

Elmesygen og naturlige hindringer for dens spredning

Dutch elm disease and natural control

A. Yde-Andersen¹⁾

Plantesundhedsrådet, Elmesygeudvalget

Resumé

Med henblik på udarbejdelse af en prognose for elmesygen her i landet blev der i sommeren og efteråret 1981 indsamlet oplysninger om værtplanter, vektorer og patogen, og i denne forbindelse blev der iagttaget to mikroorganismer, som påvirker sygdommens spredning.

Af almindeligt forekommende træarter her i landet angribes kun elmearterne af elmesyge, men storbladet elm, *Ulmus glabra*, findes så hyppigt, at afstanden mellem værtplanter ikke udgør nogen hindring for sygdommens spredning.

I andre lande optræder elmebarkbiller som vektorer, og her i landet er fundet 3 arter, *Scolytus scolytus*, *S. multistriatus* og *S. laevis*. De to førstnævnte arter er påvist at være vektorer, men den ene forekommer ikke almindeligt, og den anden er yderst sjælden. Den sidstnævnte art antages at være vektor og forekommer overalt i landet.

Patogenet, dvs. svampen, *Ceratocystis ulmi*, findes spredt over næsten hele landet, og de fleste steder har de første infektioner fundet sted omkring 1978 og med aggressive smitteracer, men spredningen af sygdommen ved hjælp af elmebarkbiller har herefter været beskedne.

De to iagttagne mikroorganismer er svampen *Phomopsis oblonga* og bakterien *Pseudomonas fluorescens*. *P. oblonga* forekommer almindeligt som saprofyt i yderbarken hos *U. glabra* og kan brede sig til inderbarken og de yderste årringe i svækkede træer; dens tilstedeværelse bevirker, at de pågældende elme er uegnede som ynglemateriale for *S. scolytus*. *Ps. fluorescens* optræder almindeligt som saprofyt i naturen, kan forekomme i vedkarrene hos *U. glabra* og kan ligesom *C. ulmi* findes på voksne individer af *S. laevis*, når de flyver ud fra syge elme. Bakterien kan hæmme *C. ulmi*-sporenes spiring i de af elmebarkbillerne gnavede sår og kan tillige hæmme eller fortrænge *C. ulmi*-myceliet i vedkarrene.

Det er sandsynligt, at elmesygen er blevet bragt her til landet i sommeren 1978 med sydfra kommende elmebarkbiller samt, at lignende invasioner vil kunne ske i fremtiden.

På det foreliggende grundlag er det ikke muligt at afgøre, om sygdommens beskedne spredning over større afstande vil fortsætte uændret som følge af de nævnte biologiske forhold, eller om den hidtidige langsomme spredning i hovedsagen skyldes, at sygdommen endnu kun er i begyndelsesstadiet.

Nøgleord: *Ceratocystis ulmi*, *Phomopsis oblonga*, *Pseudomonas fluorescens*, prognose, *Scolytus laevis*, *S. scolytus*, *Ulmus glabra*.

¹⁾ Adresse: Statens forstlige Forsøgsvæsen, Springforbivej 4, 2930 Klampenborg.

Summary

With a view to establishing a prognosis for Dutch elm disease in Denmark inquiries were made during the summer and autumn of 1981 into the host plants, the vectors and the pathogen. In this connection two micro-organisms which influence the spread of the disease were observed.

Wych elm, *Ulmus glabra*, is widely distributed over the country and consequently the distance between the host plants cannot constitute any hindrance to the long-distance spread of the disease.

Elm bark beetles are acting as vectors for the disease and in Denmark three species can be found, *Scolytus scolytus*, *S. multistriatus*, and *S. laevis*. *S. scolytus* and *S. multistriatus* which are not common in Denmark are known vectors, whereas the more common *S. laevis* is suspected of being a vector.

The pathogen is now found scattered all over the country but in most localities the first infections took place around 1978 involving mainly aggressive strains. Since then the spread of the disease by means of bark beetles has been only modest.

The two micro-organisms observed are the fungus, *Phomopsis oblonga*, and the bacteria, *Pseudomonas fluorescens*. *P. oblonga* occurs frequently in the outer bark of healthy wych elms but the fungus will often colonize the inner bark and the outer year-rings in weakened elms e.g. elms suffering from Dutch elm disease. The presence of the fungus in such trees prevents successful breeding of *S. scolytus*. *Ps. fluorescens* is a common saprophyte. Like *C. ulmi* it can be found on *S. laevis*, when the beetles emerge from diseased elms, and occurs in the xylem of wych elm. The presence of the bacteria in wounds caused by the beetles will impede the germination there of *C. ulmi*-spores and in the xylem the bacteria will impede or prevent the growth of the *C. ulmi*-mycelium.

It is most likely that the Dutch elm disease has been introduced in the summer of 1978 by immigration of disease-carrying bark beetles from the South. It can be assumed that similar immigration will take place in the future when the climatic conditions favour the flying of the beetles.

On the basis of the data collected it is not possible to predict whether the slow long-distance spread will continue in the future as a consequence of the biological conditions mentioned or if the disease is only in the state of beginning and the spread is going to accelerate within a few years.

Key words: *Ceratocystis ulmi*, *Phomopsis oblonga*, *Pseudomonas fluorescens*, prognosis, *Scolytus laevis*, *Scolytus scolytus*, *Ulmus glabra*.

Indledning

Med henblik på at opstille en diagnose for elmesygen her i landet blev der i sommeren og efteråret 1981 indsamlet oplysninger om forekomsten af værtplanter, patogen og vektorer.

I naturen er elmesyge kun fundet hos arter af elmeslægten, *Ulmus*, samt hos *Zelkova carpinifolia* (Pall.) Koch (Sinclair, 1978), og sidstnævnte forekommer her i landet kun i botaniske haver og lignende. Til opstilling af en prognose var det derfor, hvad værtplanter angår, kun nødvendigt at fremskaffe oplysninger om elmearternes udbredelse.

