



Skov & Landskab

Skovbrugsserien
nr. 31 • 2001

Tøndersvamp i bøgenaturskov i relation til produktionsskov

I. M. Thomsen, S. Skov, J. Grønning & A.D. Lind



Rapportens titel

Tøndersvamp i bøgenaturskov i relation til produktionsskov

Forfattere

I.M. Thomsen, S. Skov, J. Grønning & A.D. Lind

Udgiver

Skov & Landskab

Serietitel, nr.

Skovbrugsserien nr. 31-2001

Ansvarshavende redaktør

Niels Elers Koch

Dtp

Inger Grønkjær Ulrich

Bedes citeret

I.M. Thomsen, S. Skov, J. Grønning & A.D. Lind (2001): Tøndersvamp i bøgenaturskov i relation til produktionsskov. Skovbrugsserien nr. 31, *Skov & Landskab*, Hørsholm, 2001. 48 s. ill.

ISBN

87-7903-139-0

ISSN

0907-0346

Tryk

Kandrup's Bogtrykkeri, 2100 København Ø

Oplag

1000 eks.

Pris

125 kr. inkl. moms

Forsidefoto

Simon Skov

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse

I salgs- eller reklameøjemed er eftertryk og citering af rapporten samt anvendelse af *Skov & Landskab's* navn kun tilladt efter skriftlig tilladelse.

Rapporten kan købes ved henvendelse til

DSR Boghandel
Thorvaldsensvej 40
DK-1871 Frederiksberg C
Tlf. 3535 7622
Fax 3535 2790
E-mail dsr-boghandel@dsr-boghandel.dk

Forord

Denne rapport er en syntese af flere delundersøgelser om spredning af tøndersvamp (*Fomes fomentarius*) fra urørte skove eller enkeltstående træer med angreb af svampen. Hermed afsluttes projektet "Tøndersvamp i bøgenaturskov i relation til produktionsskov", som blev støttet af Skov- og Naturstyrelsen via tilskudsordningen "Praksisnære forsøg".

En stor del af baggrundsmaterialet kan læses mere indgående i de to arbejdsrapporter, som udgives i forbindelse med denne sammenfatning. Et sammendrag af rapporternes konklusionsafsnit er medtaget som bilag, og der er desuden anvendt enkelte figurer og tabeller direkte fra rapporterne.

Projektets resultater er desuden blevet formidlet via artikler i tidsskrifterne SKOVEN og SVAMPE, samt som Videnblade i Forskningscentret for Skov & Landskabs Videntjeneste for Skovbrug.

Rapporten er udformet som en gennemgang af de væsentligste resultater fra undersøgelser af tøndersvamps økologi, sporespredning og udbredelse, fulgt af oplæg til hvordan denne viden kan bruges af skovbruget i praksis. Projektets konklusioner er samlet til sidst og kan læses som en liste over den nuværende viden, mens forklaringer må søges i de foregående kapitler. Rapporten er rettet mod skovejere, administratører, myndigheder, interesseorganisationer og andre, som varetager eller påvirker skovenes drift, formål og udseende i Danmark. Forhåbentlig kan den give anledning til at opfattelsen af tøndersvamps rolle i skovbruget bliver revideret, og at en række forhold omkring udpegning af urørt skov og enkelttræer til forfald tages op til diskussion.

Det bør bemærkes, at der findes forskellige definitioner på naturskov. Skov- og Naturstyrelsens officielle definition af naturskov omfatter bevoksninger med træer, der er genetisk oprindelige på voksestedet. Dette gælder uanset driftsform og alder. Naturskov er for nylig (Emborg et al., 2001b) foreslået defineret som skov, der er karakteriseret ved høj grad af urørthed og en forholdsvis oprindelig arts- og gensammensætning. I denne rapport er det valgt at bruge ordet naturskov som foreslået af Emborg et al. (2001b), mens urørt skov bruges om arealer, som er taget ud af forstlig drift, uanset tidspunkt og oprindelse. Rapportens konklusioner er dog gyldige, uanset om det drejer sig om naturskov, urørt skov eller andre bevoksningstyper, hvor tøndersvamp er udbredt.

Skov & Landskab

I. M. Thomsen S. Skov J. Grønning A. D. Lind

Indhold

Forord	3
Hovedkonklusioner	7
Indledning	9
1. Tøndersvamps biologi	11
1.1 Frugtlegemer	13
1.2 Frugtlegemers alder	14
1.3 Sporeproduktion	16
2. Forudsætninger for angreb	18
3. Undersøgelser	19
4. Sporespredning	20
4.1 Sporegradienter	20
4.2 Baggrundssporemængde	21
4.3 Sporekilders rækkevidde	22
5. Udbredelse i bevoksninger	24
5.1 Bevoksningsalder	24
5.2 Angrebsgraden som procent af stamtallet	26
5.3 Udvikling	27
6. Skovdrift med tøndersvamp	30
6.1 Usvækkede bevoksninger	30
6.2 Sikkerhed	30
6.3 Urørt skov	32
6.4 Fredning af enkelttræer	33
6.5 Kapitalopsparing i bøg	34
6.6 Svækkede bevoksninger	35
6.7 Red de bedste	36
6.8 Sanering	36
6.9 Tøndersvamps rolle i naturskov	37
7. Konklusioner	39
7.1 Sporespredning	39
7.2 Smittebetingelser	39
7.3 Betydningen af bevoksningsalder	40
7.4 Skovdrift	40
7.5 Fredninger	41
Litteratur	42
Summary	44
Bilag 1: Sammendrag af konklusionsafsnit fra Grønning & Lind, 2001	45
Bilag 2: Sammendrag af konklusionsafsnit fra Skov, 2001	47

Hovedkonklusioner

Projektet har givet ny indsigt i tøndersvamps rolle i skoven og bør give anledning til, at skovbrugets opfattelse af tøndersvamps smittepotentiale revideres. Denne sammenfatning præsenterer essensen af den nuværende viden om tøndersvamp, mens de bagvedliggende konklusioner og forklaringer kan findes i selve rapporten, samt i de publikationer, der er udgivet i forbindelse med projektet.

Tøndersvamp (*Fomes fomentarius*) kan ikke anses som et væsentligt problem i sunde produktionsbevoksninger af bøg under 135 år. Indtil denne alder passerer, ses sjældent mere end 1-2 angrebne bøgetræer pr. ha, medmindre bevoksningerne er svækkede af andre årsager. Ofte findes slet ingen tøndersvampangrebne træer i bevoksninger under almindelig omdriftsalder (100-120 år).

Svækkede bøgetræer eller bevoksninger er modtagelige for angreb af tøndersvamp. Faktisk må nedsat vitalitet hos bøgetræer betragtes som den vigtigste forudsætning for angreb af tøndersvamp. Ud over svækkelsen er tilstedeværelsen af sporer og en indfaldsvej i form af et sår en betingelse for infektion. Hvis et træ er svækket, kan selv små sår inficeres af tøndersvamp.

Alder er en væsentlig faktor for bøgetræers risiko for angreb af tøndersvamp. Bevoksninger ældre end 135 år er langt mere udsatte end yngre bevoksninger, og de kraftigste angreb ses typisk i bevoksninger ældre end 170 år. I meget gamle bevoksninger spiller tøndersvamp en vigtig rolle, når bevoksningen forfalder og går i opløsning.

Det er hverken nødvendigt eller økonomisk rentabelt at føre en saneringspolitik mod tøndersvamp i sunde bølgeproduktionsbevoksninger under 135 år, heller ikke under kortvarige svækkelser. Ved en langvarig svækkelse af bevoksninger over 100 år samt enhver svækkelse af bevoksninger over 135 år, bør de økonomisk mest værdifulde træer skoves hurtigst muligt for at undgå angreb af tøndersvamp.

En skovning af døende træer i en svækket bevoksning bør ikke ske, mens tøndersvamp danner flest sporer (april-maj). I denne periode bør man heller ikke skære store grene af bøgetræer. Hvis veddet først er angrebet af tøndersvamp, vil det hurtigt blive uanvendeligt til andet end brænde eller som "spættet træ". Tøndersvampangrebne træer og bevoksninger har generelt en positiv virkning på biodiversiteten i skoven. Træer kan knække allerede 1-2 år efter fremkomsten af frugtleger.

Målinger af sporespredning har vist, at træer inden for 10 meters afstand af et træ eller en bevoksning med tøndersvamp er særligt udsatte for smitte. En øget smitterisiko for svækkede træer er sandsynlig inden

for 50 meter. Dette kan være et udgangspunkt i forbindelse med eventuelle godtgørelser for udlægning af urørt skov hos private skovejere. Det anbefales at frede hele bevoksninger eller grupper af træer til fordel fremfor spredte enkelttræer i gamle bevoksninger.

Tøndersvamp nedsætter levetiden af bøgebevoksninger udlagt til urørt skov. Disse arealer består oftest af gamle træer, der er ensaldrende som følge af den tidligere praktiserede skovdrift. Dette giver optimale betingelser for tøndersvamp, når svækkede og angrebne træer ikke fjernes. Først når bevoksninger udlagt til urørt skov opnår en mere naturskovslignende tilstand (formentlig efter 100-200 år), vil tøndersvamp indgå i en naturlig rolle. Denne problematik har ikke fået megen opmærksomhed i forbindelse med udlægning af naturskov og forvaltningen af biodiversiteten i danske skove.

I naturskov spiller tøndersvamp en vigtig rolle for dannelsen af små lysbrønde, som opstår, når angrebne træer knækker. Lysbrønde skaber variation og en mosaikagtig skovstruktur, der giver en mere artsrig skov.

Indledning

Ønsket om et flersidigt og biologisk mangfoldigt skovbrug har i de seneste ti år betydet, at gamle træer ofte får lov at stå, enten enkeltvis, i små grupper eller som hele bevoksninger. Formålet er at bevare gamle træer til naturligt forfald og derved opretholde eller skabe levesteder for fugle, pattedyr, insekter, laver og svampe, som er tilknyttet sådanne biotoper. Denne type naturhensyn gives direkte støtte af forskellige tilskudsordninger. Desuden har især statskovene udpeget en lang række områder som opfølgning på naturskovsstrategien, idet større områder lades urørt eller drives med specielle driftsformer (Jessen & Buchwald, 1997a+b). Specielt urørte skovarealer forventes at være til fordel for truede, skovlevende organismer (Emborg et al, 2001a), herunder bl.a. insekter og svampe.

I forhold til skoven som producent af gavntræ har denne mulighed for opformering af veddestruerende svampe givet anledning til bekymring. I modsætning til insekter, hvor der i løbet af kort tid sker en succession fra primære og ofte skadevoldende arter til sekundære og harmløse arter, vil de svampe, som først etablerer sig i det stående træ, ofte forblive aktive i meget lang tid. Tøndersvamp (*Fomes fomentarius*) på bøg er det oplagte eksempel. Tøndersvamp er årsag til stammeråd og drab i ældre løvtræ og er almindeligt forekommende på bøg. Svampen udmærker sig ved at være i stand til at etablere sig på levende bøgetræer. Dens frugtlegemer dannes både på levende og døde bøgestammer, og de flerårige frugtlegemer bliver ofte store og iøjnefaldende.

Tøndersvamp er ilde set i produktionsbevoksninger af bøg. Dette er ikke underligt, da svampens angreb i en bøgestamme betyder, at veddet hurtigt bliver uanvendeligt. Træer med tøndersvamp kan knække og forårsage skader på omkringstående træer, en etableret selvforryngelse eller underetage. Angrebne træer udgør endvidere en alvorlig sikkerhedsrisiko, hvis de står nær offentlige veje. Men en væsentlig grund til at fjerne angrebne træer har været frygten for, at de skal smitte hele bevoksningen.

Der har været fremsat en række formodninger om, at der ville opstå en konflikt mellem ønsket om mere naturskov/større biodiversitet og ønsket om at bevare en sund og stabil produktionsskov. Hvis bøgetræer angrebet af tøndersvamp får lov at stå, kan de måske fungere som smittekilder og bevirke en forøget angrebsrisiko for nærtstående træer. Udlægning af arealer til urørt skov kan betyde en kraftig opformering af tøndersvamp, dels fordi angrebne træer ikke fjernes, og dels fordi træer i sådanne områder opnår en meget højere alder end ved almindelig omdrift. Udbredelsen af rådsvampe både i enkelttræet og i bevoksningen stiger nemlig normalt med alderen (i hvert fald i ensaldrende bevoksninger). Der er dog kun få undersøgelser, som belyser problem-

stillingen. Et af de centrale spørgsmål i forbindelse med tøndersvamp og overmodne træer eller naturskov nær produktionsskov er derfor svampens spredningsevne, dvs. hvor langt sporerne spredes fra et angrebet træ med frugtleger. Dette har ikke tidligere været undersøgt.

Dette gav anledning til et projekt under tilskudsordningen "Praksisnære forsøg" med det formål at underbygge eller afvise teorien om, at tøndersvamps tilstedeværelse i urørt skov, herunder bøgenaturskov, og på gamle bøgetræer har nogen betydning for sundheden i den omgivende produktionsskov. Desuden skulle projektet forsøge at give et estimat for, i hvilken afstand fra smitekilder en evt. forøget smitterisiko kunne forventes. Projektet ville forhåbentlig betyde, at beslutningen om at udlægge urørt bøgeskov eller bevare enkelttræer til forfald kunne træffes på et bedre grundlag.

1. Tøndersvamps biologi

Dette afsnit indeholder en kort beskrivelse af tøndersvamps biologi. Der er lagt særlig vægt på de egenskaber, der gør svampen til en vigtig parasit på bøg.

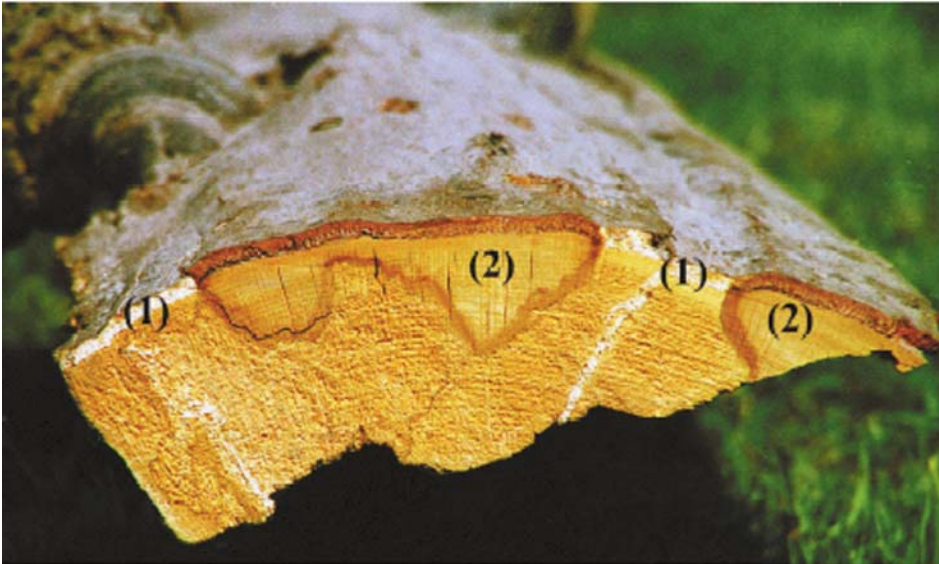
Tøndersvamp, *Fomes fomentarius* (L.:Fr.) Fr., hører til poresvampordenen (*Aphyllophorales*, *Basidiomycotina*). Som de fleste Basidiomyceter er tøndersvamp heterothallisk, dvs. to forskellige basidiesporer skal mødes, spire og danne et fælles mycelium, for at svampen kan gennemføre sin livscyklus. Svampens livscyklus kan siges at starte med sporerens infektion af et træ og slutte med dannelse af frugtlegemer, som kan producere nye basidiesporer. Betydningen af ovenstående er, at to sporer skal ramme infektionsstedet, for at tøndersvamp kan etablere sig i træet.

