

3

40-

TREFYSIOLOGI OG TREPLEIE

AV

PER ANKER PEDERSEN

INSTITUTT FOR DENDROLOGI OG PLANTESKOLEDRIFT

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

AS-NLH 1986

TREFYSIOLOGI OG TREPLEIE

AV

PER ANKER PEDERSEN

INSTITUTT FOR DENDROLOGI OG PLANTESKOLEDRIFT

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

AS-NLH 1986


FORORD

Dette er en semesteroppgave i et dr.scient.studium om grønt-anleggsplanter. Studiet gjennomføres ved Institutt for dendrologi og planteskoledrift ved Norges landbrukshøgskole under veiledning av professor Atle Håbjørg.

Oppgaven er en sammenstilling av litteratur som omhandler trefysiologi/anatomi og treets respons på mekanisk skade og råteangrep. Oppgaven er ment å danne et grunnlag for riktig beskjæring og riktig behandling ved mekaniske skader og råteskader. Selv om hovedvekten er lagt på teorien bak denne delen av trepleien, er det i den siste delen av oppgaven også gitt praktiske anvisninger.

Førstekontorfullmektig Marit Svensen har maskinskrevet oppgaven.

As-NLH, oktober 1986



Per Anker Pedersen

INNHOOLD

	Side
I INNLEDNING	4
II TREETS ANATOMI OG FYSIOLOGI	6
A. Vevstyper i greiner og stammer	6
1. Barken	7
2. Det vaskulære kambiet	7
3. Vedvevet	7
B. Transport av vann, mineralnæring og assimi- later i et tre	12
1. Hovedtrekk i transporten av vann og næring	12
2. Transport av vann og næring i stammens sideretninger	13
3. Transport i vedvevet hos spredtporete og ringporete arter	14
4. Vridd vekst	15
C. Arlig tilvekst i stamme og greiner	15
III TREETS REAKSJON PÅ MEKANISK SKADE	17
A. Sårreaksjon	17
1. Regenerering av skadd vev	17
a. Skade i barken og kambiet	17
b. Skade i veden	18
2. Indre avgrensing av skadd vev, CODIT- modellen	19
3. Mikrobiologisk aktivitet i skadd ved	20
4. Beskyttende soner	21
a. Reaksjonssonen	21
b. Barrieresonen	22
5. Sårøvergroing	24
a. Forløpet av sårøvergroingen	24
b. Betydningen av sårøvergroingen	24
B. Virkning av ulike faktorer på sårreaksjonen .	27
1. Arvelige egenskaper hos treet	27
a. Variasjon mellom arter	27
b. Variasjon mellom individer av samme art	29
2. Voksekraft og næringsstatus	29
3. Spesielle miljøfaktorer	31
4. Såringsstidspunkt	31
5. Sårrets plassering på treet	33
a. Geografisk retning	33
b. Høyde over bakken	34
c. Plassering av beskjæringsnett	34
6. Sårrets form	35
7. Sårstørrelse	36

	Side
8. Sårmidler	36
a. Virkning på sårovergroingen	37
b. Virkning på råte og spesielle sykdoms- organismer	38
c. Nytteeffekt av sårmidler - oppsummering	40
IV TREPLEIE	41
A. Beskjæring av trær	41
1. Arsaker til beskjæring	41
a. Forming av unge individer	41
b. Vedlikeholdsbeskjæring	42
c. Foryngelsesbeskjæring	42
d. Beskjæring for å oppnå spesiell fasong eller redusert størrelse	43
2. Beskjæringsteknikk	43
a. Utforming av sårflaten	44
b. Plassering av beskjæringssnitt	44
c. Sårbehandling	44
d. Beskjæringstidspunkt	46
B. Sikring og stabilisering av trær	46
1. Forhold som gjør sikring og stabilisering nødvendig	46
2. Mekanisk stabilisering	46
a. Bolting	47
b. Bardunering	48
c. Oppstøtting	49
C. Plombering	49
1. Hensikten med plombering	49
2. Plomberingsteknikk	50
IV LITTERATUR	51

I. INNLEDNING

Trær er et viktig innslag i grøntanleggene våre, i kulturlandskap og nærmiljø. Trær kan oppnå høy alder og store dimensjoner. Derfor er de viktige arkitektoniske elementer som kan fremheve eller myke opp store byggverk og danne varige strukturer i grøntanleggene. Trærne påvirker dessuten både klima og luftsammensetning.

Trær representerer store økonomiske verdier. I dag kan enkelte planteskoler levere relativt store trær som er 20-30 år gamle. Slike trær koster titusenvise av kroner. De store kjempene som har stått i parkene, langs veiene og i boligområdene våre i generasjoner kan imidlertid ikke kjøpes for penger og er uerstattelige.

For å ta vare på trærne våre er det utviklet skjøtselsrutiner basert på erfaring og forskningsresultater. Trærnes ve og vel har opptatt menneskene i årtusener. Allerede for 4000 år siden ble det utført behandling av sår på trær (BARTLETT 1935). Trepleie omfatter en rekke arbeidsoperasjoner som tillaging av plantebed, planting og oppstøtting, beskjæring, gjødsling, vanning og plantevern. Her vil en konsentrere seg om den delen av trepleien som omfatter beskjæring og behandling av mekaniske skader og råteskader.

Praktisk trepleie har for en stor del vært fundert på erfaring eller tradisjonelle "oppskrifter". De seinere åra har det imidlertid blitt forsket så mye innen emnet at det er mulig å utføre biologisk riktig trepleie på vitenskapelig grunnlag. HEPTING et al. (1949) undersøkte utbredelsen av råde i trær som følge av mekanisk skade og hans arbeider er fulgt opp av blant annet SHIGO & LARSON (1969) og SHIGO & MARX (1977). Sistnevnte forfattere presenterer en modell (CODIT-modellen) som viser hvordan treet kan avgrense eller isolere en skade ved hjelp av naturlige beskyttelsesmekanismer. Disse mekanismene er mer inngående studert av SHAIN (1967, 1971), EKMAN & von WEISSENBERG (1979), SHIGO & SHORTLE (1979), PHELPS & MCGINNES (1977), TIPPET & SHIGO (1980, 1981, 1981a), MOORE (1978), PEARCE & RUTHERFORD (1981) m.fl.

Det er også utført flere undersøkelser som viser at treet motstandskraft mot råde er genetisk kontrollert (GARRET et al. 1976, SHIGO et al. 1977, ECKSTEIN & LIESE 1979).

Utbredelsen av råde inne i treet er oftest ikke mulig å observere før treet kuttet ned og deles opp. Sårovergroingen er derimot lett synlig, og uttrykket "sårleging" brukes ofte synonymt med sårovergroing. Flere forfattere har imidlertid vist at sårovergroingen har liten sammenheng med utbredelsen av råde (SOLOMON & SHIGO 1977, SHIGO et al. 1977, LOWERTS & KELLISON 1981, GALLAGHER & SYDNOR 1983). Oppmerksomheten bør derfor i større grad rettes mot det som skjer inne i treet.

Når det gjelder den praktiske trepleien blir det her lagt vekt på nyere forskningsresultater. En del av de råd og vink som gis vil derfor ikke alltid samsvare med det som presenteres i eldre litteratur. Den praktiske metodikken er bare kort beskrevet. Dette er mer inngående behandlet i håndbøker av BROWN (1972), BRIDGEMAN (1976), PIRONE (1978), BOERNER & KOCH (1979) og HARRIS (1983).

II. TREETS ANATOMI OG FYSIOLOGI

For å kunne utføre skånsom og hensiktsmessig behandling av trær er det viktig å ha kunnskap om treets reaksjon på ulike inngrep. Ved beskjæring, trekirurgi eller vurdering av skade på trær er det nødvendig å vite hvilke funksjoner de ulike deler av treet har og hvordan disse funksjonene påvirkes. Som et grunnlag for praktisk trepleie gis det her en beskrivelse av noen hovedtrekk i trærnes anatomi og fysiologi med hovedvekt på greiner og stamme. I denne delen er det bare gitt litteraturreferanser til figurer, tabeller og spesielle undersøkelser. Det mer generelle stoffet er hentet fra lærebøker av FRIES (1973), KOZLOWSKI (1971) og ZIMMERMAN & BROWN (1974).

A. Vevstyper i greiner og stamme

Oppbygningen av stammen er vist i figur 1 og 2. Greinene har nøyaktig den samme oppbygningen.

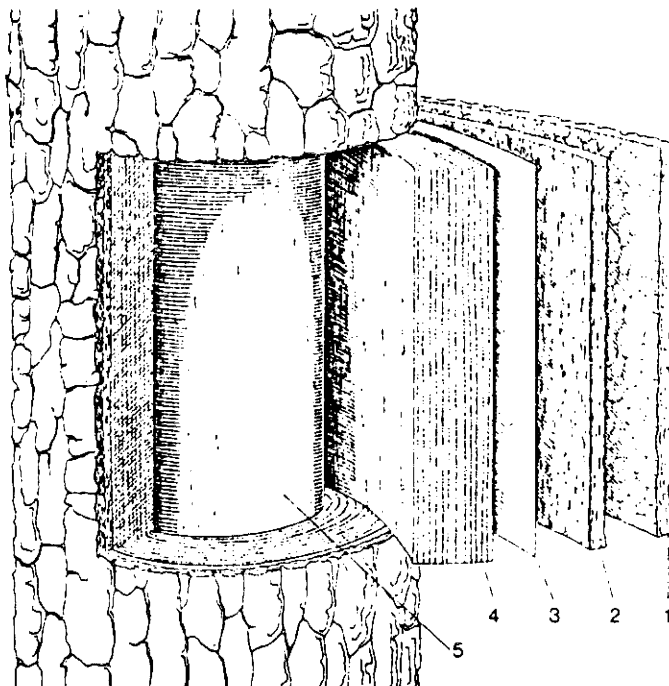


Fig. 1. Oppbygningen av en trestamme (BOERNER & KOCH 1979)
1 = ytterbark, 2 = innerbark, 3 = Vaskulært
kambium, 4 = yteved, 5 = kjerneved.

1. Barken

Barken utgjør det ytterste laget av stammen og avgrenses innover av det vaskulære kambiet. I praksis vil kambiet ofte følge med når barken flekkes av. Barken har viktige funksjoner som et beskyttende lag og som transportvei for næring i stammen. Det ytterste barklaget består av døde korkceller (fellem) som er dannet ved celledelinger i korkkambiet (felloget). Disse cellene impregneres etterhvert med suberin og gir svært god beskyttelse mot uttørking av underliggende vev. På innsiden av korkkambiet dannes fellodermen, og tilsammen utgjør disse tre vevstypene peridermen. Innenfor peridermen finnes parenkymatisk grunnvev (cortex) og silvev (floem). I silvevet transporteres organiske forbindelser som produseres i bladverket til forbrukssteder i røtter, skuddspisser og frukter. På figur 1 er barken delt inn i innerbark og ytterbark. Innerbarken består av den levende delen av silvevet. I blant regnes det vaskulære kambiet med til innerbarken, trolig fordi dette ofte følger med når barken flekkes av. Ytterbarken består av peridermen og vevet utenfor denne.

Hos dekkfrøete planter består silvevet hovedsaklig av silrør med følgeceller, mens det hos nakenfrøete består av silceller. I silvevet finnes dessuten parenkymceller som ofte er rike på opplagsnæring (fig. 3). Spesielle typer styrkevev kan også forekomme, f.eks. bastfibre hos lind.

2. Det vaskulære kambiet

For enkelthets skyld vil det vaskulære kambiet heretter bli kalt kambiet. Kambiet ligger innenfor silvevet og består av ett eller noen få celledag. Her foregår det hyppig celledeling i vekstsesongen med dannelse av silvev utover og vedvev innover.

3. Vedvevet

Innenfor kambiet finner vi vedvevet (xylemet) som utgjør hovedmassen i treet. Vedvevet har som oppgave å lede vann og næring og holde treet oppreist. Dessuten kan levende celler i yngre ved tjene som lagringssted for opplagsnæring. Vedvevet består hovedsaklig av døde celler som har evne til å transportere vann og næring inntil de blokkeres av gassblærer (emboli). I tillegg finnes vedfibre og levende parenkymceller. Parenkymcellene forekommer i margstrålene og spredt i veden og kalles henholdsvis margstråleparenkym og vedparenkym. Margstrålene er båndlignende strukturer med levende celler. Disse strukturene er radially orientert ut mot silvevet. Margstrålene har viktige transportfunksjoner og er lagringssted for næring.

Vedvevet har ulik oppbygning hos lauvtrær og bartrær (fig. 5 og 6). Hos lauvtrærne består ledningsvevet av vedrør som er sammensatt av mange enkeltceller, såkalte vedrørselementer, og skilleveggene mellom disse elementene er helt eller delvis brutt ned. Hos trær kan vedrøra bli flere desimeter lange. I tillegg består ledningsvevet av langstrakte separate celler som kalles trakeider (fig. 4.). Hos bartrær derimot består det

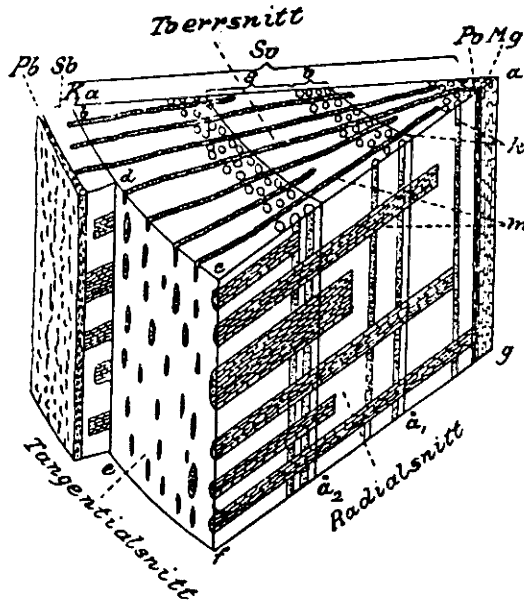


Fig. 2. Skjematisk framstilling av veden hos en 3-årig stamme av eik. Mg=marg, Pv=primær ved, SV=sekundær ved, Ka=kambium, Sb=sekundær bark, Pb=primær bark, v=vårved, s=sommerved, å₁ og å₂=årringgrenser, m=margstråler, k=kar. (MORK 1966).

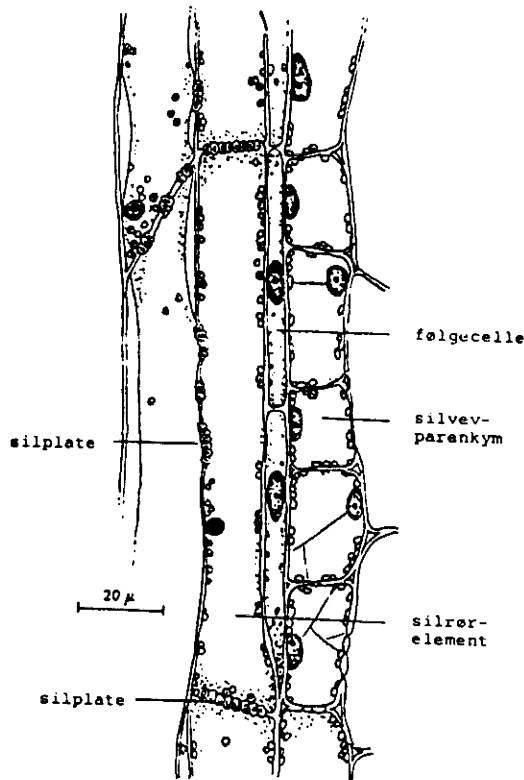


Fig. 3. Lengdesnitt gjennom silvev (FRIES 1973)

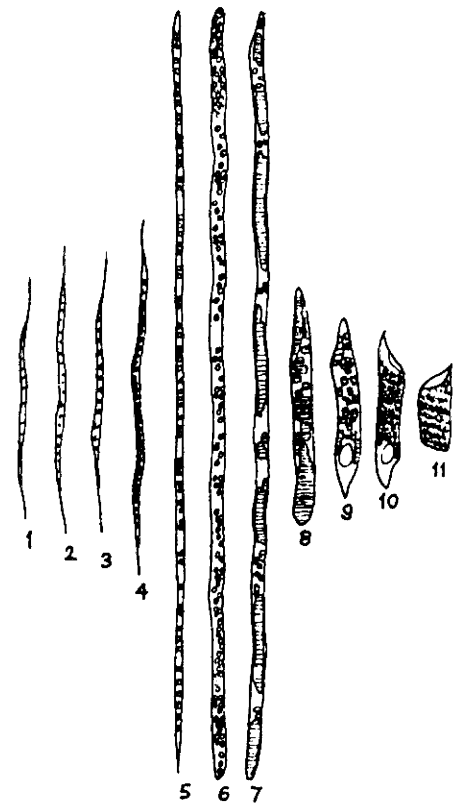


Fig. 4. Eksempel på xylemfibre (1-4), trakeider (5-7) og vedrørs-elementer (8-11). Vedrøra er sammensatt av mange vedrørs-elementer (FRIES 1973).

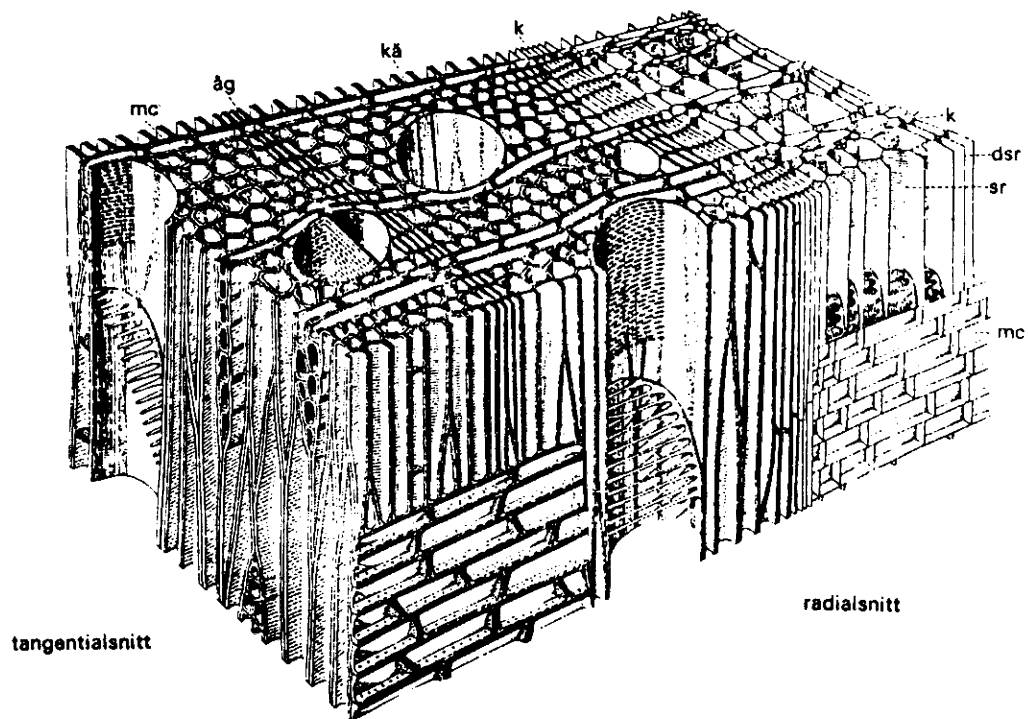


Fig. 5. Vedens anatomi hos bjørk. mc=margstråle- og kambiestråleceller, dsr=døde silrør, sr=silrør, f=følgceller, k=kambium, kå=vedrør, åg=årringgrense (FRIES 1973).

