.6	117.3	2.2	60		
Asserbo Plantage 137	68.8	1.4	103.0	2.2	60		
Asserbo Plantage	69.3	1.5	110.1	2.2	120	1.63±2.0	13.3
Wolin Nat. Park	58	1.7	101.2	2.4	165	1.73±0.22	18.6

Epifyl biomasse

Biomassen af nålebelægning bestemtes på et sæt nåle, der ansås at have en høj, men ikke usædvanlig belægningsgrad.

Der indsamledes de nedre grene af 10 m høje rødgraner fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt 26. januar 1992.

Grenstykker med 2½ år gamle nåle klippedes fra og tørredes. Fra de affaldne nåle udtoges fem prøver med 20 nåle, der bedømtes mht belægningskarakterer og derefter vejedes. Herefter blev belægningerne omhyggeligt fjernet, hvorefter nålene atter blev vejjet. Resultaterne er angivet i tabel 3.

Tabel 3. Målt epifyl biomasse på fem prøver à 20 nåle.

Dækning (%)	Belægnings-tykkelse	Svampe-infektion	Nålevægt uden belægn. gsn.(mg)	Belægn. biomasse, gsn.(mg)	Biomasse i % af nålevægt
67 ±14	1.4 ±0.50	2.4 ±0.75	4.23	0.59	13.9
63 ±20	1.5 ±0.51	2.4 ±0.51	3.56	0.35	9.8
65 ±19	1.5 ±0.51	2.4 ±0.59	4.13	0.45	10.9
68 ±17	1.3 ±0.44	2.3 ±0.64	4.27	0.49	11.5
65 ±21	1.9 ±0.37	2.3 ±0.58	3.65	0.41	11.2
66	1.5	2.3	3.97	0.46	11.6

De undersøgte nåle ses at være særdeles ensartede med hensyn til epifyl dækningsgrad, belægningstykkelser og svampeinfektion. Den målte epifylle biomasse er tilsvarende ensartet og ligger på gennemsnitligt 0.46 mg eller 11.6 % af nålevægten.

Udregnes biomassen efter formlen dækning × belægningstykkelser fås 99 – med andre ord det dobbelte af den målte biomasse i mg. Der er ikke foretaget biomassevejninger af nåle med mindre belægning, så det vides ikke hvordan den præcise sammenhæng er mellem den målte og den beregnede størrelse.

Kvælstofafsætning

På grundlag af depositionsmodeller (Asman 1990, Asman & Runge 1991) kan det estimeres, hvor stor den årlige kvælstofdeposition er på de undersøgte lokaliteter. Dette er angivet i tabel 2's højre kolonne. Værdierne for Frøslev Plantage og Lovrup Skov angives af Asman (pers. medd.) at være lidt for høje.

Frøslev Plantage og Lovrup Skov er de hårdest belastede lokaliteter; herefter følger Feldborg, Wolin og Ulborg, samt Stenholt Vang og Asserbo.

Kvælstofindhold i Kvistlav

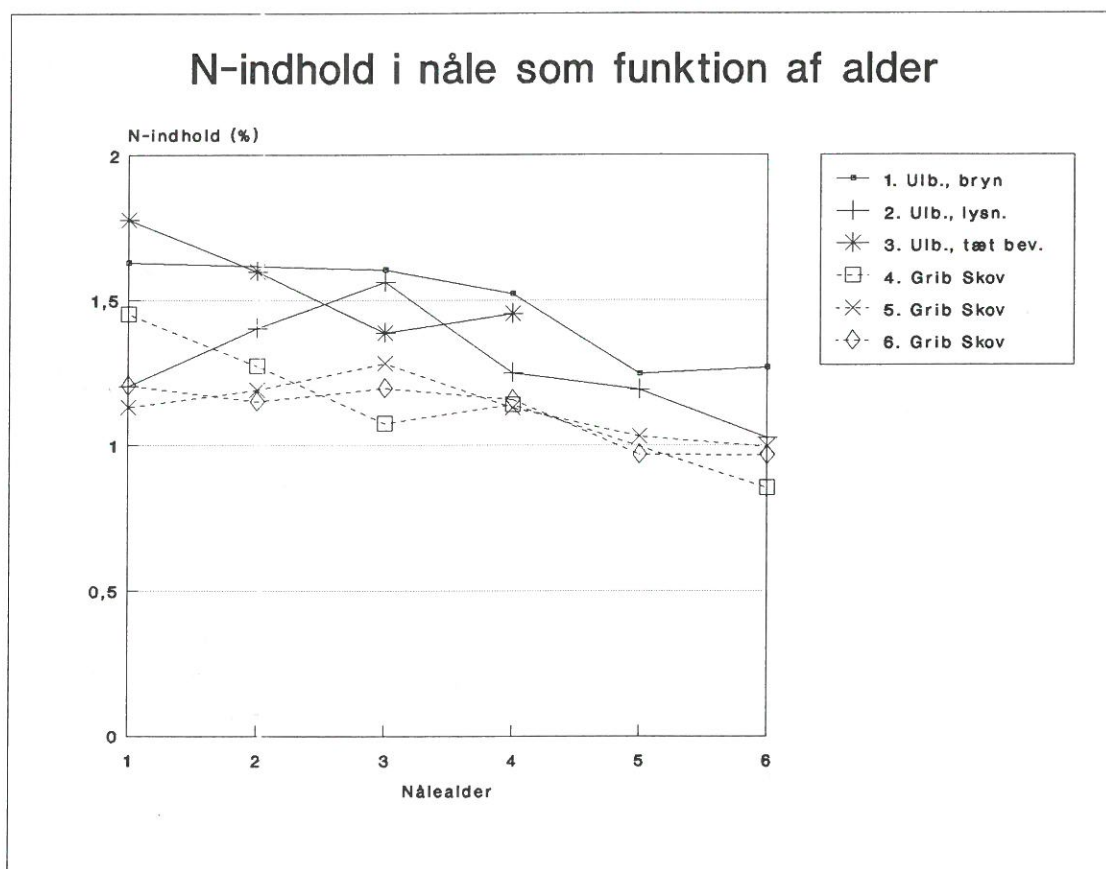
Fra de fleste lokaliteter indsamledes Alm. Kvistlav (*Hypogymnia physodes*) til analyse for totalt kvælstofindhold. Der indsamledes thalli i umiddelbar nærhed af de indsamlede grene. På grund af sparsom forekomst af Kvistlav er antallet af analyser pr. lokalitet varierende, almindeligvis 5 eller 10.

Analyserne foretoges på 3–500 mg thallus på LECO FP-428 nitrogendeterminator.

De fundne værdier er angivet i tabel 2. Kvælstofindholdet i kvistlaverne afspejler i grove træk forskellene i de beregnede depositioner. Kvistlavernes kvælstofindhold er betinget af den lokale deposition, mens den beregnede deposition er midlet over større områder.

Kvælstofindhold i nåle

For at kunne forklare en eventuel forskel i den epifylle flora på grannålene, blev der fra to lokaliteter foretaget analyse af totalt kvælstofindhold i nåle fra ét træ i hvert af tre bevoksninger i Ulborg Distr. og tre bevoksninger i Grib Skov. Målingerne foretoges på 20 nåle fra hver af 4–6 nålegenerationer fra hvert træ v. hj.a. en LECO FP-428 nitrogendeterminator.



Figur 5. Kvælstofindhold i nåle som funktion af alder. Seks træer i Ulborg og Grib Skov.

Kvælstofindholdet er afbildet på figur 5. Det gennemsnitlige kvælstofindhold for nålegenerationerne 3–4 for hver lokalitet er angivet i tabel 4 sammen med totalkvælstof for Alm. Kvistlav i samme position i de samme bevoksninger.

Tabel 4. Kvælstofindhold i 3–4-årige grannåle sammenholdt med kvælstofindhold i Alm. Kvistlav.

Lokalitet	Grannåle	Kvistlav
Ulborg, skovbryn	1.56 %	1.45
Ulborg, lysning, 200 m fra bryn	1.41 %	1.27
Ulborg, tæt bevoks., 300 m fra bryn	1.42 %	1.55
Grib Skov, 50 m fra nyplantning	1.11 %	1.34
Grib Skov, mod nyplantning	1.21 %	1.13
Grib Skov, tæt veg., 50 m fra nyplantning	1.18 %	1.1

Der ses på fig. 5 et jævnt faldende kvælstofindhold i nålene efterhånden som de bliver ældre.

Det større kvælstofindhold i nålene fra Ulborg (tab. 4) afspejler enten den forventede større kvælstofabsætning fra luften, men kan muligvis delvis skyldes en bedre kvælstofstatus i jorden. Der er i dette tilfælde god overensstemmelse mellem nålenes og kvistlavernes kvælstofindhold.

Epifyl flora

For hver af de 15 tilfældigt udvalgte nåle i hver aldersklasse registreredes tilstedeværelse eller fravær af forskellige svampe, laver og alger, der kunne kendes i stereolup, bl.a. *Capronia epiphylla*, *Scolecotheca cornuta*, *Lilliputeana curvata* og trådalge. Disse arter behandles sammen med de øvrige alger, svampe og laver, som er fundet i forbindelse med denne undersøgelse eller er angivet i litteraturen.

Belægningerne på grannåle er sammensat af organismer, der ofte er vanskelige at identificere. Dette gælder i særlig grad algerne, som dels kræver kulturstudier for tilfredsstillende identifikation, dels i flere tilfælde er utilstrækkeligt studeret. Svampene synes at tilhøre arter, som i ringe grad er studeret tidligere, hvorfor det i flere tilfælde ikke har været muligt at henhøre dem til kendte arter. De har derfor fået tildelt nye navne, der dog er foreløbige, indtil en endelig bestemmelse eller nybeskrivelse har fundet sted. I det følgende gennemgås de alger, svampe og laver, som er rapporteret fra grannåle herhjemme.

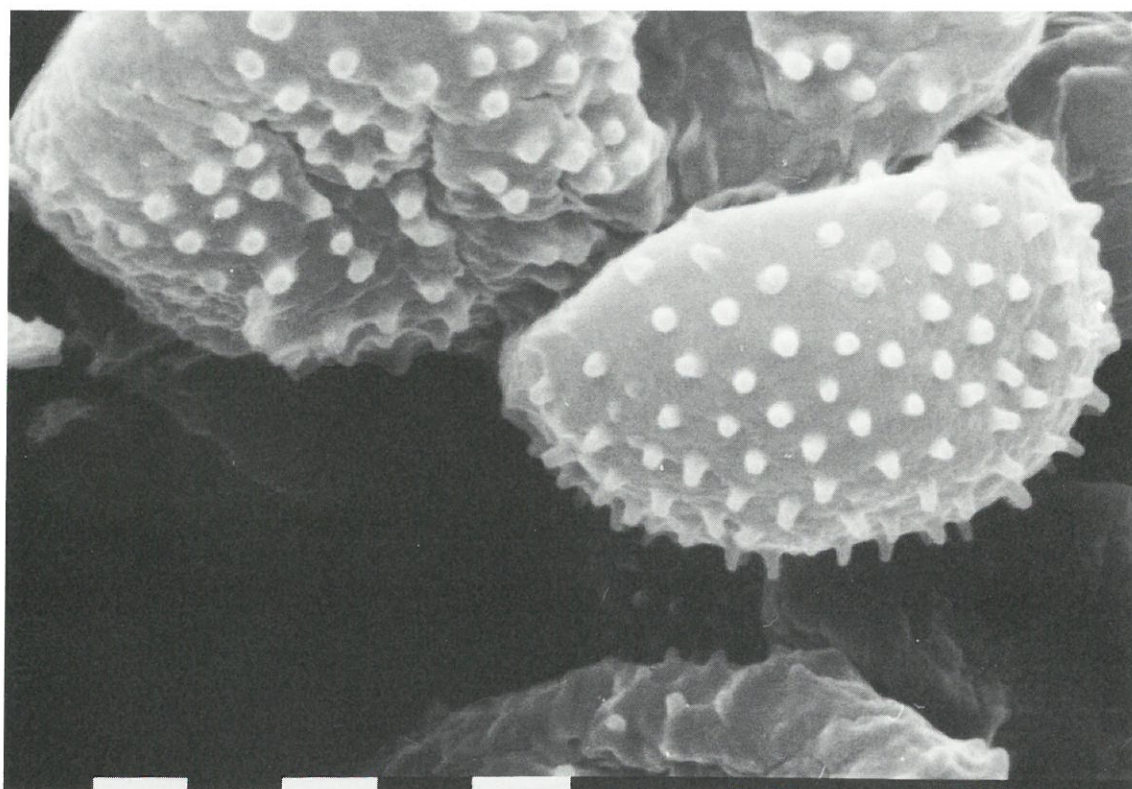
Apatococcus lobatus

Grønalg med usikker placering i det taxonomiske system. Cellerne danner pakker med vinkelret stående cellevægge (som bløde pakker med snor om). Kloroplasten er vægstillet, og udfylder det meste af cellen. Pyrenoid mangler. Formering ved fragmentering, zoosporer og

aplanosporer. *Apatococcus* er en hyppig alge på nålene og optræder allerede samme år, som nålene er dannet. Algeslægten er dominerende som luftalge på bl.a. træstammens skyggesider. Sådanne belægninger henføres ofte til slægten *Pleurococcus*, der dog er baseret på uklart typemateriale. Slægtsnavnet *Pleurococcus* undgås derfor af moderne algeforfattere (Christensen 1992 og pers. medd.).

Desmococcus viridis (syn.: *D. vulgaris*)

Ligner *Apatococcus*, men kloroplasten er mindre og der er pyrenoid til stede. Endvidere har den undertiden tendens til tråddannelse. På nålene dannes hyppigt cyster med stærkt piggede cellevægge (fig. 6); dette er tidligere rapporteret af Svendsen (1974). Den vokser på tilsvarende steder som foregående slægt, men er antagelig mindre hyppig. Allerede på om efteråret optræder *Desmococcus* på de nydannede nåle, og de piggede cyster er hyppige på de unge nåle (fig. 28b).



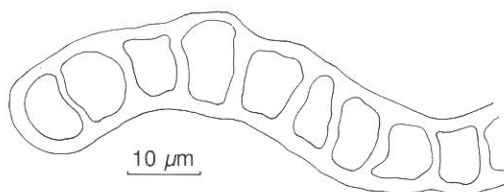
Figur 6. Cyster af *Desmococcus viridis* på 2½ år gammel grannål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt. Målestok 1 µm.