Tøndersvamps hovedudbredelsesområde er de nordlige tempererede egne af Europa, Asien og Nordamerika (Ryvarden & Gilbertson, 1993). Bøgen (*Fagus sylvatica*) er hovedværten indenfor det nordlige løvskovbælte, hvor birken (*Betula* sp.) er det i nåletræsbæltet (Buchwald, 1930). Tøndersvamp er registreret på alle landets løvtræer (f.eks. eg, ask, elm, lind, asp) og endda på rødgran. I Danmark har svampen dog kun forstlig betydning på bøg.

Svampens strategi er at angribe træerne, mens de stadig er levende, idet den har evnen til hurtigt at etablere sig i et sår. Hvis træet har nedsat vitalitet, kan angrebet betyde træets død. Tøndersvamps økologiske niche er at være først til at inficere sin vært. Efter træets død kan tøndersvamp forsætte som nedbryder. Dette giver tøndersvamp en konkurrencefordel i forhold til de rene saprofytter, som kun kan etablere sig i dødt ved. Tøndersvamp kan leve i en død stamme i mange år, men bliver efterhånden udkonkurreret af svampe, der er specialiserede til at leve i meget nedbrudt ved. (Heilmann-Clausen & Christensen, 2000).

Tøndersvamp ernærer sig ved at nedbryde ved i stående eller liggende stammer. Svampen er et system (mycelium) af tråde (hyfer), der vokser i veddet, og den nedbryder både lignin og cellulose. Råddet kaldes en hvidmuld og simultanråd, fordi slutresultatet er en hvid, ustruktureret masse, hvor alle bestanddele er nedbrudt samtidig. Tøndersvamp inficerer typisk gennem sår i barken på steder, hvor svampen hurtigt kan få adgang til det døde kerneved. Her etablerer myceliet sig og samler kræfter til at gennembryde det levende splintved indefra og dræbe kambium og bark. Formålet med at gå ud gennem splinten og barken er at danne frugtlegemer, som kan producere nye sporer og dermed sprede svampen. Tøndersvamp vil typisk dræbe og gennembryde splint og bark i lodrette baner, så råddet får en stjerneformet udbredelse i veddet (Fig. 1). Desuden kan der opstå lodrette furer på stammen, fordi svam-

pen har dræbt kambiet og dermed standset stammens tykkelsesvækst på det pågældende sted. I længdefurerne bryder svampens frugtlegemer frem (Rostrup, 1883). Da frugtlegemerne kun er en lille del af svampens samlede biomasse (hovedparten er inde i veddet), kan man altså ikke bekæmpe svampen ved at brække frugtlegemerne af.



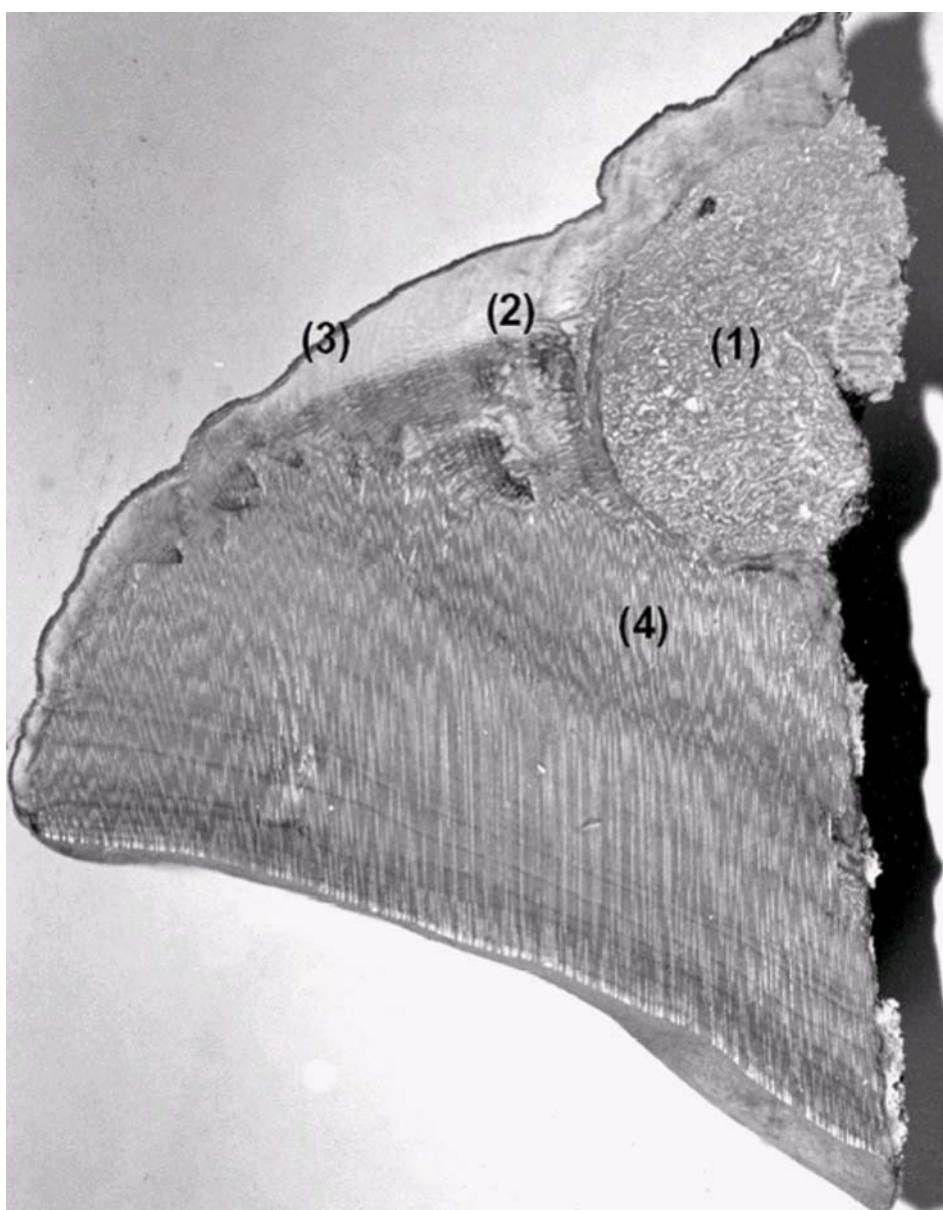
Figur 1. Mens træet er levende ses det ofte, at frugtlegemerne sidder i lodrette rækker, hvor svampen er vokset ud gennem splint og bark (1). Træet yder modstand og de friske partier (2) er omgivet af farvede zoner. (Foto: S. Skov).



Figur 2. Tøndersvamp danner hovformede frugtlegemer med koncentriske striber eller furer. (Foto: S. Skov).

1.1 Frugtlegerer

Tøndersvamps frugtlegerer er hårde, hovformede og grå med koncentriske striber eller furer (Fig. 2). De er bygget op af forskellige typer væv, som tilsammen giver svampen mulighed for at danne og sprede enorme mængder sporer. Inderst mod stammen findes mycelkernen, der forbinder frugtlegeret med hyferne inde i stammen. Udenom mycelkernen dannes tramaet, der vokser ud og giver frugtlegeret dets form. Over tramaet ligger skorpen som et hårdt beskyttende lag på op til 1 mm's tykkelse. Under tramaet dannes porelagene, der ses som adskilte striber på et tværsnit (Fig. 3). På indersiden af porerne, nederst mod poremundingerne, sidder de sporedannende celler (basidier). Sporerne dannes således oppe i beskyttende "rør" og falder ud af mundingerne ved modenhed. Herfra bliver sporerne spredt med vinden.



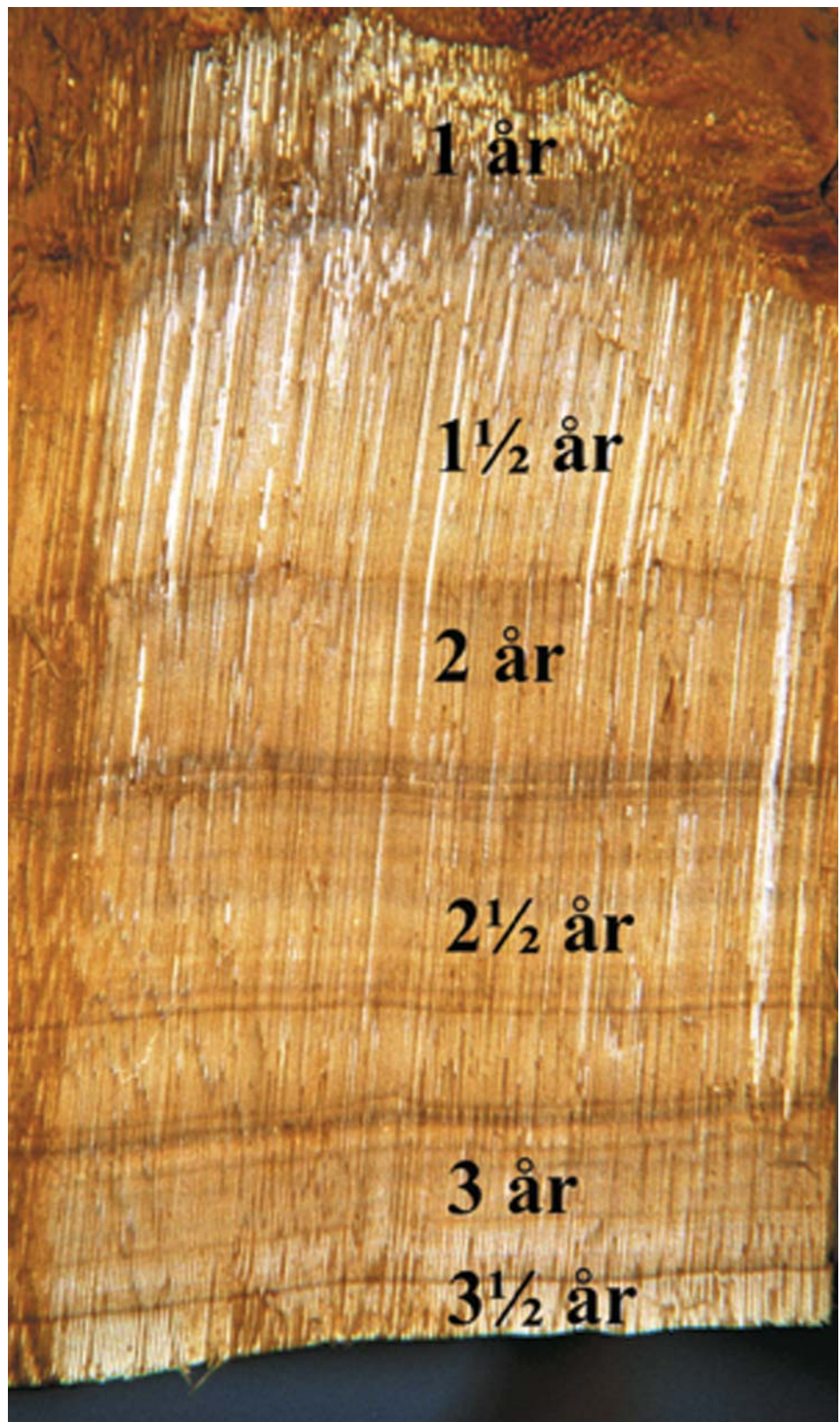
Figur 3. Tøndersvamps frugtlegerer består af forskellige typer væv. Inderst mod stammen sidder mycelkernen (1). Derfra vokser tramaet (2). Oversiden er beskyttet af en hård skorpe (3). I den periode, hvor frugtlegererne er aktive, vokser porelaget (4), der består af de "rør", hvori sporerne dannes. (Foto: S. Skov).

Tøndersvamp breder sig ikke fra træ til træ via rodnettet, hvorfor sporespredning er eneste udbredelsesmåde. Dog antog Rostrup (1902), at tøndersvamp også kunne spredes, når spætter hakker i angrebne træer og herefter medbringer splinter af inficeret ved til andre træer. Betydningen af dette er aldrig bevist.

1.2 Frugtlegemers alder

Tøndersvamps frugtlegemer er flerårige og kan opnå ganske imponerende størrelser. Målet på et typisk frugtlegeme i Danmark er op til 40 - 50 cm i tværmål under porefladen, men større frugtlegemer findes. Frugtlegemernes vækstrate varierer meget og afhænger bl.a. af, hvor nedbrudt substratet er, og hvor stor vedmassen er. Et stort frugtlegeme er således ikke nødvendigvis et gammelt frugtlegeme. Der vil snarere være en sammenhæng mellem frugtlegemernes størrelse og tykkelsen på den stamme, de sidder på (Skov, 2001).

Det har tidligere været antaget, at frugtlegemer kunne aldersbestemmes ud fra linierne i porelaget i lighed med årringene på træer. Det kan nu slås fast, at frugtlegemer ikke kan aldersbestemmes ved at tælle alle striberne i porelaget på et gennemskåret frugtlegeme. Da der både dannes tværstriber i porelaget under vinter- og sommerhvilen og under midlertidige hvileperioder, er antallet af striber og alderen ikke det samme. Man kan med nogen sikkerhed vurdere frugtlegemers alder ved at tælle de tydeligste tværstriber og regne med, at der dannes to striber om året (Fig. 4). Selv store frugtlegemer er sjældent over ti år gamle.



Figur 4. Frugtlegemers alder kan med nogen sikkerhed bestemmes ved at tælle de tydeligste striber gennem porelaget. Da der er to hvileperioder pr år, dannes der to tydelige striber om året. De mange, mindre tydelige striber skyldes midlertidige vækstafbrydelser. (Foto: S. Skov).

1.3 Sporeproduktion

Når frugtlegemer er i vækst og producerer sporer, er deres underside (porefladen) lys og fugtig. I perioder med meget stor sporeproduktion ses ofte et hvidt, melet lag af sporer på og omkring frugtlegemerne (Fig. 5). Buchwald (1938) beregnede, at et stort frugtlegeme under gunstige forhold producerede 9.000 milliarder sporer på en sæson. Flere har forsøgt at beregne sporeproduktionens størrelse, resultaterne er meget varierende og lidet pålidelige. Det afgørende er, at tøndersvamp producerer ufatteligt mange sporer. Mængden af sporer, der spredes fra et smittet træ synes at være proportional med det samlede areal af poreflade, dvs. med antallet og størrelsen af frugtlegemer.



Figur 5. Frugtlegeme af tøndersvamp i maj måned. Bemærk det hvide lag af sporer, der dækker frugtlegemet og den nærmeste vegetation. (Foto. S. Skov)

Modsat mange andre svampe med flerårige frugtlegemer kaster tøndersvamp ikke sporer hele året, men har i stedet to distinkte sporuleringsperioder. Den kraftigste sporulering sker fra slutningen af marts til og med starten af juni, og en mindre sporulering sker fra midt i august til og med november (Tabel 1). Sporeproduktionen afhænger af vejret, så perioderne kan variere fra år til år. Højdepunktet vil dog næsten altid være i perioden fra april til slutningen af maj. Om vinteren og midt på sommeren, når frugtlegemerne er i hvile, dannes lyse mycelpropper i poremundingerne, og porefladen tørrer ud og bliver rødbrun. Det er derfor tydeligt, om et tøndersvampfrugtlegeme danner sporer eller ej (Fig. 6).