Elmesygen skyldes svampen *Ceratocystis ulmi* (Buism.) Moreau, og gennem indberetninger fra kommuner, planteavlskonsulenter og andre in-

stitutioner og personer var der fremskaffet et overblik over patogenets udbredelse ved udgangen af 1980 (Yde-Andersen, 1981). Til opstilling af en prognose var det imidlertid nødvendigt dels også at kende patogenets udbredelse med udgangen af 1981 dels at vide hvilken eller hvilke af patogenets 3 smitteracer, der var involveret.

Patogenet spredes dels med elmebarkbiller (Fransen, 1931) dels gennem rodsammenvokninger mellem naboelme (Verral & Graham, 1935). Ved opstilling af en prognose var det folgelig også nødvendigt at kende billernes udbredelse.

I løbet af undersøgelserne blev der tillige gjort iagttagelser over to mikroorganismer, hvoraf den ene, svampen *Phomopsis oblonga* (Desm.)

Trav., vides at hæmme sygdommens spredning (Webber, 1981), og hvoraf den anden, bakterien *Pseudomonas fluorescens* (Trevisan) Migula, efter iagttagelserne at dømme har samme virkning.

Undersøgelserne

Materiale

I forsommeren 1981 udsendtes skrivelser til primær- og amtskommuner, planteavl- og småskovskonsulenter, Statens Plantetilsyns distrikter, statsskovdistrikter og Det danske Hedeselskabs plantagedistrikter med anmodning om indberetning af formodede angreb af elmesyge og indsendelse af prøver fra de syge elme. Som svar på henvendelserne blev der indsendt prøver af grene og stammer fra syge elme på i alt 76 lokaliteter spredt over næsten hele landet.

I to markante angrebsområder, henholdsvis på Lolland-Falster og i Midtjylland, hvor sygdommen var blevet iagttaget siden 1979, blev der endvidere foretaget en kortlægning af forekomsten af elme og elmesyge. Området på Lolland-Falster omfattede Sydfalster kommune samt den østlige del af Nysted kommune, i alt ca. 150 km². Det midtjyske område omfattede dele af Kjellerup, Ikast, Silkeborg, Gjern, Hammel, Galten, Ry, Hørning, Skanderborg og Århus kommuner, i alt ca. 650 km². Ved kørsel på så godt som alle gader og veje i de bymæssige bebyggelser i undersøgelsesområderne blev det iagttaget, om der fandtes elme med tegn på elmesyge, og disse blev indtegnet på Geodætisk Instituts 4 cm kort, og antal og skønnet højde blev noteret. I det åbne land blev det på tilsvarende måde iagttaget, om der ved bygninger, som vejtræer, i læhegn og i skovbryn forekom over 3 m høje elme, og om der forekom tegn på elmesyge. Forekomster af elme og formodede angreb af elmesyge blev indtegnet på de nævnte kort, og antallet af syge elme samt deres skønnede højde blev noteret. Skove og plantager blev i reglen ikke undersøgt, idet de lokale skovadministrationer havde givet oplysninger om tilstanden her. Ved disse undersøgelser blev der udtaget prøver fra elme på i alt 32 lokaliteter og blandt andet fra 42 elme, som måtte antages at

være blevet smittet med elmesyge gennem sårgnavet af smittebærende elmebarkbiller; disse elme var fordelt på 20 lokaliteter.

I en særskilt publikation (Harding & Ravn, 1982) hvortil henvises, er der redegjort for undersøgelsen over forekomsten af elmebarkbiller her i landet. I forbindelse med denne undersøgelse blev der blandt andet udtaget prøver af elme med formodede angreb af elmesyge på i alt 21 lokaliteter, og på 10 lokaliteter blev der fra barken hos elme, hvori der var påvist *C. ulmi*, udtaget i alt 103 voksne individer af lille elmebarkbille, *Scolytus laevis* Chap.; dette materiale indgår i nærværende undersøgelse.

Teknik

Elme, der viste tegn på sygdom, blev alle undersøgt på stedet, og en umiddelbar betragtning af de syge eller døde elme og deres omgivelser afslørede ofte, at træernes tilstand kunne tilskrives andre årsager end elmesyge. Nogle af disse sygdomsårsager vil blive omtalt i et følgende afsnit.

Undersøgelserne på stedet omfattede næsten altid nedskæring af én eller flere syge eller døde grene suppleret eller undtagelsesvis, når det var umuligt at få fat i de nævnte grene, erstattet med udtagning af vedprøver fra træernes stammer. Prøver fra grene og stammer blev hjemtaget til undersøgelse i laboratoriet.

På lokaliteter, hvor det fra tidligere undersøgelser var kendt, at der forekom elmesyge eller, hvor undersøgelsen på stedet gav anledning til mistanke om angreb af elmesyge, blev det forsøgt at bestemme i hvilket år, den første infektion havde fundet sted. På lokaliteter, hvor der hverken forekom døde elme eller var foretaget hugst af syge elme, blev det ved tælling bestemt i hvilket år, de årringe var dannet, hvori der forekom misfarvning. På lokaliteter, hvor der forekom døde elme, men ikke var foretaget fældninger, kunne det antages, at det var disse træer, der først var blevet inficeret. Ovennævnte fremgangsmåde blev derfor suppleret med et skøn over hvor mange år, der var forløbet, siden det pågældende træ var gået ud. På lokaliteter, hvor de først angrebne elme var blevet fældet, var der i reglen sket indbe-

retning om angrebet. I disse tilfælde blev det antaget, at sygdommen tidligst var blevet erkendt sommeren efter, at infektionen var sket.

Vedprøverne fra de syge elme blev undersøgt i laboratoriet. Det blev iagttaget, om der overhovedet forekom misfarvning af veddet, og i givet fald om den svarede til den for *C. ulmi*-angreb beskrevne eller havde et andet udseende, samt i hvilken årring misfarvningen fandtes. Fra hver prøve blev der udtaget mindst 3 splinter, der blev udlagt på maltekstraktagar, og 3 splinter, der blev udlagt på selektivt substrat; fra prøver uden misfarvning blev splinterne taget fra yderste årring, og fra prøver med misfarvning fra det misfarvede ved. Endelig blev mindst ét større vedstykke fra hver prøve indlagt i fugtigt kammer. De indsamlede biller blev efter ca. 1 måneds opbevaring i dybfryser ved ca. -15°C i ubeskadiget stand enkeltvis udlagt på selektivt substrat i petriskåle.