Coccomyxa

Grønalg med elliptiske celler i geléagtig substans. Synes at kolonisere nålene senere end de andre slægter.

Trådalge

Danner totter af sammenfiltrede tråde i pletter på nålenes overside. Trådene består af 10–16 μm tykke tråde med ca 10 μm lange celler (fig. 7). Algen er blevet studeret af lektor Tyge Christensen, der beskriver dannelsen i cellerne af talrige, op til 20 cyster, hvis vægge har ganske små, knap synlige pigge (T. Christensen, pers. medd.)



Figur 7. Trådalge fra grannål. Feldborg Skovdistrikt, juli 1991.

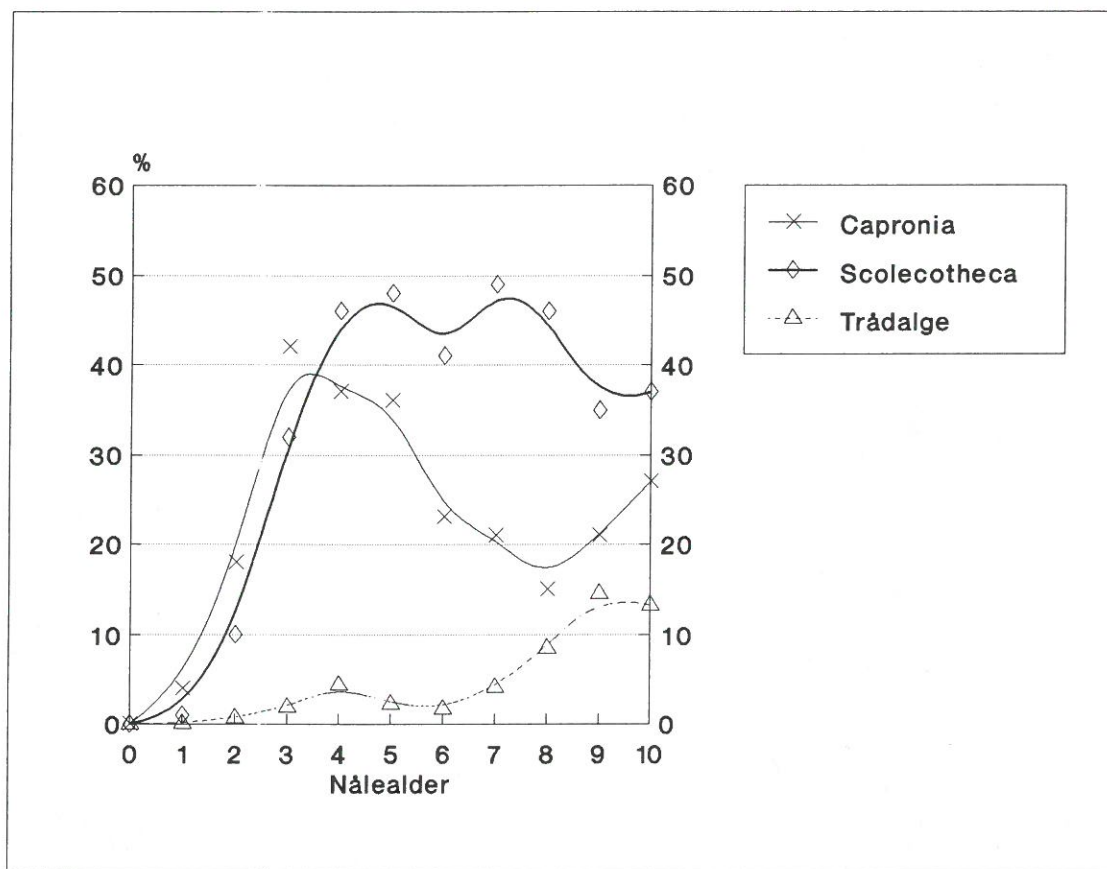
Trådalgen er sendt til to specialister i luftalger, Dr. Georg Gärtner i Innsbruck og dr. Thomas Friedl i Bayreuth for nærmere studier. Muligvis drejer det sig om den alge, som Vischer (1953) afbildede under navnet *Pleurococcus vulgaris* (Abb. 7), men som han sidenhen ikke medregnede under denne art. I så fald er algen antagelig ubeskrevet (T. Christensen, pers. medd.).

Trådalgen kan optræde på nåle, der kun er to år gamle, men får først betydelig forekomst på de ældre nåle (fig. 8). Dens forekomst synes at være afhængig af eutrofiering, idet den kun i ringe grad er fundet på nåle på Sjælland (én nål) (tab. 5). I Jylland har den en særlig præference for stærkt kvælstofbelastede områder, bl.a. skovbryn. Dens forekomst vurderes at være en meget stærk indikation på kvælstofafsætning. Figur 9 viser dens kendte findesteder i Danmark og Nordtyskland. Desuden er den fundet i Kootwijk i Holland.

Tabel 5. Trådalge. Procentuel forekomst på 3–6-årige nåle i de undersøgte skove.

Frøslev Plantage	3.2 %
Feldborg distr.	4.0 %
Lovrup Skov	2.7 %
Ulborg distr.	4.6 %
Stenholt Vang	0 %
Wolin	0 %
Asserbo Plantage	0.8 %

Arten blev først opdaget herhjemme i 1985 af Søchting og Johnsen ved Herning. Siden har den vist sig at være særdeles hyppig på barken af kviste, grene og stammer af en lang række træagtige planter. Selv i toppen af 20 m høje Rødgran i Sønderjylland er algen fundet (Søchting 1991).



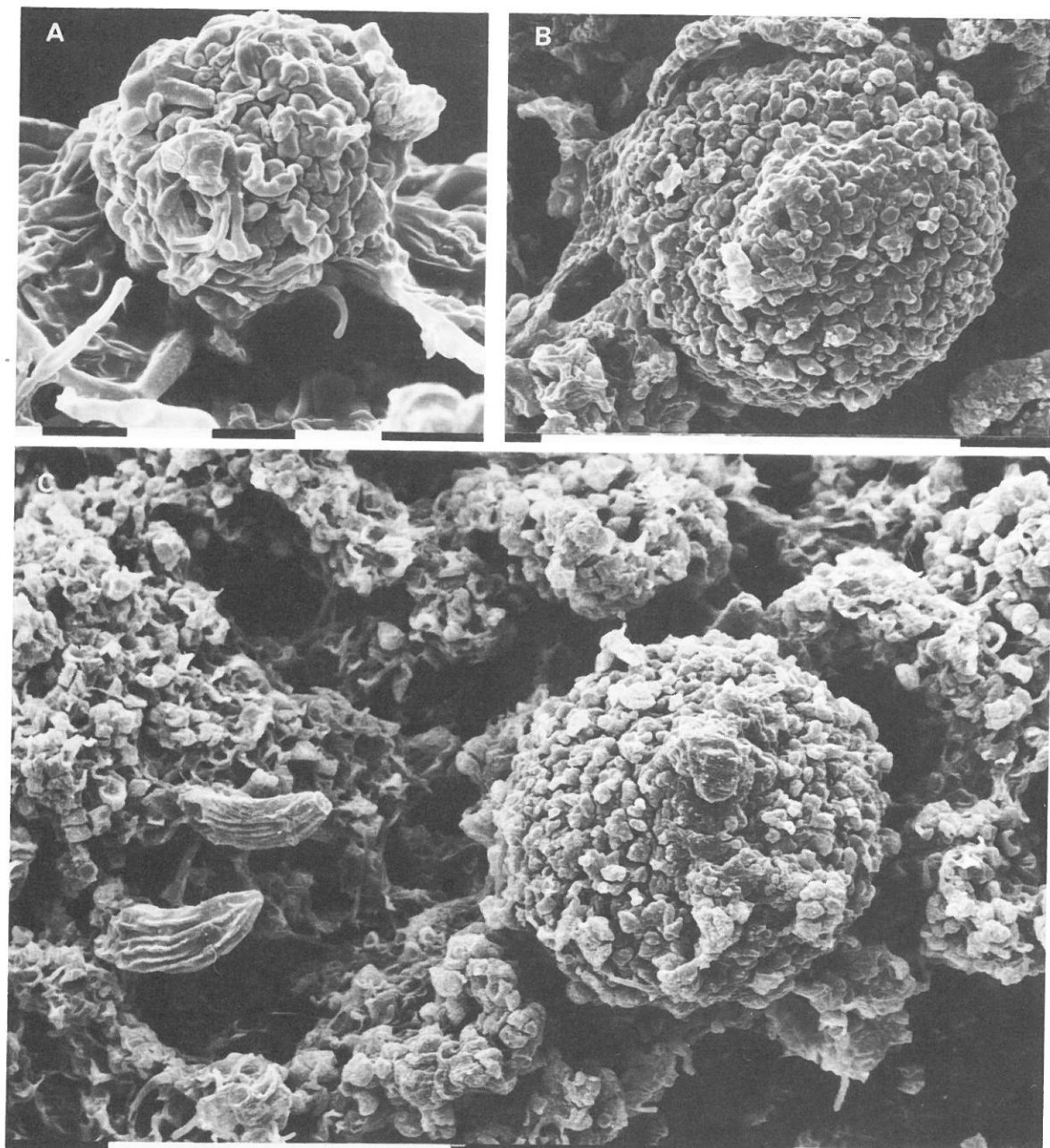
Figur 8. Frekvens af tre organismer på nåle i forskellige aldersklasser. Alle lokaliteter.



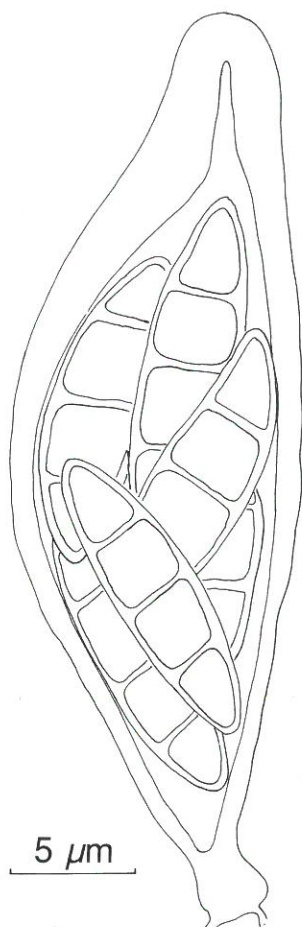
Figur 9. Trådalge. Kendte findesteder i Danmark og Nordtyskland.

Capronia epiphylla ad interim

Denne svamp tilhører familien Herpotrichiellaceae. Da der hersker betydelig usikkerhed om hvorvidt arten er beskrevet tidligere, er den her ad interim tildelt navnet *Capronia epiphylla*. O. Petrini, der har undersøgt svampen, angiver *Capronia moravica* (Petrak) Müller, Petrini, Fisher, Samuels & Rossman som et muligt navn (Petrak 1914, Müller m.fl. 1987). Det danske materiale afviger dog på en række punkter fra beskrivelsen af *C. moravica*, både ved at mangle hår på frugtlegemet og med hensyn til voksestedet, som er angivet at skulle være træ. Endvidere er *Capronia epiphylla* sandsynligvis lavdannende, hvilket i givet fald er det første



Figur 10. *Capronia epiphylla* ad interim. På grannåle fra Ulborg, Oktober 1991.
Målestok: a: 10 µm; b og c: 0,1 mm.



Figur 11. *Capronia epiphylla* ad interim. Ascus. Feldborg Skovdistrikt, juli 1991.

kendte tilfælde indenfor familien (O. Petrini, pers. medd.). Det danske materiale har været til udtalelse hos førende specialister indenfor gruppen, nemlig: Brian Coppins, Edinburgh, Ove Eriksson, Umeå, og Orlando Petrini, Zürich. Der er enighed med hensyn til, at slægten sandsynligvis er *Capronia*, men arten er antagelig ubeskrevet. Med hensyn til flere karakterer synes den dog at afvige fra slægten (O. Eriksson, pers. medd.). Endelig afgørelse af dette spørgsmål kræver dog rendyrkning og yderligere studier.

C. epiphylla danner op til 100 µm store pseudothecier, der starter som ganske små kugler med brune, grove overfladehyfer (fig. 10). Ved modenhed dannes en åbning med en kort hals i toppen (fig. 10b). I pseudotheciet dannes ingen parafyser. Asci har – især i toppen – en tyk væg. Det er en typisk bitunicat ascus. Asci, som er ca. 30 µm lange, indeholder otte sporer, der er 4-cellede og hyaline, 13 x 4 µm (fig. 11).

C. epiphylla danner pseudothecier på algebelægningerne i alle undersøgte skovdistrikter. Den kan allerede indfinde sig på ét-årige nåle, men bliver mere hyppig i de følgende år (fig. 8). Ikke sjældent når den en frekvens på 50 % på nålene, og undertiden er til stede på alle nåle. Allerede på de 4-årige nåle er frekvensen af *Capronia* begyndt at falde. I forbindelse med nye algebelægninger på de 9-10-årige nåle sker der en øget kolonisering.

Frekvensen af *Capronia* på 3-6 årige nåle er angivet i tabel 6.

Tabel 6. Frekvens af *Capronia epiphylla* på 3-6-årige grannåle i de undersøgte skove.