Figur 6. To nabofrugtlegemer hvor det ene (højre) danner sporer, mens det andet til venstre er i hvile.

Tabel 1. Oversigt over tidligste og seneste datoer for målinger af sporekast fra efteråret 1998 til foråret 2000. De største sporemængder blev både i 1999 og 2000 målt om foråret på forskellige datoer i løbet af april og maj. Variationen i tidspunktet for størst sporeproduktion skyldes formodentlig vejret, dvs. temperatur og fugtighed. Der var meget få sporer i juni og august.

Forår sporekast		Efterår sporekast	
Tidligste start	Seneste slut	Tidligste start	Seneste slut
24-3-1999	08-11-98	20-11-98	
30-3-2000	07-01-99	15-08-99	25-11-1999
	Ingen målinger efter 11-5-2000		

Betydningen af de afgrænsede sporekastningperioder er, at risikoen for smitte af træer er begrænset til de perioder, hvor der er sporer i luften. Under højdepunktet af tøndersvamps sporeproduktion vil nogle bøgetræer derfor være stærkt udsatte for infektion, hvis de rette forudsætninger er opfyldt.

2. Forudsætninger for angreb

Tilstedeværelsen af sporer er altså den første forudsætning for smitte. Derfor behøver man ikke bekymre sig om infektion af bøge om vinteren eller midt om sommeren. Men sporer alene er ikke nok, eftersom man kan have sunde bøge stående lige ved siden af træer med mange tøndersvampfrugtlegerer. Dette afsnit handler om de øvrige forudsætninger for smitte af et stående træ.

Et sundt og ubeskadiget træ har et intakt lag af bark, som er meget modstandsdygtig bl.a. overfor svampeangreb. Udover tilstedeværelsen af sporer er forudsætningen for et svampeangreb i et stående træ derfor, at der opstår et sår i barken. Det har før i tiden været antaget, at tøndersvamp fortrinsvis etablerede sig igennem store grenbrud, men dette er ikke blevet bekræftet gennem de foretagne undersøgelser. Det er nemlig sjældent muligt at erkende angrebets oprindelsessted, selv hvis træet fældes og studeres tæt på. Indfaldsvejen vil dog altid være et sår, men under de rette betingelser ofte meget små sår. Også andre undersøgelser har vist, at angreb af tøndersvamp finder sted gennem mindre sår, og at faktorer som tveger, stammens mosbegrøethed og barkens ruhed er af betydning for angrebets succes (Hartmann et al., 1998; Dietzel, 1998).

Bøgetræer bliver typisk mulige værter for tøndersvamp, når de passerer en vis alder. Som hovedregel angribes træer under 40 år ikke, selvom undtagelser er set i stærkt stressede bevoksninger på næringsfattig jord. Det blev tidligt observeret, at angrebshyppigheden stiger med træets alder (Rostrup, 1883, 1902; Ferdinandsen og Jørgensen, 1938). Denne aldersafhængighed skyldes, at træerne er mest vitale i deres ungdom og her har større modstandskraft mod svampeangreb i veddet.

I træets splint har de levende celler en række forsvarsmekanismer, der sættes i funktion, hvis der skulle opstå et brud i barken. Det kræver energi at forsvare sig, og enhver svækkelse af et træ nedsætter modstandskraften mod infektioner. Alder er kun en blandt mange årsager til svækkelse, andre er afløvninger, kraftig oldensætning, dårlige livsvilkår i form af tørke, vandlidende jord, næringsmangel osv., eller hvis et træ er undertrykt (i konkurrencen fra andre træer). Et stort barkskrab eller grenbrud kan svække et ellers sundt træ og samtidig være indfaldsvej for tøndersvamp (eller andre svampe).

Svækkede træer vil følgelig være mere udsat for svampeangreb end sunde træer. Dette gælder ikke kun tøndersvamp, som imidlertid må ses som en opportunist med stor evne til hurtigt at etablere sig i et træ med nedsat vitalitet. Faktisk giver projektet anledning til at konkludere, at en forudgående svækkelse er den væsentligste forudsætning for angreb af tøndersvamp. Hvis et træ er sundt og vitalt, vil tøndersvamp ikke kunne etablere sig i det, selvom der både er sporer til stede og et sår som indfaldsvej. Hvis et træ er svækket, er det derimod afgørende, om der både er sporer og en indfaldsvej til stede.

3. Undersøgelser

Samtlige forekomster af tøndersvamp i både Århuskovene (Skov, 2001) og Silkeborg Vesterskov er kortlagt, ialt ca. 230 ha, og værtstræerne er aldersbestemt ud fra skovkort og bevoksningslister. Desuden er der foretaget andre registreringer i spredte bevoksninger, som er udlagt til naturskov på forskellige statsskovdistrikter (Grønning & Lind, 2001), ialt ca. 37 ha. Sporemålinger er foretaget i Århuskovene, Lindet statskovdistrikt, samt Københavns og Frederiksborg Statsskovdistrikter. Endelig er forekomsten af tøndersvamp opgjort i Suserup Skov (19 ha).



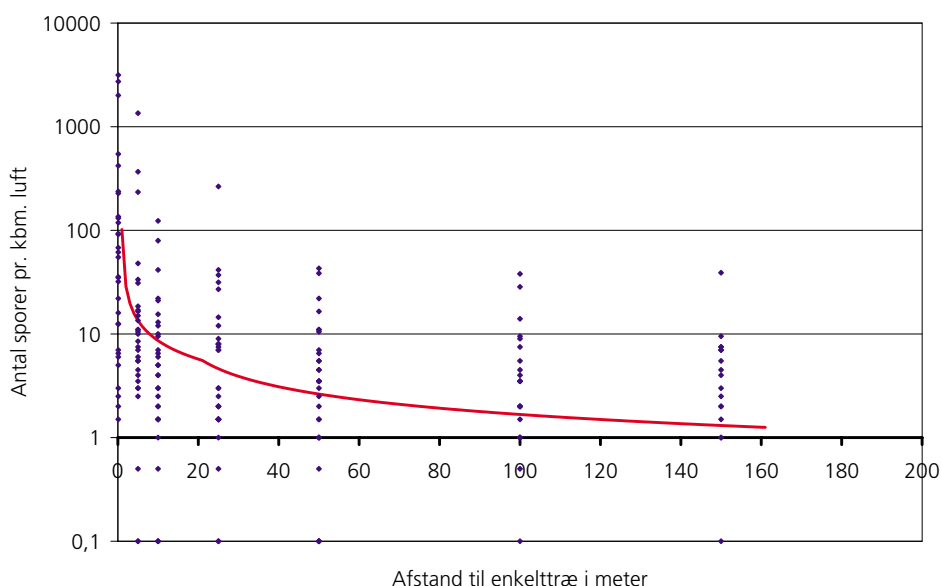
Figur 7. Kort med markeringer af hvor undersøgelser af tøndersvamps sporespredning og udbredelse er foregået. De nordsjællandske lokaliteter er i Store Dyrehave, Esbønderup Skov, begge Frederiksborg Statsskovdistrikt, samt Farum Lillevang, Ganløse Ore og Nørreskoven, alle Københavns Statsskovdistrikt. Aarhus Skovene består af Hestehaven, Thorskov (excl. Grumstolen), Skåde Skov, Storskoven, Enemærket og Moesgård Have. Disse skove er ejet af Århus Kommune Skovvæsen som skovparten Marselisborg og en mindre del af Moesgård Forhistoriske Museum. Lindet Skov er under Lindet Statsskovdistrikt, mens Silkeborg Vesterskov hører til Silkeborg Statsskovdistrikt. Suserup Skov administreres af Sorø Akademis Skovdistrikt.

4. Sporespredning

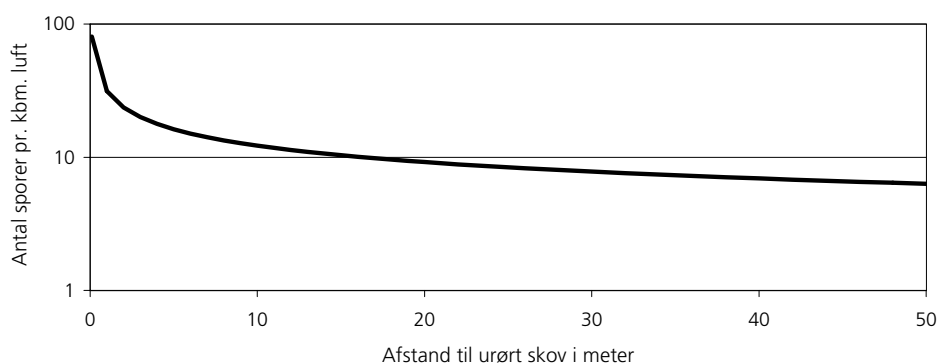
De ovenfornævnte undersøgelser gav flere interessante resultater mht. sporespredning. Inden resultaterne gennemgås, må det dog understreges, at sammenhængen mellem infektionsrisiko og sporekoncentrationen i luften ikke kendes. Tilstedeværelsen af sporer er selvfølgelig en forudsætning for smitte, men det er ikke bevist, at øgede sporemængder betyder større infektionsrisiko.

4.1 Sporegradierter

Sporemålingerne viste, at hovedparten (90 %) af sporerne fra tønder-svampfrugtlegemer udfældes indenfor 10 meter fra sporekilden (Fig. 8 og 9). Tønder-svampens store sporeproduktion modsvares altså af et tilsvarende stort "spild". For enkeltstående, tønder-svampangrebne træer var den gennemsnitlige sporekoncentration allerede efter 7,5 meter faldet til 1/10 af sporemængden lige ved siden af træet. For mindre bevoksninger med flere tønder-svampangrebne træer faldt sporemængden i luften også drastisk de første 5 meter fra kanten af bevoksningen. I nogle tilfælde var der stadig en forhøjet sporekoncentration 10 meter fra arealet, men efter 25 meter var den gennemsnitlige sporemængde nede på 1/10 af sporekoncentrationen lige i bevoksningens rand.



Figur 8. Model for spredning af tønder-svampes sporer fra enkeltstående træer. Prikkerne viser de faktiske målte sporemængder, hvilket giver et indtryk af den store variation. Bemærk den logaritmiske Y akse, og at X-aksen er placeret ud for 1 spore pr. m^3 luft, hvilket svarer til baggrundsporemængden uden for skoven. Efter 25 meter er det gennemsnitlige sporeniveau ca. 5 sporer/ m^3 luft. Bemærk at der i få tilfælde stadig er omkring 10 sporer pr. m^3 luft efter 50 meter.



Figur 9. Model for spredning af tøndersvamps sporer de første 50 meter fra mindre, tøndersvampangrebne bevoksninger udlagt som urørt skov. De faktiske målte spore-mængder er ikke medtaget, men variationen svarer til det viste for enkelttræer. Bemærk den logaritmiske Y akse og at 0 meter målingen er fra kanten og ikke centrum af bevoksningen. I den viste model falder sporemængden til 1/10 efter 25 meter, og det gennemsnitlige sporeniveau ved 50 meter er ca. 6 sporer/m³ luft inde i skoven.

Udover det hurtigere fald til et konstant niveau, var sporegradienten og variationen i sporeantal forbavsende ens, hvad enten man måler på enkelttræer med mange frugtleger eller fra kanten af mindre bevoksninger med flere angrebne træer. Dette viser, at der ikke er ret mange flere sporer i luften i skov, der omgiver større grupper af angrebne træer, end i skov, der omgiver et enkelt træ med mange tøndersvampfrugtleger. Eller omvendt: ét træ med mange frugtleger smitter lige så meget (eller lidt) som 1 ha bøg med flere angrebne træer.

En måleserie i en enkelt skov viste, at der kun er en begrænset sporetransport ud af en stor bevoksning med mange tøndersvampangrebne træer. Langt de fleste sporer bliver udfældet inde i området. Dette gjaldt uanset vindretning og skyldes formentlig lokal turbulens inde i skoven. Vinden i skove har således ikke en entydig styrke og retning som ved målinger på åben mark. Sporerne fra et træ med frugtleger vil derfor kunne spredes ud i alle retninger, selvom hovedparten driver i nogenlunde samme retning som den dominerende vind.

4.2 Baggrundssporemængde

I en vis afstand fra en sporekilde er den gennemsnitlige sporekoncentration faldet til et forholdsvist konstant niveau afhængig af vegetationen, vinden og afstanden til andre træer med frugtleger. Dette niveau kan kaldes skovens baggrundssporemængde, dvs. den sporekoncentration, som må forventes overalt i et skovområde med flere sporekilder. Uden for skoven forventes baggrundssporemængden at være lave.

Målinger af baggrundssporemængder uden for skoven (dvs. et par kilo-

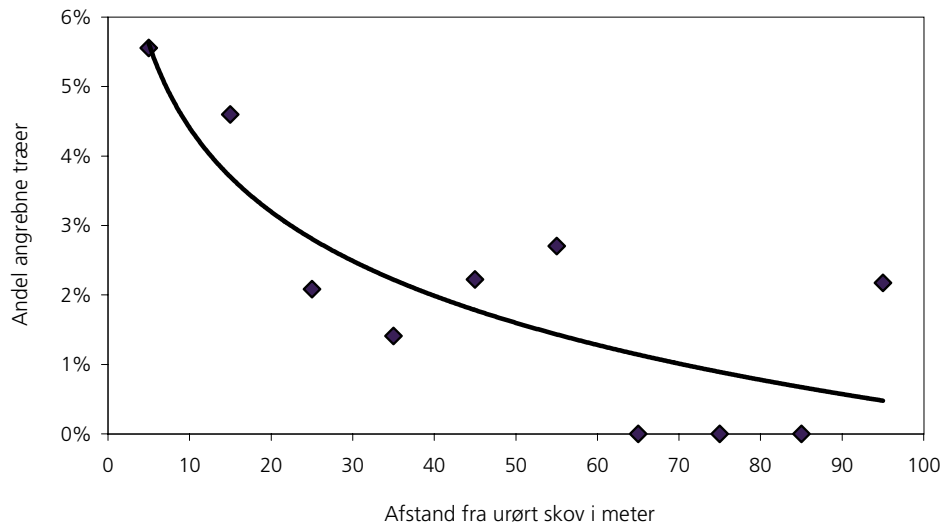
meter fra nærmeste sporekilde) viste, at der i perioden med størst sporering normalt fanges 1 spore/m³ luft udenfor et skovområde. I de målte skovområder blev baggrundssporemængden inde i skoven bestemt til i gennemsnit 5-6 sporer pr. m³ luft, dvs. ca. 5 gange højere end udenfor skoven. Dette var nået inden for 50 meter, når der var flere træer (bevoksning) som sporekilder, og inden for 25 meter af et enkelt angrebet træ. Det kan altså antages, at man i de fleste skove med bøg mindst vil have mellem 1 og 5 tøndersvampsporer pr. m³ luft, men lokalt eller i perioder højere mængder. Man må derfor regne med, at der er sporer tilstede overalt og dermed principielt en infektionsrisiko. Størrelsen af baggrundssporemængden kunne dog med fordel kontrolleres ved at måle sporeniveauet i flere bevoksninger.