Maltekstraktagar indeholdende 30 g maltekstrakt, 3 g pepton og 15 g agar ad 1 l alm. vand blev anvendt for at skaffe overblik over hvilke mikroorganismer, der optrådte i de misfarvede vedkar. Selektivt substrat, dvs. maltekstraktagar tilsat 0,05 g streptomycin, 0,05 g penicillin og 0,1 g cycloheximid ad 1 l blev anvendt for at lette erkendelsen af *C. ulmi*, idet de nævnte stoffer tilsammen hæmmer væksten af både gram-positive og gram-negative bakterier samt visse skimmelsvampe, men ikke *C. ulmi* (Brasier, 1981).

Efter inkubation ved stuetemperatur i ca. 8 dage, i fugtigt kammer dog 1–2 uger, blev prøverne eftersat for forekomst af mikroorganismer. Ved undersøgelsen af prøver, der blev indsendt fra de 76 lokaliteter spredt over hele landet, eftersøgte først og fremmest *C. ulmi*, men også *Verticillium albo-atrum* Reinike et Berth. og *P. oblonga*; andre mikroorganismer blev sammenfattet under begrebet forureninger i videste forstand. Ved undersøgelserne af prøver fra de 32 lokaliteter på Lolland-Falster og i Midtjylland eftersøgte de nævnte svampe, men der blev tillige gjort notater over forekomsten af bakterier. Dette skyldes, at der både i 1980 og i 1981 ved podninger fra elmeved med misfarvning af vedkarrene påfaldende ofte fremkom bakterier sammen med svampen eller alene. Ved undersøgelserne af

barkbiller blev der kun skelnet mellem forekomst af *C. ulmi*, bakterier og andre mikroorganismer.

57 isolater af *C. ulmi* fra lokaliteter fordelt over næsten hele landet blev smitteracebestemt efter den af Brasier (1981) angivne metode, idet der dog kun blev skelnet mellem den ikke-aggressive og aggressive smitteracer. Smitteracebestemmelsen foretages blandt andet på grundlag af smitteracernes forskellige væksthastighed på maltekstraktagar. Ved 20°C er mycelietilvæksten hos den ikke-aggressive race kun $2/3$ – $3/4$ af væksten hos de to aggressive racer, og ved 33°C forekommer der stadig mycelievækst hos den ikke-aggressive race, medens væksten er indstillet hos de to andre smitteracer.

Resultater

Elmen

Der er to hjemmehørende elmearter, storbladet elm, *Ulmus glabra* Huds., der er langt den almindeligste elm, og skærmelm, *U. laevis* Pall., der kun findes få steder; blandt de indførte elme er småbladet elm, *U. carpinifolia* Gleditch., den almindeligste, og andre arter forekommer kun sjældent.

I de to særligt undersøgte områder på Lolland-Falster og i Midtjylland fandtes der over 3 m høje elme i beplantninger omkring ca. 70% af samtlige fritliggende gårde og huse enten alene eller oftere i blanding med andre løvtræarter, se tabel 1; lignende forhold skønnes at være til stede i landets øvrige dele. Hertil kommer, at elmen ofte er plantet i læhegn, og at den hyppigt anvendes som vejtræ, f.eks. er ca. 42% af landevejstræerne i Frederiksborg Amt elme (Dragsted, 1978).

Tabel 1. Forekomst af over 3 m høje elme ved bygninger uden for bymæssige bebyggelser i undersøgelsesområderne på Lolland-Falster og i Midtjylland.

	Lolland-Falster stk.	Midtjylland stk.
Fritliggende bygninger eller samlinger af bygninger, i alt	310	3 348
heraf med mindst 1 over 3 m høj elm	189	2 376

I byerne er elmen plantet i parker og langs gader. I Københavns Kommune er således ca. 25% af park- og vejtræerne elme.

I skovene er elmen sjælden som bestandstræ og forekommer fortrinsvis selvsået i skovbryn.

Elmebarkbiller

I Europa forekommer flere elmebarkbillearter, hvoraf to, stor elmebarkbille, *Scolytus scolytus* F., og mangestribet elmebarkbille, *S. multistriatus* Marsh., især har tiltrukket sig opmærksomheden. Dette skyldes, at disse to arter er de almindeligste i Holland og England, dvs. lande, hvor elmesygen i omkring 60 år har været et problem, og hvor følgelig en væsentlig del af den europæiske elmesygeforskning har fundet sted. Det er påvist, at disse to arter er vektorer for *C. ulmi* (Fransen, 1931).

En tredje art, lille elmebarkbille, *S. laevis* Chap., findes bl.a. her i landet (Boas, 1923; Esbjerg & Bejer, 1979; Harding & Ravn, 1982) og i Sverige (Lekander et al., 1951). Arten er ikke blevet undersøgt i relation til elmesyge, men det antages, at den også er vektor for *C. ulmi* (Lekander et al., 1951).

Ved elmebarkbilleundersøgelserne i sommeren 1981 fandtes stor elmebarkbille i 4 områder, og i de samme områder forekom der elmesyge; arten blev således fundet i 4 af de i alt 10 områder med elmesyge. Mangestribet elmebarkbille blev kun fundet på 1 lokalitet, hvor der også forekom elmesyge. Lille elmebarkbille blev derimod fundet almindeligt over hele landet såvel på lokaliteter med som uden elmesyge (Harding & Ravn, 1982).

Elmesyge

Bortset fra et enkelt udbrud nær København i 1955 (Jørgensen, 1958) er der ikke i historisk tid iagttaget elmesyge i Danmark. Dog er der iagttaget misfarvning af vedkar indicerende angreb af elmesyge i årringe, der er dannet i årene fra 1968 og indtil 1976, men det har ikke været muligt at isolere svampen i disse tilfælde. Fra sommeren 1978 og indtil udgangen af 1981 er der imidlertid konstateret spredte angreb i næsten alle amter, se figur 1, men de enkelte angreb har i reglen kun ramt indtil en halv snes elme voksende som vej-

træer, i parker eller omkring bygninger. I 3 tilfælde har der dog været tale om angreb omfattende hundrede elme eller flere, og de har alle forekommet i blandede løvtræbevoksninger i skove (Yde-Andersen, 1982).