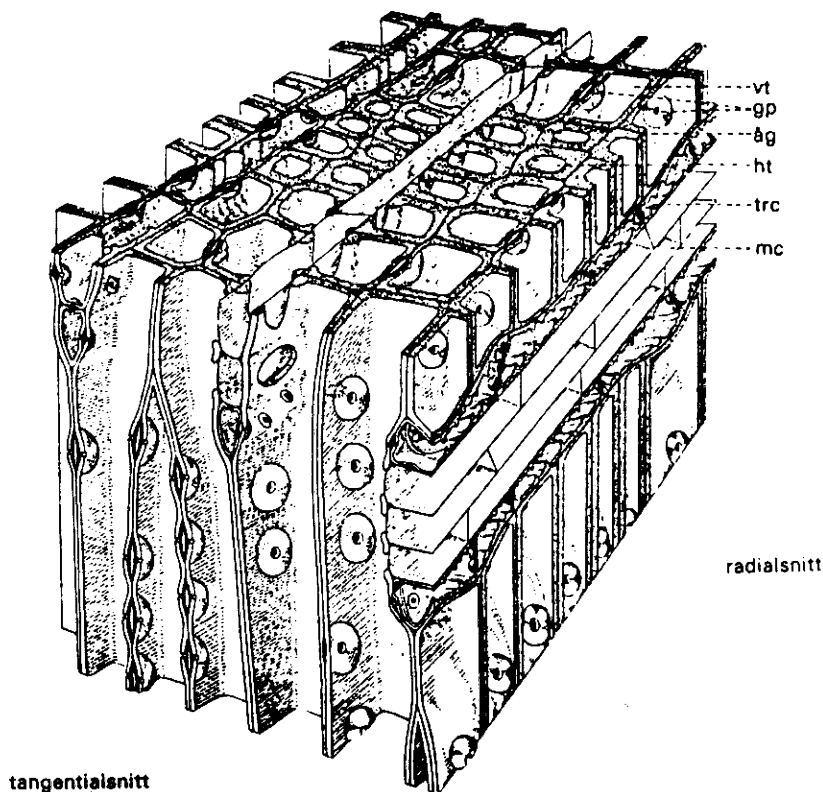


Fig. 6. Vedens anatomi hos furu. mc=margstråle og kambiestråleceller, trc=trakeidale celler, ht=høsttrakeider, vt=vårtrakeider, åg=årringgrense, gp=gårdporer (FRIES 1973).

vannledende vevet bare av trakeider som ikke danner sammenhengende rør, men hvor transporten går gjennom porer fra en trakeide til en annen. Vanntransporten i de fleste lauvtrær er derfor langt raskere enn hos bartrærne (tabell 2).

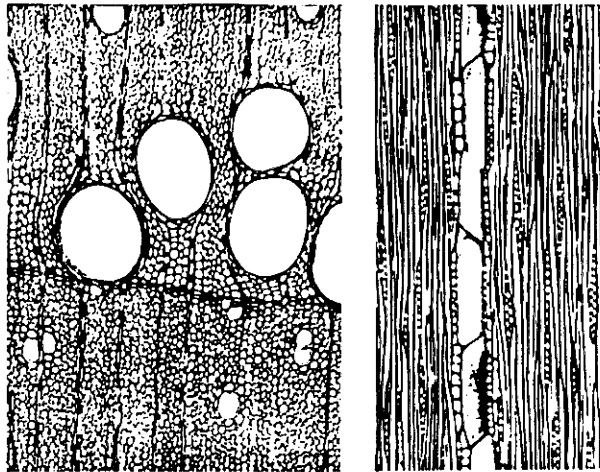
Lauvtrærne kan deles i ringporete og spredtporete arter (fig. 7). Hos ringporete arter (Quercus, Fraxinus, Ulmus, Robinia m.fl.) har de tidligst utviklede vedrøra om våren langt større diameter enn de som utvikles seinere i sesongen. Årringene er derfor svært tydelige. Hos spredtporete arter (Populus, Acer, Betula m.fl.) varierer diameteren på vedrøra lite gjennom sesongen og årringene blir mindre tydelige.

Den yngre delen av veden som inneholder levende parenkymceller og vannledende døde celler kalles yteved mens eldre ved med bare døde celler uten vannledende evne kalles kjerneved (fig. 1). Vedrøra i kjerneveden er ofte blokkert ved at vedparenkymceller har vokst seg inn i porene i vedrørselementene og dannet tynnveggete blåser (tyloser). Hos noen arter er kjerneveden langt mørkere enn yteveden og er ofte impregnert med antiseptiske stoffer. Tykkelsen på yteveden varierer sterkt mellom artene (Tabell 1).

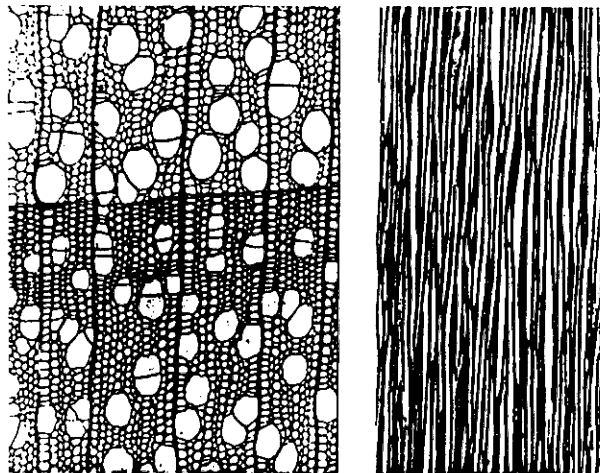
Tabell 1. Antall årringer i yteveden hos ulike treslag (etter SARGENT 1905)

Treslag		Antall årringer i yteveden
Catalpa speciosa	R	1- 2
Robinia pseudacacia	R	2- 3
Castanea dentata	R	3- 4
Juglans cinerea	S	5- 6
Prunus serotina	S	10- 12
Fagus grandifolia	S	20- 30
Populus tremuloides	S	25- 30
Acer saccharum	S	30- 40
Fraxinus anomala	R	30- 50
Acer saccharinum	S	40- 50
Betula nigra	S	40- 50
Betula lenta	S	70- 80
Fraxinus quadrangulata	R	80- 90
Pinus ponderosa	B	-200

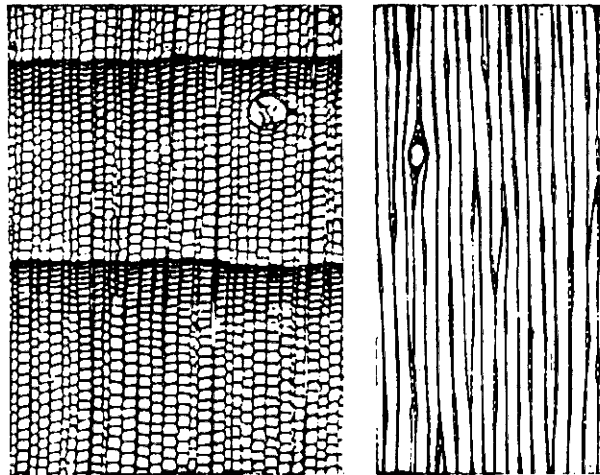
R = ringporete lauvtrær
 S = spredtporete lauvtrær
 B = bartrær



Fraxinus americana L.



Populus trichocarpa var. *hastata* Henry



Picea rubens Sarg.

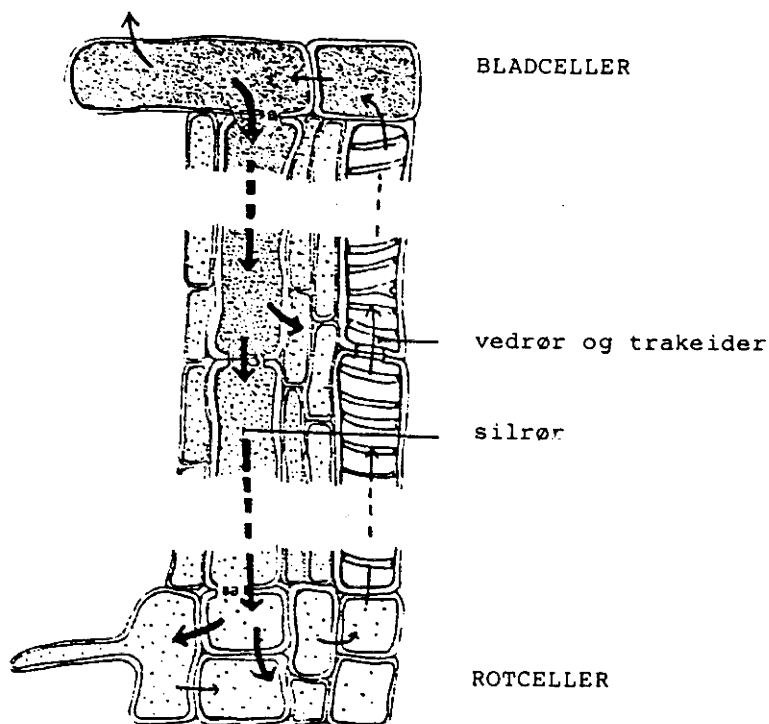
Fig. 7. Tverrsnitt og lengdesnitt av ved hos lauvtrær og bartrær (BROWN et al. 1949).

B. Transport av vann, mineralnæring og assimilater i et tre

1. Hovedtrekk i transporten av vann og næring

Det er svært vanskelig å måle fordampingen av vann fra ei trekrone. HOOVER (1944) oppgir transpirasjonen fra frittstående lauvtrær til 200-400 l pr. dag. Transpirasjonen varierer imidlertid sterkt mellom ulike arter. KRAMER & KOZLOWSKI (1979) presenterer data som viser at bjørk transpirerer seks ganger mer enn gran og dobbelt så mye som bøk. Vann inngår som byggestein i fotosyntesen og inneholder dessuten oppløst mineralnæring som inngår i biokjemiske prosesser. Hovedtransportveiene for vann og næring er vist i figur 8.

Fordampingen fra bladene fører til at det osmotiske potensialet i bladcellene senkes. Dermed trekker disse cellene vann fra vedvevet slik at det oppstår en oppadgående vanntransport i vedrøra eller trakeidene. Mineralnæring som transporteres inn i røttene ved diffusjon og aktivt opptak følger vannstrømmen til bladene hvor de inngår i produksjonen av av organiske forbindelser. Ved produksjonen av organisk materiale i bladcellene øker konsentrasjonen av oppløste stoffer og vann diffunderer fra vedvevet og inn i disse cellene slik at væsketrykket i cellene øker. Økningen i trykket medfører at vann med oppløste assimilater føres over i silvevet. Assimilatene transporteres så gjennom silvevet til ulike forbrukssteder i treet. Strømmen kan gå i begge retninger, enten utover til skuddspisser, evt. frukter i utvikling, eller nedover til rota.



—→ Transport av vann og uorganiske forbindelser
—→ Transport av assimilater

Fig. 8. Transporten i ledningsvevet ifølge Munchs hypotese. Tett prikking illustrerer høy karbohydratkonsentrasjon (etter FRIES 1973).

2. Transport av vann og næring i stammens sideretninger

Hovedtransporten går i treets lengderetning som beskrevet foran, men i tillegg skjer betydelig transport av vann, mineralnæring og organiske forbindelser i treets sideretninger.

Margstrålene transporterer næring i radial retning. Opplagsnæring lagres i margstrålene og vedparenkymet om vinteren og føres ut til kambiet ved vekststart om våren.

Vedrøra er hovedsakelig orientert i treets lengderetning, men kan ha noe ulik retning innen samme årring (fig. 9). Hvis disse ligger tett inntil hverandre kan vanntransport mellom vedrøra skje gjennom porer i vedrørselementene på samme måte som hos trakeidene. Dette gir derfor mulighet til betydelig transport i tangential retning. Dette er forklaringen på at et tre som får skåret stammen halvveis over på begge sider kan overleve hvis snittene legges i en viss avstand over hverandre.

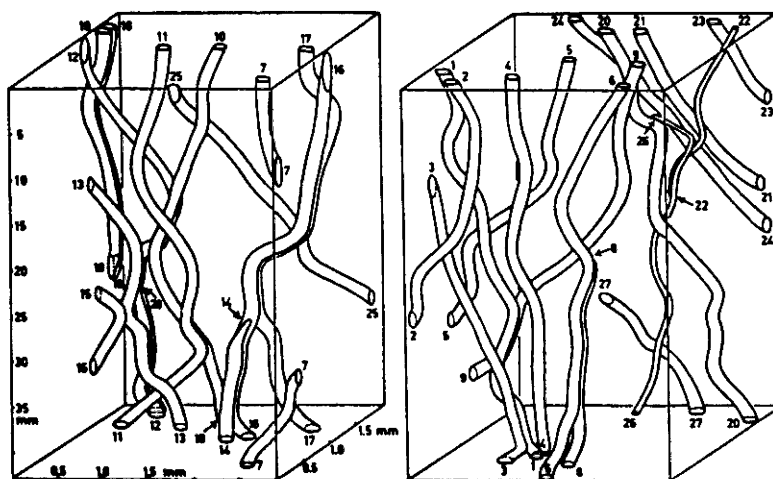


Fig. 9. Retningen til vedrør i et stykke ved. De enkelte vedrøra er delt i to blokker, slik at de kan illustreres tydeligere. Punkter hvor det kan skje transport fra et vedrør til et annet er angitt med piler (ZIMMERMAN & BROWN 1971).

På samme måte kan transporten foregå i tangential retning i silvevet. De enkelte silrøra har liksom vedrøra noe ulik orientering, og elementene i silrøra har kontakt via plasmastrenger (plasmodesmer) i endevegger og sidevegger. Hos stiklinger av pil er det påvist transport av sukker fra den ene siden av stammen over på motsatt side (PEEL 1964).

Ved en avgrenset skade i stamme eller greiner kan altså transport av vann, mineralnæring og assimilater skje langs nye baner utenom skaden.

3. Transport i vedvevet hos spredtporete og ringporete arter

Hos ringporete arter foregår det meste av vanntransporten i de store vedrøra som dannes om våren. Disse vedrøra er lange og har stor diameter. De leder vannstrømmen effektivt, (tabell 2), men er utsatt for blokkering fordi det dannes gassblærer. Dette kalles emboli. Blokkering skjer i løpet av vekstsesongen og vinteren, slik at vedvevets ledende evne er redusert til et minimum før neste vekstsesong. Isdannelse i vedrøra om vinteren gjør at det oppstår gassblærer. Noen av disse blærene kan løses opp i vannet igjen når isen tiner, eller så kan rottrykket som oppstår om våren føre til at vedrør og trakeider fylles opp med vann på nytt. Hos spredtporete lauvtrær og bartrær kan store deler av trestammen på denne måten opprettholde sin vannledende evne (tabell 1). De store vedrøra hos ringporete arter mister derimot sin ledende evne for alltid. For å kompensere for dette starter aktiviteten i kambiet hos ringporete arter tidlig om våren i forhold til tidspunktet for knoppsprett, slik at nytt vedvev dannes før bladene utvikles. Hos både ringporete og spredtporete trær starter den kambiale aktiviteten under de svellende knoppene og sprer seg nedover mot basis av treet. Hos ringporete arter skjer imidlertid denne spredningen meget raskt, mens den tar adskillig lengre tid (2 uker eller mer) hos spredtporete arter.

Tabell 2. Hastigheten på vanntransporten i vedvevet hos ulike treslag målt i brysthøgde midt på dagen (etter HUBER & SCHMIDT 1936, 1937 og FRIES 1973).

Treslag	Hastighet meter pr. time
<hr/>	
<u>Ringporete</u>	
Quercus pedunculata	43,6
Robinia pseudoacacia	28,8
Quercus rubra	27,7
Fraxinus excelsior	25,7
Ulmus effusa	6,0
<u>Spredtporete</u>	
Populus balsamifera	6,25
Tilia tomentosa	3,43
Acer pseudoplatanus	2,40
Alnus glutinosa	2,00
Betula verrucosa	1,60
Carpinus betulus	1,25
Aesculus hippocastanum	0,96
<u>Bartrær</u>	
Larix decidua	2,1
Pinus strobus	1,7
Picea abies	1,2
Tsuga canadensis	1,0
<u>Lianer</u>	150
<hr/>	

4. Vridd_vekst

De store vedrøra hos ringporete arter er lange og har liten kontakt i stammens sideretning. Vanntransporten går derfor parallelt med stammen fra rot til topp/grein eller spiralsnodd rundt stammen hvis treet har vridd vekst. Hos bartrær og spredtporete lauvtrær er vanntransporten mer kompleks fordi mer enn en årring deltar i vanntransporten. Veksten har vanligvis variert grad av spiralisering hvert år og dette fører til at de enkelte deler av krona stadig får kontakt med nye røtter. En skade i stammen vil derfor ha større konsekvenser for vanntransporten til krona hos ringporete trær enn hos bartrær og spredtporete lauvtrær. Følgende eksempel kan illustrere dette: Ved en flom i Nederland ble dreneringsgrøftene fylt med saltvann. Hos almetrær som vokste langs grøftene døde den delen av krona som vendte mot grøftene, mens den delen som vendte bort fra grøftene overlevde (RICHARDSON 1958).

C. Årlig tilvekst i stamme og greiner

Aktiviteten i stamme og greiner begynner før knoppsprett om våren. Veksthormoner transporteres fra knoppene nedover i kambiet som aktiveres slik at celledeling tar til. Kambiet danner så vedvev på innsiden og silvev på utsiden og dessuten forlenget margstrålene som gir forbindelse mellom silvevet og indre deler av stammen. Hos ringporete lauvtrær dannes det særlig store vedrør om våren, men hos bartrær og spredtporete lauvtrær dannes temmelig ensartet vedvev det meste av sesongen. Hos bartrær avtar tverrsnittet av trakeidene sterkt utover høsten, og hos lauvtrær avtar tverrsnittet av vedrøra eller antall vedrør reduseres mens antall tykkveggete vedfibre øker.

Det nydannede silvevet presser eldre silvev utover og trykker dette sammen. Vanligvis er det bare siste års silvev som har ledende funksjon. I ytterbarken dannes nye korkceller og fellodermceller fra korkkambiet. Hos noen arter fungerer det først dannede korkkambiet i mange år og barkoverflaten blir glatt (Abies, Betula, Fagus). Vanligvis dannes etterhvert nye korkkambier i grunnvevet eller eldre silvev innenfor barken. Barken sprekker så gradvis opp.

Årlig tilvekst i en trestamme benyttes ofte synonymt med uttrykket årring som vanligvis refererer til årlig tilvekst av vedvev. Den årlige tilveksten består i tillegg av silvev og kork samt noen få cellelag felloderm i barken. Det dannes altså flere typer årringer i barken hvert år, men de danner et mindre tydelig mønster enn i vedvevet (fig. 10).

Noe forenklet kan en si at det hvert år dannes et nytt tre utenpå det gamle som illustrert i figur 11. Den fysiologiske aktiviteten er først og fremst knyttet til de siste års tilvekst og hos enkelte arter er livsprosessen begrenset til den delen av treet som er utviklet de siste 2-3 årene (eks. Robinia pseudoacacia). Selv om de indre eldre delene av gamle trær er råtnet bort, kan den ytre levende delen fungere normalt.