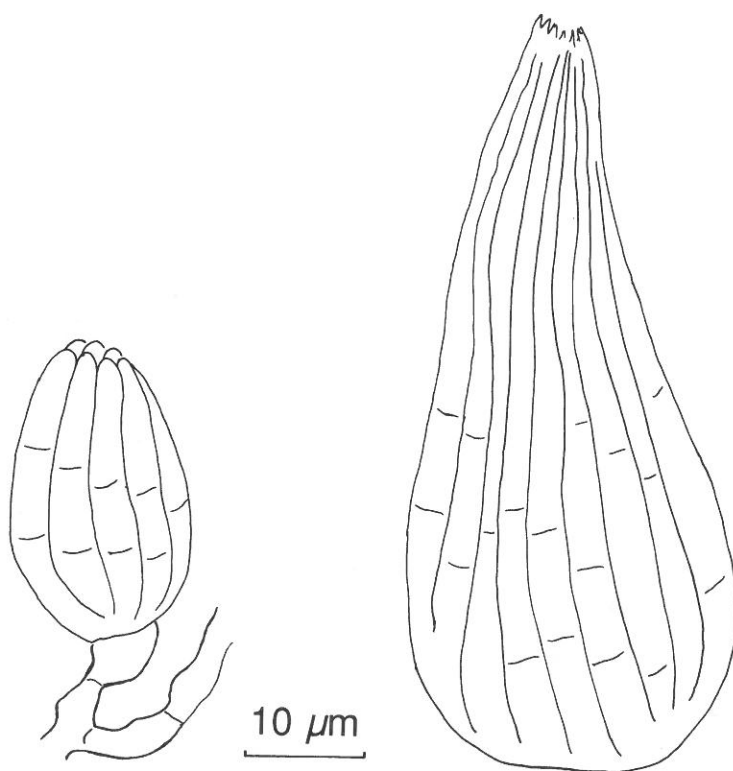
Lokalitet	frekvens	antal undersøgte nåle
Feldborg distr.	30 %	735 nåle
Ulborg distr.	67 %	435 nåle
Frøslev Plantage	39 %	480 nåle
Lovrup skov	33 %	330 nåle
Stenholt Vang	31 %	180 nåle
Asserbo Plantage	34 %	120 nåle
Wolin Nat. Park	52 %	165 nåle

Der synes ikke at være regionale forskelle af betydning, ligesom der ikke forekommer sammenhæng med hverken mængden af trådalge eller kvælstofindhold i *Hypogymnia* (tab. 2).

Da svampen ikke er observeret tidligere – i hvert fald ikke på grannåle –, er det ikke muligt at sammenholde dens forekomst med større gradienter i klima eller luftforurening.

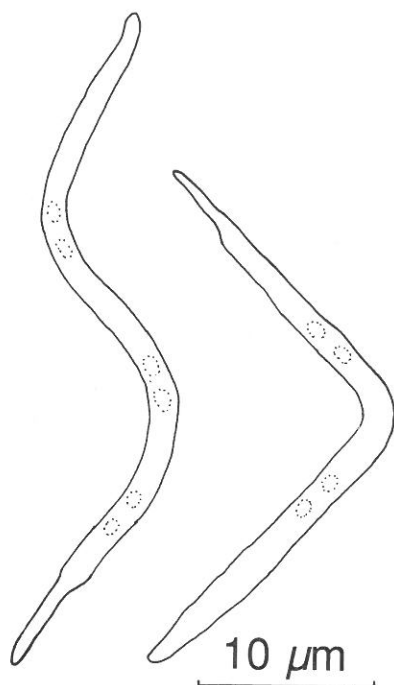
Scolecotheca cornuta ad interim

Denne art, som ikke er fundet med frugtlegemer, har ikke kunnet bestemmes, og er derfor tildelt det foreløbige navn *Scolecotheca cornuta*. Arten er sendt til nærmere studium hos den førende specialist indenfor coelomyceter, dr. Brian Sutton, IMI. Han anfører (pers. medd.), at svampen er ham ubekendt, men antagelig må placeres i nærheden af den monotypiske slægt *Zelosatchmopsis* Nag Raj (Saikawa m.fl. 1991). Dette anses dog for tvivlsomt, idet konidiedannelsen er stærkt afvigende.



Figur 12. *Scolecotheca cornuta*. Pyknider. Til venstre et ungt stadium. Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992.

Myceliet angriber tidligt algebelægningerne, der mister den frisk grønne farve, idet der dannes grålige pletter. Disse afspejler en betydelig algedød, der dog ikke er forårsaget af svampehyfers indtrængen i algerne. Svampens mycelium gennemvæver algelaget med sædvanligvis 3 μ m tykke hyfer, der undertiden er lysebrune.



Figur 13. *Scolocothea cornuta*. Konidier. Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992.

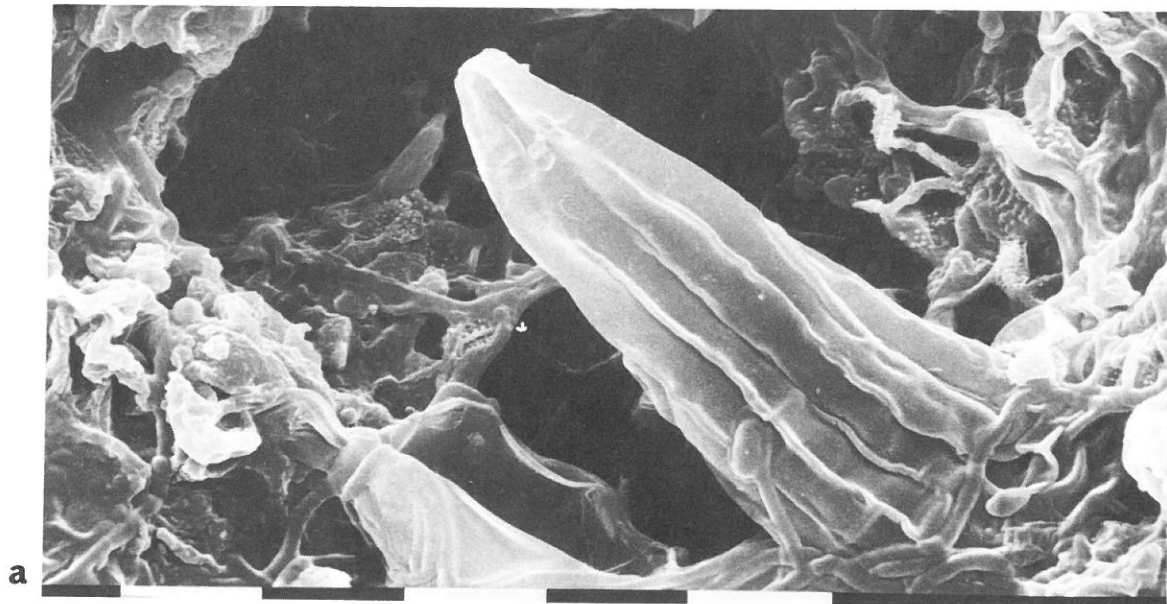
På myceliet anlægges talrige, siddende pyknider, der starter som et hyfebundt på ca. 15 µm's tykkelse. Hyferne strækker sig og udvikler sig til væggen i den ca. 70 µm lange og 30 µm tykke pyknide (fig. 12). I det indre danner basisceller trådformede, 30–50 x 1 µm store konidier, der synes at dannes holoblastisk. Konidierne er snoede eller bøjede og med brat indsnævring i den antagelig yderste ende (fig. 13). De har muligvis undertiden nogle få tværvægge. Det ser ud til, at der kun dannes én generation af konidier i pykniderne, der siden sidder tilbage som tomme hylstre (fig. 14).

Scolecothea cornuta indfinder sig allerede på ét-årige nåle og kan genfindes på alle senere nålegenerationer (fig. 8). Den er i hovedsagen ansvarlig for det grågrumsede udseende af de belagte nåle og den nedgang i tykkelse af algebelægningen, som kan observeres efter et par år. Ofte vokser den i umiddelbar nærhed af *Capronia*-frugtlegemer, men det anses for usandsynligt, at de kan være stadier af samme svamp.

Scolecothea's frekvens i de undersøgte skove er angivet i tabel 6. Der synes ikke at være markante regionale forskelle.

Tabel 6. Frekvens af *Scolecothea cornuta* på 3–6-årige grangrene i de undersøgte skove.

Lokalitet	frekvens	antal undersøgte nåle
Feldborg distr.	43 %	735 nåle
Ulborg distr.	64 %	435 nåle
Frøslev Plantage	49 %	480 nåle
Lovrup skov	41 %	330 nåle
Stenholt Vang	65 %	180 nåle
Asserbo Plantage	53 %	120 nåle
Wolin Nat. Park	35 %	165 nåle



Figur 14. *Scolotheca cornuta*. a. Pyknide. Målestok: 10 μ m; b. Overflade af pyknide. $\times 95$; c. Optisk snit gennem pyknide. $\times 95$.

Svamp #3

Sporodocier, eller muligvis pyknider med pølseformede, krumme, 9–10 μm lange konidier, der dannes i store bundter (fig. 15). Observeres sammen med både *Ca-pronia* og *Scolecotheca*. Tilsvarende konidiedannende strukturer genfindes nedsænkede i tætsiddende, grønne thallusvorter på barken af nogle kviste.

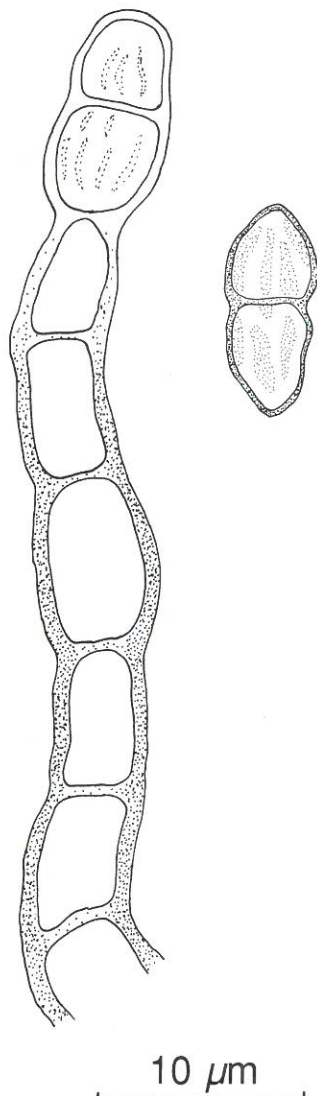
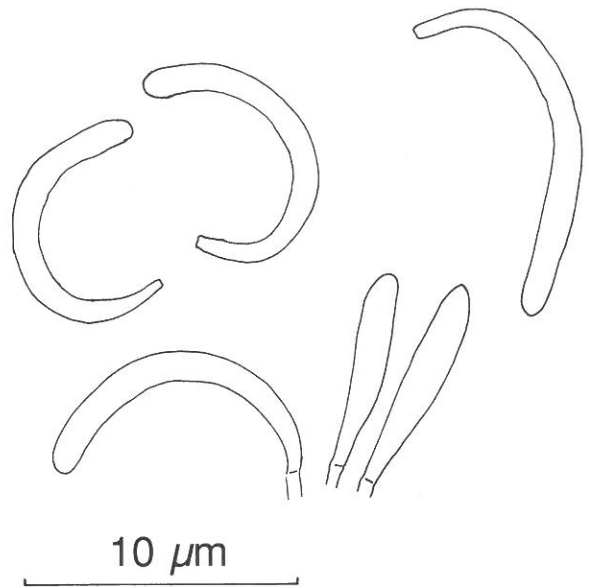


Fig. 16. Svamp #4. Brun hyfe med konidiedannelse og 2-cellet konidie. Feldborg Skovdistrikt, juli 1991.



Figur 15. Svamp #3. Konidier. På 4-årig grannål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992.

Svamp #4

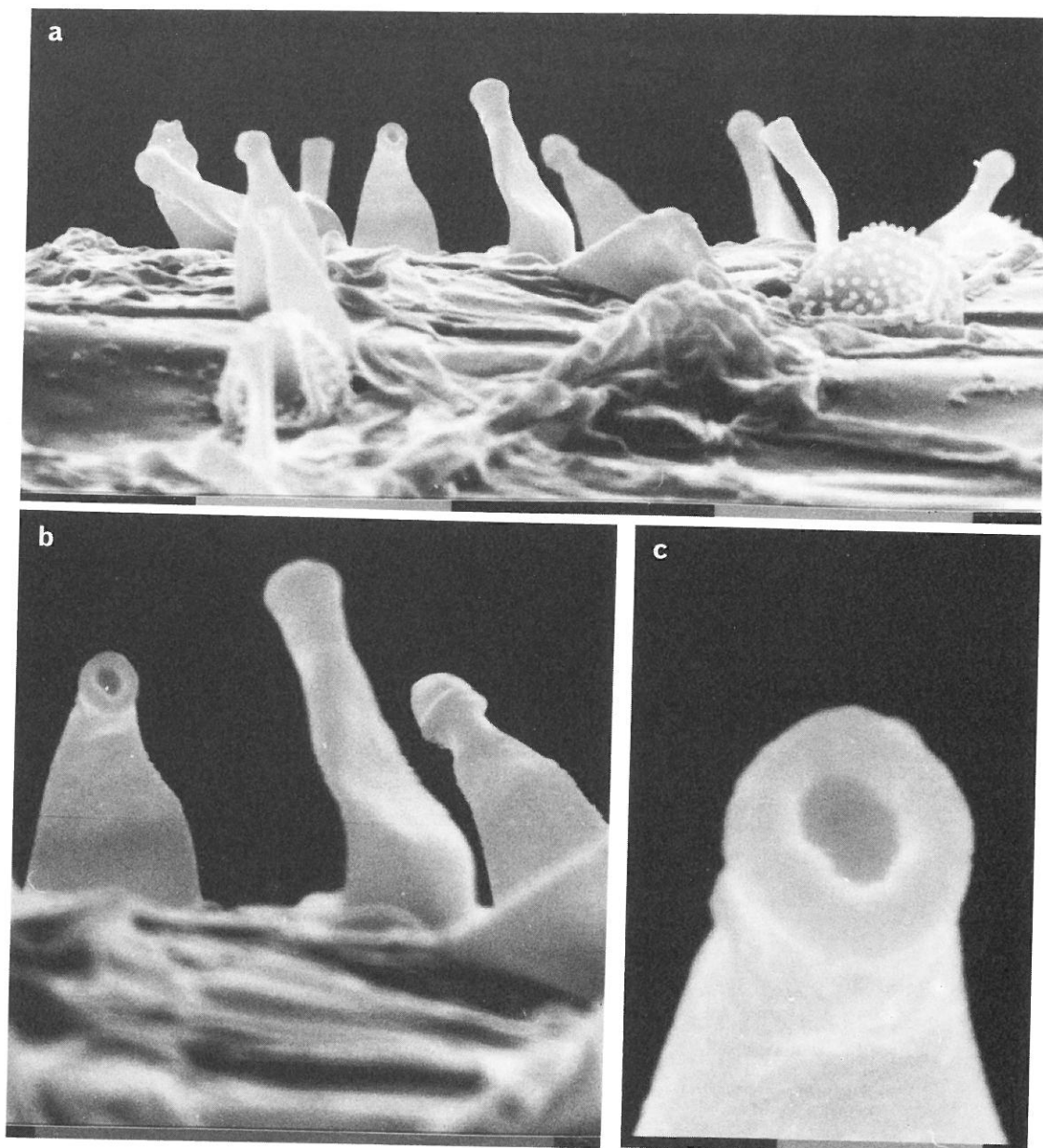
Sterilt mycelium af røgfarvede til sortbrune hyfer, der kan danne mycelieplader på nåleoverfladen og herfra sende hyfer ud i luften.