I Europa findes 3 smitteracer af *C. ulmi*: den ikke-aggressive, europæiske smitterace, der første gang blev fundet i 1922 (Schwarz, 1922), og de to aggressive smitteracer, der antages at være kommet fra hhv. Nordamerika og Asien i slutningen af 1960'erne (Gibbs et al., 1972; Brasier, 1979). De ved nærværende undersøgelse undersøgte 57 isolater har med undtagelse af 2 (V. Skerninge og Varde) vist sig at tilhøre en aggressiv smitterace.

Engelske erfaringer går ud på, at angreb af en aggressiv smitterace næsten uvægerlig medfører, at de pågældende elme dør i løbet af et års tid (Gibbs et al., 1972), hvorimod angreb af den ikke-aggressive smitterace kun i nogle tilfælde medfører, at elmene dør, medens de i mange tilfælde vil komme sig (Peace, 1960). Her i landet kan sygdommen, uanset den skyldes en aggressiv smitterace, have enten et akut eller et kronisk forløb. Ved smitte gennem rodsammenvoksninger dør den smittede elm i reglen i løbet af én vækstsæson; ved smitte ved hjælp af elmebarkbiller kan forløbet være det samme, men således smittede elme kan undertiden – skønt svækkede – overleve i hvert fald i 3 år.

På så godt som alle de undersøgte angrebslokaliteter har de første infektioner efter nærværende undersøgelser at dømme fundet sted omkring 1978. Den langvejs spredning fra de først inficerede elme, dvs. spredningen ved hjælp af elmebarkbiller efter sygdommens introduktion her i landet, har således været yderst begrænset. Den lokale spredning, dvs. spredning fortrinsvis gennem rodsammenvoksninger mellem naboelme, har derimod stedvis været omfattende.

Verticillium albo-atrum

V. albo-atrum kan forårsage visnesyge hos flere løvtræarter heriblandt elm, og symptomerne kan forveksles med elmesygens (Westerdijk & Buisman, 1929). Svampen blev ikke iagttaget ved

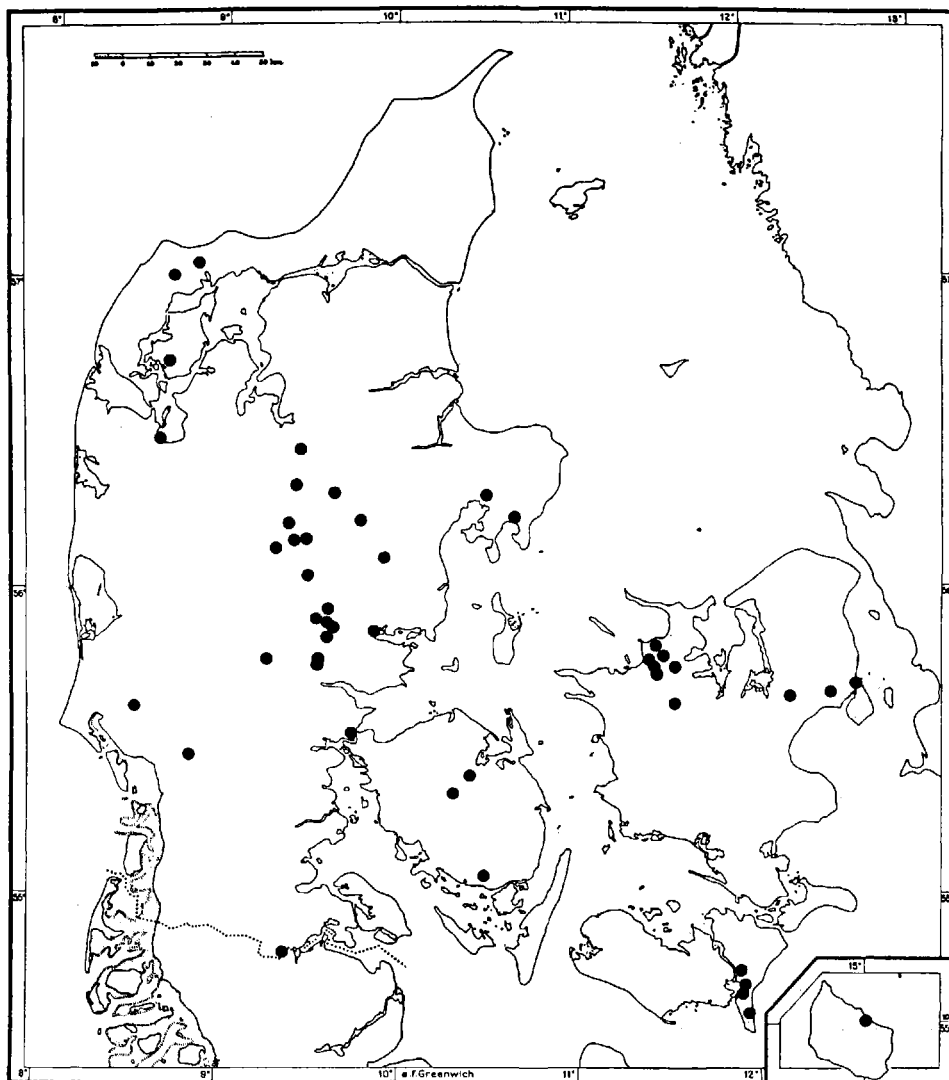


Fig. 1. Fund af elmesyge i 1981.

nærværende undersøgelser, men er tidligere fundet her i landet hos elm (*Gram & Weber, 1944*).

Andre patogener og skader

I begge de to særligt undersøgte områder blev der iagttaget ret mange større elme med én eller flere større, døde grene, og hvor de øvrige grene enten var fyldt med vanris eller havde et helt normalt udseende, men disse elme var ikke angrebet af *C. ulmi*. En del af elmene fandtes på til tider vandli-

dende arealer, og skaderne var opstået for flere år siden; det er nærliggende at antage, at der her er tale om skader i forbindelse med de tørre somre i midten af 1970'erne. Andre af disse elme voksede nær utætte ajlebeholdere eller ensilagebeholdere, eller hvor der var foretaget større jordarbejder.