Her er det så, at den manglende viden om sammenhængen mellem sporekoncentrationen i luften og infektionsrisiko spiller ind. Giver 1 spore pr. m³ luft lige så stor smitterisiko som 5 eller 10 eller 100? Eller er det kun, når der er over 100 sporer pr. m³ luft, at der er en særlig risiko? Hvis det sidste var tilfældet, kan det jo ses af Fig. 8 og 9, at kun under visse betingelser (f.eks. dage med gunstige forhold) og i visse afstande var det opfyldt. Modsat, hvis mindre end 5 sporer pr. m³ luft er nok, så er det ikke sporeantallet eller afstanden fra kilden, som er den begrænsende faktor.

4.3 Sporekilders rækkevidde

Så længe en produktionsbevoksning er sund og usvækket, ses der ingen sammenhæng mellem tøndersvampangreb og afstanden til en smittekilde i form af et område med urørt skov med mange angrebne træer. Først når træerne er svækkede, bliver det af betydning for antallet af angrebne træer, hvor tæt de er på en smittekilde. I den pågældende undersøgelse kunne påvirkningen ses op til 100 meter fra den urørte bevoksning, men var dog mest markant indenfor 50 meter (Fig. 10). Grunden til, at de pågældende bevoksninger var svækkede, var uden tvivl de vanskelige vækstbetingelser på næringsfattig jord, hvilket også var synligt i f.eks. diametertilvæksten.

Endeligt tydede nogle resultater på, at en lokal smittekilde i visse tilfælde kan være afgørende for, om svækkede træer bliver smittede med tøndersvamp. Således havde kun 1/5 af angrebne træer i Århuskovene mere end 50 meter til nærmeste nabo med tøndersvampfrugtleger. Samtidig forblev flere potentielle værter (træer med tydelige sår eller andre svækkelser, men uden frugtleger) uden angreb, hvis de stod langt fra frugtleger. Det betyder, at det første angrebne træ med frugtleger i en bevoksning kan gøre en vigtig forskel for, hvor sandsynligt det er, at andre svækkede træer i samme bevoksning angribes. Om man har et enkelt træ eller en gruppe på 3-5 træer med angreb af tøndersvamp, gør derimod ingen stor forskel i smittefare. Betydningen af en lokal smittekilde gælder kun bevoksninger med svækkede træer, men ikke i generelt sunde bevoksninger, hvor der ikke er potentielle værter.



Figur 10. Registrering af tøndersvampangrebne træer i produktionsbevoksninger nær urørt skov på Lindet statskovdistrikt. Tendenslinien viser, at der dette sted er en sammenhæng mellem afstanden fra den urørte skov og andelen af angrebne træer.

Forekomster af tøndersvamp påvirker luftens sporeniveau afgørende inden for en radius af ca. 10 meter, uanset om det er et enkelt træ eller en hel bevoksning. Dette var en kortere afstand end forventet inden projektets start. Måler man længere væk fra kilden (f.eks. 50 meter), består luftens sporeindhold typisk af en blanding af sporer fra flere forskellige kilder. Baggrundsporemængden ville ikke blive væsentligt ændret, hvis blot en af kilderne blev fjernet.

Til gengæld vil der generelt være mindst 5 sporer pr. m^3 luft inden for de første 50 meters afstand af en sporekilde. Dette illustreres også af, at et enkelt træ med kraftigt sporulerende frugtleger stadig kan registreres op til 50 meter eller i sjældne tilfælde 100 m væk. Det samme gælder for bevoksninger under højdepunkter i sporeproduktionen. Konklusionen bliver hermed, at der er mange sporer ganske tæt på et træ eller en bevoksning med frugtleger, men at den typiske spredningsafstand normalt er højst 50 meter i vindens retning.

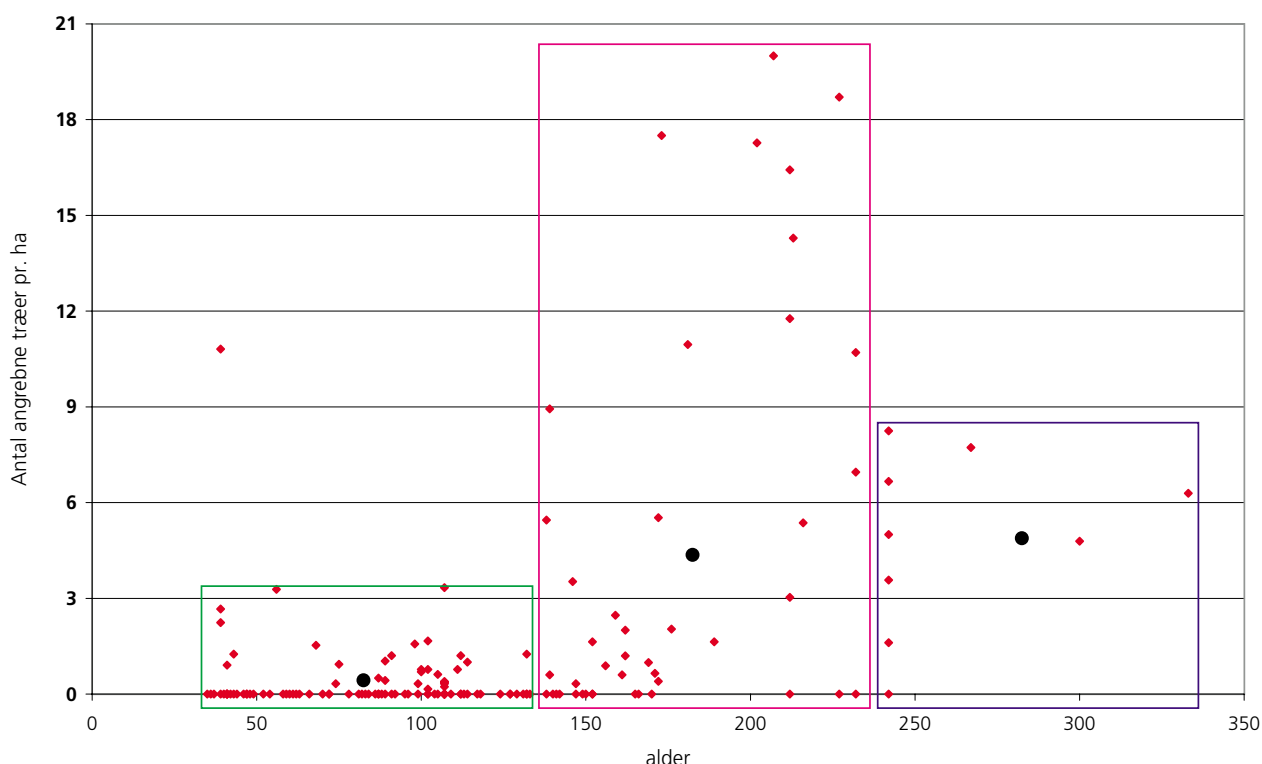
5. Udbredelse i bevoksninger

Undersøgelserne af sporespredning viste, at der formentlig er sporer tilstede i de fleste skove og at hverken sporeproduktion eller spredning er de eneste begrænsende faktorer. Der blev derfor udført tællinger af angrebne træer i en lang række bevoksninger af forskellig alder og størrelse for at få et billede af tøndersvamps udbredelse.

5.1 Bevokningsalder

Projektet viste meget tydeligt, at alder er den faktor, som korrelerer bedst med omfanget af tøndersvampangreb. Derudover kan andre svækkelsesfaktorer spille ind i enkelte bevoksninger. Der blev ikke fundet tøndersvampangreb i bevoksninger under 35 år. De resterende bevoksninger kunne opdeles i tre grupper (Fig. 11).

I bevoksninger fra 35 til 135 år findes meget få træer med tøndersvamp, medmindre træerne er særligt svækkede. Således var der i gennemsnit 0,4 tøndersvampangrebne bøge pr. ha og yderst sjældent over 2 angreb-

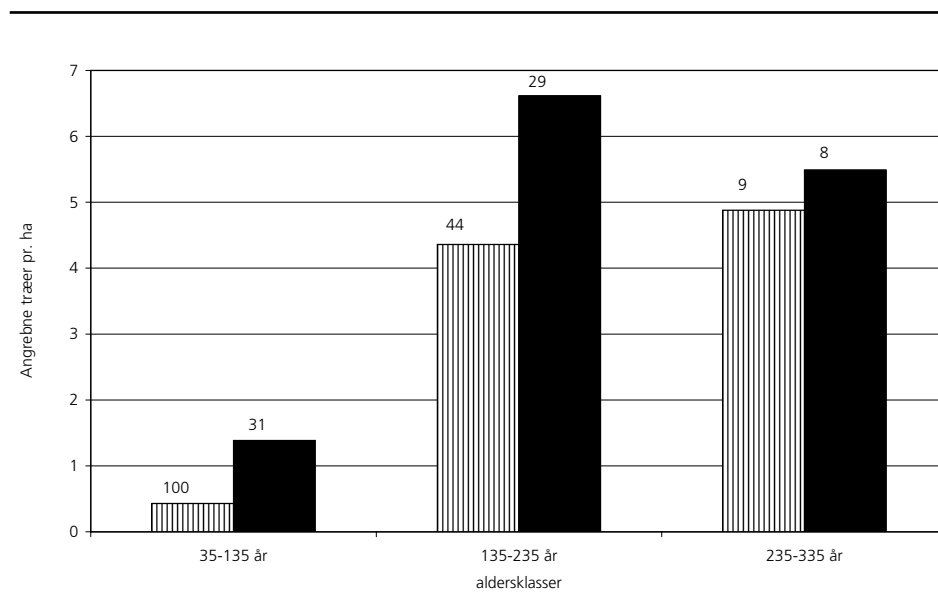


Figur 11. Tøndersvampangrebne bøge pr. hektar for samtlige undersøgte bevoksninger 35-335 år. Ved at registrere samtlige tøndersvampe i flere skovområder er det muligt at analysere tøndersvamps udbredelse. Hver prik repræsenterer en bevoksning, mens de sorte cirkler er gennemsnit for de indrammede aldersklasser. Det ekstreme punkt udenfor kassen for 35-135 år er en stærkt stresset bevoksning pga. næringsfattig jord og manglende tynding.

ne træer pr. ha. Selv de bevoksninger, som er angrebet, har under 1,5 tøndersvampangrebne træer i gennemsnit (Fig. 12). Hvis den ekstreme bevoksning (10,8 angrebne træer pr. ha) tages ud, falder gennemsnittet endda til 0,3 tøndersvampangrebne bøge pr. ha og for angrebne bevoksninger til 1,1 (Tabel 2).

Bevoksninger mellem 135 og 235 år er i risikogruppen. Gennemsnittet for denne aldersgruppe var således over 4 tøndersvampangrebne bøge pr. ha, dvs. mere end 10 gange så mange som den yngre gruppe. Da der stadig er mange bevoksninger uden tøndersvamp, er gennemsnit for de angrebne bevoksninger 6,6 tøndersvampangrebne træer. De hårdest angrebne bevoksninger havde over 15 tøndersvampræer pr. ha. Den store spredning i gruppen fortæller, at nogle bevoksninger kan modstå smitten, mens andre bevoksninger bliver hårdt angrebet. Der er en tendens til et stigende antal angrebne træer med alderen, men enkelte gamle bevoksninger er stadig sunde.

Gamle bevoksninger over 235 år er næsten altid angrebet af tøndersvamp. Stamtallet er lavt, hvilket er en af grundene til det relativt lave antal tøndersvampangrebne træer pr. ha (under 9 angrebne træer pr. ha). Gennemsnittet (4,9) for denne gruppe er faktisk lidt højere end for de 135-235 årige træer. Tallet bygger dog på ret få bevoksninger, hvorfor resultatet er noget usikkert og iøvrigt ikke signifikant forskelligt fra den forrige gruppe. Afgrænsningen af den ældste aldersgruppe bygger derfor mere på en visuel betragtning.



Figur 12. Det gennemsnitlige antal træer med tøndersvamp frugtlegemer inden for de tre aldersgrupperinger. Kolonner til venstre viser gennemsnittet for samtlige undersøgte bevoksninger, mens den anden kolonne er gennemsnit for bevoksninger med mindst 1 tøndersvampangrebet træ. Hvis den ekstreme bevoksning blev udeladt, ville gennemsnittet for gruppen 35-135 år være hhv. 0,3 og 1,1 tøndersvampangrebne træer (Tabel 2). Tallet over en kolonne viser antallet af undersøgte bevoksninger i den pågældende kategori. Der skal også i denne opgørelse tages højde for, at stamtallet typisk falder med bevokningsalderen.

Tabel 2. Opgørelse over antallet af angrebne bøge pr. ha, både opgivet som gennemsnit for alle undersøgte bevoksninger og som gennemsnit blandt bevoksninger med mindst ét tøndersvamp-angrebet træ. Tallene i parentes for aldersklassen 35-135 år viser gennemsnittet uden det ekstreme punkt, der ligger uden for kassen i figur 11.

Angrebne træer pr. ha	35-135 år	135-235 år	235-335 år
Alle bevoksninger	0,4 (0,3)	4,4	4,9
Bevoksninger med tøndersvamp	1,4 (1,1)	6,6	5,5

5.2 Angrebsgraden som procent af stamtallet

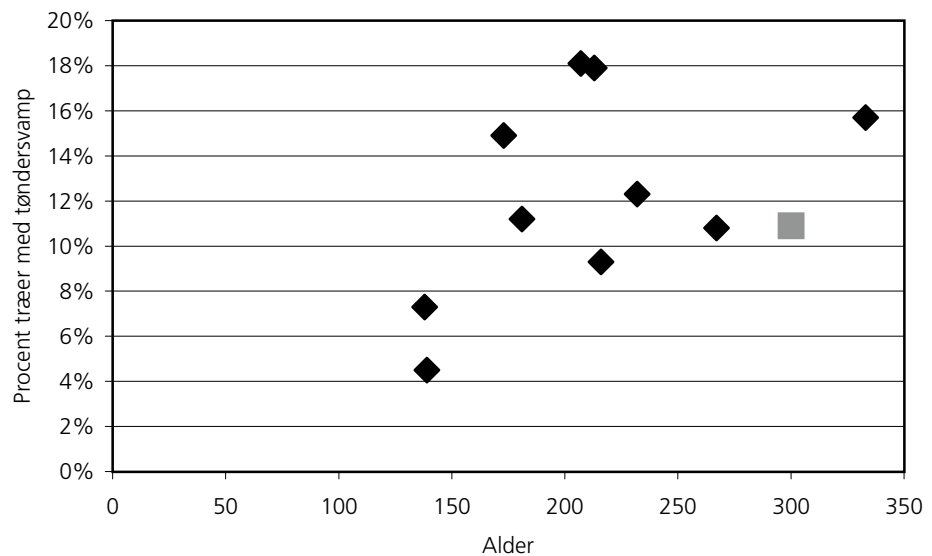
I meget gamle bevoksninger giver det mere mening at beregne forekomsten af tøndersvamp som procent angrebne træer, dvs. antal angrebne træer i procent af det samlede stamtal. Denne metode er kun anvendt for en række mindre bevoksninger (Tabel 3, Fig. 13). Dette skyldes, at stamtallet ikke var kendt i de fleste bevoksninger. Angrebsgrad i procent viser et højere angrebsniveau i meget gamle bevoksninger end antal angrebne træer (Fig. 14), hvilket skyldes det lave stamtal. Angrebsprocenten er også interessant, fordi den viser hvor stor en del af træerne, der mistes pga. tøndersvampangreb. Antallet af angrebne træer er normalt lille i den aldersgruppe (35-135 år), der inkluderer produktionsbevoksninger. Det gør ikke den store økonomiske forskel, om der er 2 angrebne træer ud af 1000 eller 500 bøge, dvs. under 1 %. I yngre bevoksninger er der desuden mulighed for at fjerne angrebne træer ved tyndinger, hvorved de heller ikke tager plads i bevoksningen. For ældre bevoksninger er det derimod interessant, hvor stor en del af bevoksningen som er angrebet, dvs. hvor mange træer der kan forventes at falde ud over en kortere årrække. Dette indvirker nemlig på bevoksningens levetid. Af tabel 3 fremgår, at de hårdest angrebne af de undersøgte bevoksninger har tøndersvamp på 15-20 % af træerne. Endvidere ses en tendens til øget angrebsprocent med alderen (Fig. 13), samt at bevoksninger over ca. 215 år har et højere angrebsniveau udtrykt ved angrebsprocent end ved antal angrebne træer pr. ha (Fig. 14).