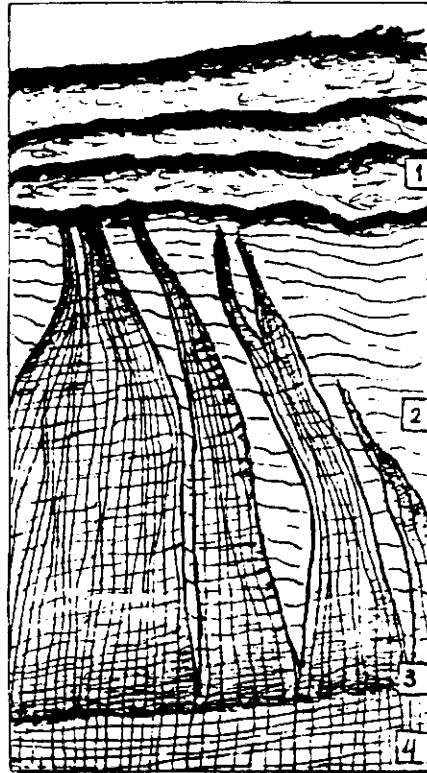


Fig. 10. Bark og del av siste årring hos Tilia americana. Den ytre døde barken (1) består av fire lag periderm og dødt silvev. Innerbarken (2) har levende silvev og margstråler. Kambiet (3) er synlig og siste årring (4). (Etter ZIMMERMAN & BROWN 1971).

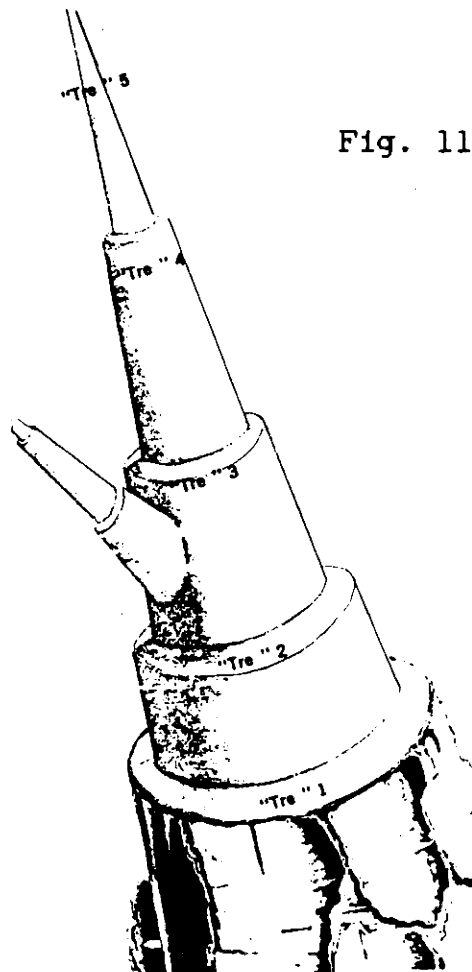


Fig. 11. Et tre består nærmest av flere trær utenpå hverandre. Hver årring kan betraktes som et tre. Det innerste treet er minst og eldst. (Etter SHIGO & MARX 1977).

III. TREETS REAKSJON PA MEKANISK SKADE

A. Sårreaksjon

Når et tre påføres et sår, vil det i vekstsesongen raskt skje fysiologiske endringer i det levende tilgrensende vevet. Når skaden skjer i levende vev kan treet reagere aktivt for å redusere omfanget. Sårreaksjonen og følgene av skaden vil imidlertid avhenge av hvilke vevstyper som er skadd, hvor stort såret er samt en rekke andre faktorer. Sårvergroingen er den delen av sårreaksjonen som er lettest å observere, men i tillegg skjer viktige endringer i vevet inne i treet.

1. Regenerering av skadd vev

Trær har evne til å regenerere skadd eller tapt vev ved at parenkymatiske celler differensierer og erstatter det ødelagte vevet. Cellene i kambiet og nydannet vev i kambiesonen har særlig stor evne til å regenerere (ZIMMERMAN & BROWN 1971). Hvis skaden fører til at dødt vev eller vev som inneholder få parenkymatiske celler blottlegges, vil ikke skaden leges ved regenerering. Isteden fører ny tilvekst til at såret gror over uten at det egentlig leges. Skaden vil fortsatt eksistere under den lukkede sårøverflaten.

a. Skade i barken og kambiet

Hos mange arter sprekker barken opp på eldre individer idet kork, korkkambium og nærliggende vev revner. Det dannes felter med nytt korkkambium innenfor det gamle og i kontakt med dette. Denne prosessen kan kort beskrives slik (HUDLER 1984): Silvev og felloderm nær eldre korkkambium svulmer opp og celleveggene blir tykkere. Det skjer opphopning av sopphemmede stoffer, og minst ett cellelag blir ugjennomtrengelig for væsker. Etter dannelsen av dette laget dedifferensieres underliggende felloderm og silvevsparenkym og danner et kappeformet nytt korkkambium i sammenheng med det gamle. HUDLER (1984) hevder at samme prosess inntreffer ved skader på korkkambiet. Ved skader i barken er altså trærne istand til å regenerere nytt vev. Dette er skjematisk illustrert i figur 12. Det er påvist dannelse av et ugjennomtrengelig cellelag ved skade i barken hos flere arter og dette laget antas å ha betydning ved angrep av patogener (MULLICK 1975).

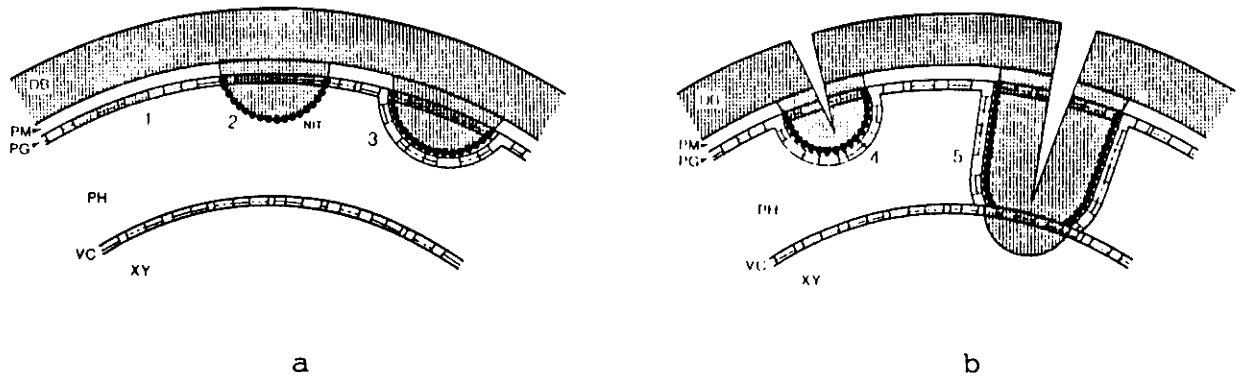


Fig. 12. Skjematisk tverrsnitt av tre med bark som sprekker opp (a) og tre som er påført skader i barken (b). Korkkambiet blir inaktivt (1), silvevet nær det inaktive segmentet akkumulerer toksiske substanser og et ugjennomtrengelig vev (NIT) dannes langs reaksjonssonen (2). Nytt korkkambium dannes fra silvevparenkymet (3). 4 og 5 viser skader i barken og veden.
DB = død bark, PM = felle, PH = silvev, VC = kambium, XY = vedvev, PG = korkkambium (etter HUDLER 1984).

I praksis er det vanlig at trær skades ved at barken flekkes av i større eller mindre felter. I slike tilfeller vil sårhelingen avhenge av hvilke vev som ødelegges når barken rives av og dette er igjen avhengig av tidspunktet skaden skjer. Vår og forsommer følger gjerne kambiet med når barken flekkes av, mens seinere i sesongen kan deler av eller hele kambiet bli sittende igjen på treet (ZIMMERMAN & BROWN 1971). Innenfor kambiet er bare få celledag av umodent vedvev samt margstråleparenkym istand til å regenerere vev. Ved som blir blottlagt på denne måten hos lauvtrær kan danne kallus på overflaten i løpet av kort tid hvis såret raskt dekkes med plast, slik at de levende cellene i overflaten ikke tørker ut. I dette kalluslaget dannes nytt korkkambium og kambium i tilknytning til de eksisterende kambier. NOEL (1968) har påvist dette hos tropiske treslag hvor det i tillegg ble brukt aluminiumsfolie for å holde det mørkt. I praksis bør derfor sår i barken dekkes med svart plast eller et dekkemiddel (se avsnitt III B. 8), umiddelbart etter at skaden har skjedd.

b. Skade i veden

Veden består for en stor del av døde celler og med unntak av noen få celledag inntil kambiet mangler den evne til å regenerere vev (ZIMMERMAN & BROWN 1971). Sårreaksjonen kan deles i to prosesser. Det skjer en indre avgrensning av misfarget eller råteangrepet vev, ifølge CODIT-modellen (SHIGO & MARX 1977). Samtidig dannes kallus fra kambiet langs kanten av såret. Kallus differensierer til nytt kambium og korkkambium, og såret

gror etterhvert over. Den nye veden legger seg som en kappe over såret uten å vokse sammen med såroverflaten (se avsnitt III 5a).

2. Indre avgrensing av skadd vev, CODIT-modellen

SHIGO & MARX (1977) har laget en modell for hvordan nedbrytningen av ved etter en skade eller sykdomsangrep avgrenses av naturlige "vegger" i treet. Modellen kalles CODIT (Compartmentalization of Decay in Trees). Modellen baseres på at treet har en sterk romlig oppdeling og at skade avgrenses som følge av denne oppdelingen. De ulike veggene er vist i figur 13 og beskrives slik: Vegg 1 utgjøres av blokkerte vedrør og trakeider. Denne veggen er utviklet i kjerneved, men er ufullstendig i uskadd yteved. Etter at skade inntreffer tettes imidlertid ledningsvevet igjen nær skadestedet. Hastigheten av denne tiltettingen avgjør omfanget av den vertikale utbredelsen av skadd vev. Vegg 2 utgjøres av de sist dannede cellene i hver årring og er kontinuerlig rundt hele treet. Vegg 3 dannes av margstrålene. Disse er ikke kontinuerlige hverken radially eller i treet's lengderetning. Margstrålene kan betraktes som plater av ulik størrelse. Den første årringen som dannes etter en skade har skjedd, utgjør vegg 4 som også kalles barrieresonen.

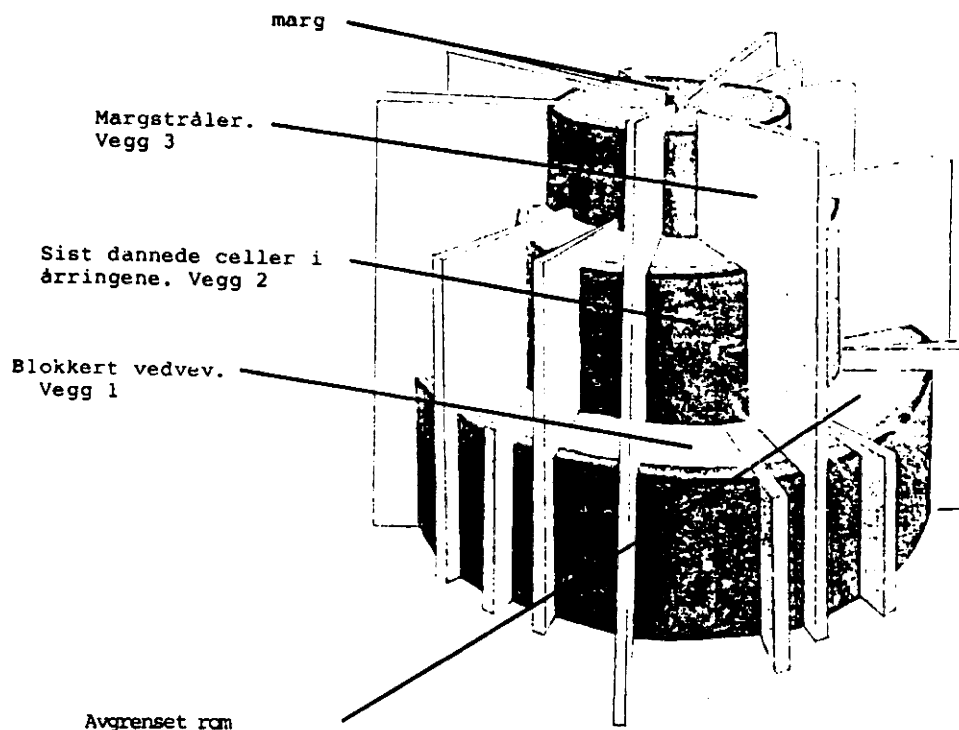
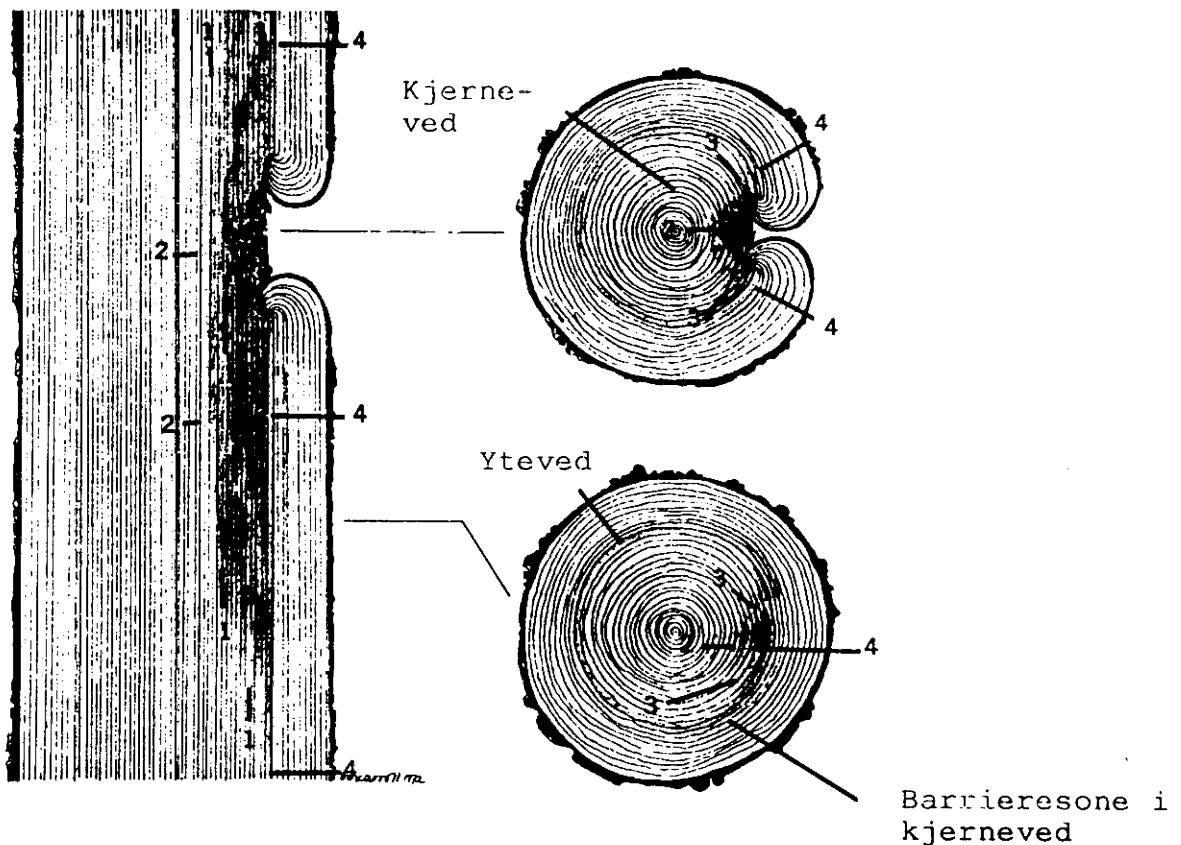


Fig. 13. Skjematisk illustrasjon av de ulike veggene i CODIT-modellen (SHIGO & MARX 1977).

Ved hyppig skade vil et tre stadig danne nye barrieresoner og i slike trær vil vegg 2 ofte være en gammel barrieresone. Barrieresonen dannes ikke over selve såret siden det ikke finnes noe kambium der (se fig. 14). De ulike veggene har svært forskjellig motstandskraft. Vegg 1 er den svakeste, deretter følger vegg 2 og 3, mens vegg 4 er den langt sterkeste.

Ved behandling av trær er det viktig at færrest mulig av disse veggene brytes, slik at skaden kan avgrensnes. SHIGO (1983) påpeker at en slik avgrensning av skade også har negative følger. Hvis store deler av treet isoleres, blir lagringsplassen for energi liten. Dessuten er selve prosessen energikrevende og tapper treet for ressurser. Avgrensningen er heller ikke absolutt, men kan brytes med tiden. Den indre avgrensningen eller innkapslingen av skade som CODIT-modellen beskriver omfatter både aktiv respons i treet levende vev og passiv motstand i levende eller dødt vev som er tungt nedbrytbart. Eksempel på avgrensning av skadd vev er vist i figur 14.



Veggene 1-4 er markert.

Fig. 14. Eksempel på avgrensning av råte etter såring av stammen (SHIGO & MARX 1977).

3. Mikrobiologisk aktivitet i skadd ved

Når et tre skades, vil det skje fysiologiske og anatomiske endringer omkring såret, men i tillegg startes en mikrobiell suksessjon hvor veden brytes ned og ulike mikroorganismer avløser hverandre. SHIGO & LARSON (1969) beskriver hovedtrekkene i denne prosessen slik:

1. stadium

Treet skades slik at celler drepes eller skades. Det skjer utveksling av gasser og fuktighet mellom cellene langs såret og omgivende luft. Dette starter kjemiske prosesser i disse cellene. Veden misfarges som følge av lufttilgangen eller dannelse av spesielle kjemiske forbindelser. Mikroorganismer er ikke involvert i denne prosessen, og misfargingen svekker ikke veden. Prosessen kan stoppe her hvis treet er friskt og såret ikke er for stort. Denne misfargingen bryter sjelden gjennom barrieresonen (vegg 4).

2. stadium

Mikroorganismer infiserer såret så snart skade har inntruffet. Organismene konkurrerer seg imellom, og av de overlevende er det bare de som kan gro på misfarget ved som kan vokse inn i såret. Disse pioner-organismene er bakterier og sopper som ikke fremkaller råte. Ved infeksjon av pioner-organismer øker fuktigheten, pH og mineralinnholdet i cellene, og celleveggene brytes delvis ned. Prosessen kan stoppe på dette stadiet.

3. stadium

Råtesopper (Hymenomyces) angriper og bryter ned celleveggene. Disse soppene angriper bare vev som først er angrepet av pioner-organismer. Nedbrytingen pågår inntil veden er fullstendig nedbrutt. Det endelige stadiet opptrer etter 40-50 år og er et hulrom som avgrenses av en hard, svart hinne. Prosessen kan stoppe på et hvilket som helst stadium avhengig av bl.a. mikroorganismenes vekstvilkår.

Basert på studier i tulipantre (Liriodendron tulipifera) og ambratre (Liquidambar styraciflua) har SHORTLE & COWLING (1978) antydnet en annerledes teori: Blant pioner-organismen i skadd vev finnes råtesopper som fremkaller misfarging, men som hemmes av denne prosessen. I tillegg finnes sopper som kan leve på frisk yteved, men som ikke fremkaller misfarging eller råte. Fenoltolerante, saprofyttiske sopper forblir i veden inntil veden avfarges. Da oppheves hemmingen av råtesoppene, slik at disse aktiveres og bryter ned veden.

4. Beskyttende soner

a. Reaksjonssonen

Etter at en skade har inntruffet, oppstår vanligvis en mørkfariget sone mellom levende og død ved som kalles reaksjonssonen og som har spesielle fysiologiske egenskaper. SHAIN (1967, 1971) har undersøkt reaksjonssonen i vanlig gran (Picea abies) og Pinus taeda ved angrep av rotråte (Fomes annosus). Reaksjonssonen utgjorde en front foran veden som var angrepet av sykdomsorganismer. Den dannes i eksisterende vev i motsetning til barrieresonen. Dannelsen av denne sonen er en uspesifikk reaksjon på mekanisk skade eller angrep av ulike sopper som medfører at parenkymatiske celler dør (SHAIN 1967, 1971). I denne sonen skjer oksydasjon og oppbygging av nye kjemiske forbindelser (EKMAN & VON WEISSENBERG 1979).