En del elme med visnesymptomer, og som set på afstand kunne antages at lide af elmesyge, var ikke angrebet af *C. ulmi*, men havde udbredte barkskader på stammerne forårsaget af heste.

Elme med de ovennævnte skader var ofte tillige angrebet af honningsvamp, *Armillaria mellea* (Vahl) Quel., i rødderne og undertiden også i den nederste del af stammerne.

Elme, hvor større grene var brækket eller savet af var ofte angrebet af skællet poresvamp, *Polyporus squamosus* Huds. ex Fr., med veddestruktion i stammen til følge.

En enkelt ældre, døende elm fandtes angrebet af den veddestruerende svamp, *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil.

Phomopsis oblonga

P. oblonga er det imperfekte stadium af *Diaporthe eres* Nits., og er almindeligt udbredt i den tempererede zone (Browne, 1968).

Nedvisen af årsskud hos elm i forbindelse med forekomst af denne svamp er tidligere iagttaget her i landet (Gram & Rostrup, 1924), og visnesyge er iagttaget i Holland i forbindelse med optræden af en svamp, som udviste lighed med *D. eres* (Westerdijk & Buisman, 1929).

P. oblonga angives endvidere at være årsag til kræftlignende sår hos elm i Nordamerika (Richmond, 1932).

I Storbritannien optræder *P. oblonga* almindeligt som saprofyt blandt andet på døde elmeskud, hvor den forårsager mørkfarvning af barken (Peace, 1962). Den er tillige fundet i inderbarken hos storbladet elm, der er svækket eller døende som følge af angreb af *C. ulmi*; kolonisationen var i disse tilfælde formentlig sket fra den døde yderbark, hvor svampen blev fundet og antages at forekomme almindeligst (Webber, 1981). Ved undersøgelse og forsøg blev det påvist, at der i syge elmes bark, hvori der forekom *P. oblonga*, kun fandtes meget få elmebarkbillemodergange samt, at disse for en stor dels vedkommende var forladt, inden de var færdiggnavet. Hvor moder-gangene var blevet fuldendt, og der var blevet lagt æg, udviklede der sig kun få larver, der gnavede atypiske gange, og som kun sjældent udviklede sig til voksne biller (Webber, 1981).

Ved nærværende undersøgelser blev der gjort efterstående iagttagelser over forekomsten af *P. oblonga* i syge elme: En enkelt vækstkræftig, ca. 25 m høj storbladet elm udviste visnende årsskud

i juli måned. Fra det misfarvede ved umiddelbart under den døde, sorte bark fremkom der på malt-ekstraktagar *P. oblonga*-mycelium, men ingen mikroorganismer på selektivt substrat.

En sygnende, ca. 20 m høj storbladet elm udviste diffus mørkfarvning af veddet i de yderste årringe; fra det misfarvede ved fremkom der på maltekstraktagar *P. oblonga*-mycelium, men ingen mikroorganismer på selektivt substrat.

Blandt de indsendte prøver af syge elme fra de 76 lokaliteter spredt over hele landet, og hvor misfarvningen af veddet indicerede angreb af *C. ulmi*, var der 13 fra hver sin lokalitet, hvori der fandtes enten *P. oblonga* alene eller *P. oblonga* sammen med *C. ulmi*. Laboratorieundersøgelserne viste således følgende:

På maltekstraktagar blev der omkring podestykkerne i intet tilfælde iagttaget *C. ulmi*-mycelium, medens der omkring samtlige podestykker fra alle 13 elme blev iagttaget *P. oblonga*-mycelium enten alene eller sammen med bakterier.

På selektivt substrat blev der omkring samtlige podestykker fra 6 elme iagttaget *C. ulmi*-mycelium men i intet tilfælde *P. oblonga*-mycelium.

På vedstykkerne i fugtigt kammer hidrørende fra 7 elme blev der iagttaget *C. ulmi*-koremier (en af svampens ukønnede sporeformer), dvs. fra samtlige elme, hvor der ved podning på selektivt substrat kunne iagttages *C. ulmi*-mycelium, samt fra yderligere 1 elm.

Resultaterne gav anledning til følgende orienterende forsøg, hvortil anvendtes 4 isolater af *P. oblonga* og 1 isolat af *C. ulmi* (aggressiv smitterace). Hvert isolat af *P. oblonga* blev sammen med *C. ulmi*-isolatet podet på 2 petriskåle med malt-ekstraktagar med 3–4 cm mellem podestykkerne. Efter 5 dages inkubation ved stuetemperatur havde mycelierne nået hinanden uden, at der kunne iagttages hæmning af nogen af dem; efter yderligere inkubation begyndte *P. oblonga*-myceliet at overvokse *C. ulmi*-myceliet.

Bakterier

Undersøgelsen af de 103 elmebarkbiller, der enkeltvis var blevet udtaget af barken hos elme angrebet af *C. ulmi* viste følgende:

På selektivt substrat blev der iagttaget *C. ul-*

mi-mycelium alene eller sammen med svage bakteriekolonier omkring 23 biller; svage bakteriekolonier omkring 55 og andre eller ingen mikroorganismer omkring 25.

En enkelt bakterieart var dominerende.

Undersøgelsen af prøver fra 42 stk. storbladet elm fra de to områder på Lolland-Falster og i Midtjylland, hvor misfarvningen af vedkarrene indicerede angreb af *C. ulmi*, havde følgende udfald:

På maltekstraktagar blev der omkring samtlige podestykker fra 6 elme iagttaget *C. ulmi*-mycelium; omkring podestykkerne fra de resterende 36 elme kunne der kun iagttages kraftig bakterievækst.

På selektivt substrat blev der omkring samtlige podestykker fra yderligere 11 elme iagttaget *C. ulmi*-mycelium, dvs. omkring podestykkerne fra i alt 17 elme; omkring podestykkerne fra de resterende 25 elme kunne der kun iagttages svag bakterievækst.