Tabel 3. Alder, alder for urørthed, antal angrebne træer pr. ha og procentdel angrebne træer for fire lokaliteter på Frederiksborg Statsskovdistrikt (F1-4) og fra tre lokaliteter på hhv. Københavns (K1-3) og Lindet (L1-3) Statsskovdistrikter. Oplysningerne for alder og urørthed stammer fra bevoksningslister og samtaler med distriktets personale. Et + angiver, at det er et minimumstidsrum.

Lokalitet	F1	F2	F3	F4	K1	K2	K3	L1	L2	L3
Bevoksningensalder, år	173	138	207	181	267	139	333	232	216	213
Ca. alder for urørthed, år	24+	9	24+	32	94	82	72	77	77	77
Angrebne træer pr ha	17,5	5,5	20,0	11,0	7,7	8,9	6,3	7,0	5,4	14,3
Angrebne bøge, % af star	14,9 %	7,3 %	18,1 %	11,2 %	10,8 %	4,5 %	15,7 %	12,3 %	9,3 %	17,9 %

De bøgearealer, som er udlagt til naturskov, har ofte ry for at være (eller hurtigt blive) stærkt inficerede med tøndersvamp. Projektet viste

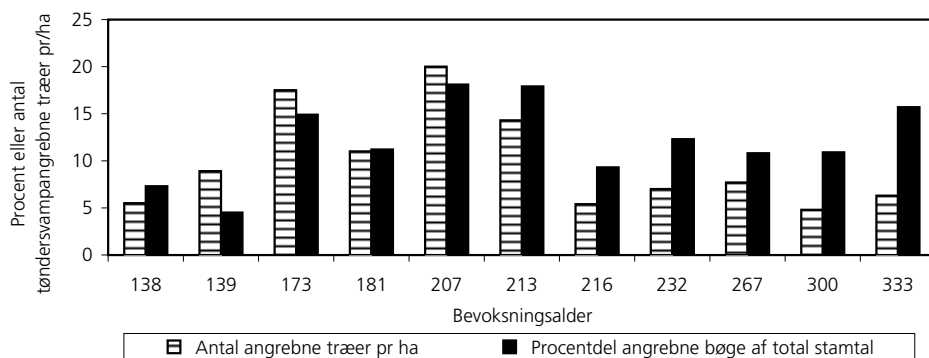
imidlertid, at der ikke var nogen sammenhæng mellem, hvor lang tid en bevoksning havde været urørt (fredet), og hvor mange tøndersvampangrebne træer den havde (Grønning & Lind, 2001). F.eks. havde en 181-årig bevoksning, som havde været urørt i 32 år, lige så stor en andel angrebne bøge (ca. 11 %) som en 267-årig bevoksning, der havde været urørt i 94 år (Tabel 3). Hvis det alene var de mange lokale sporekilder, som afgjorde antal inficerede træer, ville man forvente flere angrebne træer med tiden. Men det kan ikke bekræftes, at der sker en opformering af tøndersvamp i urørte bevoksninger, alene fordi de smittede træer ikke fjernes. Årsagen er snarere, at de udpegede bevoksninger typisk er over 150 år (mange af dem meget ældre), og at døende og svækkede træer ikke bliver fjernet som i dyrket skov.



Figur 13. Procentdel angrebne træer ud af total stamtal i 11 mindre bevoksninger af bøg over 135 år. Suserup Skov (■) er lagt ind som sammenligning med en bøgenaturskov. Aldersangivelsen for Suserup er usikker, da skoven består af uensaldrende bøg, men kun træer med en diameter over 30 cm er medtaget.

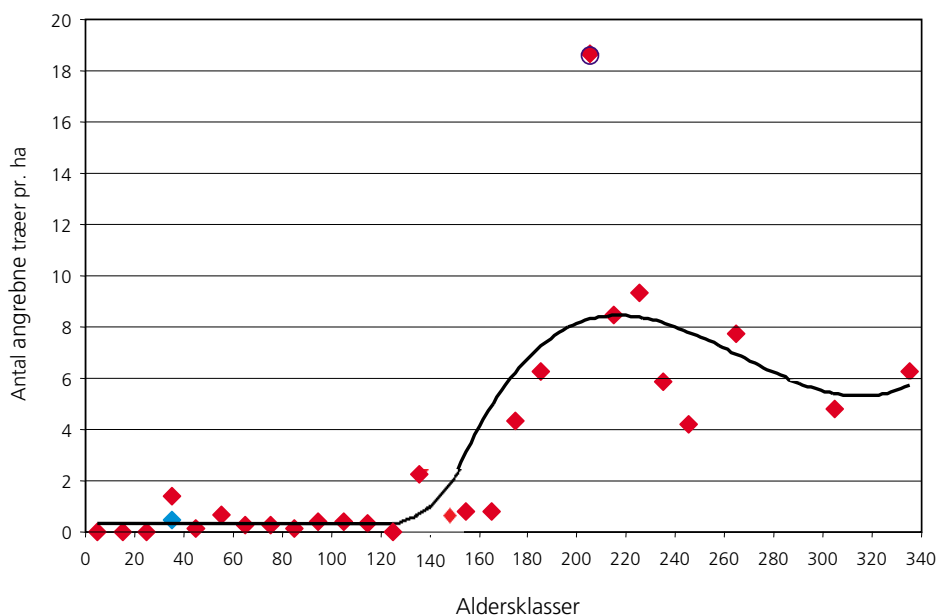
5.3 Udvikling

Ved at opdele samtlige tøndersvampregistrerede bevoksninger til aldersklasser får man et indtryk af, hvornår angrebsrisikoen begynder at stige. Det ses tydeligt, at inden for de 120 år, som udgør en normal bøgeomdrift, er der ikke grundlag for at bekymre sig om tøndersvampangreb, da det optræder ganske sjældent (Fig. 15). For bevoksninger over 130 år er angreb af tøndersvamp derimod mere udbredt. Kurven antyder et stadigt øget angrebsniveau i de følgende 100 år og derefter formodentlig en udjævning eller endda et fald (mest pga. færre træer pr. ha). Den sidste del af kurven er dog ikke tilstrækkeligt underbygget.



Figur 14. Sammenligning af angrebsniveau i nogle få bevoksninger over 135 år udtrykt ved antal angrebne træer pr. ha og procentdel angrebne bøge af total stamtal. For bevoksninger over 215 år er der under 9 angrebne træer pr. ha, og angrebsprocenten giver et bedre billede af omfanget.

Endvidere illustrerer disse undersøgelser kun et øjebliksbillede og repræsenterer ikke en reel udvikling over tid. Tendenslinien angiver kun tilnærmelsesvis, hvilken udvikling i tøndersvampangreb, der kunne forventes over en årrække. Figur 15 illustrerer dog det væsentligste budskab, nemlig at omfanget af angreb i produktionsbevoksninger under 135 år er ganske beskedent, mens ældre bevoksninger er mere udsatte. Endvidere ses at gennemsnittene for bevoksninger over 170 år alle ligger over 4 tøndersvampangrebne træer pr. ha, mens gennemsnittene for bevoksninger under 170 år alle ligger under 2 tøndersvampangrebne



Figur 15. Tøndersvampangreb opdelt i 10 års aldersklasser. Gennemsnittet for aldersklassen 30-39 år er påvirket af en enkelt bevoksning med kraftigt angreb. Uden denne bevoksning ville gennemsnit ligge på omkring 0,5 angrebne træer pr. ha (lyseblå \diamond). Gennemsnittet for aldersklassen 200-210 år (cirkel) er kun baseret på to bevoksninger, begge meget hårdt angrebet. Den sorte kurve viser en idealiseret kurve over angrebsudviklingen baseret på observationerne. Indtil 135 år ligger risikoen på et konstant lavt niveau. Kurven efter 220 år er mindre velunderbygget og desuden påvirket af det lave stamtal i gamle bevoksninger.

træer pr. ha. Herudfra kunne man argumentere, at den øgede risiko for tøndersvampeangreb indtræder ved 170 år og ikke de 135 år, som er valgt som skæringspunkt. Figur 11 viser imidlertid, at nogle bevoksninger mellem 135 og 170 år har en del tøndersvampeangrebne træer pr. ha, og at kun få bevoksninger over 150 år er uden angreb. Konklusionen bliver, at det er fra alderen 135 år, at risikoen øges, men at det er i bevoksninger ældre end 170 år, at de mest omfattende angreb findes. Denne tendens ses også i tabel 3, hvor alle bevoksninger med mere end 10 % angrebne træer er over 170 år.

Hvis undersøgelserne af tøndersvamps tilstedeværelse gentages i de samme bevoksninger om 5-10 år, vil det give bedre mulighed for at vurdere udviklingshastigheden af tøndersvampeangreb i bøgebevoksninger med forskellig alder og angrebsgrad. Desuden kan en tidligere angrebsgrad ses i sammenhæng med en senere sundhedsudvikling. Dette kan evt. kombineres med en vurdering af bevoksningens generelle sundhedstilstand, f.eks. ud fra kronefylde (beløvningsprocent) eller kronestruktur. Dette kan underbygge teorien om, at tøndersvamp fortrinsvis breder sig til allerede svækkede træer eller bevoksninger. Det vil også være nyttigt med undersøgelser fra flere bevoksninger ældre end 235 år, da data-materialet er mindst for denne gruppe.

6. Skovdrift med tøndersvamp

De foreliggende undersøgelser giver anledning til at revidere opfattelsen af tøndersvamps rolle i skovbruget. Desuden kan der fremsættes en række anbefalinger til, hvordan skovdriften kan indrettes under hensyn til tøndersvamps umiskendelige evne til at udnytte en svækkelse af bøgetræer. Endelig kan de fundne resultater give et nyt beslutningsgrundlag for fremtidige udpegninger af naturskove samt træer til forfald og de støtteordninger, som findes til fremme af disse tiltag. Dette kapitel fremsætter en række anbefalinger og opfordringer til brug for skovejere, administratorer, myndigheder, interesseorganisationer og andre, som varetager eller influerer skovens drift, formål og udseende i Danmark.

6.1 Usvækkede bevoksninger

En væsentlig konklusion på projektet var, at så længe en produktionsbevoksning var sund og usvækket, kunne der ikke ses en sammenhæng mellem tøndersvampangreb og afstanden til en smittekilde i form af et område med urørt skov med mange angrebne træer. Først når træerne var svækkede, blev det af betydning for antallet af angrebne træer, hvor tæt de var på en smittekilde. Der er således ingen grund til at bekymre sig om smitte fra tøndersvampangrebne træer eller urørte bevoksninger, så længe bøgetræerne i produktionsbevoksninger er vitale. Det er derfor heller ikke nødvendigt at føre en generel saneringspolitik overfor tøndersvamp i ellers sunde bevoksninger. Udgiften til at fjerne angrebne træer vil under normale forhold ikke blive modsvaret af nogen merindtægt.

Voksestedet har stor betydning for bøgebevoksningers almene sundhed. Bøg bør derfor ikke anvendes, hvor den ikke trives, f.eks. på vandliden eller meget næringsfattige jorde. Træartsvalg efter forholdene giver generelt bedre vitalitet hos træerne og dermed bedst modstandskraft mod svampeangreb. Andre faktorer, som kan svække bøg, kan ikke styres af skovdriften, f.eks. tørke, oldensætning og afløvninger. Derimod kan man undgå fælde- og udkørselsskader, samt jordkomprimering ved kørsel med tunge maskiner på våd jord. Man kan også fjerne undertrykte og svækkede træer ved tyndinger, samt vedligeholde grøfter på jorde med tendens til høj vandstand om vinteren. Sidstnævnte forholdsregel kan dog være i modstrid med ønsket om at genoprette den naturlige vandstand i skovene.

6.2 Sikkerhed

Det er så vidt vides aldrig undersøgt hvor lang tid, der går fra et træ in-

ficeres med tøndersvamp til de første frugtlegemer viser sig, men afhængig af træets vitalitet går der vel 2-10 år. Når de første frugtlegemer bryder gennem barken, viser de seneste undersøgelser, at træet kan knække relativt hurtigt. Dette gælder specielt træer, som er tvegede eller står udsat for vind. Man må således være klar over, at inden for et par år, fra det første frugtlegeme bryder frem, vil træet kunne udgøre en sikkerhedsrisiko.

Boks 1.

Ansvar i forbindelse med svampeangrebne træer

T. Hartmann Larsen, ejendomsrådgiver, Skov- og Naturstyrelsen, sammenfatter:

Skovejeren har normalt ikke ansvar for skader, som sker på grund af naturligt opståede hændelser i skoven, herunder skader der sker i forbindelse med, at svampeangrebne træer vælter. Folk, der færdes i skoven, må tage naturen som den er med de risici, der naturligt forekommer i en skov. Skovejeren har derfor heller ikke pligt til at holde øje med, om der er træer i skoven, der angribes af svampe og derved kan komme til at frembyde en særlig risiko for at skadeforvoldelse.

Princippet fremgår af naturbeskyttelseslovens § 23, stk. 1 om offentlighedens ret til færdsel i skove: „Adgang sker på eget ansvar“. Der er dog undtagelser herfra:

Det er anerkendt i Skov- og Naturstyrelsens egen administrative praksis og i enkelte domme, at en skovejer har pligt til at føre regelmæssigt tilsyn med træerne langs offentlige veje. Pligten følger af det samfundsmæssigt meget vigtige hensyn til at sikre færdselen på de offentlige veje. Hvor hyppigt tilsynet skal være afhænger af, hvor hurtigt der kan opstå særlig risiko for, at svækkede træer kan vælte ud over den offentlige vej. Tilsynet skal være tilstrækkeligt hyppigt til at undgå, at der opstår faresituationer, uden at skovejeren dog er forpligtet til at bruge urimelige ressourcer på tilsyn. Et tilsyn en gang årligt vil ikke overstige det rimelige.

Skovveje og parkeringspladser, som er åbne for offentligheden, skal derimod ikke beskyttes mod naturligt opståede farer på samme måde som offentlige veje. Hensynet til en sikker samfærdsel gælder ikke for færdsel på skovveje. Her må det være op til den enkelte skovgæst, om han eller hun vil løbe den i øvrigt meget beskedne risiko, der er ved at færdes i en skov. Hensynet til sikring af samfærdselen er endnu mindre tilstede ved færdsel uden for skovvejene, herunder f.eks. færdsel på ride- og gangstier.