Det er påvist høyere innhold av enkelte mineraler i reaksjons-sonen (SHAIN 1971, SHIGO & SHORTLE 1979) og høyere lignininnhold (EKMAN & VON WEISSENBERG 1979). Sonen er svært fattig på stivelse (SHAIN 1971, STØSSER 1983). Det er funnet økt innhold av sopphekkende stoffer som også kan være kjemisk forskjellige fra de som finnes i normal yteved, og hos bartrær er det påvist opphopning av harpiks (SHAIN 1967, 1971, EKMAN & VON WEISSENBERG 1979, GREEN et al. 1981, SHORTLE 1979, STØSSER 1983).

Hos vanlig gran er det påvist at reaksjonssonen og ved med begynnende råte er mer motstandsdyktig mot råte enn uskadd yteved og kjerneved (SHAIN 1971). SHIGO (1982) hevder at slik ved under visse forhold kan være motstandsdyktig mot råte i lang tid, mens den under andre forhold kan være mindre motstandsdyktig enn normal yte- og kjerneved.

b. Barrieresonen

Den nye veden som dannes etter at treet er skadet er både anatomisk og fysiologisk forskjellig fra vanlig yteved. Denne veden danner en barrieresone som utgjør vegg 4 i CODIT-modellen. Barrieresonen dannes ikke bare ved mekanisk skade, men også ved angrep av ulike sopper (SHIGO 1979, TIPPETT & SHIGO 1980, 1981, 1981a). Dette er altså en uspesifikk forsvarsmekanisme. TIPPETT & SHIGO (1981) definerer barrieresonen som et beskyttende vev som dannes som respons på mekanisk skade eller infeksjon for å isolere død yteved fra det levende kambiet.

Barrieresonen er rik på parenkymatisk vev og har ofte abnormt utviklete og/eller tilstoppede vedrør og trakeider som også kan være mindre enn normalt (PHELPS & MCGINNES 1977, MOORE 1978, SHORTLE & COWLING 1978a, MUHLERN et al. 1979, TIPPETT & SHIGO 1980, PEARCE & RUTHERFORD 1981). Hos bartrær er det funnet særlig stor tetthet av harpikskanaler i barrieresonen (TIPPETT & SHIGO 1980) og høyt innhold av harpiks (EKMAN & VON WEISSENBERG 1979). I lerk (Larix laricina) er det funnet økt antall margstråler i barrieresonen (TIPPETT & SHIGO 1981a). Barrieresonen inneholder lite lignin (SHIGO 1983).

Ifølge TIPPETT & SHIGO (1981, 1981a) reagerer treet på skade ved å produsere store mengder parenkym i den nye veden. Disse parenkymcellene anrikes på stivelse som etterhvert erstattes med fenoler. Sonen er ofte tydelig og har gjerne noe mørkere farge enn normale årringer (fig. 15). TIPPETT & SHIGO (1981a) fant at den beskyttende delen i barrieresonen i røtter hos bartrær angrepet av honningsopp besto av tangentielle band av parenkymatisk vev og harpikskanaler. PEARCE & RUTHERFORD (1981) fant at den beskyttende effekten av barrieresonen i eik skyldtes suberinisering av parenkymceller som dermed yter stor motstand mot sopp. Tilsvarende mekanisme er ifølge PEARCE (1982) også funnet hos bøk (Fagus silvatica) og pil (Salix fragilis).

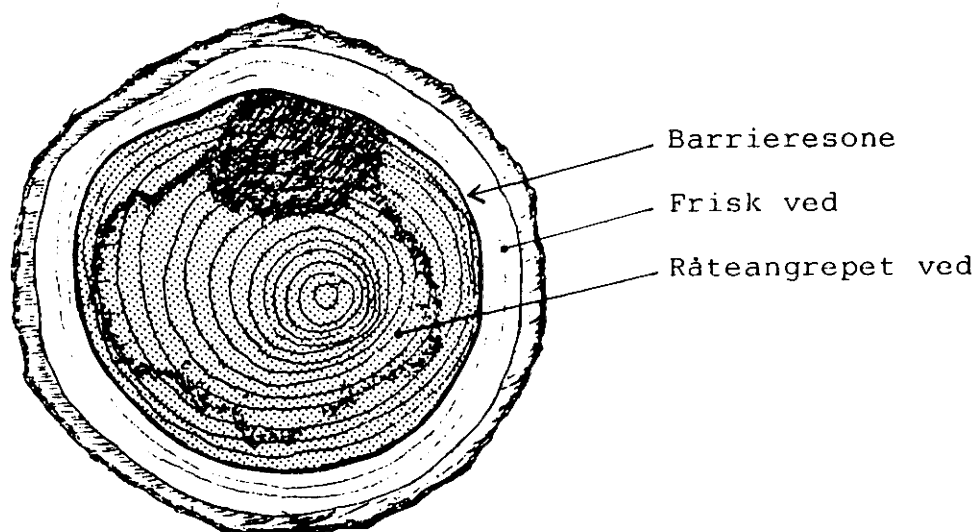


Fig. 15. Barrieresone i rot av hemlokk som er angrepet av honningsopp (*Armillaria mellea*). Barrieresonen begrenser spredning av råte utover (tegnet etter TIPPETT & SHIGO 1981a).

Ifølge CODIT-modellen brer barrieresonen seg rundt stammen og sørger dermed for at råten ofte kan begrenses til den delen av treet som eksisterte da skaden skjedde. MOORE (1978) fant imidlertid at de anatomiske endringene var begrenset til mindre enn halvparten av stammeomkretsen og PEARCE & RUTHERFORD (1981) fant at suberinisering bare skjedde over soppinfisert ved. PHELPS & MCGINNES (1977) fant også begrenset utbredelse av anatomisk avvikende vev, men antyder at det i tillegg til anatomiske endringer nær såret også kan skje kjemiske endringer langs omkretsen av treet.

Undersøkelser av MUHLERN et al. (1979) tyder på at barrieresoner er begrenset til en årring. De fant imidlertid redusert ledningsevne også i veden som ble dannet seinere. Undersøkelser av TIPPETT & SHIGO (1981) og EKMAN & VON WEISSENBERG (1979) tyder på at sårreaksjonen kan føre til kjemiske og fysiske endringer også i veden som dannes seinere år.

Selv om dannelse av barrieresoner er livsviktige for trærne fordi kambiet beskyttes, har det også visse negative effekter. Barrieresonene vil delvis blokkere transporten av vann og næring i den nydannede veden. Denne veden er dessuten svak mot mekaniske og termiske påkjenninger på grunn av den spesielle kjemiske sammensetningen og anatomiske strukturen (SHIGO 1983).

5. Sårøvergroing

a. Forløpet av sårøvergroingen

Et beskjæringssår eller større skade på et tre vil blottlegge vedvev som har liten eller ingen evne til å regenerere. Overgroingen vil starte med kallusdannelse fra de intakte delene av kambiesonen langs kanten av såret (figur 16, 17). Siden sårøverflaten består av døde celler (vedrør, trakeider og uttørket parenkym) vil det nydannede vevet legge seg som en kappe over såret uten å gro sammen med sårøverflaten. Overgroingen skjer fra kanten av såret og inn mot sentrum. De ytre celledagene av kallusen suberiniseres og danner et beskyttende lag. I tilknytning til eksisterende kambium og korkkambium differensieres nye kambier i kallus, og nytt vedvev, silvev og kork dannes i fortsettelsen av de eksisterende vev (ZIMMERMAN & BROWN 1971, NEELY 1979). Kallusvekst med påfølgende differensiering skjer til såret lukkes og vanlig årringdannelse tar til.

GRITTNER (1970) fant at sårøvergroingen hos frukttrær alltid startet på oversiden av såret og deretter langs sidene. Overgroingen skjer raskest på sidene av såret. Årsaken til dette antas å være at tilgangen på næring fra silvevet er størst langs sidene (ZIMMERMAN & BROWN 1971). Såret får dermed etterhvert en elliptisk form. Forskjellen i overgroingen på sidene og øvre og nedre ende øker med sårstørrelsen, slik at store sår blir mer elliptiske enn små (WOOD 1980).

Tilveksten av kallus er vanligvis større enn tilveksten av ved i årringene. WOOD (1980) fant at kallustilveksten hos sommer-eik og platanlønn var henholdsvis 2,5 og 2 ganger så stor som tilveksten av ved.

Hos flere treslag er det påvist mindre overgroing 1. året etter såring enn 2. og 3. året (GRITTNER 1970, SOLOMON & BLUM 1977, NEELY 1983). Dette skyldtes at deler av kambiet døde bort langs såret, slik at sårøvergroingen ble forsinket.

b. Betydningen av sårøvergroingen

Uttrykket sårheling eller leging av sår brukes ofte synonymt med overgroing av sår. I praksis er det sjelden at tapt eller ødelagt vev regenereres, i allefall ved større skader. Virkningen av en skade i veden reduseres ved at det dannes ny ved utenpå den gamle og overtar den gamle vedens funksjoner.

Det viktigste for treet er at den nedbryting av veden som følger etter en skade avgrenses i forhold til gammel og ny ved. Treets evne til effektivt å avgrense misfarging og råte har imidlertid vist seg å ha liten sammenheng med evne til rask sårøvergroing (SOLOMON & SHIGO 1976, SHIGO et al. 1977, LOWERTS & KELLISON 1981, SHIGO 1982, GALLAGHER & SYDNOR 1983). Selv om et sår raskt gror over, kan de indre skadene i treet være store. Den indre sårreaksjonen med avgrensning av skaden og den ytre sårreaksjonen i form av overgroing er altså to uavhengige prosesser. Råten stopper sjelden selv om såret lukkes fordi det er god tid til infeksjon og det er liten sammenheng mellom

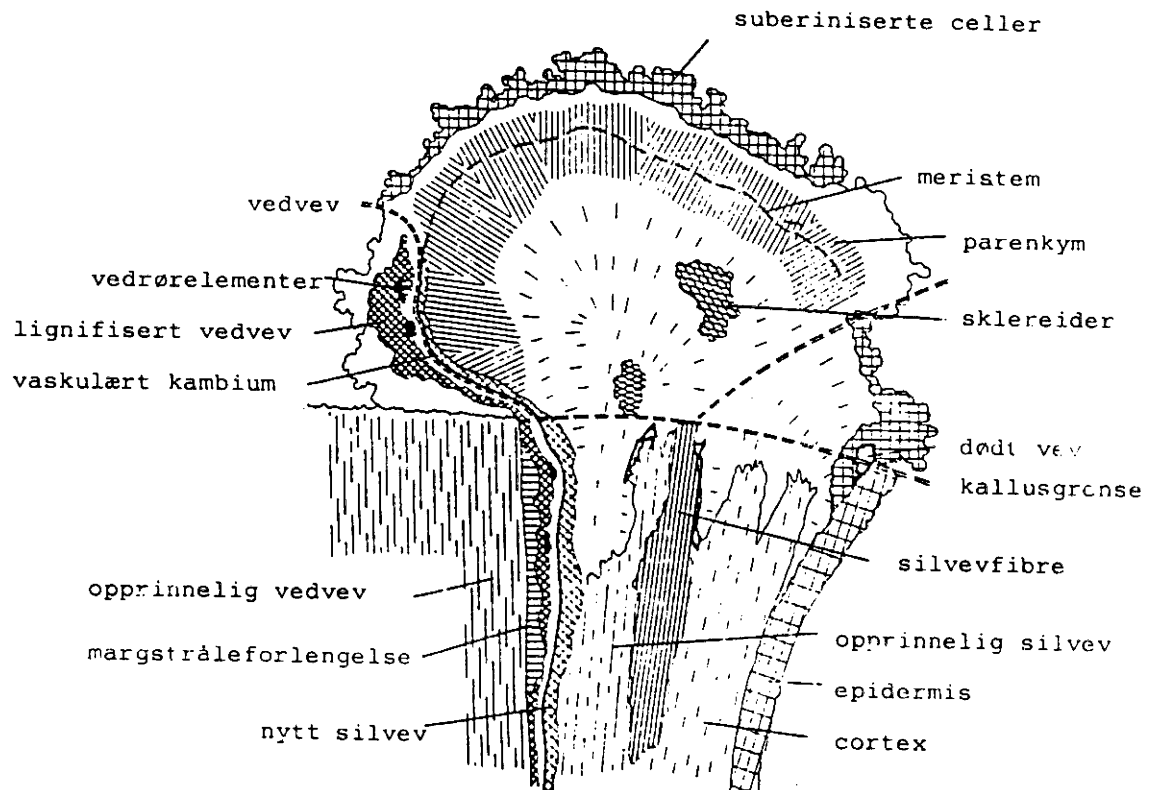


Fig. 16. Lengdesnitt gjennom kallus langs kanten av et sår hos Fraxinus excelsior (etter DOOLEY & LEYTON 1970).

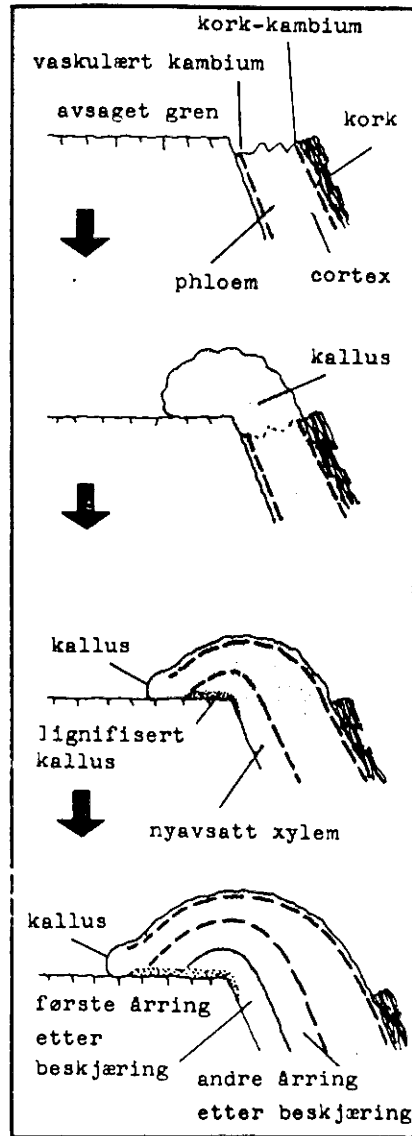


Fig. 17. Forløpet av sårovervoksingen (SANDBERG 1983).

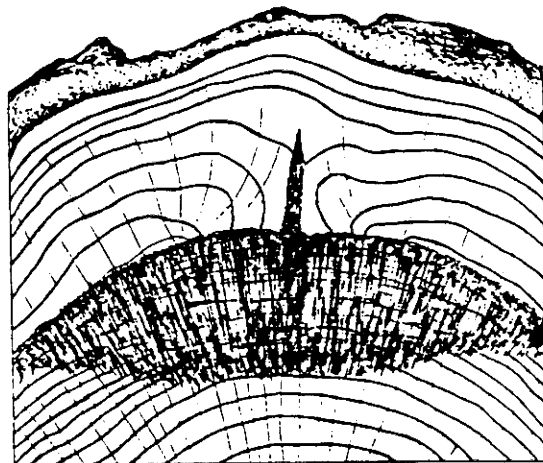


Fig. 18. Eksempel på stammesår som har grodd igjen (etter SHIGO 1985).

sårlukking og hyppighet av råtesopper. MERCER et al. (1983) refererer imidlertid upubliserte resultater som tyder på at mengden råtesopper i såret avtar etter sårlukking pga. anaerobeforhold. God sårovergroing er viktig for å opprettholde treets fysiske styrke. Dessuten blir treets useende bedre.

B. Virkning av ulike faktorer på sårreaksjonen

Treets reaksjon på skade vil variere med hvor, hvordan og når skaden skjer, omfanget av skaden, ytre miljøfaktorer og treets egenskaper. MERCER (1979) gir en kort oversikt over forskningsresultater som viser effekten av ulike faktorer på kallusvekst og utbredelse av råte. Denne oversikten viser at det er betydelig uenighet på enkelte områder og at det mangler informasjon om viktige problemstillinger.

1. Arvelige egenskaper hos treet

Trær har ulik evne til å motstå virkningene av en mekanisk skade. En skade som gir omfattende råte i et tre gir kanskje bare begrenset misfarging i et annet. En del av denne variasjonen kan skyldes at trærne har ulike arveanlegg. Slik genetisk variasjon kan deles inn i variasjon mellom ulike arter og variasjon mellom ulike individer av samme art. Vegetativt formerte genetisk like individer kalles en klon. Variasjonen i en klon er ikke genetisk betinget, men skyldes ulik miljøpåvirkning.

a. Variasjon mellom arter.

Artsforskjeller i sårreaksjon er påvist i en rekke undersøkelser. Artene har ulik evne både til indre avgrensning av skade og overgroing av sår. HEPTING et al. (1949) undersøkte omfanget av misfarging og råte som følge av boring i stammen. Spredtporete arter var særlig utsatt for råte og ble dessuten angrepet av kreft. Uttak av årringprøver gjorde svært liten skade hos arter som weymouthfuru (Pinus strobus) og Quercus alba, men gjorde betydelig skade hos arter som gulbjørk (Betula lutea) og papirbjørk (B. papyrifera). McQUILKIN (1950) fant at sår hos furuarter gror seint, men at det sjelden skjer vevsdød og soppangrep fordi såret dekkes med harpiks.

En undersøkelse av gamle sår på trær i leplantinger viste at platanlønn og eik hadde ca. 3 ganger så god sårovergroing som bøk (figur 19). Helsetilstanden i sårene var best hos platanlønn og dårligst hos bøk. Store artsforskjeller i hastigheten til sårovergroingen selv etter korreksjon for treets tykkelsesvekst, ble påvist av NEELY (1983) (tabell 3).

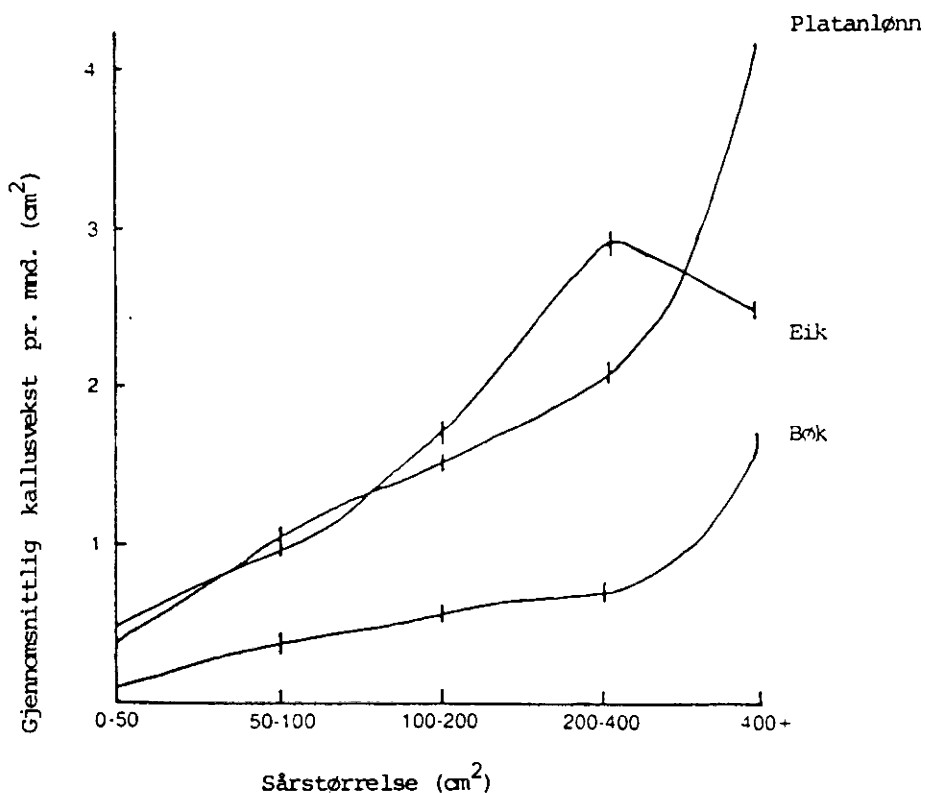


Fig. 19. Hastigheten til kallusdannelsen hos tre lauvtrearter (WOOD 1980).