Overflademycelium af mere eller mindre afrundede, isodiametriske, brune celler. Fra myceliet dannes karakteristiske, 40–50 μm lange og 2.5–4 μm tykke hyfer vinkelret op fra nåleoverfladen. Disse hyfer er mørkere og vortede, og danner i spidsen konidier, som ofte er 2-cellede (fig. 16). Konidierne er brune, ca. 10 μm lange, og ofte med en sribet ornamentering.

Svampen indfinder sig tidligt på nålene, normalt allerede på 1–2-årige nåle.

Svamp #5 og #6

På scanningfotos er der observeret flere svampearter, der ikke er navngivet (fig. 17 og 18).

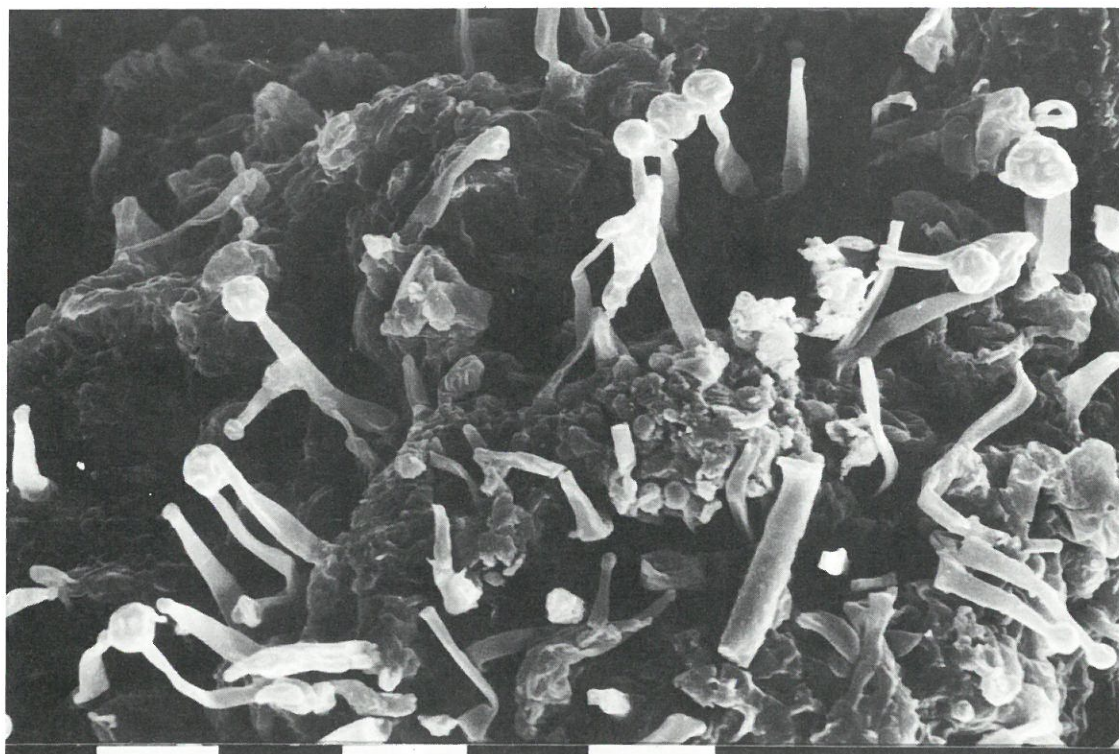


Figur 17. Svamp #5. Ukendt svamp, der danner phialider (?) på overfladen af 2 år gamle nåle. Ulborg Skovdistrikt, juli 1991. Målestok: a og b. 10 μm ; c. 1 μm .

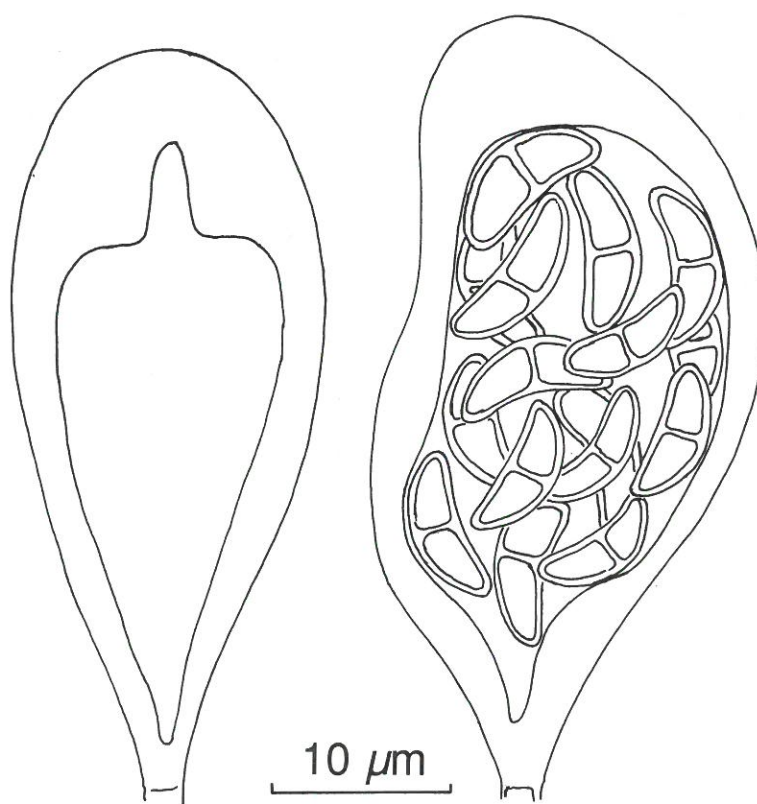
Lilliputeana curvata Serusiaux ad int.

Denne svamp er kun kendt fra nåle, hvorpå den bl.a. er observeret i Belgien (Serusiaux 1989), Storbritanien og Norge (Tønsberg 1992). På trods af at den er velkendt i fagkredse, er den endnu ubeskrevet, og der eksisterer ingen trykt beskrivelse af den.

Lilliputeana er ikke let at identificere uden frugtlegemer, hvorfor den ikke konsekvent er registreret på nålene. Den danner kun et svagt differentieret thallus. Dens apothecier er talrige, ganske små, 60–80–150 μm , bleggule til brunlige eller kødfarvede, mere eller mindre nedsænkede i thallus, uregelmæssige og temmelig uanselige i tør tilstand og svagt afgrænset



Figur 18. Svamp #6. Ukendt svamp, der danner konidier på 5 år gamle nåle fra Ulborg Skovdistrikt, maj 1991. Målestok 10 μm .



Figur 19. *Lilliputeana curvata*. Asci. Til venstre umoden ascus. På 6-årig grannål fra Feldborg Skovdistrikt, juli 1991.

til thallus. Asci er tykvæggede, ca. 20 µm lange, og indeholder 16 eller flere, 2-cellede, krumme, 5 x 1.5–2 µm store sporer (fig. 19).

Muligvis kan de ovenfor beskrevne konidier (svamp #3) være det ukønnede stadium (anamorf) af *Lilliputeana*.

På grund af lavens uanselige udseende foreligger ingen sikre oplysninger om dens forekomst i Danmark. Den er muligvis knyttet til de mere kvælstofbelastede områder, og er især observeret på de ældre nåle (4–6 år). Den sene registrering kan dog skyldes en sen dannelse af frugtlegermer.

Fellhanera butellei (Desm.) Vezda

Denne art, der foruden fra kviste og nåle af gran også vokser på Buksbom, er angivet med få eksemplarer fra Danmark i forrige århundrede, men er ikke genfundet i dette (Alstrup & Søchting 1991). Angives i litteraturen som den eneste danske epifylle lavart. Der henvises til illustration i Galløe (1929, Tavle 8–10). Jacobsen (1992) angiver én aktuel forekomst i Nordtyskland, dog med lidt usikker bestemmelse. Tønsberg (1992) angiver ét fund fra Norges sydkyst i 1953. I Sverige har den været almindelig indtil 1950'erne, og seneste fund er fra 1957 (Santesson, pers. medd. til Tønsberg). Det må antages, at den er forsvundet på grund af luftforurening.

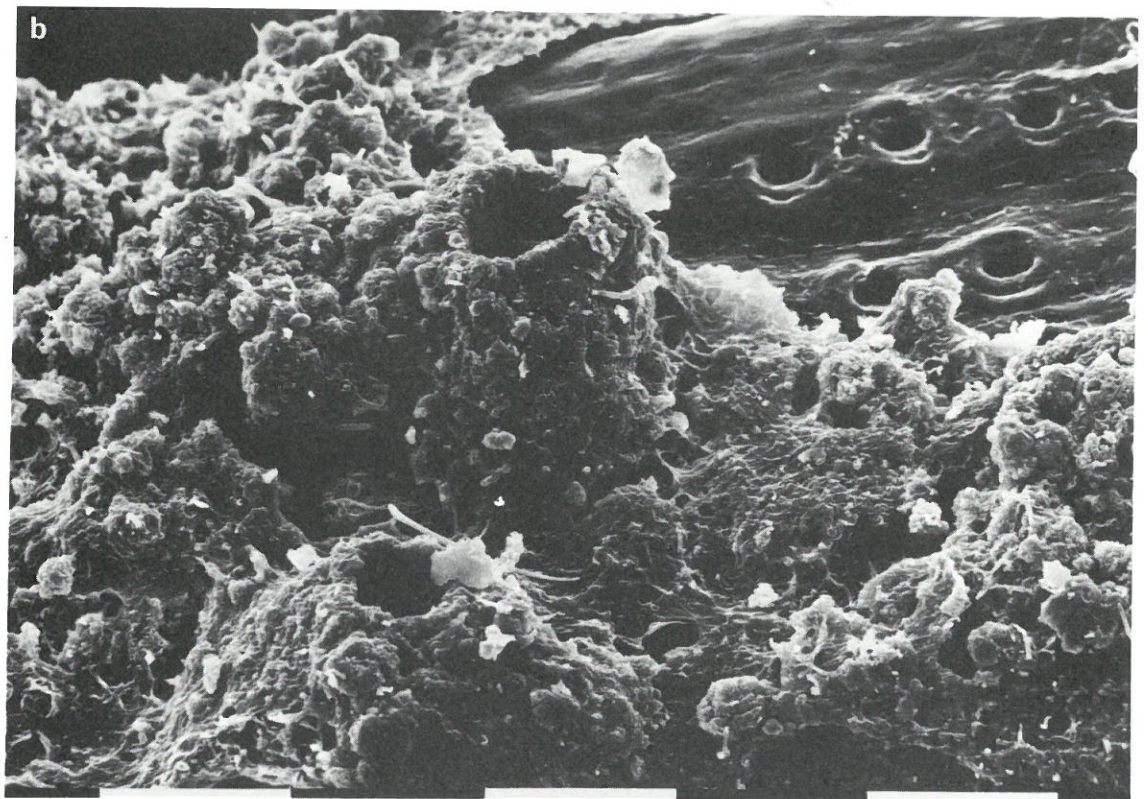
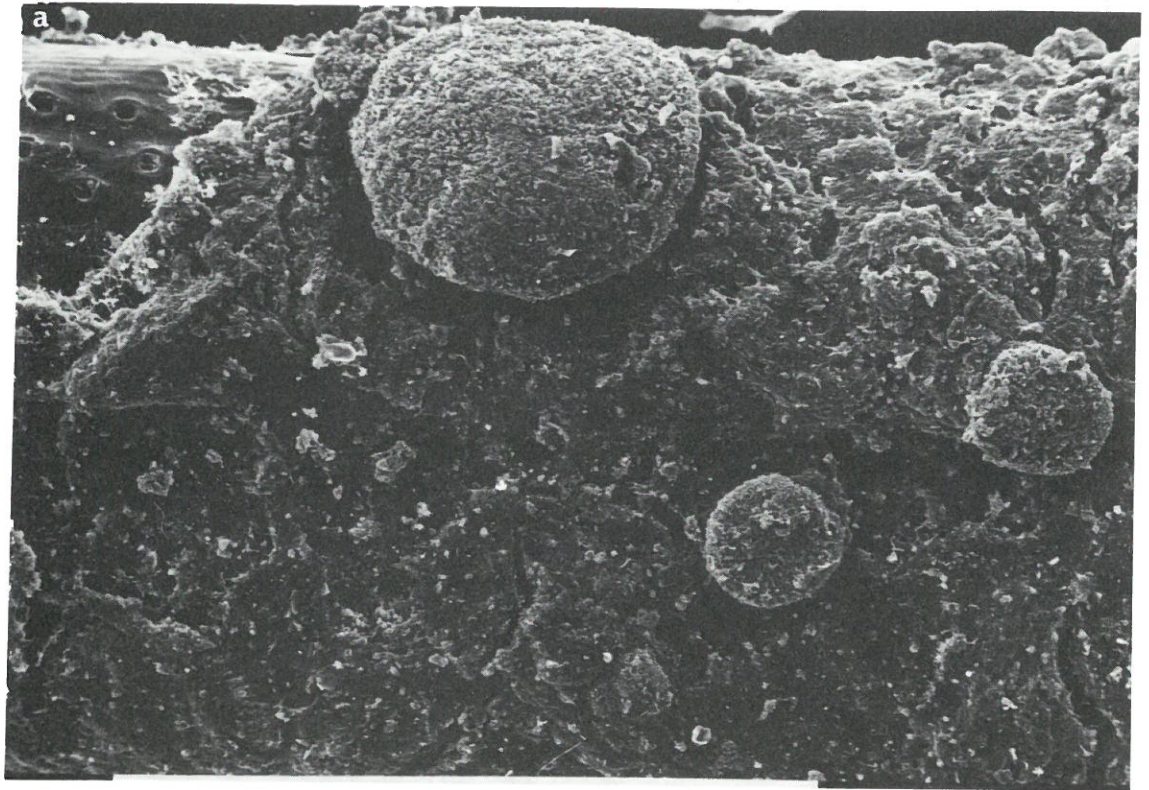
Fellhanera subtilis (Vezda) Diederich & Sérusiaux

Fellhanera subtilis er fundet én gang i Danmark, nemlig i Grib Skov på nåle og kviste af Rødgran i 1991. På lokaliteten var den meget rigeligt tilstede og bredte sig over hele grene. Den laver et veludviklet, sammenhængende thallus også på nålene. Her dannes også apothecier af betydelig størrelse (fig. 20). Såvel thallus som apothecier er creme- til hvidgråt. Sporerne er 4-cellede, farveløse, 11–15 x 3–4 µm. Pyknider er hvidlige, talrige.