Man kan dog sætte spørgsmål ved, om der ikke er pligt for skovejeren til at træffe i hvert fald visse foranstaltninger for at sikre kunders færdsel på vejene i skoven. Problemet har heldigvis aldrig været aktuelt, men man må formentlig antage, at der en vis pligt til at føre tilsyn med træerne langs de veje, som skovejeren anviser til kunderne, selv om tilsynet næppe behøver at være så intensivt som tilsynet langs de offentlige veje.

Ved færdsel helt uden for vejene i skoven, er der næppe noget ansvar for skovejeren for skader som følge af væltende træer eller nedfaldende grene - selv over for kunder. Brændesankere og kunder, der henter træ uden for vejene, må antages at have accepteret risikoen for farlige træer, og har mulighed for selv at få øje på eventuelle risikomomenter. Det samme gælder f.eks. ved færdsel i forbindelse med jagt. Heller ikke her har problemet været fremme i domspraksis, men Skov- og Naturstyrelsen lægger i sin administrative praksis til grund, at der ikke er noget ansvar.

Det ligger udenfor denne rapports rammer i detaljer at beskrive skovejeres ansvar vedr. svampeangrebne træer. Der er dog enkelte hovedtræk, det er vigtigt at have kendskab til (se også boks 1).

- Al uopfordret og frivillig færdsel i skove sker på eget ansvar. Dvs. alle almindelige skovture sker på gæstens eget ansvar. Dette gælder også for parkering af biler i skoven eller på P-pladser, der ikke er registreret som offentlig vej i vejregisteret.
- Skovejeren kan måske have et vist ansvar for en sikker færdsel på skovveje, der er anvist til vognmænd eller sankere. Derimod er skovejeren ikke ansvarlig for sankerens fædsel inde i bevoksninger.
- Skovejere har pligt til at føre tilsyn med deres træer, hvis de står langs offentlige veje. I tilfælde hvor træer forårsager skader, der kunne forudses, kan skovejere gøres ansvarlige. Netop i denne sammenhæng kan det være afgørende at være vidende om forløbet af et tøndersvampangreb. Det må tilrådes straks at fjerne angrebne træer, som udgør en fare for mennesker, veje eller bygninger. Dette kan evt. gøres ved at toppen sprænges af, hvorved den efterladte stab stadig kan udnyttes af insekter, fugle, dyr eller andre svampe.

Denne problemstilling vil formentlig få forøget betydning i fremtiden med de mange arealer udlagt som naturskove. I disse skove er naturen i princippet overladt til sig selv, og træerne skal stå, til de selv falder omkuld. Desuden udpeges "træer til forfald" også i andre typer bevoksninger (underlagt skovdrift). Hvor bevoksninger med svampeangrebne træer ligger op til offentlige veje, må det anbefales at have en sikkerhedszone på mindst en trælængde, hvor alle træer med svampeangreb væltes eller topkappes. Træer bør ikke udpeges til forfald, hvis de står op ad offentlige veje. I forhold til skovveje og andre arealer, hvor publikum hyppigt opholder sig, må skovejeren afgøre med sig selv, hvad der er en rimelig praksis.

6.3 Urørt skov

En af de mest overraskende konklusioner på projektet var, at tøndersvamp faktisk har en langt større indvirkning på urørt skov end produktionskov. Da de udpegede arealer typisk er ensaldrende og over 150 år, er de fleste af træerne lige i den rigtige alder og størrelse til opformering af tøndersvamp. Ofte findes der allerede flere tøndersvampangrebne træer. Undertrykte, svækkede og døende træer bliver ikke fjernet som i dyrket skov, hvorfor der både er mange smitekilder og potentielle værter. Tøndersvamp kan derfor blive den faktor, som afgør levetiden af disse bevoksninger.

I den naturlige skovdynamik er det bl.a. tøndersvamp, der fjerner de svageste træer f.eks. dem med store sår, dårligt rodnet eller meget høj alder. Dermed spiller tøndersvamp en vigtig rolle for strukturen i naturlige løvskove, især for dannelsen af små lysbrønde (Christensen, 2001). Men de arealer, som nu udpeges til urørt skov, har ikke en naturlig struktur, men er tværtimod dannet af flere hundredes års skovdrift.

I disse renbestande af stort set ensaldrende bøg kan træerne derfor angribes og dø over en relativ kort årrække på måske 30-50 år. Dette vil

give et brud i kontinuiteten, hvis der samtidig mangler både den mellemaldrende gruppe på f.eks. 150 årige træer til at afløse dem over 200 år, samt en bestand af yngre (50-100 år) træer, der kan udgøre næste generation. Dog kan der forventes en del opvækst af små træer under nedbrydningsfasen, så en ny bevoksning vil indfinde sig. Det vil nok tage et par generationer, før der opnås en tilstand med uensaldrende bevoksninger og forskellige træarter, så tøndersvamp kan indgå i sin naturlige rolle som i naturskovens dynamik. Det diskuteres, om man skal forsøge at skabe en undervækst eller på anden måde influere strukturen, inden man freder for forstlige indgreb, men dette ligger udover projektets emne. Der foregår dog allerede tiltag i den retning i den nuværende praksis for udlægning af naturskov.

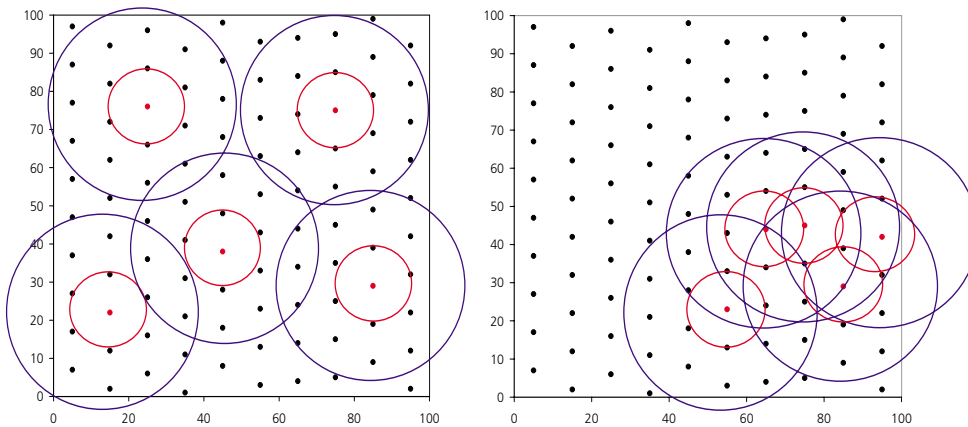
Ved beregning af en eventuel kompensation til skovejere for udlægning af bøgbevoksninger til urørt skov kan resultaterne fra målinger af sporespredning anvendes til at vurdere betydningen for den omgivende skov. Således vil en bufferzone på 10 meter være rimelig for omgivende bøgbevoksninger under 135 år. For omkringliggende bevoksninger over 135 år bør bufferzonen være 50 meter. Det vil sige, at i denne zone må skovejeren forventes at kunne få ekstra arbejde med at fjerne svækkede eller smittede træer.

6.4 Fredning af enkelttræer

Træer inden for 10 meters afstand af et træ eller en bevoksning med tøndersvamp er særligt udsatte for smitte, under forudsætning af at den store sporekoncentration giver øget smitterisiko, hvilket altså ikke er bevist. For svækkede træer inden for 50 meters afstand af et træ med tøndersvampfrugtlegemer er en forhøjet infektionsrisiko sandsynlig (Fig. 10). Ud fra et ønske om at begrænse smittespredningen er det således bedre med grupper af tøndersvampangrebne træer end enkeltstående træer spredt i en bevoksning (Fig. 16). Dette ville endvidere ofte være fordelagtigt for de organismer, man ønsker at fremme, idet deres spredningsradius typisk er ganske lille.

I den nuværende støtteordning vil man ofte blive betalt for at efterlade et vist antal træer pr. ha. Det må anbefales, at støtte til bevaring af træer ikke forlanger disse træer "jævnt fordelt", men i stedet opererer med forskellige formål ved udvælgelse af træer til fredning. Desuden bør der tages hensyn til den omgivende bevoksnings alder, samt skelnes mellem at frede et allerede svampeangrebet træ, som muligvis vil bryde sammen efter en kort årrække, og fredning af sunde træer.

Hvis ønsket er at have gamle bøgtræer stående længst muligt, skal man frede sunde træer, som ikke står nær tøndersvampangrebne træer. Det kan endda overvejes at forudsætte en vis saneringsindsats, dvs. fjerne tøndersvampangrebne træer indenfor 10 meter af det bevaringsværdige træ. Dette vil også mindske risikoen for skader på det udvalgte træ, når det angrebne træ knækker.



Figur 16. Illustration af spredningsradius for sporer fra tøndersvampangrebne træer, hvis disse findes spredt i en 120-årig bevoksning på 1 ha i forhold til gruppevis. Hver prik er et træ, og røde prikker repræsenterer træer med tøndersvampfrugtleger. Røde cirkler viser en 10 meters spredningsradius, mens blå cirkler repræsenterer 50 meters afstand. Hvis hele bevoksningen svækkes, vil de fleste træer være indenfor 50 m. risikozonerne, hvis tøndersvampangrebne træer findes spredt i bevoksningen. Hvis træer med frugtleger findes som en gruppe, vil området med smitterisiko for svækkede træer være mindre. Det samme gør sig gældende, hvis det er en nabobevoksning.

Hvis formålet er at efterlade træer til forfald, med vægt på forfald til glæde for insekter, dyr og sjældne svampe, må det anbefales at vælge en gruppe af bøgetræer omkring et tøndersvampangrebet træ. Gerne en blandet gruppe af svækkede og sunde, ældre og yngre træer, som kunne give en vis dynamik i forløbet af svampeangreb og forfald.

Der bør skelnes mellem at bevare overstandere af bøg over selvforyngelser og træer i gamle bøgebevoksninger. Bevaring af tøndersvampangrebne træer som spredte overstandere har ingen betydning for den omgivende, nye bøgebevoksning. De efterladte træer er typisk ikke længere domineret af tøndersvamp, når den nye bevoksning kommer i et modtageligt stadie. Bevaring af gamle eller svampeangrebne bøgetræer i bevoksninger under 100 år er normalt heller ikke et problem.

Derimod kan det være en ulempe for skovejeren, hvis han har bundet sig til bevaring af bestemte træer, som han efterfølgende ikke kan fjerne, hvis de viser sig at være angrebet af tøndersvamp, og den omgivende bøgebevoksning pludselig svækkes og bliver modtagelig. Ved fredning af træer i bevoksninger over 135 år, hvor bevoksningen ikke ønskes afviklet, kan problemet mindskes ved at vælge en gruppe af træer i stedet for enkelttræer spredt i bevoksningen (Fig. 16).

6.5 Kapitalopsparing i bøg

Nogle private skove foretager en vis vedopsparing i skoven som en slags kapitalreserve. Løvtræer som eg og bøg er de foretrukne arter, da de er stabile også efter den forstligt optimale omdriftsalder modsat nåle-

træ. Projektet har vist, at det kan være problematisk at bevare en bøgebevoksning længere end 135 år, hvor risikoen for tøndersvampangreb begynder at øges. Som regel vil det generelle problem med tiltagende rødmarvsdannelse dog betyde, at bevoksningen skoves inden. Selv hvis anstrengelserne for at afsætte rødmarvsfarvet bøg skulle bære frugt, så dette ikke længere er en alvorlig værdiforringelse, bør kapitalopsparing i bøg ældre end 135 år dog stadig overvejes nøje.

Når man vælger at foretage en opsparring fremfor at skove en bevoksning med bøge yngre end 135 år er det stadig en forudsætning, at bevoksningen generelt er sund, og at træerne synes vitale. Dette kan f.eks. vurderes ud fra kronefylde og kronestruktur. Fældeskader som barkskrab og grenbrud skal undgås, og træer med gamle skader fjernes først. Specielt bør tøndersvampangrebne træer i bevoksningen fjernes for ikke at have en lokal smittekilde. Færdsel i bevoksningen med tunge maskiner skal begrænses og bør i hvert fald ikke foregå, når jorden er våd. Jordkomprimering, specielt i kombination med tørke, vil typisk give en kraftig svækkelse af ældre bøgetræer med deraf følgende risiko for angreb af tøndersvamp.

Endvidere vil det være en fordel, hvis bevoksningen er omgivet af tætte (indre) skovbryn eller f.eks. unge nåletræer med grene til jorden. Det vil være effektivt som smittebarrierer dels ved at mindske luftbevægelsen i skoven, dels ved at de sporer, der måtte være i luften, fanges i vegetationen. En eventuel selvforryngelse bør være gennemført, så de værdifulde træer kan hugges i tide, hvis en svækkelse og heraf følgende angreb af tøndersvamp skulle opstå.

6.6 Svækkede bevoksninger

Svækkelse af et bøgetræ er som beskrevet den væsentligste forudsætning for, at tøndersvamp kan angribe. I perioder med langvarig nedgang i den generelle sundhed hos bøg, kan der opleves en opblomstring af tøndersvampangreb (Koch, 1985). Hvis man imidlertid regner med, at det er en kortvarig svækkelse, f.eks. pga. kraftig oldensætning eller et år med sommertørke, så er det bedste råd at se tiden an, især i bevoksninger under 100 år. Risikoen for et massivt tøndersvampeangreb i bevoksninger yngre end 100 år er meget lille. Selv i bevoksninger mellem 100 og 135 år vil en indsats mod tøndersvamp ofte koste mere end det tab, der evt. måtte opstå.

I forbindelse med en kortvarig nedgang i bevoksningens vitalitet kan man blive nødt til at fælde døende træer, mens de stadig er friske og salgbare. Dette bør ikke gøres i tøndersvamps sporekastningsperioder (især april-maj), fordi evt. fældeskader på de stående træer vil være indfaldsveje for svampens sporer. I princippet er det bedste tidspunkt starten af august, så træerne er i vækst og kan danne forsvar mod svampeinfektion i eventuelle sår. I hvert fald bør man gøre sig ekstra umage med at undgå fældeskader på de træer, som man regner med kan gen-

vinde deres vitalitet. Selv en lille fældeskade kan resultere i et svampeangreb, som vil gøre det af med det svækkede træ.

6.7 Red de bedste

Ved en langvarig svækkelse af bevoksninger omkring eller over normal omdriftsalder (100-120 år) er det bedste råd: "red hvad reddes kan". For bevoksninger over 135 år gælder dette formodentlig, så snart svækkelsen indtræder, da alderen giver en stor risiko for, at enhver svækkelse bliver langvarig. For bevoksninger over 100 år er en langvarig svækkelse en nedgang i vitalitet over flere år (5-10), typisk synlig som nedsat beløvning, gulligt løv samt ændret kronstruktur ("spyddannelse"). Under sådanne forhold anbefales det at tage de bedste træer ud af bevoksningen, mens de endnu er uden tøndersvampangreb, og lade resten stå, evt. som skærm over en ny kultur. Sandsynligvis bliver kun en mindre del af de efterladte træer angrebet af tøndersvamp. De kan stå til glæde for naturen, og resten kan videreføres, til man ønsker at realisere den opsparede vedmasse.