Tabell 3. Sårøvergroing og tilvekst i stammediameter hos ulike lauvtrær (NEELY 1973).

art	diameter-tilvekst (mm)	kallusvekst/tilvekst (mm/mm)
Acer rubrum	13,2	4,0
Ulmus americana	14,2	3,7
Liriodendron tulipifera	20,3	3,0
Quercus palustris	19,1	2,9
Fraxinus americana	14,2	2,8
Gleditsia triacanthos	15,8	2,6

TATE (1984) undersøkte stammeråte i parktrær og fant i likhet med WOOD (1980) at platanlønn var sterk mot råte. Det ble påvist store artsforskjeller selv innen samme slekt. Hos eik varierte andelen av råteangrepne trær fra 5,4 % hos Quercus palustris til 43,8 % hos Q. cerris. PHELPE & MCGINNES (1977) fant at Quercus alba var langt sterkere mot råte enn Q. velutina. Det antydes at forskjellen kan skyldes ulik utbredelse og mengde abnorme celler i barrieresonen og ulik hyppighet av tyloser i kjerneveden.

b. Variasjon mellom individer av samme art.

Genetisk variasjon mellom individer av samme art gjør det vanskelig å rangere artene etter evne til å tåle mekaniske skader. Denne variasjonen gjør det imidlertid mulig å selektere ut typer som er særlig velegnet i bymiljø hvor hyppig mekanisk skade reduserer trærnes pryddverdi og levetid. Genetiske studier av poppel (*Populus deltoides*), ambratre (*Liquidambar styraciflua*) og tulipantré (*Liriodendron tulipifera*) tyder på at sårlukkingshastighet og evne til indre avgrensning av misfarging er arvelige egenskaper. GALLAGHER & SYDNOR (1983) fant stor variasjon mellom kultivarer av rødlønn (*Acer rubrum*) både med hensyn til sårovergroing og indre avgrensning av misfarging. Enkelte kultivarer hadde dobbelt så rask sårlukking som andre. Den vertikale utbredelsen av misfarging varierte fra 2,0 til 7,0 cm. Hos hybridpoppel (*Populus deltoides* x *P. trichocarpa*) er det funnet store forskjeller i indre avgrensning av skade hos ulike kloner (GARRET et al. 1976, ECKSTEIN & LIESE 1979, SHIGO et al. 1977). Hovedtypene er vist i figur 20. Evnen til indre avgrensning var knyttet til anatomiske forskjeller. Veden hos individer med sterk avgrensning inneholdt mye parenkym, men få vedrør og vedfibre sammenlignet med individer med svak avgrensning av skaden. Vedrøra var dessuten små og årringgrensene var tydelige (figur 21). Dette gjør det mulig å velge ut resistente individer på grunnlag av anatomiske egenskaper.

2. Voksekraft og næringsstatus

Tilveksten hos et tre har nær sammenheng med treets arvelige egenskaper, helsetilstand og næringsstatus, men er også sterkt påvirket av klima og jordbunnsforhold. Tykkelsestilveksten har stor betydning for hvor raskt sårovergroingen skjer. NEELY (1970) undersøkte 3 arter lauvfellende trær og fant at hastigheten av sårovergroingen var direkte korrelert med tykkelsestilveksten, slik at økt tykkelsestilvekst gav raskere sårlukking. Rasktvoksende arter gav rask sårlukking. Sårovergroingen målt pr. enhet tykkelsestilvekst har imidlertid vist variasjon mellom artene (NEELY 1973, 1983). Hos kultivarer av rødlønn (*Acer rubrum*) er det funnet god sammenheng mellom sårovergroing og skuddtilvekst (GALLAGHER & SYDNOR 1983).

Treets voksekraft har også betydning for den indre avgrensningen av en skade. LOWERTS & KELLISON (1981) fant at hos 18 år gamle tulipantrær (*Liriodendron tulipifera*) var store trær mindre utsatt for misfarging og råte enn små og konkluderer med at livskraft målt ved tilvekst i høyde og diameter er den faktor som har best sammenheng med resistens mot slike skader.

Næringsinnholdet i treet påvirker tilveksten og dermed sårovergroingen. McQUILKIN (1950) fant en økning i kallus på inntil 66 % ved gjødsling av skogstrær. Nitrogen gav størst virkning. Næringsstoffene ser også ut til å ha en mer spesifikk virkning. GALLAGHER & SYDNOR (1983) fant at høgt næringsinnhold (Zn, Fe, K, P) i kallus hos rødlønn (*Acer rubrum*) gav raskere overgroing. Sinkinnholdet hadde størst virkning, deretter fosforinnholdet.

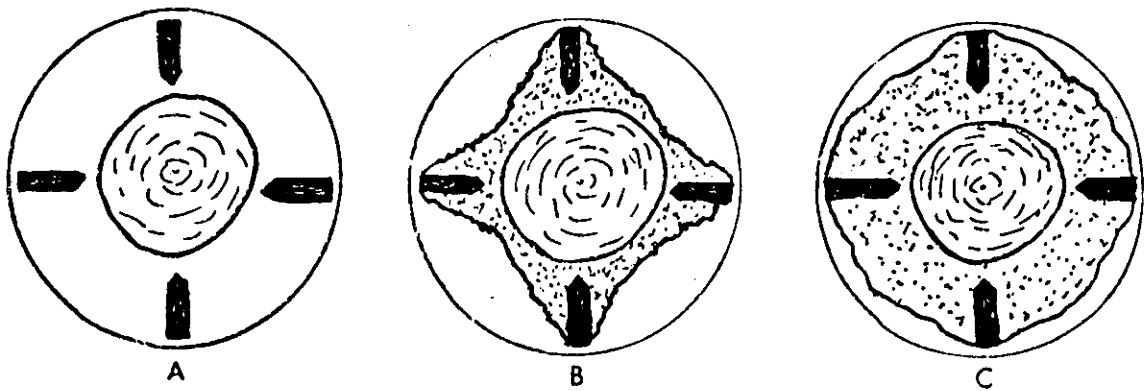
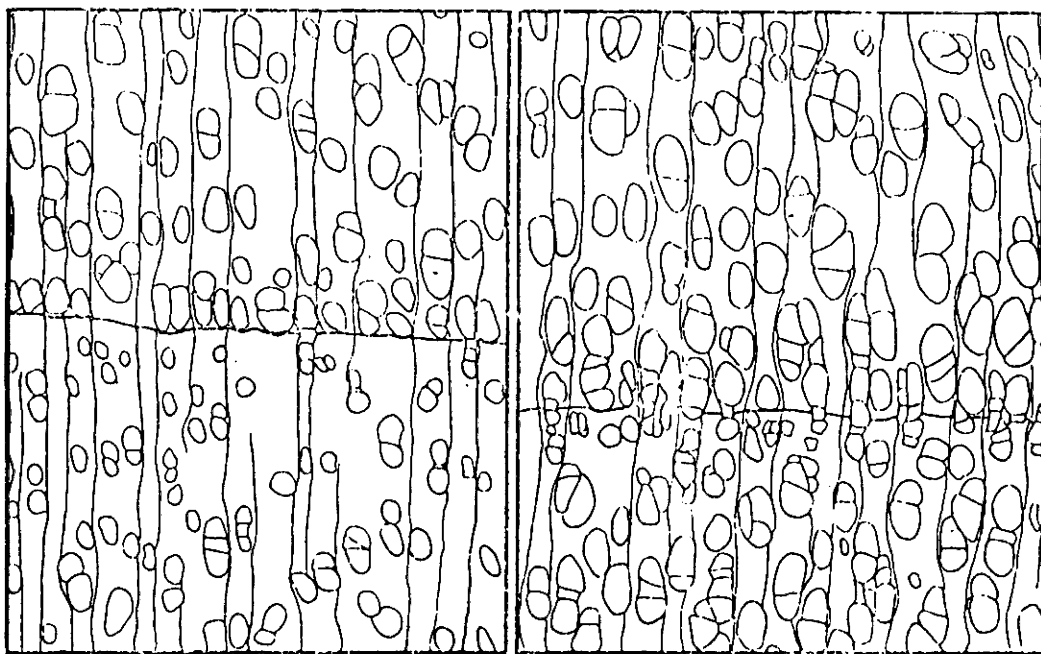


Fig. 20. Variasjon i avgrensning av skade hos ulike kloner av hybridpoppel. (A) Sterk avgrensning; bare vev som ble skadet av boret ble misfarget og den vertikale spredningen var liten. (B) Svak avgrensning. (C) Svært svak avgrensning. (ECKSTEIN et al. 1979).



A

C

Fig. 21. Tverrsnitt av årringgrensene hos type A og C i figur 20.

3. Spesielle miljøfaktorer

Miljøet påvirker treets helsetilstand og tilvekst og dermed sårreaksjonen. Enkelte miljøfaktorer er undersøkt spesielt. SOLOMON & BLUM (1977) sammenlignet sårøvergroing på beskjæringssår i skygge og med god lystilgang. De fant ingen effekt av skygging på overgroingen, men antallet vanskudd ble halvert i skygge.

PURITCH & MULLICK (1975) fant at tørke førte til forsinkelse av viktige prosesser i forbindelse med regenerering av fellogen i barken hos kjempeedelgran (Abies grandis). De refererer undersøkelser som viser at tørke gjør trærne mer utsatt for soppsykdommer og konkluderer med at vannbalansen er viktig ved sårleging. Høg luftfuktighet er som før nevnt viktig når levende celler blottlegges ved en skade, slik at de ikke tørker ut.

4. Såringstidspunkt

Såringstidspunktet har betydning for:

- kallusvekst
- treets forsvarsevne
- infeksjonsrisiko for spesielle sykdommer
- blødning

Kallusveksten avhenger av såringstidspunktet. (NEELY 1970 målte sårøvergroingen hos de tre artene hvitask (Fraxinus americana), korstorn (Gleditsia triacanthos) og sumpeik (Quercus palustris) i august og fant at overgroingen var bedre ved beskjæring om vinteren samme år enn ved beskjæring høsten året før. Beskjæring om våren året før gav langt bedre overgroing enn beskjæring om sommeren. Vevsdød langs sårkanten var mest alvorlig ved såring sommer og høst. Mercer (1979) presenterer lignende resultater for bøk, hvor det ikke var noen fordel å beskjære om høsten istedet for følgende vår. Sårlukkingen skjedde ikke raskere. Han hevder at det er enighet i litteraturen om at skjæring sein vinter og tidlig vår gir best kallusdannelse.

Treets evne til respons på skade avhenger sterkt av den fysiologiske aktiviteten i treet. STØSSER (1983) fant at det ved beskjæring av frukttrær (eple, pære og søtkirsebær) dannes sår-gummi og oppkonsentreres fenoler under sårøverflaten, slik at karene tettes igjen. Det dannes altså en beskyttende sone under sårflaten. Disse prosessene skjer ikke om vinteren når treet er i hvile. Ved beskjæring om våren ble den V-formete brunfargete sonen under såret dypere enn ved beskjæring om høsten hvor sonen bare var overfladisk. I Cedrus libani er det vist direkte sammenheng mellom kambial aktivitet og produksjon av harpikskanaler nær sår, FAHN et al. (1979). Beskjæringsforsøk i fersken (Prunus persica) har vist at beskjæring på ettersommeren gir mer misfarging og vevsdød enn tidlig beskjæring om vinteren (WILSON et al. 1984). Beskjæring om vinteren kan imidlertid føre til nedsatt frostherdighet i vevet rundt såret (HARRIS 1983).

Risikoen for infeksjon av sjukdomsorganismer er størst når det finnes mye smittemateriale og når treet har liten motstandskraft. MERCER (1979) mener det er uheldig med beskjæring om høsten fordi mengden smittemateriale er stor og fordi såret forblir åpent hele vinteren. Beskjæring av fersken seinhøstes kan føre til langt større skader pga. frost og steinfrukt bakteriose enn beskjæring vinter eller vår (DOWLER & PETERSON 1966, DANIELL 1973, se figur 22). BROWN (1972) foreslår å beskjære Prunus før midten av juli, og BOERNER & KOCH (1979) foreslår å beskjære etter blomstring. Det advares mot å beskjære Prunus i hviletiden pga. faren for steinfrukt bakteriose og sølvglanssopp.

Kunstig smitting av frukttrekraft (Nectria galligena) på epletrær har vist at infeksjonsfaren er minst ved beskjæring om vinteren (tabell 4).

Tabell 4. Virkning av beskjæringstidspunkt og sårbehandling på infeksjon av frukttrekraft. (SEABY & SWINBURNE 1976).

beskjæringsdato	Prosent infiserte sår	
	ubehandlet	fenylkvikksølvnitrat
21.02	37	3
15.03	63	6
16.04	89	29
16.05	89	39

Hos en del slekter oppstår sterk blødning etter beskjæring seinvinters eller om våren. Hos lønn, bjørk og valnøtt oppstår et overtrykk i vedrøra om våren, og vann med oppløst opplagsnæring presses ut gjennom såret. Hos lønn er dette eksudatet særlig rikt på sukker. Hos Acer saccharum er sukkerinnholdet 2-3 % (ZIMMERMAN & BROWN 1971). Blødning gir vanligvis ikke alvorlige skader, men fører til tap av opplagsnæring, griser til trærne og bør derfor unngås.

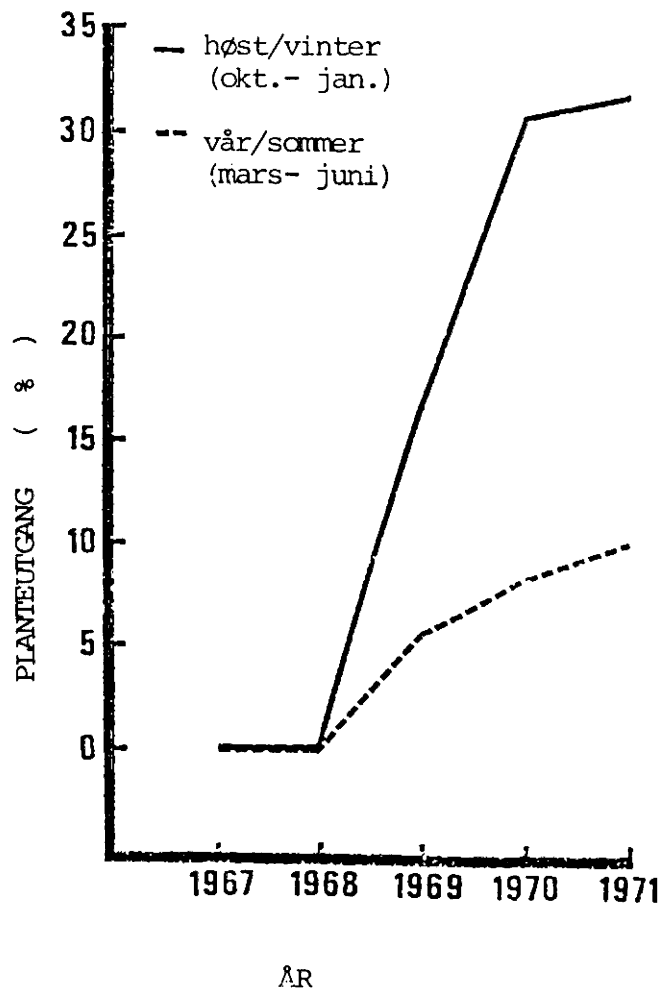


Fig. 22. Effekt av beskjeringsstidspunkt på utgang av ferskentrær plantet etter rydding av gamle trær. Ved planting på ny jord var effekten langt mindre (DANIELL 1973).

5. Sårets plassering på treet

a. Geografisk retning.

Det ser ut til å ha mindre betydning hvilken geografisk retning på treet såret er plassert. NEELY (1970) undersøkte geografisk orientering som en av flere faktorer, men fant ingen effekt på kallusveksten. MERCER (1979) har funnet motstridende resultater i litteraturen, men antyder at sår på bøk gror seinere ved sterk eksponering i sol og vind. McQUILKIN (1950) fant at sår som ble laget om våren og sommeren grodde best på nord- eller skyggesiden, mens sår som ble laget om høsten grodde best på sørsiden.

b. Høyde over bakken.

I litteraturen gis det ikke entydig svar på betydningen av hvor høyt såret er plassert på treet. Tykkelsesveksten kan variere sterkt med høyden over bakken avhengig av fordeling av greiner (KOZLOWSKI 1971). Siden kallusveksten er sterkt avhengig av tykkelsesveksten, er det naturlig at varierende høyde over bakken kan ha effekt på overgroingen av såret.

NEELY (1970) fant ingen effekt av høyde over bakken. STACK (1985) fant imidlertid at injeksjonssår etter behandling mot almsyke på Ulmus americana grodde best lavest på treet. Ca. 2 år etter at hullene ble boret, var over 90 % av hullene på røttene lukket mot 77 % på rothalsen og 61 % på stammen. McQUILKIN (1950) oppdaget en lignende tendens hos skogstrær.

c. Plassering av beskjeringsnitt.

Hvis en del av en grein fjernes f.eks. ved tynning, vil retningen av den igjenværende greinen ha betydning for hvor raskt såret gror (figur 23). Et sår inntil en vertikalt voksende grein vil vanligvis gro raskere enn et snitt inntil en horisontal grein (GRITTNER 1970).

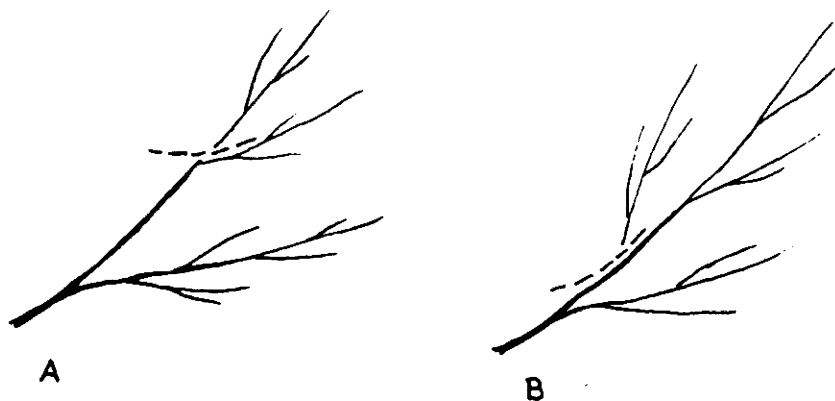


Fig. 23. Snitt B gror raskere enn snitt A (etter GRITTNER 1970).