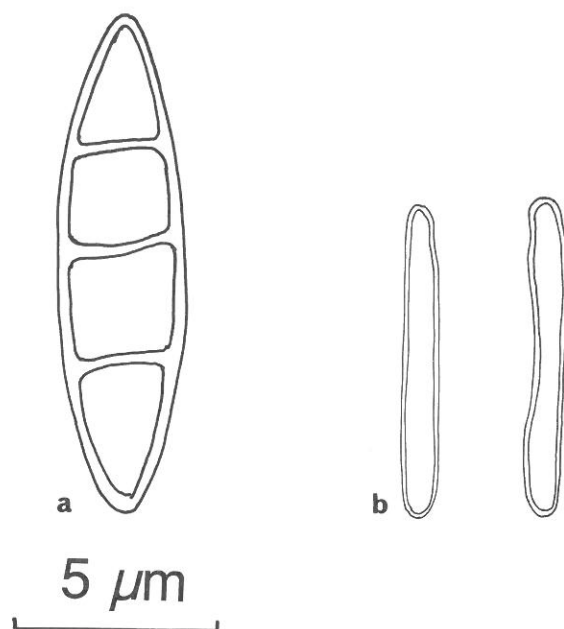
Arten er ikke publiceret for Danmark, men der eksisterer en indsamling på kviste af Lærk fra Asserbo Plantage. Der er rapporteret enkelte fund fra det sydlige Norge og fra Sverige (Tønsberg 1992, Nordin 1991), men arten er også kendt fra Tyskland, Belgien, Storbritanien, Luxembourg og Tjekkioslovakiet (Diederich 1989). Den er ikke obligat epifyl.

Micarea nitschkeana (Lahm ex Rabenh.) Harm.

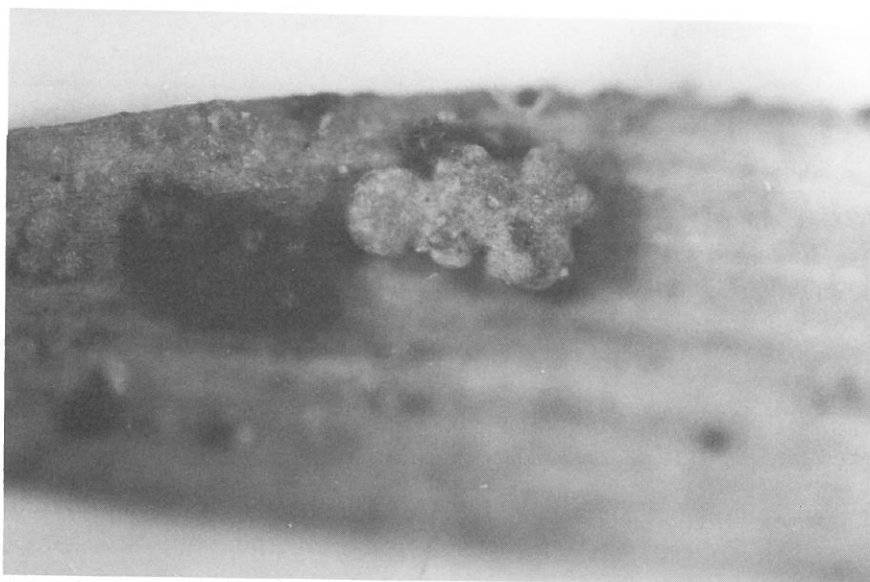
En almindelig art på den sure bark af grankviste og lyng. Den er kun fundet i små mængder på grannåle, og er kun fakultativt epifyl (fig. 21).



Figur 20. *Fellhanera subtilis*. a. apothecier. Målestok 1 mm; b. to pyknider. Målestok 0,1 mm. Stenholt Vang, september 1991.



Figur 21. *Micarea nitschkeana* på 8-årig bark af grankvist. a. spore; b. konidier. Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992.



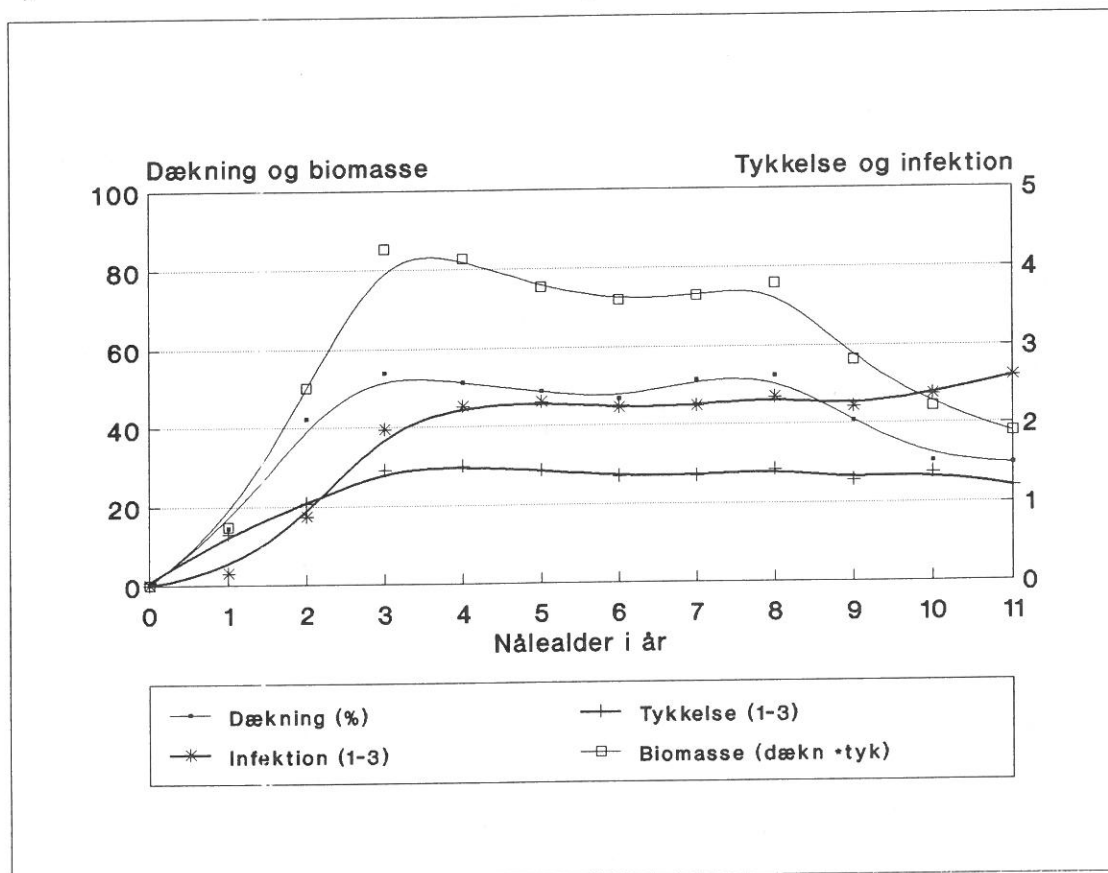
Figur 22. *Hypogymnia physodes* på 5-årig nål af Ædelgran. Husby Plantage, Ulborg Skovdistrikt. $\times 65$.

Hypogymnia physodes (L.) Nyl.

Denne art vokser normalt på kvistene, men i sjældne tilfælde kan den vokse ud på nålene (fig. 22). Generelt synes dens lidt større thallus at have problemer med at holde sig fast på nålene, med mindre den er delvis fastsiddende på bark.

Vegetationsudvikling på nåle

Udviklingen i belægningerne forløber i hovedsagen ens på de undersøgte lokaliteter (fig. 23 og 24). Den nedenstående beskrivelse er baseret på nåle indsamlet januar 1992 i Storskoven.



Figur 23. Udvikling i belægningen på grannåle som funktion af nålens alder. Figuren er baseret på alle lokaliteter, dvs. 2445 nåle. Belægningens dækning er angivet i %, mens tykkelse, infektion og biomasse er angivet efter arbitrære skalaer. Bemærk to maxima af dækning og vedvarende høj infektion.

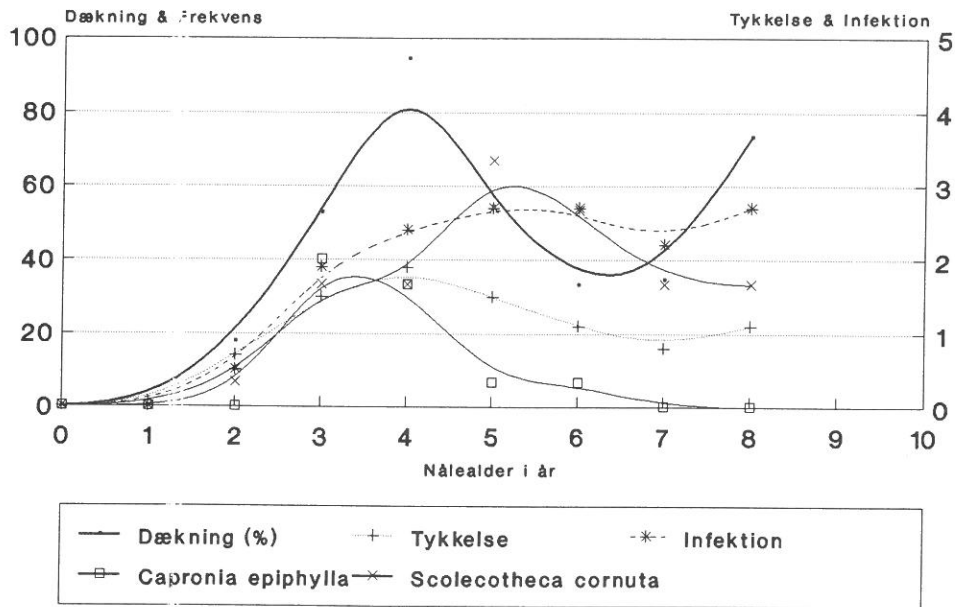
½ år gamle nåle (fig. 27)

Nåleoverfladen er koloniseret af et net af hyfer over hele overfladen. Spredte algegrupper findes også (fig. 25). Hyferne etablerer kontakt med algerne, som omklamres, men der ses ingen haustoriedannelse (fig. 26). Belægningerne har ingen speciel placering i forhold til spalteåbningerne. Beskeden dannelse af pyknider af *Scolecotheca cornuta*.

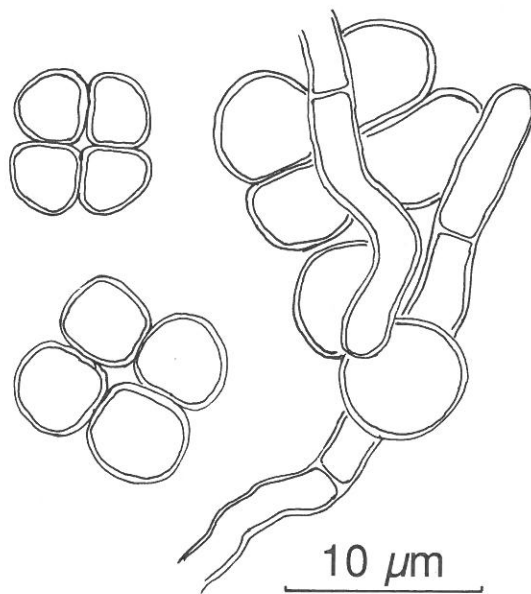
1½ år gamle nåle (fig. 28)

Alger begynder at dække nåleoverfladen. Cyster af *Desmococcus* talrige. *Scolecotheca* danner pletvise angreb med massedød af alger til følge. Der ses ingen haustoriedannelse i algerne. Talrige pyknider dannes. Mycelierne består bl.a. af 2.5–6.5 µm tykke, hyaline til brune hyfer, der undertiden har perlekædeagtig struktur med let opsvulmede korte celler.

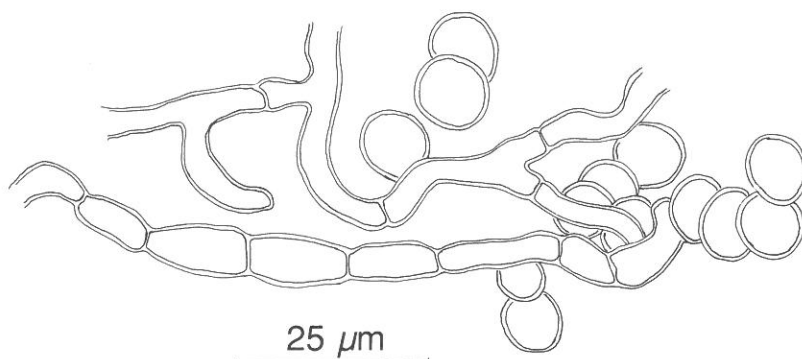
Frøslev Plantage. Åbenrå 518 Trænr. 39
28.08.91



Figur 24. Eksempel på udvikling i algebelægning og to svampes fremkomst på gren fra Frøslev Plantage, Åbenrå Skovdistrikt, parcel 518, august 1991. Bemærk den faldende dækning, når belægningsskorpen begynder at falde af på de 5-årige nåle, samt den begyndende nykolonisering på de 7-8-årige nåle.



Figur 25. Spredte algeceller (*Apatococcus*?) og svampehyfer på ½ år gammel nål. Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992.



Figur 26. Alger og svampehyfer på ½ år gammel grannål. Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992.

2½ år gamle nåle (fig. 29)

Scolecotheca forekommer stadig, men pykniderne synes udtømte og mere eller mindre kollaberede. Algelaget er blevet tykt. Der ses talrige cyster af *Desmococcus viridis*. *Coccomyxa* er tillige ret hyppig, specielt hvor algelaget er temmelig tyndt. Algedækket er gennemvævet af hyfer, og der er tilløb til thallusdannelse, men ingen destruktion af alger.

Capronia epiphylla ses med talrige primordier til pseudothecier. I forbindelse med *Coccomyxa* vokser en svamp med røgfårvede, 2.5–3 μm tykke hyfer og ca. 40 μm lange, vortede, sort-brune lufthyfer (Svamp #4). Tillige klumper af tynde, sammenkittede hyfer, der ses som lysere geléklatter i makroskopet.