Hvis en selvoryngelse ikke allerede er etableret i den svækkede bevoksning, er det således på høje tid, hvis man ønsker at forynge bevoksningen på denne måde. Man kan f.eks. vælge at vente med at redde de mest værdifulde træer, til de har bidraget til frøfaldet i det følgende oldenår, som så udnyttes til selvoryngelse. Ved denne sidste oplagte chance kan det måske være relevant at gøre mere end normalt, for at foryngelsen lykkes (f.eks. hegne), idet det efterfølgende næppe bliver lettere at forynge bevoksningen naturligt. Umiddelbart efter frøfaldet kan de bedste træer så hentes i besåningshugsten.

6.8 Sanering

I de fleste løvskove vil der rundt omkring findes bøge- eller birketræer med tøndersvamp. Der vil derfor blive produceret tilstrækkeligt med sporer til, at svækkede træer kan blive inficeret under det rette sammenfald af omstændigheder. Uanset om der findes mange eller få tøndersvampefrugtlegemer, vil en vis andel af de svækkede bøge derfor blive angrebet af svampen. Sanering er praktisk umuligt i større løvskove og som nævnt unødvendigt i yngre, vitale bevoksninger.

Sanering kan derimod overvejes i gamle eller svækkede bevoksninger. Hvis der ikke er andre sporekilder indenfor de nærmeste få hundrede meter, kan fjernelse af en lokal sporekilde måske være gavnligt under en kortvarig svækkelse af den omgivende bevoksning og i bevoksninger ældre end 135 år. Der er dog ikke udført forsøg med sporemålinger, som kan bekræfte, at der er en effekt. Problemet med en lokal sanering er at være sikker på, at der ikke er andre træer med frugtlegemer til stede eller på vej i nærheden. Det nytter ikke kun at fjerne frugtlegemerne, da der hurtigt vil vokse nye ud og danne sporer igen.

I en mindre, afgrænset skov, der ligger langt fra andre skove/sporekilder, kunne man principielt fjerne alle tøndersvampangrebne træer og dermed generelt nedbringe sporeniveauet i de svækkede bevoksninger. Men en sådan sanering kræver, at alle angrebne træer med frugtlegemer findes, hvilket er meget tidskrævende. Desuden kan det kun gøres, når træerne ikke har blade, da det ellers er for svært at få øje på frugtlegemerne. Endelig skal saneringen udføres jævnlige (en gang hvert år), så længe bevoksningerne er svækkede, for at finde eventuelle nye træer med frugtlegemer. Det vil formentlig vise sig for vanskeligt og dyrt at udføre i praksis.

6.9 Tøndersvamps rolle i naturskov

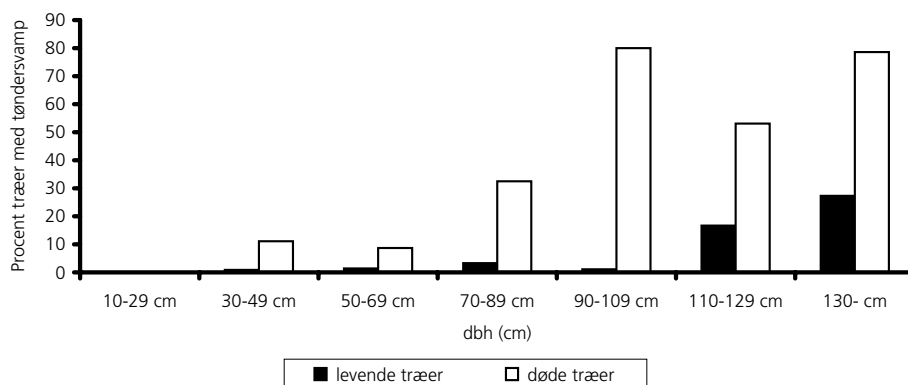
Dominansen af tøndersvamp i nyligt udlagt urørt skov er som flere gange nævnte en følge af de tidligere anvendte skovdyrkningsprincipper. Når de urørte skove med tiden opnår en naturskovslignende struktur, vil tøndersvamp blive mindre hyppig. I naturlige blandingsløvskove er der en mosaik af flere arter og mange aldre, hvilket giver en større afstand mellem potentielle værter for tøndersvamp. De følgende afsnit om tøndersvamp i naturskov bygger på undersøgelser udført af Morten Christensen og Jacob Heilmann-Clausen (Christensen, 2001), herunder en opgørelse af omfanget af tøndersvampangreb i Suserup.

En af drivkræfterne i dannelsen af mosaikagtig skovstruktur er forekomsten af lysbrønde som følge af et eller flere træers død. Den direkte årsag til dannelsen af en lysbrønd er ofte en vinterstorm, der får svækkede træer til at vælte eller knække. Tøndersvamp spiller en vigtig rolle for dannelsen af især små lysbrønde. Træer, der er angrebet af tøndersvamp, knækker oftest i relativ stor højde, typisk 5-10 meter over roden, og skaber derved en lille lysbrønd uden at skade de omkringstående træer i nævneværdigt omfang. Små lysbrønde skaber variation til glæde for skovens andre planter og dyr og derfor en mere artsrig skov. Alternativet til tøndersvampskabte åbninger er, at store og gamle træer rodvælder, f.eks. i forbindelse med kraftige storme. Herved dannes der ofte større lysbrønde, fordi også friske træer skades eller vælter som følge af rodvælterens lange rækkevidde. Dette giver en grovere mosaikstruktur med mindre variation.

I naturskov angribes næsten udelukkende træer, som er store og gamle (Fig. 17), eller træer, som er meget undertrykte. For disse træer er tøndersvamp en væsentlig faktor i deres død, oftest fordi træerne knækker. Således havde halvdelen af de døde træer i Suserup Skov frugtlegemer af tøndersvamp, og af disse var næsten 60 % knækket. Til sammenligning var knap 30 % af de døde træer uden tøndersvamp knækket. I alt kunne tøndersvamp antages at have bidraget til, at ca. 1/3 af de store, gamle træer døde, dvs. dem over 70 cm i dbh. For mindre træer spillede tøndersvamp ingen betydende rolle.

Mangfoldigheden af andre svampe, insekter og dyr i naturskov påvirkes generelt positivt af tøndersvamps forekomst. Det samme kan forventes både i nyligt udlagte, urørte skove og forstligt drevne skove. De hulrugende fugle er en særlig gruppe, der nyder godt af tøndersvamp. Træer, der knækker i 5-10 meters højde, er gode redetræer for spætterne, der foretrækker det ved, som tøndersvamps angreb har blødgjort.

I naturskov findes mere dødt ved og i større dimensioner end i forstligt drevne skove, hvor døde træer ofte skoves til brænde. En lang række



Figur 17. Suserup Skov er en uensaldret bøgenaturskov på Midsjælland. Tøndersvamp angriber her fortrinsvis træer, som er store og gamle. Derudover angribes svækkede træer, hvilket i denne sammenhæng typisk er undertrykte individer. Figuren illustrerer også, at de fleste tøndersvampangrebne træer er døde, typisk som følge af svampens angreb. Data: Morten Christensen.

svampearter er knyttet til nedbrydningen af dødt ved, ikke kun stående eller væltede træer men også grene og stød efterladt ved skovning. Disse nedbrydere er en forudsætning for, at veddets næringsstoffer igen bliver tilgængelige for planter (herunder træer) og andre organismer i skoven. Normalt sker der en succession af svampearter, når et træ dør, således at nogle arter er knyttet til det relativt friske ved, mens andre arter findes ved forskellige grader af nedbrydning. Tøndersvamp er typisk til stede på godt 80 % af væltede, døde bøgestammer i de første 10-15 år af nedbrydningsfasen (Christensen, 2001). En række svampearter må antages at være direkte afhængige af, at veddet først er nedbrudt af f.eks. tøndersvamp. Tilstedeværelsen af bestemte svampearter på døde bøgestammer er foreslået brugt som indikator på særligt værdifulde habitater for biodiversitet (Heilmann-Clausen & Christensen, 2000). På langt sigt skal naturskove ikke betragtes som potentielle smitekilder, men som værdifulde tilflugtsteder og habitater for en lang række svampe og andre organismer, som ellers ville have vanskeligt ved at klare sig i skoven.

7. Konklusioner

Dette afsnit indeholder de væsentligste konklusioner fra projektet opstillet punktvist.

7.1 Sporespredning

Tøndersvamps væsentligste sporekastningsperiode er i løbet af april-maj. Sporeproduktionen er standset om sommeren men genoptages med mindre styrke i efteråret (september-oktober).

Afskæring af store grene på bøg bør ikke udføres i april og maj, pga. smittefaren under den kraftige sporeproduktion. Barkskrab bør under alle omstændigheder undgås, men kan udgøre en særlig risiko i sporuleringsperioden.

Mængden af sporer, som kastes fra et tøndersvampangrebet træ, er proportionalt med porefladernes samlede areal, dvs. antallet og størrelsen af aktive frugtleger.

Ét træ med mange aktive frugtleger påvirker sporeniveauet lige så langt væk som en lille bøgebevoksning eller gruppe med flere angrebne træer.

Der kan måles en forhøjet sporekoncentration i umiddelbar nærhed af tøndersvampfrugtleger på bøgetræer i bevoksninger og på enkelttræer. De fleste sporer afsættes dog inden for de første 5-10 meter, således at kun 1/10 af de kastede sporer når længere ud.

Baggrundsporemængden er typisk 1 spore pr. m³ luft udenfor skoven og 5-6 sporer pr. m³ luft inde i skoven.

7.2 Smittebetinger

Så længe en bøgebevoksning er generelt sund, vil træerne blive ikke inficeret af tøndersvamp, uanset om de står nær allerede angrebne træer, f.eks. i form af urørt skov, naturskov eller enkelte træer med frugtleger.

Svækkede træer er modtagelige for angreb af tøndersvamp. Svækkelsen kan skyldes relativt "permanente" årsager som alder eller dårlige vokseforhold eller være af mere forbigående karakter som f.eks. tørke eller afløvning.

Kun i en zone på 10 meter direkte op til bevoksninger eller enkelttræer

med megen tøndersvamp kan der forventes øget risiko for smitte. For svækkede træer er risikozonen 50 meter.

Sårstørrelsen har tilsyneladende ikke særlig stor betydning for, om tøndersvamp kan etablere sig i stammen. Dette er i modsætning til den tidligere opfattelse af, at tøndersvamp fortrinsvis kom ind gennem store stammesår eller grenbrud.

Store barkskrab eller grenbrud kan give en svækkelse og samtidig være indfaldsvej for tøndersvamp.

Hvis tøndersvamps etablering lykkes, synes vednedbrydningen (og dermed værditabet) at forløbe hurtigt. Træet er således ofte symptomløst, indtil mange frugtlegemer på én gang bryder frem på stammen, som typisk knækker inden for et par år.

7.3 Betydningen af bevoksningsalder

Træers alder betyder meget for deres vitalitet og dermed også for, om et bøgetræ er særligt udsat for at blive angrebet. Den nedsatte vitalitet synes at indtræde omkring 135 år.

I bevoksninger under 135 år ses sjældent mere end 1 eller 2 angrebne træer pr. hektar, medmindre særlige forhold som dårlige vækstvilkår spiller ind.

Bevoksninger mellem 135 og 235 år har de kraftigste angreb af tøndersvamp, specielt når alderen kommer over 170 år.

Undersøgelserne omfatter kun få bevoksninger ældre end 235 år, hvilket hindrer sikre konklusioner. I gamle bevoksninger er det dog ikke usædvanligt, at mellem 10 og 20 % af træerne er angrebet af tøndersvamp.

7.4 Skovdrift

Hvis en bevoksning generelt er sund, er der ingen væsentlig risiko forbundet med tilstedeværelsen af træer med aktive tøndersvampfrugtlegemer, hverken enkelte træer i selve bevoksningen eller flere træer i en nabobevoksning.

Der er ingen grund til at udføre en generel sanering rettet mod tøndersvamp. I øvrigt er sanering typisk økonomisk urentabelt og i større løvskove umulig at udføre i praksis.

Ved en kortvarig svækkelse af bevoksninger under 135 år er det bedst at se tiden an. Risikoen for omfattende tøndersvampangreb er meget lille. Fældeskader skal undgås på de svækkede træer.

Ved langvarig svækkelse af bevoksninger, specielt dem over 135 år, tilrådes det hurtigt at skove de salgbare træer af bedst kvalitet, inden de angribes af tøndersvamp.

Kapitalopsparing i bøg bør kun ske i sunde bevoksninger, hvor skader fra skovning og færdsel med maskiner undgås. Svækkede eller tøndersvampangrebne træer bør fjernes. For bøg ældre end 135 år er der ud over problemet med rødmarv også risiko for angreb af tøndersvamp.

Tøndersvampangrebne træer kan udgøre en risiko for skovgæster, veje og bygninger. Angrebne træer, som er til fare for offentlige veje, skal fjernes eller topkappes. For færdsel inde i skoven har skovejeren intet formelt ansvar.

7.5 Fredninger

Støtte til fredning af enkeltræer bør målrettes i forhold til risikoen for angreb af tøndersvamp. Specielt bør der skelnes mellem bevaring af gamle træer og udpegning af træer til forfald.

Det må generelt anbefales at frede grupper af træer til forfald i gamle bevoksninger fremfor spredte enkeltræer. I yngre bevoksninger er dette af mindre betydning, specielt hvis omdriften ikke overstiger de gængse 120 år.

Der er ingen sammenhæng mellem, hvor længe en bevoksning har været urørt og antallet af tøndersvampangrebne træer. De hyppige forekomster af tøndersvamp i urørte bevoksninger opstår ikke, fordi smittede træer ikke fjernes, men fortrinsvis som følge af alderssvækkelse.

Tøndersvamp kan indvirke på levetiden af bøgebevoksninger udlagt til urørt skov, fordi disse arealer ofte består af ensaldrende og gamle træer.

Tøndersvamp er hovedsageligt en trussel mod meget gamle bevoksninger (ældre end 235 år) samt stærkt svækkede bevoksninger.

Når bevoksninger udlagt til naturskov opnår en mere naturlig struktur (formentlig efter 100-200 år), vil tøndersvamp indgå i en mere naturlig rolle.

Tøndersvamp har en positiv virkning på biodiversiteten i skov, både den forstligt drevne skov og i urørt skov.

Litteratur

Buchwald, N.F. (1930):

Tønder- eller Fyrsvampen (*Polyporus fomentarius* (L.) Fr.). Dens Naturhistorie, Historie og Anvendelse. Meddelelse fra Foreningen til Svampekundskabens Fremme, 4, pp 49-92.

Buchwald, N.F. (1938):

Om sporeproduktionens størrelse hos tøndersvampen, *Polyporus fomentarius* (L.) Fr.. *Friesia*, 2, pp 42-69.

Christensen, M. (2001):

Tøndersvampens rolle i den urørte skov. *Skoven*, 9, 408-410.

Dietzel, R. (1998):

Weissfäule der Buche durch den Echten Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) in nicht bewirtschafteten Altbeständen. Diplomarbeit. Fachhochschule Hildesheim/Holzminden Fachbereich Forstwirtschaft und Umweltmanagement. Göttingen. (upubl.)

Emborg, J., K. Hahn & M. Christensen (2001a):

Urørt skov i Danmark - status for forskning og forvaltning. Skovbrugsserien nr. 28. Skov & Landskab, Hørsholm, 69 s.

Emborg, J., Larsen, J.B., Raulund-Rasmussen, K. & Rune, F. (2001b):

Hvad er naturskov ? *Skoven* 6-7: 292-296.

Ferdinandsen, C. & Jørgensen, C.A. (1938/39):

Skovtræernes Sygdomme. Nordisk Forlag, København, 570 pp.