Ved beskjæring av trær har en mulighet til å velge plassering av snittet, og i flere undersøkelser er effekten av ulike beskjæring presentert. Det har vært vanlig å kutte av greiner helt inntil stammen, slik at greinkragen fjernes (flush cut), men i de seinere åra har det blitt vanlig å legge snittet umiddelbart utenfor og langs greinkragen. GREEN et al. (1981) fant en grønnfarget sone i greinkragen som gav god beskyttelse mot råte hos enkelte individer av rødlønn (Acer rubrum). De konkluderer med at greinkragen ikke må fjernes ved beskjæring. En beskyttende reaksjonssone synes å opptre i bestemte posisjoner i greinkragen. Ved "flush cut" i bøk bredde råten seg stadig lenger innover i stammen med tiden, men ved kutting på stubb stoppet den i bestemte posisjoner (MERCER 1984). WILSON et al. (1984) fant at beskjeringsår hos ferskentær ble mindre angrepet av sopp og misfarging hvis greinkragen ble bevart enn hvis den ble fjernet.

Ulike arter reagerer ulikt på "flush cut"-behandling. Bøk (*Fagus silvatica*) har fått omfattende råteskade ved skjæring tett inntil stammen, mens skaden ved skjæring på stubb var svært begrenset (figur 24). Hos romhegg (*Prunus serotina*) og sukkerlønn (*Acer saccharum*) gav skjæring tett inntil stammen liten skade. Greinstubber var derimot inngangsport for insekter og kilde til misfarging og råte (ZEEDYK & HOUGH 1958). I denne undersøkelsen ble det imidlertid spart lengre greinstubber (5-10cm) enn det som er aktuelt i praksis.

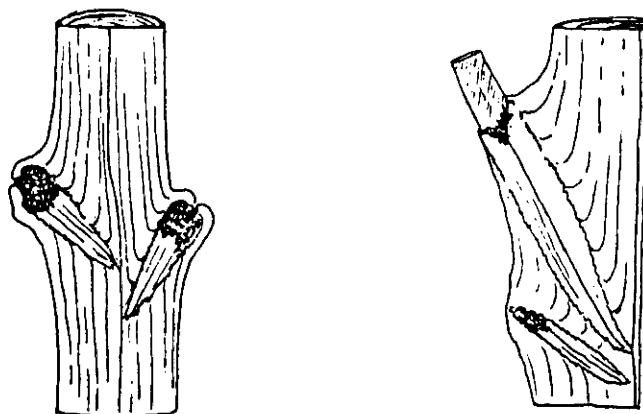


Fig. 24. Figuren til venstre viser lengdesnitt av bøk etter beskjæring på stubb (etter ZEEDYK & HOUGH 1958). Figuren til høyre viser reaksjonssonen ved basis av greiner på rødlønn (etter GREEN et al. 1981).

Kallusveksten uteblir eller blir sterkt redusert hvis det settes igjen en greinstubb. Hvis sårflaten skal kunne gro igjen må stubben fjernes (ZEEDYK & HOUGH 1958, NEELY 1970). Kambiet i enden av stubben vil nesten alltid dø og innenfor vil det levende kambiet hindres i å utvikle kallus. SKILLING (1958) fant at selv ved å etterlate en greinstubb på bare 8 mm, tok det 1 til 3 år lengre tid til såret var grodd over.

6. Sårets form

NEELY (1970) undersøkte overgroingen av sår med ulik form. Han påførte unge lauvtrær sår formet som en sirkel, kvadrat, ellipse, halv ellipse og en C (figur 25). Sårene ble laget i stammen ved å fjerne barken og skrape i overflaten av veden innenfor. Det kvadratiske såret hadde større kallusvekst i hjørnene enn langs sidene. Den buete siden i såret som var formet som en halv ellipse hadde nesten dobbelt så stor kallusvekst som den rette siden, men kallusveksten på "innsiden" av det C-formete såret bare var en fjerdedel. Han fant imidlertid at sårformen hadde liten betydning for tiden det tok til såret lukket seg. Bredden på såret var viktigere enn formen. De smaleste sårene lukket seg først.

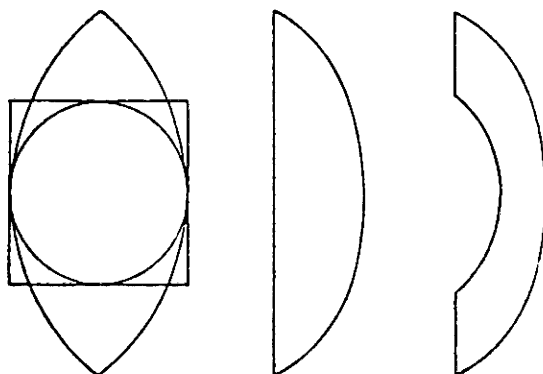


Fig. 25. Ulik utforming av sår i undersøkelsen til NEELY (1979).

7. Sårstørrelse

Store sår har bedre kallusvekst enn små (figur 19), men små sår lukker seg likevel raskere (NEELY 1970, SOLOMON & BLUM 1977, WOOD 1980). En utvidelse av såroverflaten vil føre til at det tar lengre tid til såret lukkes selv om kallusveksten øker. Råteangrepet som følge av en mekanisk skade er avhengig av sårets størrelse. TOOLE (1961) undersøkte råteskader på skogstrær som følge av døde eller brukne greiner og fant at råteomfanget økte sterkt med økende diameter på såret eller den døde greinen. Flere nye undersøkelser har også slått fast at utbredelsen av misfarging eller råte øker med økende sårstørrelse (SCHULZ 1973, SOLOMON & SHIGO 1976, WOOD 1980). Store sår er mer utsatt enn små for at kambiet dør i en sone over og under såret (SOLOMON & BLUM 1977).

8. Sårmidler

Det har vært og er fortsatt vanlig praksis å benytte sårmidler på større sår. Kostnadene ved påføring av sårmidler er betydelige, og LUNDQUIST (1984) antyder at disse utgjør 15 % av de totale kostnadene ved trepleie.

Sårmidler har flere funksjoner:

1. Beskytte og evt. stimulere kallusdannelsen
2. Hindre angrep av råte og spesielle sykdomsorganismer
3. Redusere oppslag av skudd
4. Forbedre treets utseende

Vanligvis betraktes nr. 1 og 2 som de viktigste funksjonene.

Sårmidlene kan virke etter flere prinsipper og kan grovt grupperes slik:

Dekkemidler ("sealants")

Midlene har kun mekanisk beskyttende virkning (f.eks. "Lac Balsam"). De danner en hinne over såret som fungerer som en fysisk barriere for fuktighet og skadeorganismer.

Soppdrepende midler (fungicider)

Vekststoffer

Midlene inneholder stoffer med hormonvirkning som hemmer dannelsen av vanskudd eller stimulerer kallusdannelsen.

Biologiske midler

Inneholder mikroorganismer som motvirker kolonisering av skadeorganismer i såret.

Kombinerte midler

Ofte er flere egenskaper kombinert i midlene, f.eks. dekkemiddel + fungicid.

a. Virkning på sårovergroingen

McQUILKIN (1950) fant positiv effekt av lanolin på kallusveksten, men ingen effekt av vekststoffer eller skjellakk. I andre undersøkelser er det imidlertid påvist en viss positiv effekt av vekststoffer (DESSERAULT & RICH 1974, BLANCO BRANA & JACKSON 1982, GALLAGHER & SYDNOR 1983). GRAUSLUND (1977) fant negativ virkning av auxin (NAA) på kirsebær. DESSERAULT & RICH (1974) fant også positiv effekt av lanolin, mens MERCER (1979a) ikke kunne påvise noen effekt. Slike motstridende resultater kan trolig skyldes at ulike arter reagerer ulikt på samme behandling som påvist av HOUSTON (1971).

NEELY (1970) testet effekten av asfalt, skjellakk, latex-husmaling og vaselin. Ingen av midlene hadde positiv effekt på kallusveksten, men vaselin gav sterk reduksjon. SHIGO & WILSON (1977) fant heller ingen positiv effekt, hverken av asfaltbasert sårmiddel, skjellakk eller polyuretanlakk etter 5 år.

Ofte har sårmidler som inneholder soppdrepende kjemikalier skadelig virkning på levende celler i treet. MERCER (1977a) undersøkte sopphemmende og fytotoksisk effekt av en rekke sårmidler ved behandling av poppel (Populus x euamericana) (tabell 5). De midlene som hadde god virkning mot sopp viste seg også å ha størst fytotoksisk virkning og ga dermed redusert kallusvekst. Et unntak var preparatet "Santar" (dekkemiddel + kvikksølvoksyd) som hadde god dybdevirkning mot sopp og som også ga økt kallusvekst. MERCER (1979) hevder at av 40-50 slag sårmedisiner som ble undersøkt var alle unntatt "Santar" fytotoksiske.

MERCER (1979, 1979a, 1982) har påvist stimulerende effekt av latexbaserte midler på kallusveksten med inntil 30 % økning etter 5 mnd. ("Lac Balsam"). Han fant i motsetning til NEELY (1970) og SHIGO & WILSON (1977) også positiv effekt av asfaltbaserte midler. Ifølge MERCER (1982) har et latexbasert middel kalt "Seal and Heal" hatt særlig god effekt med økning i kallusveksten på 57 %. Midlet inneholder fungicidet thiophanatemyl som syntes å ha stimulerende effekt på kallusveksten.

Tabell 5. Fytotoksisk og fungitoksisk effekt av ulike sår- midler (MERCER 1979a).

Middel	Kallusbredde	Dybdevirkning mot sølvglanssopp (mm)
Latexmiddel (Lac Balsam)	1.71	0.0
Kvikksølvoksyd (Santar)	1.65	11.5
Asfaltemulsjon (Arbrex)	1.62	0.0
1 % ortofenylfenol	1.56	0.0
Asfaltemulsjon + oxinkopper (Arbrex 805)	1.55	6.0
Kontroll-ubehandlet	1.53	0.0
Vinylmaling	1.53	0.0
Lanolin	1.53	0.0
5 % ortofenylfenol	1.34	1.0
10 % "	1.21	2.0
Kreosot	1.14	3.0
Koppernaftenat (Cuprinol)	1.12	9.0

b. Virkning på råte og spesielle sykdomsorganismer

MERCER et al. (1983) hevder at det er omtrent umulig å lage sår i et tre uten at det infiseres med sopp og bakterier. De har imidlertid vist at sårmidler som dekker godt kan hindre utvikling av sopp og bakterier i 3-5 mnd. etter såring. Effekten forklares med at det skapes anaerobe forhold i såret. Et hovedproblem med sårmidlene er at de ikke dekker godt nok på lengre sikt. I undersøkelsen til MERCER et al. (1983) var ingen av midlene intakte mer enn ett år, og sterk soppvekst ble påvist under et tilsynelatende tett dekke av sårmiddel. De foreslår likevel å bruke latexbaserte sårmidler hvis hovedproblemet er angrep av sølvglanssopp (*Chondrostereum purpureum*) i åpne sår. Impregneringsmidler for treverk ble også testet, men gav dårlig resultat. Flere av disse var sterkt fytotoksiske og førte til økt råteangrep fordi treets naturlige forsvar ble brutt ned. Soppmidler som var lite fytotoksiske hadde med unntak av kvikksølvoksyd ("Santar") og triadimenol dårlig sopphekkende virkning. GENDLE et al. (1981) fant god dybdevirkning av triadimefon og triadimenol, men effekten var sterkt avhengig av hvilken løsning midlene var i. Midlene virket dårlig som tilsetning i acrylmaling.

I laboratorieforsøk fant DAVIS & PETERSON (1973) god effekt av benomyl på utvikling av råtesopper i platantre. De foreslår tilsetning av benomyl i sårmidler.

Det er også utført forsøk av relativ lang varighet for å fastslå virkningen av sårmidler. SHIGO & WILSON (1983) fant ingen positiv effekt av et asfaltmiddel, skjellakk eller polyuretanlakk på råteangrep 5 år etter såring. Asfaltmidlet syntes å øke råteangrepet, og dette forklares med at midlet bevarer fuktigheten i såret og skaper optimale forhold for råtesopp. DOOLEY (1980) viste at asfaltholdige sårmidler ikke virket sopphekkende før de ble tilsatt soppmidler.

SHIGO & SHORTLE (1983) undersøkte en rekke sårmidler over 13 år. Ingen sårmidler forhindret råte. Den individuelle variasjonen var større enn effekten av sårmidlene.

I flere undersøkelser er det vist at hvis stammesår dekkes med svart plast kan råteangrepet reduseres. Plastdekking gav sterkt redusert hyppighet av råtesopper i misfarget ved på rød-lønn seksten måneder etter skade ble påført (SHORTLE & SHIGO 1978). MERCER (1982) fant at dekking med svart plast på bøk reduserte sannsynligheten for råteangrep etter 2 år til 1/3. Redusert råteangrep ved plastdekking er også påvist av MERCER & KIRK (1984a).

Ved bruk av biologiske sårmidler endres den naturlige økologiske balansen i såret ved at det introduseres mikroorganismer som motvirker skadeorganismene. I beskjæringssår finnes en rekke sopper og bakterier som er istand til å hemme råtesopper. MERCER & KIRK (1984) fant at de mest effektive antagonistene var Trichoderma viride blant soppene og Bacillus spp. blant bakteriene. Ved å påføre T. viride på stammesår på bøk ble koloniseringen av råtesopp redusert med 85 % over en 4-års periode (MERCER & KIRK 1984a). SMITH et al. (1981) fant at ved å "erstatte" de fenolnedbrytende pionerorganismene med T. harzianum avtok fenolininnholdet i reaksjonssonen langsommere, slik at treets forsvarsevne ble bedre opprettholdt. POTTLE et al. (1977) fant at kolonisering av råtesopper i sår på rød-lønn kunne hindres i 3 år ved å behandle med T. harzianum.

Et problem ved sterk beskjæring av enkelte arter er at det skyter fram store mengder skudd. Innblanding av vekststoffer i sårmidlet kan redusere dette problemet. BLANCO BRANA & JACKSON (1982) fant betydelig reduksjon både i lengde og antall av vanskudd på epletrær ved påføring av auxiner på sårflaten (figur 26).

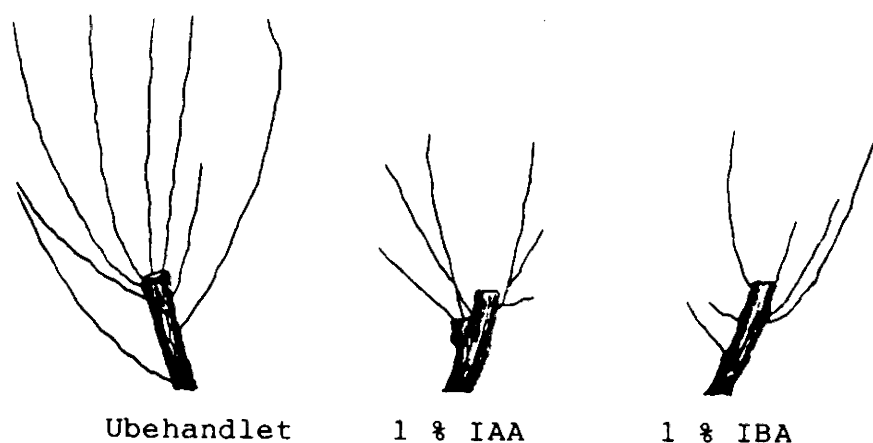


Fig. 26. Effekt av auxiner på skudd-dannelse etter skjæring (etter BLANCO BRANA & JACKSON 1982).

GRAUSLUND (1977) fant god virkning av a-naftyleddiksyre på skuddannelsen hos eple, pære og plomme. WOLOSZYN et al. (1980) fant at auxinet IAA var mest effektiv på eple og gibberlinet GA₃ på kirsebær.

c. Nytteeffekt av sårmidler - oppsummering

Undersøkelsen som er referert i avsnittene foran tyder på at nytteeffekten av tradisjonelle sårmidler oftest er svært begrenset. De fleste midlene som er testet har gitt dårlig beskyttelse mot råte, og enkelte har virket hemmende på kallusveksten. Flere midler som er effektive mot sopp kan ødelegge treets forsvarsevne og forverre skaden på lengre sikt. Sårmidler bør derfor ikke brukes ukritisk. Et sårmiddel med god dekkeevne, f.eks. latexbaserte, kan være nyttig ved skader hvor store mengder levende celler blottlegges i barken eller kambiesonen. Påføring av sårmiddel vil da hindre uttørking av cellene og gi mulighet for kallusvekst på selve sårflaten.

For å beskytte mot sopp som bare angriper friske sår, f.eks. sølvglanssopp, kan dekkemidler være effektive selv om dekkeevnen raskt avtar. Kvikksølvpreparater har god virkning mot sopp sykdommer, bl.a. frukttrekraft (SEABYE & SWINBURNE 1976), men er dessverre sterkt giftig for mennesker.

Dekking med svart plast har både virket positivt på kallusveksten og gitt redusert råteangrep. Plastdekking er et godt alternativ til vanlige sårmidler, men er vel en mer tungvinn behandlingsmåte og trolig utsatt for hærverk.

Nyere undersøkelser har vist lovende effekt av biologiske sårmidler. Det synes mulig å redusere råteomfanget ved å endre sammensetningen av den mikrobiologiske floraen i såret.

Ved beskjæring av enkelte arter som lett skyter vanskudd, kan antall skudd reduseres ved å benytte sårmidler tilsatt vekststoff, slik at vedlikeholdsbehovet reduseres.

I mange tilfeller har sårmidlene trolig bare estetisk betydning. SHORTLE (1979a) anbefaler å ikke bruke sårmidler i det hele tatt eller evt. bare smøre på et tynt lag av kosmetiske grunner.

IV. TREPLEIE

A. Beskjæring av trær

1. Arsaker til beskjæring

Beskjæring påfører treet sår som kan bli inngangsport for sykdomsorganismer. Når friske greiner fjernes reduseres dessuten treet's opplagsnæring og produksjonsgrunnlag. Feilaktig og unødvendig beskjæring kan påføre treet store skader, mens riktig beskjæring kan hjelpe til å holde treet i god trivsel. Beskjæring foretas med ulike formål:

- Forming av unge individer
- Vedlikeholdsbeskjæring
- Foryngelsesbeskjæring
- Beskjæring for å oppnå spesiell fasong.

a. Forming av unge individer

Denne beskjæringen foregår i planteskolen og i de første årene etter planting. En del treslag toppes som pisker i planteskolen for å fremme bryting av sidegreiner. Toppingen bestemmer stammehøyden hvis treet ikke utvikler gjennomgående stamme, slik at det seinere er mulig å øke stammehøyden ved å fjerne de nedre greinene. Det er ofte aktuelt å beskjære for å oppnå gjennomgående stamme ved at konkurrerende greiner fjernes. Da kan stammehøyden lettere økes etter behov etterhvert som treet vokser til. Fjerning av hovedgreiner bør skje mens treet ennå er lite. Ifølge CODIT-modellen (avsnitt III A.2.) vil barrieresonen kunne føre til at misfarging og råte begrenses til den eksisterende veden slik at ny ved er uberørt. Ved beskjæring av unge individer legges det vekt på å utvikle krafte greiner med gode vinkler (figur 27). Greiner med spiss vinkel mot stammen har lett for å brette av når de blir store og tunge. Dette skyldes en sone av innvokst bark mellom stamme og grein.