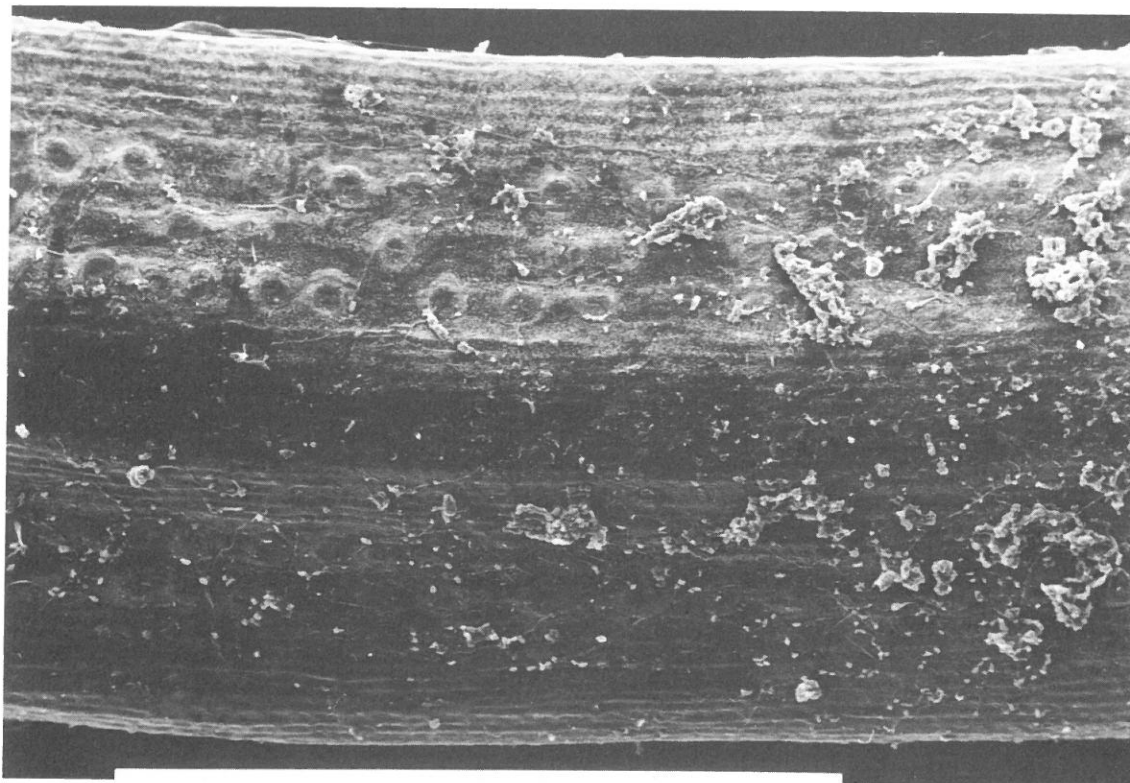
3½ og 4½ år gamle nåle (fig. 30 og 31)

Stadig tilstedeværelse af *Scolecotheca*. *Capronia* med modnende pseudothecier.

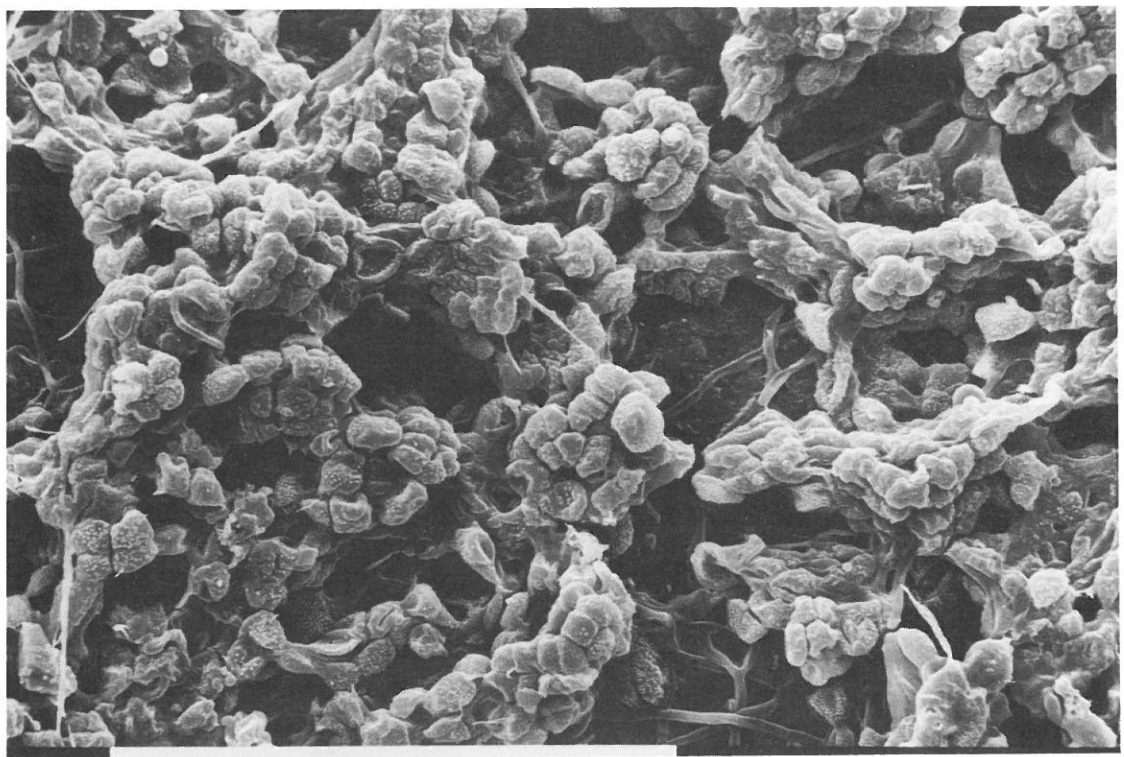
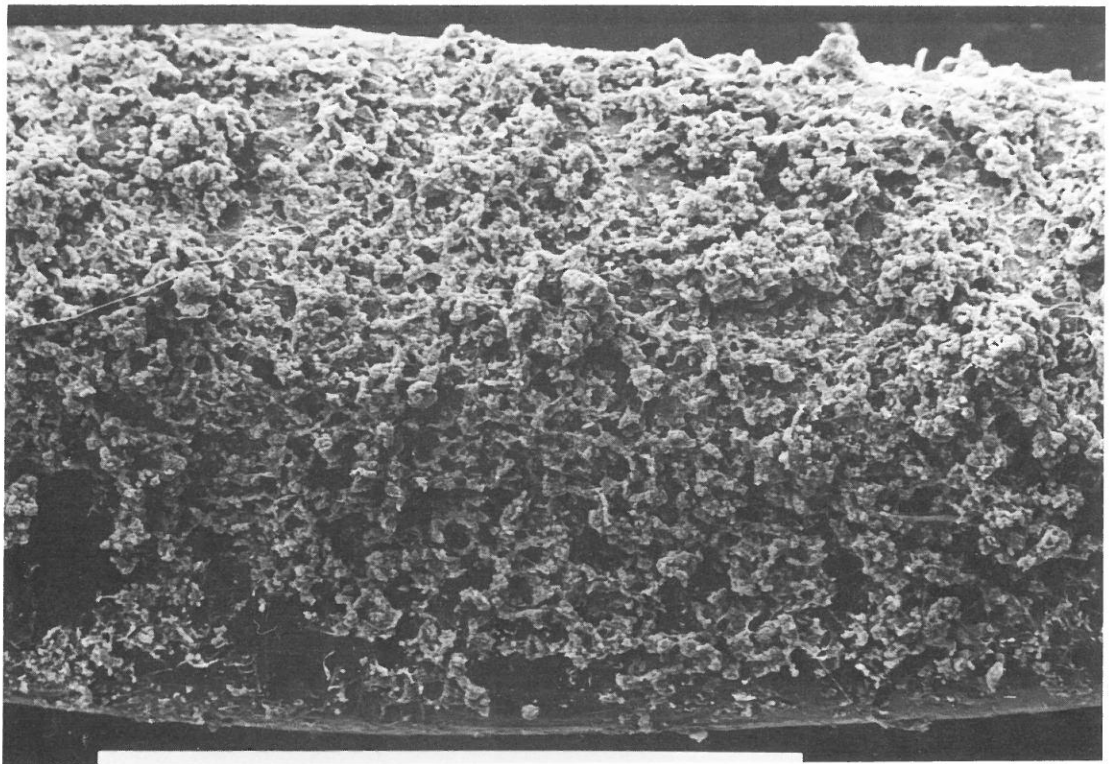
Belægningen er kittet sammen af svampehyfer og danner en tæt, men skør skorpe. Denne begynder at sprække af fra nåleoverfladen, resulterende i en nedsat dækningsgrad (fig. 23 og 24). Denne udvikling fortsætter i de eventuelt følgende nålegenerationer. Foruden de to ovennævnte svampe forekommer sporodocier/pyknider med pølseformede, ca. 10 μm lange, let snoede eller krumme, hyaline, én-cellede konidier, der sidder i palisader (Svamp #3). Sporodocierne genfindes nedsænkede i grønne, ca. 100 μm brede, tætsiddende thallusvorter på barken af kvisten.

5½ år gamle nåle (fig. 32)

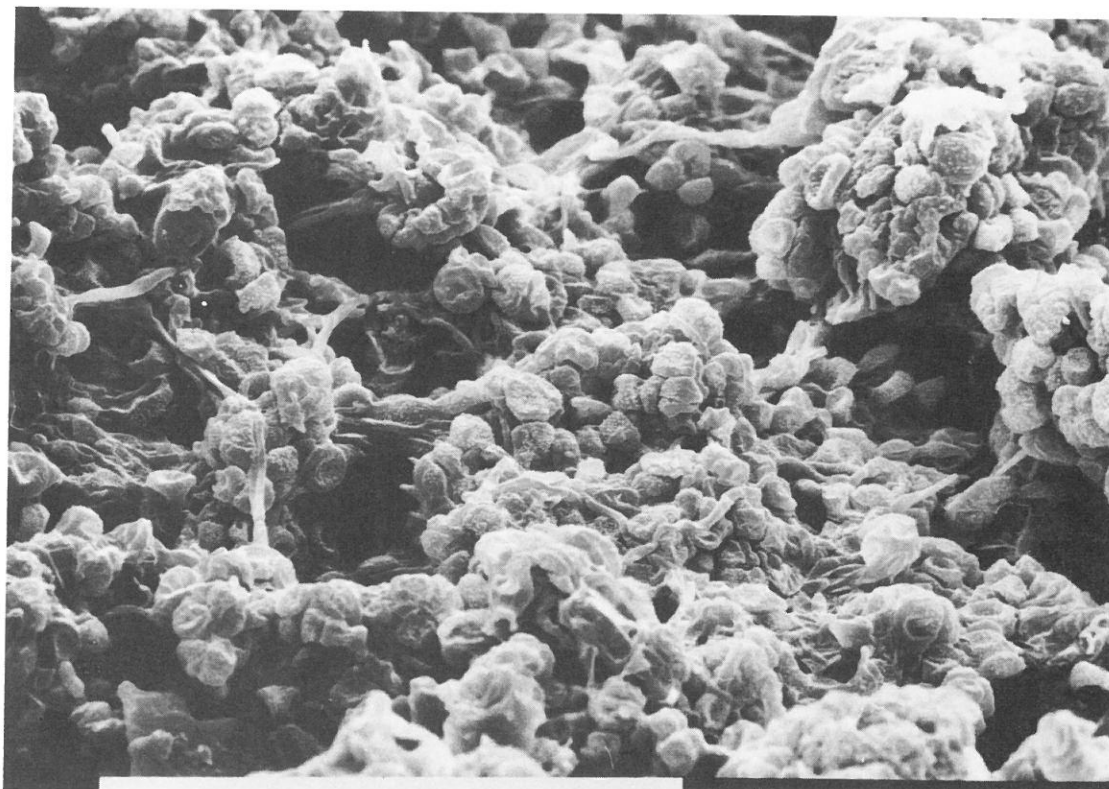
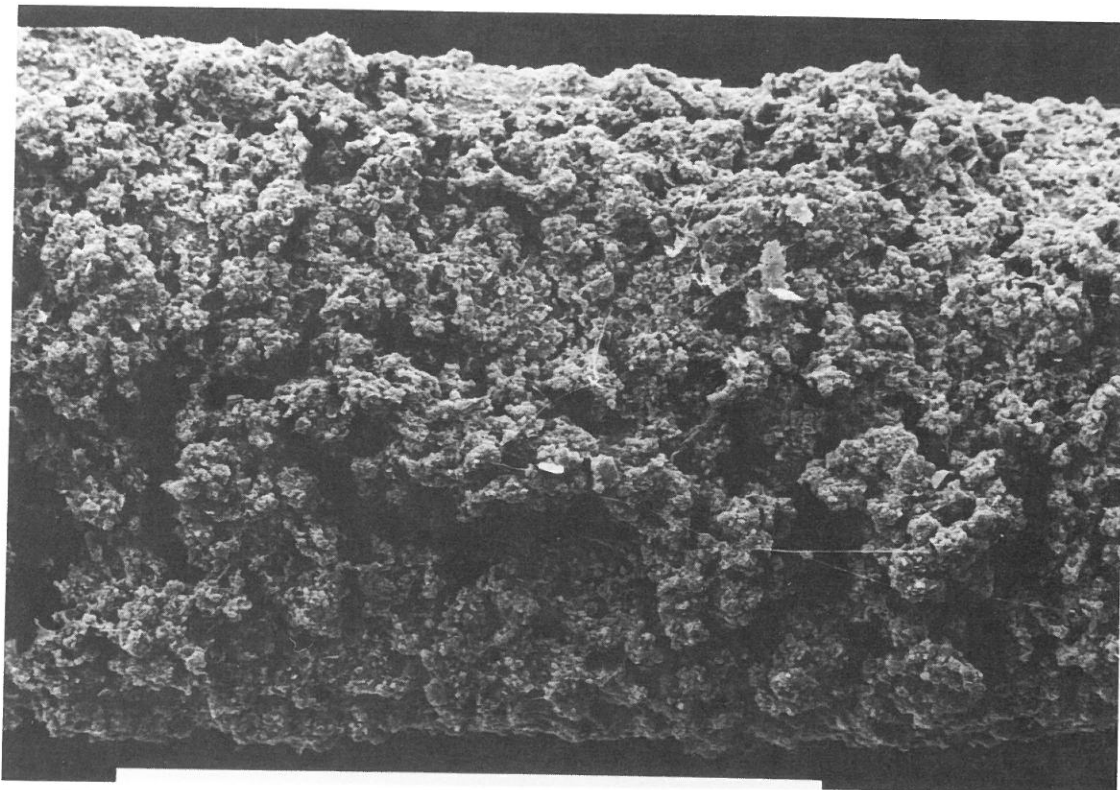
Belægningen er stærkt sammenkittet og sprækker i tør tilstand let fra nåleoverfladen. På den blottede nåleoverflade begynder en nykolonisering med svampe (fig. 33).