Grønning, J. & Lind, A.D. (2001):

Tøndersvamp i urørt naturskov og på træruiner - en trussel mod omgivende skov ? Bachelorrapport, KVL. Arbejdsrapport nr. 17, Afdelingen for Skovøkologi, Forskningscentret for Skov & Landskab.

Hartmann, G.; Unkrig, W. & Meyer, P. (1998):

Befalls- und Ausbreitungsmuster des Zunderschwamms im Naturwald Dreyberg. Ausschreibung als Diplomarbeit an der Fachhochschule Hildesheim/Holzminden Fachbereich Forstwirtschaft und Umweltmanagement. Göttingen. (upubl.)

Heilmann-Clausen & J., Christensen, M. (2000).

Svampe på bøgestammer - indikatorer for værdifulde løvskovslokalteter. *Svampe* 42: 35-47.

Jessen, B. & Buchwald, E. (1997a):

Særligt beskyttet naturskov lokaliteter i statsskovene. Bind 1 Øerne. Driftsplankontoret, Skov- og Naturstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet. København.

Jessen, B. & Buchwald, E. (1997b):

Særligt beskyttet naturskov lokaliteter i statsskovene. Bind 2 Jylland. Driftsplankontoret, Skov- og Naturstyrelsen, Miljø- og Energi ministeriet. København.

Koch, J. (1985):

Skovtræs sygdomme. DSR forlag. København. 214 pp.

Rostrup, E. (1883):

Fortsatte Undersøgelser over Snyltesvampes Angreb paa Skovtræerne. Tidsskrift for Skovbrug, 6: 199-300.

Rostrup, E. (1902):

Plantepatologi. Haandbog i Læren om Plantesygdomme. Det Nordiske Forlag. København, 640 pp.

Ryvarden, L. & Gilbertson, R. L. (1993):

European Polypores. Bind 1. Fungiflora. Oslo, 387 pp.

Skov, S. (2001):

Tøndersvamp. Sporespredning, biologi, udbredelse og skadevirkning. Specialerapport, AU. Arbejdsrapport nr. 16, Afdelingen for Skovøkologi, Forskningscentret for Skov & Landskab.

Skov, S. (2002):

Tøndersvamp. Ny viden om en velkendt svamp. SVAMPE, 45: 13-18.

Skov, S.; Thomsen, I. M. (2001):

Tøndersvamp - biologi og økologi. Skoven, 9: 400-403.

Thomsen, I. M. & Skov, S. (2001 a):

Tøndersvamp i bøgeskov - et problem eller en naturlig del af skoven ? Skoven, 9: 404-407.

Thomsen, I. M. & Skov, S. (2001 b):

Tøndersvamp - Kun et problem på gamle og svækkede træer. Videnblad 8.7-8. Skovbrugsserien. Forskningscentret for Skov & Landskab.

Thomsen, I. M. & Skov, S. (2001 c):

Ny viden om tøndersvamp. Videnblad 8.7-18. Skovbrugsserien. Forskningscentret for Skov & Landskab.

Thomsen, I. M. & Skov, S. (2001 d):

Skovdrift med tøndersvamp - Produktion og biodiversitet kan godt forenes. Videnblad 8.7-19. Skovbrugsserien. Forskningscentret for Skov & Landskab.

Summary

The presence of *Fomes fomentarius* on trees has previously been thought to pose a risk for healthy, valuable trees, leading to attempts to sanitize stands by removing visibly infected trees. Increasingly, old beech stands in Danish public forests have been exempted from management to create untouched areas left to nature. In addition, a number of old broadleaf trees are often left until dead and decayed when the surrounding forest is logged or regenerated, in order to promote biodiversity. Private forest owners have been encouraged to follow these examples. *F. fomentarius* is very common on old beech trees, and the increased presence of such trees and stands in Danish forestry raised the question of a possibly augmented threat to beech stands managed for wood production. The present study investigated the spore spread from *F. fomentarius* fruitbodies, the frequency of trees with fruitbodies in relation to stand age, and the impact of heavily infected beech stands on the surrounding beech forest. Measurement of spore spread was carried out with a new type of spore sampler designed for this purpose. Spore production peaked in April-May, ceased during summer, but resumed at lower levels in autumn and was again halted during winter. It was revealed that 90 % of spores are deposited within 5 m or at most 10 m from the source. The impact of a single tree or a group of trees with many fruitbodies was only significant up to 50 m away. Within this distance already weakened beech trees may be considered at higher risk of infection, a small wound in the bark being sufficient. However, the study also showed that severe attacks by *F. fomentarius* do not take place on healthy trees. Age seemed to be the most important factor influencing the ability of beech trees to withstand attacks by *F. fomentarius*. Thus stands up to 135 years of age rarely had trees with *F. fomentarius* fruitbodies, in average only 0,4 infected trees per ha. Older stands had an increasing number of trees with fruitbodies, in average more than ten times the amount found in stands within the normal rotation age for beech in Denmark. In very old stands 15-20 % of the trees could be visibly infected (5 infected trees per ha), and the fungus was clearly involved in the degeneration of the stand. It was concluded that *Fomes fomentarius* cannot be considered a general threat to healthy, managed beech forests in Denmark, but only a problem in stands weakened by other factors. Rather, trees attacked by the fungus may provide a much-needed habitat for many species of insects, fungi, birds and mammals. On the other hand, the conversion of previously managed, even-aged monocultures of old beech to more natural forest stands may be rendered more difficult by widespread attacks of *F. fomentarius*. Once the fungus is established in a weakened tree and has broken through sapwood and bark to produce fruitbodies, the tree may break within few years if exposed to wind, thus creating possible safety hazards for nearby roads. The fungus can persist on dead stems for at least 10 to 15 years, producing fruitbodies whose size depend on the substrate available. In Denmark even a large fruitbody is rarely more than 10 years old, and the age cannot be calculated directly from the number of pore layers.

Bilag 1:

Sammendrag af konklusionsafsnit fra Grønning & Lind, 2001

Baggrunden for naturskogsstrategien og kravene om en god og flersidig skovdrift skal blandt andet søges i vores natursyn. De sidste årtiers stigende velfærd og truende miljøproblemer har henholdsvis givet mulighed for og illustreret nødvendigheden af at sætte værdier som biodiversitet og øget mangfoldighed i fokus. Vores natursyn har således ændret sig fra at betragte naturen som et udelukkende produktivt element til også at indeholde rekreative, biologiske og æstetiske værdier. Som en konsekvens af dette er skove ladet urørt, og enkelttræer bevares til naturligt henfald. Natursynet er således bestemmende for den måde, vi forvalter naturen på, og i hvilket omfang produktionstab på bekostning af øget mangfoldighed kan berettiges.

I de urørte skove og på enkelttræer til forfald ses opformering af tøndersvamp. Der er i urørte skove fundet angreb på op til 18% af bevoksningstræerne. Til sammenligning er der i produktionsskove højst fundet 2% angrebne træer. Opformeringen i de urørte skove er betinget af den unaturlige alders- og artssammensætning, som findes her, da disse er levn fra tidligere tiders produktive skovbrug med ensaldrende monokulturer. Dette bevirker, at der i de gamle urørte skove er en høj koncentration af potentielle værtsplanter for tøndersvamp, hvorved en opformering kan finde sted. Det må således antages, at de urørte skove på et tidspunkt finder en naturlig tilstand og balance, hvor afstanden mellem angrebne træer, og dermed smittetrykket, mindskes.

I de omkringliggende produktionsskove er andelen af angrebne træer opgjort. Til den direkte observation af tøndersvampens angreb på produktionsbevoksninger, viser en fremgangsmåde med registrering af angreb indenfor 10 meter brede bæltter sig anvendelig. Det største problem ved denne metode er bevoksningspleje, hvor angrebne træer fjernes. Derfor må forsøg af mange års varighed tilstræbes.

På Lindet distrikt i Sønderjylland er der noget der tyder på, at opformeringen i de urørte skove har betydning for de omkringliggende produktionsbevoksninger op til en afstand af cirka 100 meter fra den urørte skov. Således er angrebshyppigheden negativt korreleret med afstanden til den urørte skov. På Sjælland har en sådan sammenhæng ikke kunnet konstateres. Dette skyldes formentlig, at svampen i de undersøgte områder ikke er i stand til at angribe træerne i produktionsskoven på grund af træernes væsentlig bedre sundhedstilstand. Forklaringen på, at den omtalte sammenhæng kun er påviselig på Lindet distrikt, skal derfor søges i de forhold, som bøgen vokser under på dette distrikt. Således bevirker den sandede jordbund formentlig en nedsat modstandskraft, der begunstiger tøndersvampens angreb. Det må derfor antages,

at først når træerne er svækkede, bliver det af betydning for antallet af angrebne træer, hvor tæt de er på en smittekilde.

Til beskrivelse af tøndersvampens spredning er der foretaget sporemålinger i forskellige afstande fra smittekilden. Sporemålingerne, der er foretaget i forskellige afstande fra de urørte skove og enkeltræer til forfald, bekræfter opgørelsen af frugtlegerer fra Lindet distrikt. På alle lokaliteter er en negativ sammenhæng mellem luftens indhold af sporer og afstanden til smittekilden registreret. Med stigende afstand til smittekilden sker der således et fald i luftens indhold af sporer. Resultaterne repræsenterer et udvalg af måletidspunkter, hvor sporekoncentrationen generelt har været høj. Derfor kan disse ikke benyttes til at sige noget om tøndersvampens gennemsnitlige spredning over en længere periode, men nærmere give et udtryk for tøndersvampens spredningspotentiale.

Ved de urørte skove er et markant forøget sporeindhold fundet i op til en afstand af 5 meter, og et forhøjet sporeindhold (i forhold til baggrundsporemængden uden for skoven) målt helt ud til 300 meter. For tøndersvampangrebne enkeltræer er sammenhængen lidt anderledes, da et markant forøget sporeindhold er fundet ud til 5 meter og et forhøjet sporeindhold kun 150 meter væk. I begge tilfælde er sporeniveauet dog allerede nogenlunde konstant efter 25-50 meter, og målinger på større afstande må formodes at afspejle påvirkninger fra flere sporekilder.

Bilag 2:

Sammendrag af konklusionsafsnit fra Skov, 2001

Tøndersvamps frugtlegemer er mangeårige robuste strukturer, der sporulerer i sammenlagt ca. 6 måneder med størst intensitet fra april til og med starten af juni og mindre intensivt fra midt i august til og med november. 80-90 % af friskfældede sporer er spiringsdygtige og spirer inden for et døgn på egnet substrat. Hyferne har en temperaturamplitude, der betyder, at de kan være aktive fra april til oktober/november. Denne periode dækker også de to sporuleringsperioder. Udfra frugtlegemernes placering over jorden er det sandsynliggjort, at tøndersvamp kan inficere gennem mindre sår på stammen og ikke kun gennem større grenbrud som hidtil antaget.

Sporer spredes fortrinsvis i vindens retning, men vind i skoven er meget omskiftelig. Spredningen må anskues som en transport ud i alle retninger fra en kilde. Vind er overordentlig afhængig af strukturen i bevoksningen. Således blæser den hyppigste vind fra randen og ind mod centrum af en bevoksning. Sporeantallet afhæng ikke af, om vinden blæste ud af bevoksningen eller ind mod den. Et stort antal frugtlegemer i én bevoksning er altså ikke årsag til en stor transport af sporer ud af bevoksningen. Vindstyrken afhænger også af skovstrukturen sådan, at det blæser svagest i tætte bevoksninger. Det betyder, at sporespredningen kan begrænses med tætte partier i skoven.

Tøndersvamps sporespredning følger et mønster, hvor det største fald i sporekoncentrationen sker indenfor 5 meter fra kilden, yderligere sker der et lille fald inden for de næste 5 meter. En meget stor del af tøndersvamps sporer udfældes altså i umiddelbar nærhed af kilden. Sporeniveauet på 10 meters afstand af kilden må forventes at være højere end baggrundsbelastningen, dog tyder den lille difference mellem 5 og 10 meter målingerne på, at sporekoncentrationen kun vil falde langsomt efter 10 meter. Den lille del af sporerne, der udgør baggrundsbelastningen, må forventes at blive spredt meget langt, og intet sted er helt uden inokulation. Antallet af infektioner nær kilder begrænses af svampens evne til at inficere værten, mens infektionsantallet langt fra kilder begrænses af inokulationen. Undersøgelsen giver ikke noget direkte mål for sammenhængen mellem infektionsrisiko og afstanden til nærmeste frugtlegeme, men kun 20% af de registrerede tøndersvampelokaliteter har over 50 meter til nærmeste nabo. Hovedparten af infektioner sker altså indenfor 50 meter fra nærmeste kilde. Tøndersvamp er således klumpvis fordelt sammen med de "potentielle værter".

En af de vigtigste informationer om tøndersvamps betydning som skadesvamp er, at tøndersvamp i Århuskovene stort set er begrænset til træer med en alder over almindelig omdriftalder på ca. 120 år. Tidligere tiders udnyttelse og bekæmpelse har ikke resulteret i udryddelse af tøndersvamp. Da den økonomiske rentabilitet af skovdrift i høj grad af-

hænger af arbejdsintensiteten, vil det være en unødigt økonomisk belastning at fjerne inficerede træer.

En øget hyppighed af tøndersvamp vil ikke ændre på, at det kun er mindre vitale træer, der inficeres. Selv i bevoksninger med mange frugtlegemer er der ingen tegn på, at yngre træer angribes. En øget hyppighed vil dog betyde, at flere træer kommer til at stå i nærheden af frugtlegemer og derved øges sandsynligheden for, at svækkede træer bliver inficeret. Den klumpvise fordeling af tøndersvampeangrebene tyder på, at der er større sandsynlighed for, at egnede værter vil blive inficeret i nærheden af sporekilder. Det regnes som en forudsætning for infektion, at der findes en skade i træets bark. Sådanne skader er ikke altid tydelige på inficerede træer. Derfor kan det konkluderes, at selv meget små skader giver tilstrækkelig indfaldsvej, således at det er træets vitalitet og ikke skadens omfang, der bestemmer om et træ kan inficeres.

På baggrund af undersøgelsen kan det konkluderes, at det er forsvarligt at have tøndersvampinficerede træer i nærheden af produktionsbevoksninger. Det forslige tab ved tøndersvampeangreb vil være begrænset til træer over normal hugstalter. Selv i skove med mange parceller over normal omdriftalder, og deraf følgende mange tøndersvampe, vil et minimalt antal træer under 130 år blive inficeret. Tøndersvamp vil end ikke inficere alle gamle og svækkede træer i dens nærhed. Tøndersvamp bliver således ikke en trussel mod den danske bøgeskov.

Naturskov bliver ofte udlagt i ensaldrede gamle bevoksninger, med en hurtig udbredelse af tøndersvamp til følge. I monokulturer har patogener rig lejlighed til at spredes optimalt i forhold til deres infektionsstyrke. Undersøgelsen indeholder ingen direkte resultater, der omhandler arts- og aldersstruktur i skove, men idet hverken unge bøge eller andre skovtræer bliver angrebet i betydelig grad, vil sporespredningen i en flerartet og/eller fleraldret skov blive væsentligt begrænset. Skovbryn og flere etager af træer vil begrænse gennemblæsningen, hvorved sporespredningen begrænses. Desuden vil en større del af sporerne lande på træer, hvor infektion ikke er mulig. Det er altså muligt at have parceller med mange tøndersvampe og samtidig begrænse sporespredningen.