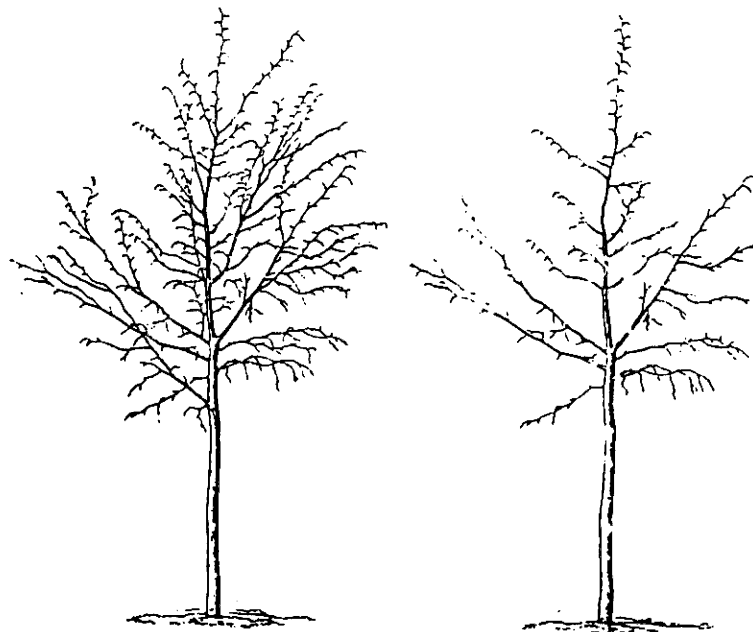


Fig. 27. Uttyning av krona til et ungt lindetre. Svake greiner og greiner med uheldig vinkel og plassering er fjernet (BOERNER & KOCH 1979).

b. Vedlikeholdsbeskjæring

Beskjæring hører med til det regelmessige vedlikeholdet. Syke og døde greiner skjæres bort for å fjerne smittemateriale, for at treet skal kunne vokse over såret og ikke minst av sikkerhetsmessige grunner. Greiner med dårlig vinkel eller som gnisser fjernes, og det foretas forsiktig uttynning hvis nødvendig. Ved tynningen skjæres greinene tilbake til en større sidegrein, slik at treet beholder en naturlig form og såret gror raskt over (fig. 28). Kallusdannelsen er avhengig av assimilater fra denne sidegreinen.



Fig. 28. Eksempel på tynning. Det skjæres tilbake til sidegrein (BRIDGEMAN 1976).

c. Foryngelsesbeskjæring

Hvis vedlikeholdsbeskjæringen er forsømt gjennom en årrekke, kan det være aktuelt å fornye krona ved å skjære bort en stor del av greinmassen som har stagnert i vekst. Slik hard beskæring blir også praktisert når krona har blitt uønsket omfangsrik (figur 29). Sterk skjæring vil imidlertid ofte gi stort oppslag av vanskudd. Det er heller ikke alle treslag som tåler slik behandling.

Ved særlig sterk foryngelsesbeskjæring kuttet hovedgreinene sterkt tilbake. Behandlingen kalles kolling (figur 29).

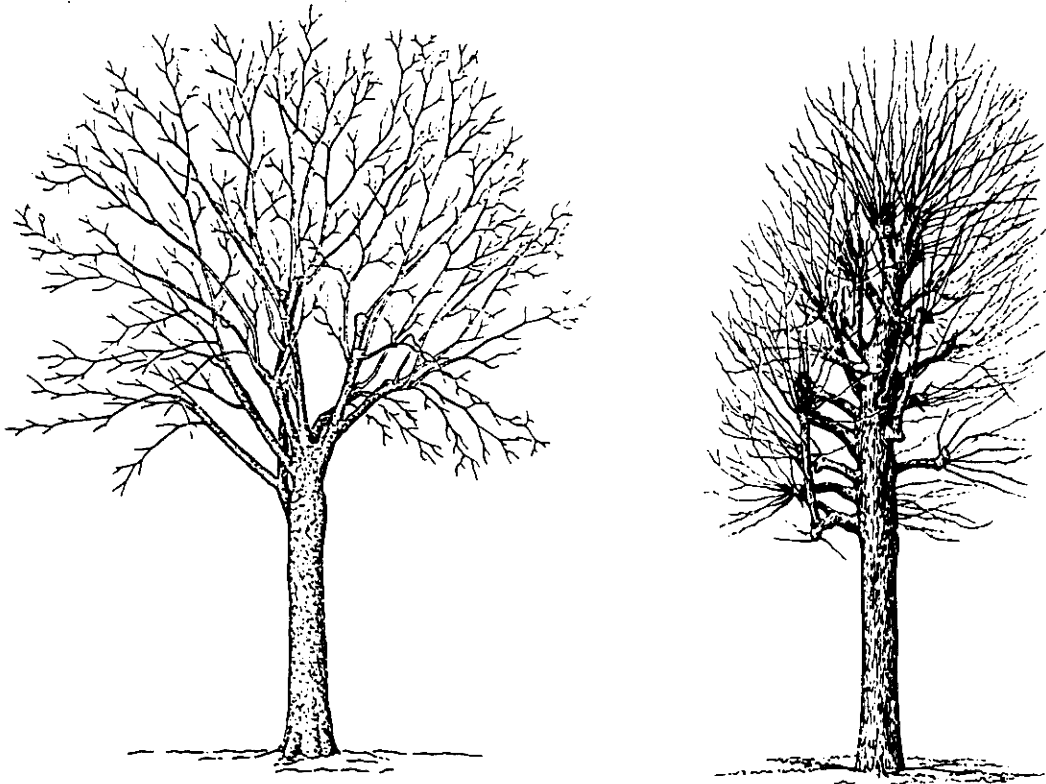


Fig. 29. Fornyet krone etter sterk foryngelsesbeskjæring til venstre. Eksempel på kolling til høyre. (BOERNER & KOCH 1979).

d. Beskjæring for å oppnå spesiell fasong eller redusert størrelse.

Kolling er vanlig på gate og alletrær for å oppnå den spesielle fasongen og for å redusere størrelsen av treet. Slik voldsom behandling gir varige skader og kan derfor bare utføres på arter som tåler mekanisk skade godt og som har god evne til gjenvekst fra grove greiner (f.eks. lind og alm). Kolling er svært uheldig fra et fysiologisk synspunkt, og BROWN (1972) hevder at mange av problemene i dagens trepleie nettopp skyldes denne praksisen. Kollete trær kan representere en sikkerhetsmessig risiko når den nye krona utvikler seg. De nye skuddene som vokser ut nær såret er dårlig festet til stammen (BROWN 1972), og den sterke beskjæringen gir ofte omfattende råteskader som svekker treet, slik at stamme eller greiner lettere brytes av.

2. Beskjæringsteknikk

Det finnes en rekke håndbøker som beskriver hvordan beskjæring av trær bør utføres. Den informasjonen som gis samsvarer dessverre ikke alltid med nyere forskningsresultater. Her blir det gitt en kort veiledning om praktisk beskjæringsteknikk basert på de forskningsresultatene som er referert i de tidligere avsnittene.

a. Utforming av sårflaten

Det har vært vanlig praksis å reinskjære stammesår slik at de får elliptisk form. I dag anbefales det å fjerne bare den skadde barken, slik at den totale såroverflaten blir minst mulig (HARRIS 1983, SHIGO 1983).

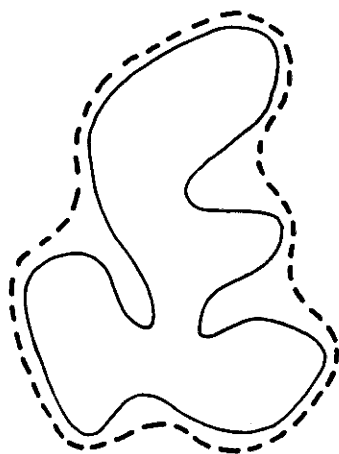


Fig. 30. Eksempel på reinskjæring av stammesår. Den heltrukne streken angir sårkanten og den stiplete angir reinskjæringen (LUNDQUIST 1984).

Ved reinskjæringen må ikke sårbredden økes unødig fordi det da vil ta lengre tid før såret lukkes (NEELY 1973). Bredden er altså avgjørende for hvor lang tid sårlukkingen tar.

b. Plassering av beskjeringsnitt

Det er viktig å skjære slik at snittet legges inntil greinkragen, men ikke gjennom denne (fig. 31). Greinkragen er egentlig en del av stammen (SHIGO 1985a). Skjæres det gjennom kragen kan råten relativt raskt bre seg vertikalt i stammen. I greinkragen finnes dessuten en sone som er særlig motstandsdyktig mot råte (avsnitt III A.4a) og som ikke bør fjernes.

Topping av større trær bør unngås. Hvis det likevel må gjøres, bør snittet legges som vist i figur 31. Skjæres toppen rett over, vil ikke såret greie å vokse igjen fordi deler av den rettavkortete toppen dør og blokkerer overgroingen.

c. Sårbehandling

Påføring av sårmidler vil ofte bare ha en kosmetisk virkning og nytteeffekten må vurderes opp mot kostnadene. Sårmidler som dekker godt kan være nyttige hvis det er stor fare for angrep av sopper som bare infiserer friske sår (eks. sølvglanssopp og frukttrekraft). Slike sårmidler vil også gi beskyttelse ved flenger i barken og stimulere kallusveksten. Det er ikke påvist langvarig beskyttelse mot råte (se avsnitt III B.8).

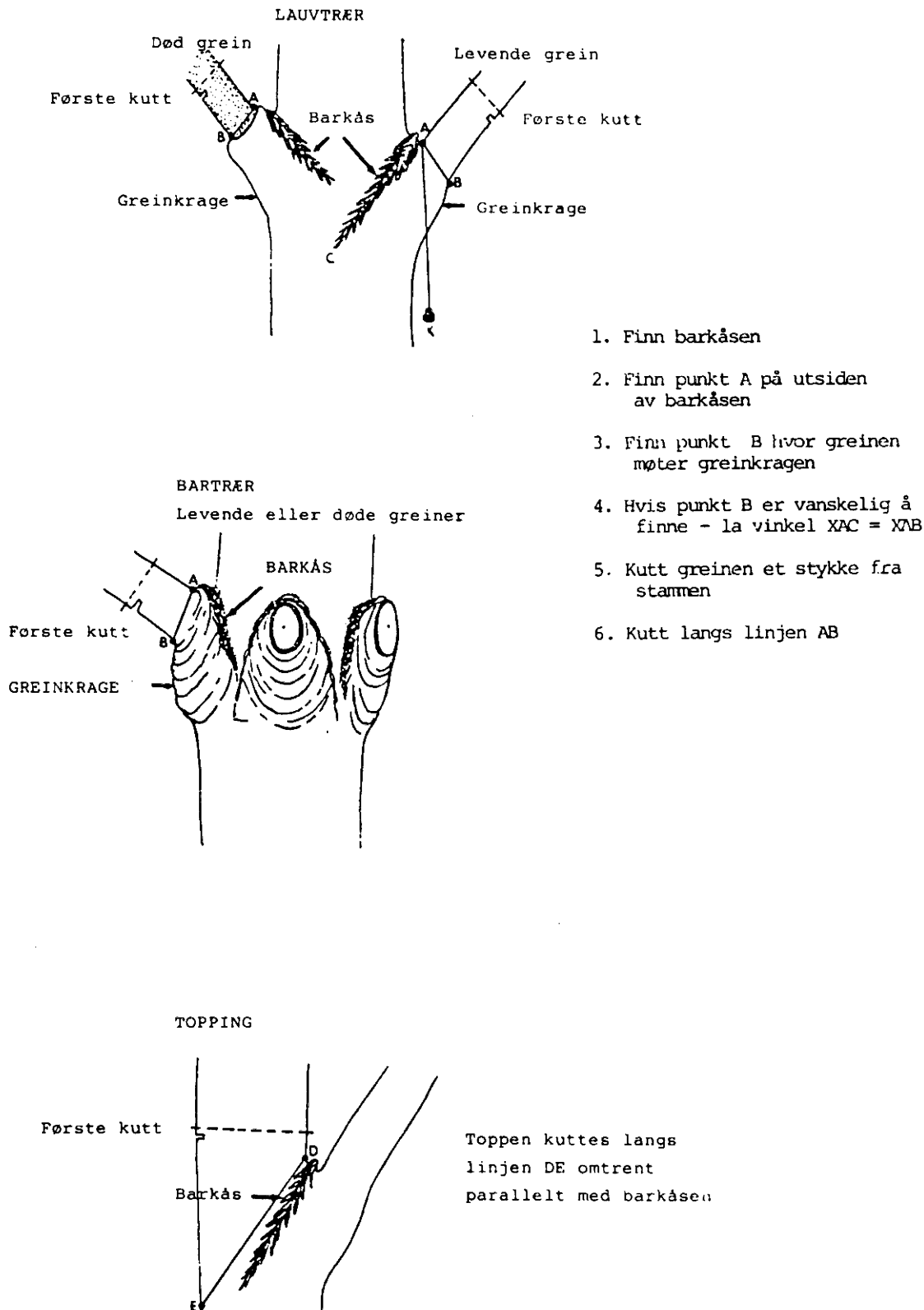


Fig. 31. Plassering av beskjeringsnitt (etter SHIGO 1984)

d. Beskjæringstidspunkt

De fleste forfattere anbefaler å beskjære seint på vinteren eller tidlig på våren før barken slipper (før knoppsprett). Blødere som lønn, bjørk og valnøtt bør beskjæres på ettersommeren (juli-august). (Se avsnitt III B.4).

B. Sikring og stabilisering av trær

1. Forhold som gjør sikring og stabilisering nødvendig

Mekanisk støtte av et tre eller deler av et tre gjøres for å unngå skader på mennesker og materiell og for å hindre at verdifulle trær blir skadd eller ødelagt. Sikring av hele trær kan være nødvendig når rotsystemet er svakt og det fryktes velting pga. dårlig forankring. Langt vanligere er det å sikre store greiner eller delstammer. Trær med kløftet stamme er utsatt for å revne i to. På eldre trær har ofte enkelte greiner blitt svært lange og tunge og kan lett brette av under uheldige værforhold.

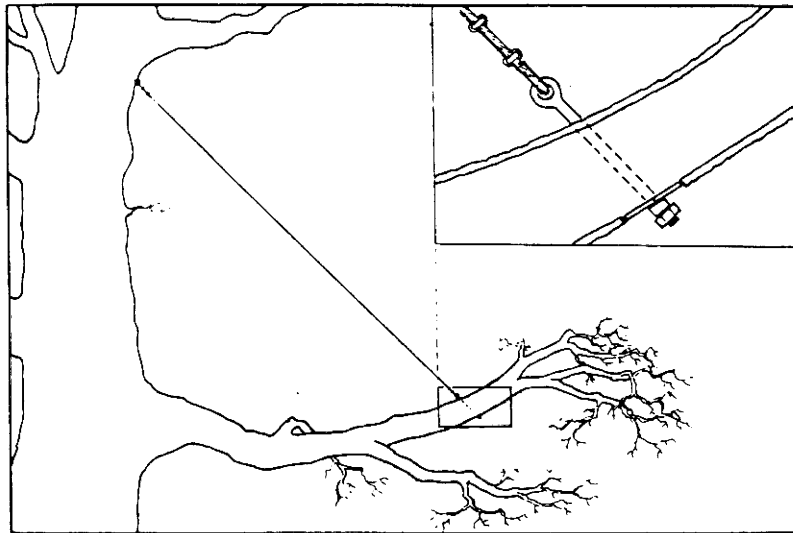


Fig. 32. Eksempel på sikring av stor grein (BRIDGEMAN 1976).

2. Mekanisk stabilisering

Stabilisering av stamme eller greiner kan være nødvendig selv på yngre og friske individer. Behandlingen kan betraktes som et nødvendig onde som ofte påfører treet skader, men som kan hindre enda større skader i å inntreffe. Før slik behandling settes igang, må treet undersøkes nøye for å avgjøre om beskjæring alene kan være tilstrekkelig eller om treet er i så dårlig forfatning at det bør fjernes.

a. Bolting

Bolting er mye brukt for å sikre trær med kløftet stamme eller greiner med dårlig vinkel. SHIGO (1983) og HARRIS (1983) legger vekt på at skivene ikke skal ha skarpe kanter og at de plasseres direkte på veden, ikke utenpå barken eller i veden (fig. 33).

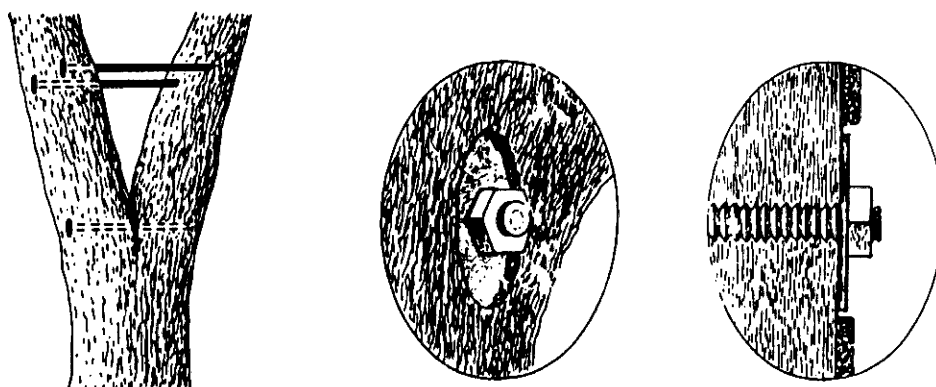


Fig. 33. Bolting av stort kløftet tre (HARRIS 1983).

Hvis det settes i bare en bolt, skal den ifølge HARRIS (1983) plasseres rett under det punkt hvor treet deler seg. Det er vanlig at det også plasseres en bolt et stykke over kløfta. Bolter som er plassert nær kløft blir imidlertid utsatt for en voldsom mekanisk påkjenning og må dimensjoneres tilstrekkelig.

Bolting blir også brukt for å hindre bevegelse i sprekker i stammen eller store greiner og for å forsterke hule trær (fig. 34).

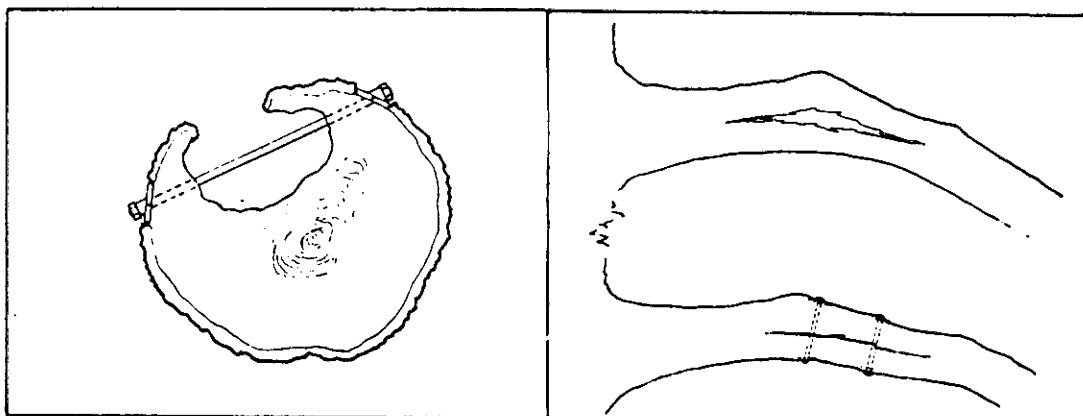


Fig. 34. Forsterking av hult tre og sprukket grein (BRIDGEMAN 1976).

b. Bardunering

Bardunering kan utføres for å holde treet oppreist, men brukes vanligvis for å sikre greiner eller kløftede stammer (figur 32). Bardunene festes med treskruer eller gjennomgående bolter. De må ikke festes med jern som bøyes rundt greinen fordi dette vil få en snørende effekt. Treskruer kan bare brukes hvis treverket er friskt, og tilveksten bør helst være god. Det oppstår lett råte rundt skruene, og på lengre sikt er det den nye veden som vil holde skruen på plass. Hvis skruene får kontakt med råteskadd ved vil råten spre seg langs skruen, men hvis veden er frisk vil skaden kunne begrenses (SHIGO & FELIX). På enkelte arter som råtner lett, f.eks. hestekastanje, bør treskruer unngås (BRIDGEMAN 1976). Skruene bør ifølge BRIDGEMAN (1976) og HARRIS (1983) skrues inn 2/3 av diameteren på mindre greiner og slik at de danner en rett linje med bardunen. Dermed unngår en at skruene beveger seg inne i veden.