På vedstykkerne i fugtigt kammer hidrørende fra 27 elme blev der iagttaget *C. ulmi*-koremier, dvs. fra samtlige elme, hvor der ved podning på selektivt substrat kunne iagttages *C. ulmi*-mycelium, samt yderligere 10 elme. På vedstykkerne fra de resterende 15 elme fremkom kun bakteriefloed fra de misfarvede vedkar.

Samme bakterieart var dominerende.

Den dominerende bakterieart blev rendyrket og bestemt som *Pseudomonas fluorescens* (Trevisan) Migula.

Pseudomonas fluorescens

Ps. fluorescens er en gram-negativ stavbakterie med polært stillet cilie, og arten deles i 4 bio-typer (Buchanan & Gibbons, 1974). Den forekommer almindeligt på organisk materiale i naturen, udviser antagonisme over for mange bakteriearter og tillige over for nogle mikrosvampe (Waksman, 1952), men anses ikke for patogen over for højere planter (Buchanan & Gibbons, 1974).

Der er tidligere fundet bakterier i elmeved:

I Holland er *Pseudomonas lignicola* Westerd. et Buism. påvist i skarpt afgrænsede, mørktfarvede striber i elmeved (Westerdijk & Buisman, 1929); arten er imidlertid ufuldstændigt beskrevet,

og der findes ikke autentiske kulturer af den (Buchanan & Gibbons, 1974). I De forenede Stater er *Ps. fluorescens* fundet i vådkerne hos elm (Murdoch & Campana, 1981).

I Canada blev der fra elmeved isoleret en ikke-identificeret bakterie, som in vitro udviste antagonisme over for *C. ulmi* (Pomerleau & Lechevalier, 1947). I De forenede Stater blev 369 kviste fra tilsyneladende sunde *Ulmus americana* L. undersøgt, og i 258 viste veddet sig at indeholde mikroorganismer, der blev isoleret. Af de i alt 196 isolater af svampe var ingen antagonistiske over for *C. ulmi*, medens der blandt de i alt 164 isolater af bakterier fandtes 3, der var antagonistiske over for denne svamp, men som ikke blev identificeret (Jewell & Campana, 1968). Endelig blev der i Canada undersøgt 18 elme med larvegange gnavet af den amerikanske elmebarkbille, *Hylurgopinus rufipes* Eichh. Fra 893 gange blev der indsamlet i alt 695 isolater af svampe og bakterier, og hvoraf kun 18% var *C. ulmi*. Ca. 15% af de øvrige isolater, som ikke blev identificeret, hæmmede væksten hos *C. ulmi* in vitro (Stillwell, 1977).

På den nævnte baggrund fandtes det rimeligt at undersøge – først in vitro – hvorledes *Ps. fluorescens* og *C. ulmi* forholder sig over for hinanden.

Først blev der på 10 petriskåle med maltekstraktagar udstrøget 3 streger med konidiesuspension (aggressiv smitterace) og umiddelbart herefter på tværs af disse en streg med en suspension af et tilfældigt udvalgt isolat af *Ps. fluorescens*. Efter 3 dages inkubation ved stuetemperatur var konidierne inden for en gennemsnitlig afstand af 2 mm fra strengen med bakterier endnu ikke spiret, og i zonen 2–15 mm fra bakterierne var spiring og mycelievækst hæmmet, men i længere afstand fremvoksende der rigeligt mycelium.

Dernæst blev 10 petriskåle med maltekstraktagar podet med *C. ulmi*-mycelium (aggressiv smitterace), og efter 6 dages forløb, hvor myceliet havde opnået en gennemsnitlig radius på 19,9 mm (18–24 mm), blev der i petriskålens modsatte side i forud anbragte glasinge podet med *Ps. fluorescens*-suspension. Efter 6 dages henstand ved stuetemperatur var myceliernes radietilvækst hen imod *Ps. fluorescens* gennemsnitlig 10,9 mm

(8–13 mm) mod normalt gennemsnitlig 18,2 mm (15–23 mm). Efter yderligere henstand fremkom der talrige koremier på mycelierne i hæmningszonerne.

Forsøgene viser således, at *Ps. fluorescens* på maltekstraktagar udskiller stoffer, der hæmmer *C. ulmi*-konidiernes spiring og myceliets vækst samt fremmer koremiedannelsen.

Diskussion

Introduktion

Det kan ikke afvises, at der i perioden mellem det første fund af elmesyge i Danmark i 1955 og indtil udbruddene i 1978 har optrådt spredte angreb her i landet. Sygdommen har imidlertid i givet fald ikke været iøjnefaldende, hverken hvad angår den enkelte angrebne elm, eller hvad angår antallet af angrebne elme. Det første kunne blandt andet skyldes, at der i tiden indtil omkring 1970 kun kan være tale om angreb af den ikke-aggressive smitterace, medens det sidste måtte henføres til omstændigheder særegne for landet.

Den nuværende sygdomsbølge tog sin begyndelse i 1978, og næsten alle udbrud skyldes infektioner med en aggressiv smitterace. Det sidste forhold udelukker, at der skulle være en snæver forbindelse mellem eventuelle tidligere angreb og de nuværende.

Sygdomslokaliteternes beliggenhed sammenholdt med forbudet mod import af uafbarket elmetræ, der har bestået siden 1956, og sygdommens samtidige opdukken på næsten alle lokaliteter indikerer, at elmesygen er bragt til landet ved indflyvning sydfra af smittebærende elmebarkbiller. Den tætte sammenhæng mellem forekomst af elmesyge og *S. scolytus* peger i retning af, at denne indflyvning fortrinsvis har bestået af *S. scolytus*.

Spredning

Den almindeligste elmeart, storbladet elm, er meget modtagelig for elmesyge, og antallet af elme pr. km² er her i landet så stort, at afstanden mellem de enkelte elme eller grupper af elme normalt ikke skulle udgøre en hindring for sygdommens spredning ved hjælp af elmebarkbiller.

Her i landet forekommer i hovedsagen kun 2 arter af elmebarkbiller, *S. scolytus* og *S. laevis*.