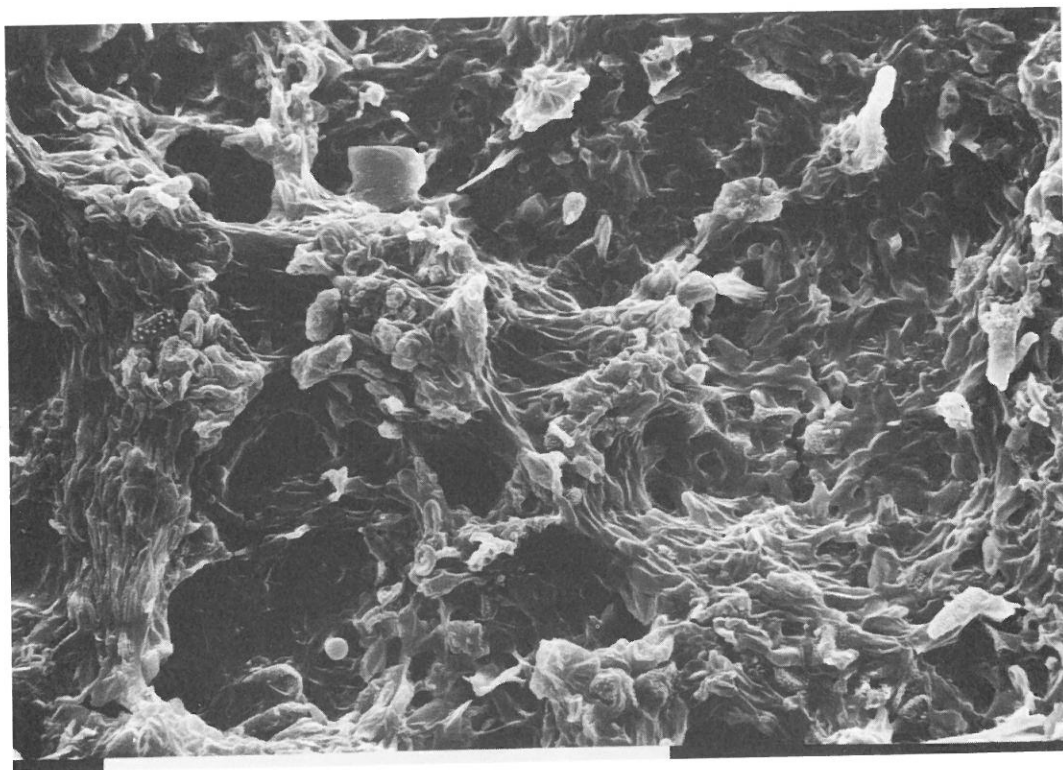
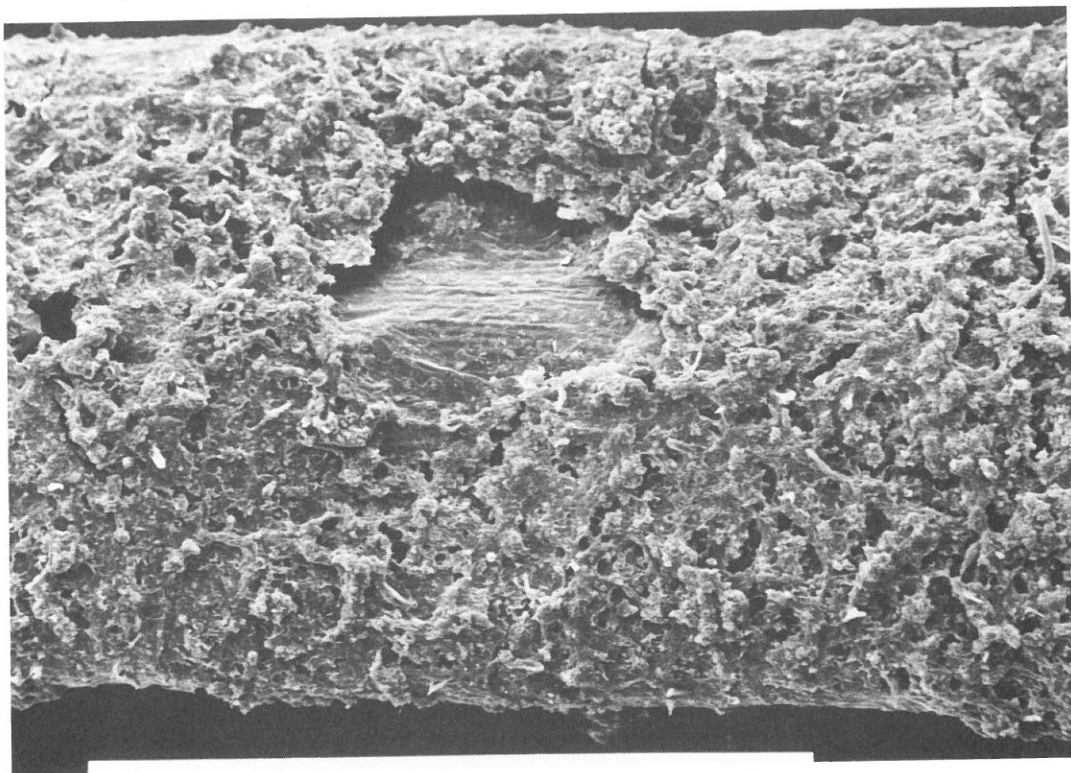
Figur 27. Overflade af $\frac{1}{2}$ år gammel nål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992. Målestok: øverst 1 mm; nederst 0,1 mm. Scanningfotos.



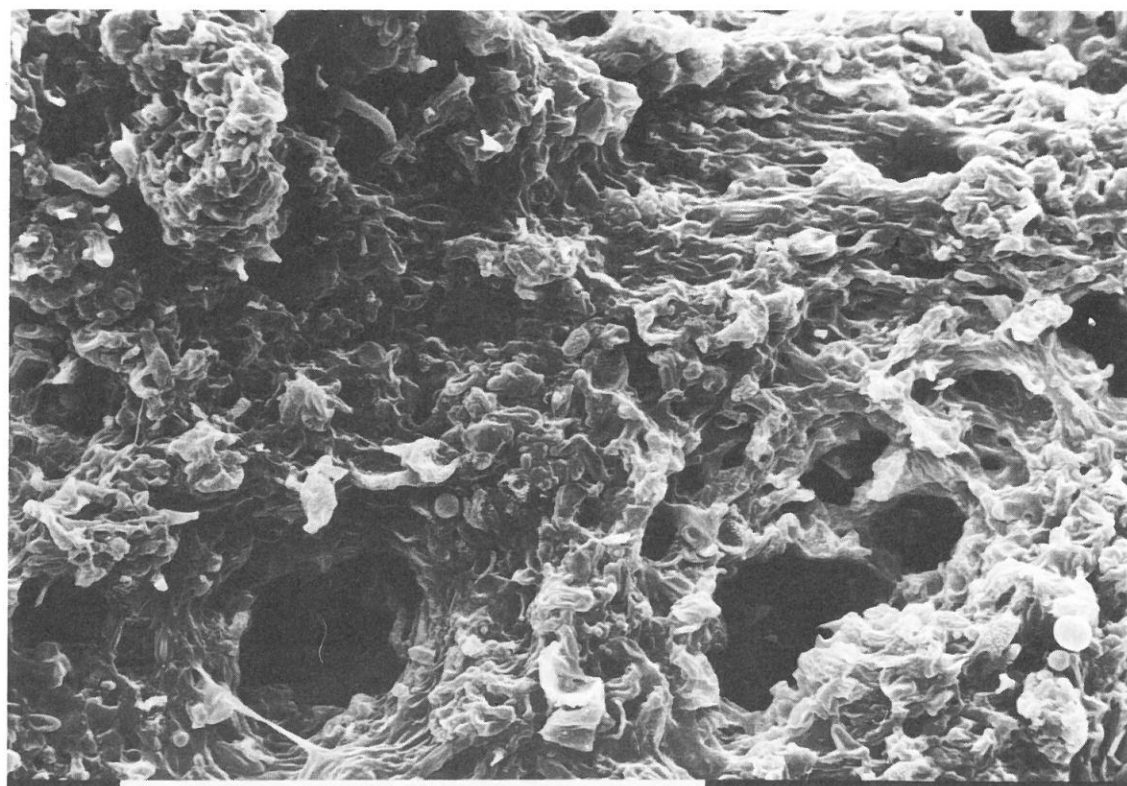
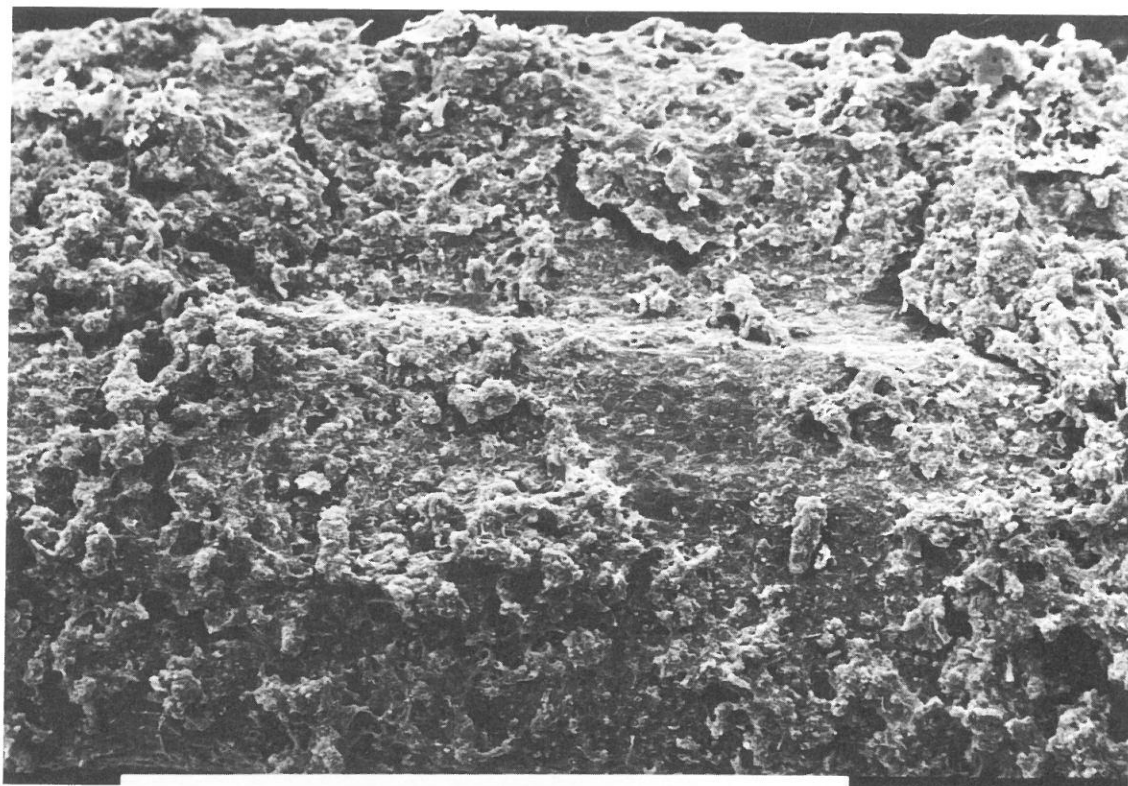
Figur 28. Overflade af 1½ år gammel nål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992. Målestok: øverst 1 mm; nederst 0,1 mm. Scanningfotos.



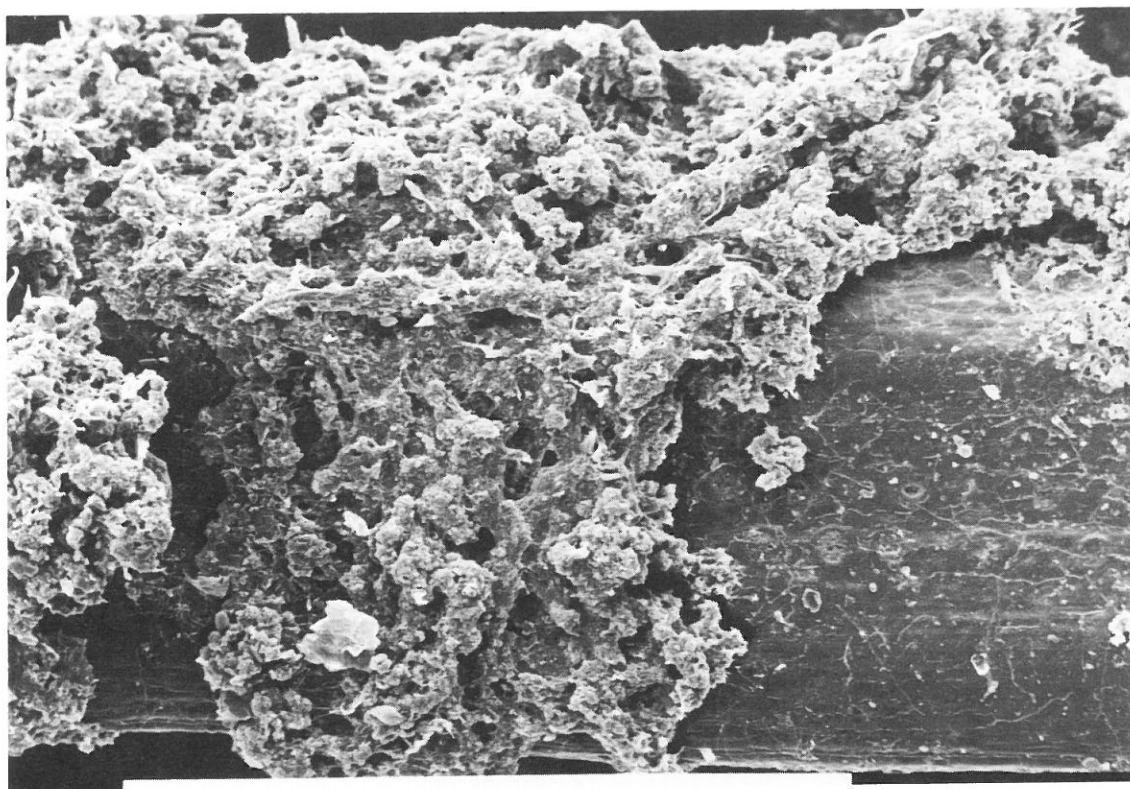
Figur 29. Overflade af 2½ år gammel nål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992. Målestok: øverst 1 mm; nederst 0,1 mm. Scanningfotos.