S. scolytus vides at være vektor for *C. ulmi* og synes nu her i landet især at være knyttet til lokaliteter med elmesyge. Arten er siden århundrede-skiftet kun blevet fundet på et begrænset antal lokaliteter, hvortil kommer, at den kun er blevet genfundet år efter år på nogle ganske få. Eget ynglemateriale findes så godt som over hele landet, og det må følgelig være andre forhold og herunder måske især klimaet, der virker begrænsende på artens udbredelse og dermed også begrænsende på elmesygens spredning.

S. laevis forekommer almindeligt over hele landet, og arten antages at kunne virke som vektor for *C. ulmi*. Ved nærværende undersøgelse blev det påvist, at i hvert fald hen imod en fjerdedel af de voksne individer af *S. laevis*, der blev klækket i elme angrebet af *C. ulmi*, medførte svampens sporer. Det blev derimod ikke undersøgt, i hvilken udstrækning de af billerne gnavede sår, dvs. ernæringsgnav og modergange, bliver inficeret med svampen, og der foreligger heller ikke udenlandske undersøgelser herover. Det er således ikke muligt at dømme over *S. laevis*' effektivitet som vektor for *C. ulmi*.

Hovedparten af sygdomslokaliteterne omfatter hver for sig kun relativt få elme, og på de fleste er der foretaget hugst og destruktion af de syge elme. Svampen er dog fundet over næsten hele landet – kun ikke i Frederiksborg Amt og Nordjyllands Amt – og mulighederne for smitte skulle således være til stede næsten overalt i landet.

Når der alligevel indtil nu ikke er sket en massiv spredning af elmesygen her i landet, kan det skyldes flere forhold.

En del af forklaringen kan være, at der skal hengå to år, førend der fremkommer større mængder af smittebærende biller fra de først inficerede elme. Infektionen af disse elme skete, som anført, efter alt at dømme i 1978, hvorfor smittebærende biller først skulle fremkomme i større mængder i 1980; klimaet i sommeren 1980 har imidlertid ikke været gunstigt for billernes flyvning.

En anden del af forklaringen kan formentlig søges i *S. scolytus*' sparsomme optræden og tilli-

ge måske i en mindre effektivitet som vektor hos *S. laevis*.

En tredje del af forklaringen kan imidlertid søges i den ikke sjældne forekomst af *P. oblonga* i barken hos storbladet elm her i landet. Svampen må anses for at være en almindelig saprophyt i den døde yderbark hos storbladet elm og kan, hvis træerne svækkes, trænge ind i inderbarken og de ydre årringe. Svampens tilstedeværelse i inderbarken medfører, som nævnt, at elmene bliver ret uegnede som ynglemateriale for *S. scolytus*, og dvs., at såfremt svækkelsen skyldes angreb af *C. ulmi*, vil de pågældende elme alligevel ikke være gode smitekilder. Hertil kommer, at *C. ulmi* og *P. oblonga* i et vist tidsrum kan optræde samtidigt i de misfarvede vedkar, men at *C. ulmi* under visse ukendte omstændigheder vil blive afløst af *P. oblonga*.

En fjerde del af forklaringen kan endelig søges i den almindelige forekomst af *Ps. fluorescens* både på *S. laevis* og i vedkarrene hos storbladet elm, der er eller har været angrebet af *C. ulmi*.

Undersøgelserne viste som nævnt, at i hvert tilfælde henimod en fjerdedel af de voksne individer af lille elmebarkbille, der er klækket i elme angrebet af *C. ulmi* kan medføre svampens sporer og undertiden sammen med *Ps. fluorescens*. Undersøgelserne viste imidlertid også, at yderligere omkring halvdelen af billerne, der er klækket i de syge elme, kan medføre *Ps. fluorescens*.

Det må endvidere anses for givet, at elmebarkbillerne er bærere af kim fra en del andre mikroorganismer jf. de omtalte canadiske og amerikanske undersøgelser, og den manglende erkendelse af disse mikroorganismer ved nærværende undersøgelse kan skyldes anvendelsen af selektiv agar og *Ps. fluorescens* dominans.

De af elmebarkbillerne gnavede sår på elme, dvs. ernæringsnav og modergange, kan følgelig blive inokuleret med forskellige mikroorganismer. Hvilken eller hvilke mikroorganismer, der sluttelig vil inficere vedkarrene, afhænger bl.a. af de pågældende organismers evne til at udnytte de forhåndenværende næringsstoffer, deres væksthastighed og evne til at danne stoffer, der hæmmer eller hindrer andre mikroorganismers vækst.

C. ulmi' optræden som eneste mikroorganisme

i de misfarvede vedkar kan udlægges som resultat af, at inokulationen af de af de kimbærende elmebarkbiller frembragte sår udelukkende er sket med denne svamp. Den kan imidlertid også opfattes som resultatet af en inokulation med *C. ulmi* sammen med én eller flere andre mikroorganismer, hvor *C. ulmi* af ukendte årsager er blevet den helt enerådende.

Den samtidige forekomst af *C. ulmi* og *Ps. fluorescens* i de misfarvede vedkar kan skyldes en samtidig infektion af de gnavede sår med begge mikroorganismer, men kan også være resultatet af infektioner af forskellige sår på samme kvist eller på hver sin kvist med hver sin mikroorganisme, og som end ikke behøver at være sket samme år. Undersøgelserne giver ikke mulighed for at afgøre, hvad der er sket i de enkelte tilfælde, og belyser heller ikke, hvorledes det normale udfald vil være ved inokulation med begge mikroorganismer i de nævnte kombinationer. Laboratorieundersøgelserne antyder dog, at såfremt en elm forlods er inficeret med *Ps. fluorescens* eller samtidigt inokuleres med begge mikroorganismer, vil faren for en *C. ulmi*-infektion være nedsat.

Undersøgelserne viser dog på den ene side, at de to mikroorganismer under visse – ikke nærmere definerede – omstændigheder og i en vis periode formår at leve samtidigt i vedkarrene. På den anden side kan forekomsten af *Ps. fluorescens* som eneste mikroorganisme i vedkar, hvor misfarvningen indicerede angreb af *C. ulmi*, opfattes på den måde, at bakterien under visse omstændigheder har formået at fortrænge *C. ulmi*; denne opfattelse bestyrkes af den hos *Ps. fluorescens* på maltekstraktagar iagttagne antagonisme over for *C. ulmi*.