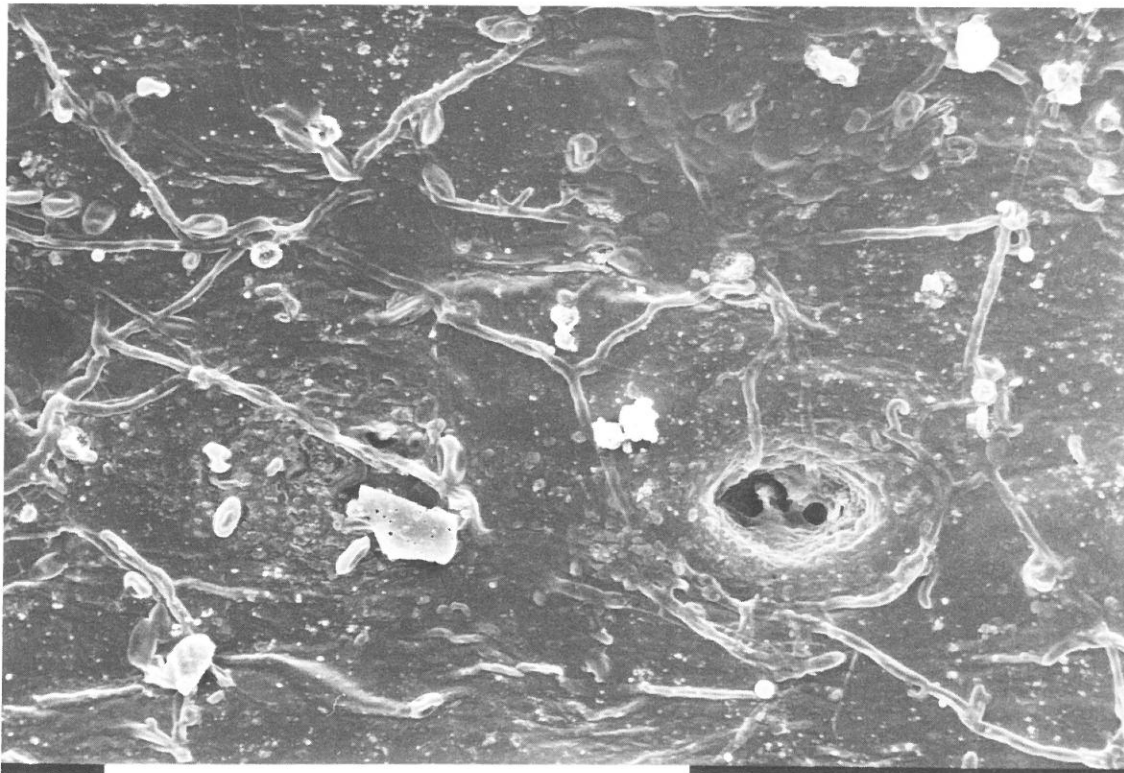
Figur 30. Overflade af 3½ år gammel nål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992.
Målestok: øverst 1 mm; nederst 0,1 mm. Scanningfotos.



Figur 31. Overflade af 4½ år gammel nål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992. Målestok: øverst 1 mm; nederst 0,1 mm. Scanningfotos.



Figur 32. Overflade af 5½ år gammel nål fra Storskoven, Bidstrup Skovdistrikt, januar 1992. Målestok: øverst 1 mm; nederst 0,1 mm. Scanningfotos.



Figur 33. Nåleoverflade på 5½ år gammel nål efter at belægningen er faldet af. Samme nål som fig. 32. Målestok 0,1 mm. Scanningfoto.

Sammenfattende gennemløber nålene følgende udvikling: Årets nydannede nåle bliver koloniseret med spredte alger og svampehyfer i løbet af efteråret. Allerede året efter er der så småt ved at danne sig en sammenhængende belægning. På to år gamle nåle er der en mere eller mindre sammenhængende algebelægning, hvis udstrækning dog normalt først kulminerer på de 3-årige nåle. På de 4-6-årige nåle begynder belægningen at skalle af.

Den unge, tykke algebelægning på de 2-årige nåle er ofte frisk grøn, mens de ældre nåles belægnings er grålige. Dette skyldes ikke, som antydtes af Göransson (1990) sodpartikler, men derimod infektion med svampe, især *Scolecotecha* med en betydelig algedestruktion til følge.

Diskussion

De meget sparsomme historiske oplysninger, og de mundtlige udsagn tyder på, at belægnings på grannåle er et relativt nyt fænomen i Danmark, eller at det i det mindste har tiltaget i omfang.

Det har ikke i denne undersøgelse været muligt at påvise klare regionale forskelle i belægningsernes omfang og sammensætning. Dette kan skyldes, at det er overordentlig vanskeligt at foretage en repræsentativ udvælgelse af grene til en sammenlignende undersøgelse. I alle de undersøgte skove har der været træer ganske uden alger og træer med en betydelig belægning på nålene. Trådalgen er dog tydeligt hyppigere på nåle i Jylland,

specielt på skovparceller, der er belastede af stor kvælstofafsætning. Den er med stor sandsynlighed indikator for stor kvælstofbelastning.

Udenlandske undersøgelser har vist en sammenhæng mellem belægningernes mængde og graden af kvælstofafsætning. De mindre belægninger i Holland kan være forårsaget af skadeligt høje kvælstofbelastninger.

Luftfugtighed spiller en væsentlig lokal rolle for udvikling af belægninger og forskellige mesoklimatiske forskelle mellem bevoksningerne kan antagelig forklare, at nogle bevoksninger har tykke belægninger, mens andre i samme skov har meget ringe belægninger.

Lys er antagelig en væsentlig forudsætning for udvikling af belægninger. Tætte bevoksninger kan derfor være uden nålebelægninger, selvom fugtighedsforholdene er optimale. Der er dog behov for eksperimentelle undersøgelser af lysfaktorens betydning.

Der har kun i få tilfælde været undersøgt nåle af andre træarter, f.eks. Ædelgran. Det ser umiddelbart ud, som om de andre træarters nåle er belagt i samme grad og med i hovedsagen den samme artssammensætning.

Floraen på nålene har vist en påfaldende homogenitet både i relation til nålenes alder og geografiske oprindelse.

Nåleoverflader udgør åbenbart en så speciel biotop, at kun et fåtal organismer er i stand til at vokse på dem. På de studerede nåle er kun de tidligt koloniserende svampe afhængige af organisk stof fra nålene. Den tidlige algefremvækst danner basis for de efterfølgende organismer, hvoraf *Scolecoteca cornuta* er udpræget nekrotrof og forårsager massedestruktion af algeceller. *Capronia epiphylla* – den anden almindelige svamp – modificerer ikke algebelægningerne i synlig grad. Da den kun er observeret sammen med alger, og ikke nedbryder algerne, må den betragtes som en lav.

Det er påfaldende, at de to almindeligste svampe på grannåle ikke er beskrevet, at den tredje almindeligste svamp (lav) først er blevet kendt for nylig, og at den mest karakteristiske alge – trådalgen – ikke har været bemærket før nyligt, og muligvis er ubeskrevet. Dette må tilskrives, dels at belægninger på nåle er et relativt nyt fænomen, at det muligvis endnu er geografisk begrænset, hvor der dannes tykke belægninger, samt at biologer kun i ringe grad har haft opmærksomheden rettet mod biotopen.

Med udgangspunkt i den her fremlagte beskrivelse af epifylle belægninger på grannåle er det ønskeligt at studere belægningernes omfang og artssammensætning i en større geografisk sammenhæng, samt at foretage semi-feltforsøg med kvælstofpåvirkning til belysning af kvælstoffets betydning.

Ligeledes bør der forskes i den fysiologiske effekt af belægningerne på grannålene. Med en belægning svarende til en tiendedel af nålens vægt, kan man antage at belægningen svarer til et lysfilter på op mod en tredjedel af nålens klorofyl. Det er dog ikke kendt i hvilken udstrækning belægninger af en sådan størrelsesorden har betydning for nålenes fotosyntese og for træernes totale tilvækst.

Litteratur

- Asman, W.H.A. 1990. Atmosfærisk ammoniak og ammonium i Danmark. – NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr A18.
- Asman, W.H.A. & E.H. Runge. 1991. Atmosfærisk NO_x, reaktionsprodukter og total N-deposition. – NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A22.
- Beier, C. 1988. Atmospheric deposition of N and S compounds in Denmark. – Ph.D. Rapport: 1-266.
- Burg, H., K. Peveling & E. Tenberge. 1989. Der einfluss von Epibionten auf Fichtennadeln. – I: Ulrich, B. (eds.). International Congress on forest Decline Research: State of knowledge and perspectives, Lake constaned Fereral Republic of Germany October 2-6, 1989. Poster Abstracts vol. 1: 213-214.
- Christensen, T. 1992. Algae. A taxonomic survey. Fsc. 2. – I trykken.
- Diederich, P. 1989. Les lichens epiphytiques et leurs champignons lichenicoles (Macrolichens exceptes) du Luxembourg. – Travaux scientifiques du Musee national d'Histoire Naturelle de Luxembourg 14.
- Farkas, E. 1987. Foliicolous lichens of the Usambara Mountains, Tanzania. I. – Lichenologist 19: 43-51.
- Godfrey, B.E.S. 1976. Leachates from aerial parts of plants and their relation to plant surface microbial populations. In: Dickinson, C.K. & T.F. Preece (eds.). Microbiology of aerial plant surfaces. – Academic Press, London: 433-439.
- Gundersen, P. 1989. Luftforurening med kvælstofforbindelser – Effekter i nåleskov. Licentiat, Laboratoriet for Økologi og Miljølære, DTH.
- Göransson, A. 1988. Luftalger och lavar indikerar luftföroreningar. – Naturvårdsverket Rapport 3562. Uppsala.
- Göransson, A. 1990. Alger, lavar och barruppsättning hos unggraner – längs en kvävegradient från Sverige til Holland – en pilotstudie. – Naturvårdsverket Rapport 3741. Uppsala.
- Hesse, M. M. Kloldt & G. Lysek. 1989. Erfassung der Phyllosphärenpilze bei der Kiefer. – Report.Abschlussbericht FE-Vorhaben "Ballungsraumnahe Waldökosysteme Teilprojekt 1.10": 1-22.
- Jacobsen, P. 1992. Flechten in Schleswig-Holstein: Bestand, Gefährdung und Bedeutung als Bioindikatoren. – Mitt. Arbeitsgem. Geobotanik in Schleswig-Holstein un Hamburg 42
- Jahns, H.M., D. Mollenhauer, M. Jenninger & D. Schönborn. 1979. Natur und Museum (Frankfurt a.. M.) 109: 40-51.

- Jensen, B. 1991. Skovforsøg 1990 – en statusrapport. – Skoven 1991(2): 76–78.
- Jukola-Sulonen, E.-L., M. Lindgren & M. Salemaa. 1991. Forest condition in Finland 1986–1990. – The Finnish Forest Research Institute.
- Müller, E., O. Petrini, P.J. Fisher, G.J. Samuels & A.Y. Rossman. 1987. Taxonomy and anamorphs of the Herpotrichiellaceae with notes on generic synonymy. – Trans. Br. Myc. Soc. 88: 63–74.0
- Nordin, A. 1991. *Fellhanera myrtillicola* new to Sweden – Graphis Scripta 3: 49.
- Petrak, F. 1914. Beiträge zur Pilzflora von Mähren und Österr.–Schlesien – Anns. Mycol. 12:472.
- Reiners, W.A. & R.K. Olson. 1984. Effects of canopy components on throughfall chemistry: An experimental analysis. – Oecologia (Berlin) 63: 320–330.
- Sauter, K. 1985. Untersuchungen zur epiphytischen Mycoflora von Fichtennadeln und deren beeinflussung durch SO₂ und HSO₃–. Dissertation, Fachbereich Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Giessen.
- Saikawa, M., R.F.C. Ruiz, B. Kendrick & T.R. Nag Raj. 1991. Genera coelomycetum XXVIII. *Zelosatchmopsis* anam.–gen.nov. – Can. J. Bot. 69: 630–633.
- Santesson, R. 1952. Foliicolous lichens. A revision of the taxonomy of the obligately foliicolous, lichenized fungi.
- Serussiaux, E. 1989. Foliicolous lichens: ecological and chorological data. – Bot. J. Linn. Soc. 100: 87–96.
- Steffens, A. 1987. The occurrence of epiphytes on *Picea excelsa* (CV) in the area of Münster (Westfalen). – Bibl. Lichenol. 25: 77–80.
- Svendsen, D.S. 1974. En undersøgelse over aerofile algers eventuelle afhængighed af luftforureningen med særlig henblik på deres mulige anvendelse som indikatorer for luftens indhold af SO₂. – Specialrapport. Inst. f. Sporeplanter.
- Søchting, U. 1991. Laver som kvælstofmonitorer i danske skove. – Inst. f. Sporeplanter.
- Tukey Jr., H.B. 1971. Leaching of substances from plants. In: Preece, T.F. & C.H. Dickinson (eds.). Ecology of leaf surface microorganisms, Academic Press, London & New York: 67–80.
- Tønsberg, T. 1992. *Fellhanera* new to Norway. – Graphis Scripta 3: 118–119.
- Vezda, A. 1983. Foliicole Flechten aus der Kolchis (West-Transkaukasien, UdSSR). – Folia geobotanica et phytotaxonomica (Praha) 18: 45–70.