Konklusion

Det kan ikke udelukkes, at der i år med klimaforhold i Nordtyskland, som begunstiger opformering af elmebarkbiller, igen vil kunne ske en indflyvning af smittebærende elmebarkbiller her til landet. Dette vil kunne give anledning til spredte udbrud af elmesyge i større eller mindre dele af landet.

Undersøgelserne har imidlertid ikke givet mulighed for at afgøre, hvorledes den langvejs spredning af elmesygen vil forløbe her i landet. På den ene side kan der stadig næres håb om, at den langvejs spredning fortsat vil forløbe langsommere end f.eks. i England og Holland som følge af de særlige vektorforhold og den almindelige forekomst af de to mikroorganismer, *Phomopsis oblonga* og *Pseudomonas fluorescens*.

På den anden side kan det ikke afvises, at den hidtil begrænsede langvejs spredning blot skyldes, at sygdommen stadig befinder sig i begyndelsesfasen, og at spredningen i fremtiden vil forløbe hurtigere trods de nævnte særlige biologiske forhold.

Erkendtlighed

Identifikationen af *Ps. fluorescens* er venligst foretaget af dr. J. F. Bradbury og af *P. oblonga* af dr. B. C. Sutton og dr. E. Punithaligam, Commonwealth Mycological Institute.

Landbrugsministeriet har ved særlig bevilling til Plantesundhedsrådet bekostet nærværende undersøgelse.

Litteratur

Boas, J. E. V. (1923): Dansk Forstzoologi. København.
Brasier, C. M. (1979): Dual origin of recent Dutch elm disease outbreak in Europe. *Nature* 281, 78–80.
Brasier, C. M. (1981): Laboratory investigation of *Ceratocystis ulmi* in *Stipes*, R. J. & *Campana*, R. J.: Compendium of elm diseases. Minnesota.
Browne, F. G. (1968): Pests and diseases of forest plantation trees. Oxford.
Buchanan, R. E. & Gibbons, N. E. (1974): Bergey's manual of bacteriology, 8. ed.
Dragsted, J. (1978): Inventering af vejtræbestanden i Frederiksborg amtskommune. Statens Vejlaboratorium, laboratorierapport 39.
Eshjerg, P. & Bejer, B. (1979): Elmebarkbillerne i Danmark. Statens Planteavlsforsøg, Meddelelse nr. 1479.
Fransen, J. J. (1931): Enkele gegevens omtrent de verspreiding van den door *Graphium ulmi* Schwartz veroorzaakte iepenziekte door de iepenspintkevers, *Eccoptogaster (Scolytus) scolytus* F. en *Eccoptogaster (Scolytus) multistriatus* Marsh. in verband met de bestrijding dezer ziekte. *Tijdschr. PLZiekt.* 37, 49–62.
Gibbs, J. N., Heybroek, H. M. & Holmes, F. W. (1972): Aggressive strain of *Ceratocystis ulmi* in Britain. *Nature* 236, 121–122.

Gram, E. & Rostrup, S. (1924): Oversigt over sygdomme hos landbrugets og havebrugets kulturplanter i 1923. *Tidsskr. Planteavl* 30, 361–414.
Gram, E. & Weber, A. (1944): *Plantesygdomme*. København.
Harding, S. & Ravn, H. P. (1982): Danske fund af de tre elmebarkbillearter i relation til elmesygen. *Tidsskr. Planteavl* 86, 477–495.
Jewell, T. R. & Campana, R. J. (1968): Antagonism of bacteria from elm to *Ceratocystis ulmi* in vitro. *Phytopathology* 58, 400 (Abstr.).
Jørgensen, H. A. (1958): Svampe- og bakterieangreb. *Plantesygdomme i Danmark i 1955*. *Tidsskr. Planteavl* 61, 602–603.
Lekander, B., Mathiesen, A. & Rennerfelt, E. (1951): Om almsjukan samt råd och anvisningar för dess bekämpande. *Statens Skogsforsk. Inst., Flygblad* no. 65.
Murdoch, C. W. & Campana, R. J. (1981): Bacterial wetwood in *Stipes*, R. J. & *Campana*, R. J.: Compendium of elm diseases. Minnesota.
Peace, T. R. (1960): The status and development of elm disease in Britain. *For. Comm. Bull.* 33.
Peace, T. R. (1962): *Pathology of trees and shrubs*. Oxford.
Pomerleau, R. & Lechevalier, H. (1947): Étude de l'effet antibiotique d'une bactérie sur le développement du *Ceratostomella ulmi* (Schwartz) Buisman. *Rev. Canad. Biol.* 6, 478–484.
Richmond, B. G. (1932): A *Diaporthe* canker of American elm. *Science (N.S.)* 75, 110–111.
Schwartz, M. B. (1922): Das Zweigsterben der Ulmen, Trauerweiden und Pfirsichbäume. *Meded. Phytopathol. Lab. Willie Commelin Scholten* 5, 1–73.
Sinclair, W. A. (1978): Range, suscept, losses in *Sinclair*, W. A. & *Campana*, R. J.: Dutch elm disease perspectives after 60 years. *Search, Agriculture* 8.
Stillwell, M. A. (1977): Microflora associated with elm bark beetle feeding niches suggest biological control of Dutch elm disease. *Can. For. Serv. Bi-mon. Res. Notes* 33, 20.
Verral, A. F. & Graham, T. W. (1935): The transmission of *Ceratostomella ulmi* through root grafts. *Phytopathology* 25, 1039–1040.
Waksman, S. A. (1952): *Soil microbiology*. New York.
Webber, J. (1981): A natural biological control of Dutch elm disease. *Nature* 292, 449–451.
Westerdijk, J. & Buisman, C. (1929): De Iepenziekte. Rapport over het onderzoek verricht op verzoek van de Nederlandsche Heidemaatschappij, Arnhem.
Yde-Andersen, A. (1981): Status over elmesygen 1980. *Ugeskr. for Jordbrug* 126, 203–204.
Yde-Andersen, A. (1982): Status over elmesygen 1981. *Ugeskr. for Jordbrug* 127, 111–113.

Manuskript modtaget den 17. juni 1982