Flerstammede trær kan stabiliseres med barduner på ulike måter (figur 35). Det er noe ulike oppfatninger om hvilken metode som er best. Hvilken metode som velges vil selvfølgelig også avhenge av treet sine egenskaper. For å minske påkjenningen på bardunene bør disse monteres så høyt opp i krona som mulig (HAMILTON & MARLING 1981). For å sikre flerstammede trær praktiserer enkelte en noe annerledes metode. Det slås en wire omkring stammene (greinene) høyt oppe i krona for å holde dem sammen. Wiren festes ikke, men legges ned i passende greinkløfter. HARRIS (1983) advarer mot å bruke barduner for å sikre kløftede trær, fordi stammene ikke hindres i å bevege seg mot hverandre, slik at stammen kan sprekke under kløfta. HAMILTON & MARLING (1981) hevder at bardunering svekker treet fordi den naturlige bevegelsen opphører og at dette endrer veksten i treet. Både bolting og bardunering bør utføres før kambiet aktiviseres og barken slipper slik at skader unngås. I forbindelse med kronestabilisering, bør det også foretas nødvendig beskjæring.

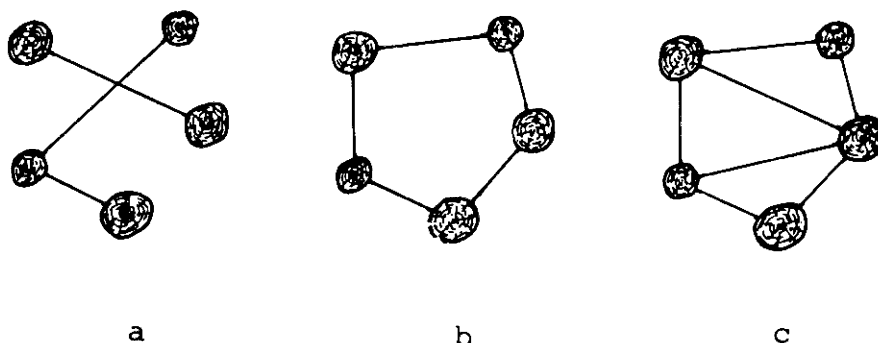


Fig. 35. Ulike metoder for å sikre flerstammede trær med barduner. Enkelt system (a). Ringsystem (b). Trekantsystem (c). (Etter HARRIS 1983).

c. Oppstøtting

Oppstøtting kan brukes for å stabilisere stamme eller greiner. Det enkleste hjelpemidlet er en stokk med ei kløft i enden. Bevaringsverdige trær som har veltet delvis over kan stabiliseres ved oppstøtting. Oppstøtting må brukes når det ikke er gode festepunkter i krona for å holde en grein oppe. Støttene må plasseres på solid sokkel eller plate.

C. Plombering

1. Hensikten med plombering

Plombering av trær har vært og er vanlig praksis. Selv om plombering kan synes å være en imponerende og viktig del av trepleien, er andre behandlinger som gjødsling og beskjæring av langt større betydning (PIRONE 1978). Ofte er store eller feilaktig utformede beskjæringssnitt årsaken til at det går råte i treet. Plombering er et forsøk på å utbedre skader som kanskje kunne være unngått ved mer fagmessig behandling på et tidligere tidspunkt. HAMILTON & MARLING (1981) presiserer at treet som skal plomberes må være friskt eller at treet vitalitet økes før behandlingen. Det anbefales videre å unngå plombering av lauvtrearter med løs ved. SHIGO (1983) hevder at det mangler data som viser at plombering eventuelt øker treet stabilitet. Plombering kan imidlertid føre til raskere lukking av et hulrom fordi kallus tvinges til å legge seg over plomberingen istedet for å rulle seg inn langs åpningen (figur 36). En skal imidlertid være oppmerksom på at slike kallusruller gir god mekanisk styrke (PIRONE 1978). Fjernes slike kallusruller ved plombering blir treet alvorlig mekanisk svekket samtidig som det lages nye inngangsporter for råte. Plombering må derfor ikke bli en rutine, til det kan de negative konsekvensene bli for store. Hvert tre må vurderes.

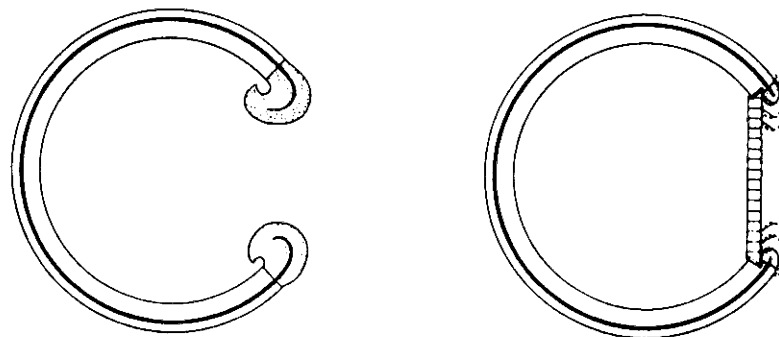


Fig. 36. Dannelsen av en kallus langs kanten av et hulrom med og uten plombering. Uten plombering vokser kallus innover og danner en rull (BOERNER & KOCH 1979).

Plombering er først og fremst en kosmetisk behandling for å bedre treets utseende. Plombering av større hulrom hverken stopper eller hindrer utbredelse av råte (BRIDGEMAN 1978, PIRONE 1978, SHIGO 1983). PIRONE (1978) hevder imidlertid at små råtehull kan behandles effektivt. Soppangrepet vil alltid gå et stykke inn i tilsynelatende frisk ved og vil utvikle seg videre selv om all råtten og misfarget ved fjernes. Ofte vil det være direkte uheldig å fjerne all misfarget ved, fordi slik ved fremdeles har mekanisk styrke og er viktig for treets stabilitet (PIRONE 1978).

2. Plomeringsteknikk

Ved plombering har den tradisjonelle framgangsmåten i korte trekk vært slik (BRIDGEMAN 1976, PIRONE 1978, HAMILTON & MARLING 1981, HARRIS 1983):

- * Råtten og insektinfisert ved fjernes. Enkelte anbefaler også å fjerne misfarget ved. Hulrommet formes slik at det ikke blir stående vannlommer. Hulrommet dreneres ut hvis vannlommer ikke kan unngås.
- * Veggene i hulrommet behandles med impregneringsmidler og males.
- * Hvis nødvendig forsterkes treet med bolter.
- * Hulrommet fylles eller dekkes med egnet materiale. Plomberingen males.

Hulrom i trær kan også reingjøres og behandles uten at de fylles igjen. BRIDGEMAN (1976) stiller seg skeptisk til å fylle hulrommene fullstendig, fordi dette gjør det umulig å inspisere treet og gir en falsk trygghetsfølelse. Han anbefaler heller å fylle opp basis av hulrommene som vist i fig. 37.

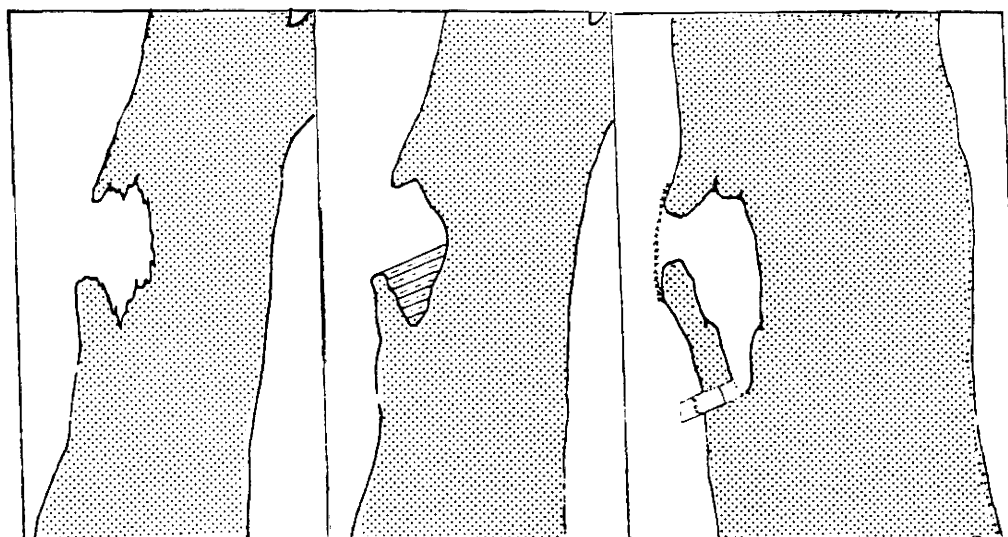


Fig. 37. Ubehandlet, delvis plombert hulrom og drenert hulrom (BRIDGEMAN 1976).

På bakgrunn av CODIT-modellen (avsnitt III A.2) må den tradisjonelle behandlingen med utgraving av hulrom være svært uheldig for treet fordi de naturlige beskyttende sonene i treet brytes. Dessuten er det slått fast at treimpregnerende midler ikke stopper råte i trær (MERCER et al. 1983, SHIGO & SHORTLE 1983). Det ser altså ut til å være lite å vinne, men stor risiko for å skade treet alvorlig ved tradisjonell behandling. Hvis det av kosmetiske grunner likevel er ønskelig å plombere, anbefaler SHIGO (1983) at bare løs og råtten ved tas ut og at det benyttes et fleksibelt materiale som ikke gnisser ved bevegelser i treet. Betong må derfor ikke brukes i hulrom hvor veggene beveger seg. Han anbefaler i motsetning til BRIDGEMAN (1976) og PIRONE (1978) å ikke drenerer ut hulrom fordi boring i stammen bryter den viktige barrieresonen. Dette synet deles også av LUNDQUIST (1983) som hevder at problemet med frostsprengning er overdrevet og at hulrommene oftest inneholder humus som beskytter mot sprengning.

V. LITTERATUR

- BARTLETT, F.A. 1935. Historical background of cavity work. National Shade Tree Conf. Proc. 11: 39-51 (Ikke sett. Ref. etter NEELY 1970).
- BLANCO BRANA, A. & J.E. JACKSON, 1982. Effects of applying growth-regulating hormones following fruit tree pruning. I. Effects of different types and concentrations of auxin and of GA₃ and 6-benzylamino-purine on shoot emergence and wound healing in apple trees. J. Hort. Sci. 57(1): 17-30.
- BOERNER, F. & H. KOCH, 1979. Gehölzschnitt. Verlag Ulmer, Stuttgart, 196 pp.
- BRIDGEMAN, P.H. 1976. Tree surgery. David and Charles, Devon, 144 pp.
- BROWN, G.E. 1972. The pruning of trees, shrubs and conifers. Faber & Faber, London, 351 pp.
- BROWN, H.P., A.J. PANSHIN & C.C. FORSAITH, 1949. Textbook of wood technology, vol. I. McGraw-Hill, New York, 652 pp.
- DANIELL, J.W. 1975. Effects of time of pruning on growth and longevity of peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98(4): 383-386.
- DAVIS, S.H. & J.L. PETERSEN, 1973. A tree wound dressing to prevent spread of the *Ceratocystis* causing canker stain disease of the plane tree. Plant Dis. Repr. 57: 28-30.
- DESSEREAULT, M. & A.E. RICH, 1974. Effect of growth substances and other compounds on callus formation and discoloration following wounding of red maples. Phytopathology 64: 580.
- DOLEY, D. & L. LEYTON, 1970. Effects of growth regulating substances and water potential on the development of wound callus in *Fraxinus*. New Phytol. 69: 87-102.

- DOOLEY, H.L. 1980. Methods for evaluating fungal inhibition and barrier action of tree wound points. *Plant Disease* 64: 465-468.
- DOWLER, W.M. & D.H. PETERSEN, 1966. Introduction of bacterial canker of peach in the field. *Phytopath. Notes* 56: 989-990.
- ECKSTEIN, D. & W. LIESE, 1979. Relationship of wood structure to compartmentalization of discolored wood in hybrid poplar. *Can.J. For.Res.* 9: 205-210.
- EKMAN, R. & K. von WEISSENBERG, 1979. Sapwood extractives in Norway spruce inoculated with Fomes annosus. *Acta Acad. Abo. Ser. B*, vol. 39 nr. 7, 8 pp.
- FAHN, A., E. WERKER & P. BEN-TZUR, 1979. Seasonal effects of wounding and growth substances on development of traumatic resin ducts in Cedrus libani. *New Phytol.* 82: 537-544.
- FRIES, N. 1973. *Fysiologisk botanik. Biologi 3*. Almqvist & Wilsell Forlag AB, Stockholm, 438 s.
- GALLAGHER, P.W. & T.D. SYDNOR, 1983. Variation in wound response among cultivars of red maple. *J. Amer. Hort. Sci.* 108(5): 744-746.
- GARRETT, P.W., W.K. RANDALL, A.L. SHIGO & W.C. SHORTLE, 1979. Inheritance of compartmentalization of wounds in sweetgum (Liquidambar styraciflua L.) and eastern cottonwood (Populus deltoides Bartr.). *U.S.B.A. For. Serv. Res. Pap. NE-443*, 4 pp.
- GARRETT, P.W., A.L. SHIGO & J. CARTER, 1976. Variation in diameter of central columns of discoloration in six hybrid poplar clones. *Can. J. For. Res.* 6: 475-477.
- GENDLE, P., D.R. CLIFFORD & P.C. MERCER, 1981. Preparations for the treatments of pruning wounds. *Pestic. Sci.* 12: 313-318.
- GRAUSLUND, J. 1977. Midler til hævning af skudvæksten efter beskæring af frugttræer. *Frugtavleren* 6(7): 309-312.
- GREEN, D.J., W.C. SHORTLE & A.L. SHIGO, 1981. Compartmentalization of Discolored and Decayed Wood in Red Maple Branch Stubs. *Forest Sci.* 27: 519-522.
- GREY, G.W. & F.J. BENEKE, 1978. *Urban forestry*. John Wiley & Sons, New York, 279 pp.
- GRITNER, J. 1970. Untersuchungen über die Verwachsung von Schnittwunden bei Kern- und Steinobst. *Archiv für Gartenbau* 18(1): 3-16.
- HAMILTON, W.D. & D. MARLING, 1981. Large tree cavity work and cabling. *J. Arboric.* 7(7): 180-182.
- HARRIS, R.W. 1983. *Arboriculture: care of trees, shrubs and vines in the landscape*. Prentice-Hall, New Jersey, 688 pp.
- HEPTING, G.H., E.R. ROTH & B. SLEETH, 1949. Discolorations and decay from increment borings. *J. Forestry* 47: 366-370.
- HOOVER, M.D. 1944. Effect of removal of forest vegetation upon water yields. *Trans. Am. Geophys. Union* 25: 969-977. (Ikke sett. Ref. etter: KRAMER & KOZLOWSKI 1979).
- HOUSTON, D.R. 1971. Discoloration and decay in red maple and yellow birch: Reduction through wound treatment. *Forest Sci.* 4: 402-406.

- HUBER, B. & E. SCHMIDT, 1936. Weitere thermo-elektrische Untersuchungen über den Transpirationsstrom der Bäume. Tharandt. forstl. Jb. 87: 369-412. (Ikke sett. Ref. etter ZIMMERMAN & BROWN 1971).
- HUBER, B. & E. SCHMIDT, 1937. Eine Kompensationsmethode zur thermoelektrischen Messung langsamer Saftströme. Ber. dtsh. bot. Ges. 55:514-529. (Ikke sett. Ref. etter ZIMMERMAN & BROWN 1971).
- HUDLER, G.W. 1984. Wound healing in bark of woody plants. J. Arboric. 10(9): 241-245.
- KOZLOWSKI, T.T. 1971. Growth and development of trees. Vol. 1-2, New York, 948 pp.
- KRAMER, P.J. & T.T. KOZLOWSKI, 1979. Physiology of woody plants. Academic Press, New York, 811 pp.
- LOWERTS, G.A. & R.C. KELLISON, 1981. Genetically controlled resistance to discoloration and decay in wounded trees of yellow-poplar. Silvae Genetica 30(2/3): 98-101.
- LUNDQUIST, K. 1983. Framtidens tradvård. STAFs Forlag, Malmö, 43 s.
- MCQUILKIN, W.E. 1950. Effects of some growth regulators and dressings on the healing of tree wounds. J. For. 48: 423-428.
- MERCER, P.C. 1979. Attitudes to pruning wounds. Arboric. J. 3(6): 457-465.
- MERCER, P.C. 1979a. Phytotoxicity and fungitoxicity tests for tree wound paints. Ann. appl. Biol. 91: 199-202.
- MERCER, P.C. 1982. Tree wounds and their treatment. Arboric. J. 6(2): 131-137.
- MERCER, P.C. 1984. An investigation of conditions occurring within pruning wounds. Eur. J. For. Path. 14: 1-9.
- MERCER, P.C., S.A. KIRK, P. GENDLE & D.R. CLIFFORD, 1983. Chemical treatments for control of decay in pruning wounds. Ann. appl. Biol. 102: 435-453.
- MERCER, P.C. & S.A. KIRK, 1984. Biological treatments for the control of decay in tree wounds. I. Laboratory tests (Beech, *Fagus sylvatica*). Ibid. 104: 211-219.
- MERCER, P.C. & S.A. KIRK, 1984a. Biological treatments for the control of decay in tree wounds. II. Field tests. Ibid. 104: 221-229.
- MOORE, K.E. 1978. Barrier-zone formation in wounded stems of sweetgum. Can. J. For. Res. 8: 389-397.
- MORK, E. 1966. Vedanatomi. Grundt Tanum, Oslo, 69 s.
- MUHLERN, J., W. SHORTLE & A. SHIGO, 1979. Barrierzones in red maple: an optical and scanning microscope examination. Forest Sci. 25: 311-316.
- MULLICK, D.B. 1975. A new tissue essential to necrophylactic periderm formation in the bark of four conifers. Can. J. Bot. 53: 2443-2457.
- NEELY, D. 1970. Healing of wounds on trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(5): 536-540.
- NEELY, D. 1973. Tree wound healing and radial growth correlations. Hort. Sci. 8(5): 384-385.
- NEELY, D. 1979. Tree wounds and wound closure. J. Arboric. 5(6): 135-140.
- NEELY, D. 1983. Tree trunk growth and wound closure. Hort. Sci. 18(1): 99-100.
- NOEL, A.R.A. 1968. Callus formation and differentiation at an exposed cambial surface. Ann. Bot. 32: 347-359.

- PEARCE, R.B. 1982. A mechanism for compartmentalization in oak. *Arboric. J.* 6(4): 277-285.
- PEARCE, R.B. & J. RUHTERFORD, 1981. A wound-associated suberized barrier to the spread of decay in the sapwood of oak (Quercus robur L.). *Physiol. Plant Path.* 19: 359-369.
- PEEL, A.J. 1964. Tangential movement of C-labelled assimilates in stems of willow. *J. Exp. Bot.* 15: 104-113. (Ikke sett. Ref. etter ZIMMERMAN & BROWN 1971).
- PHELPS, J.E. & E.A. MCGINNES, 1977. Anatomical responses to basal injury in white and black oak. *Wood Sci.* 10(1): 15-21.
- PIRONE, P.P. 1978. *Tree maintenance.* Oxford University Press, New York, 587 pp.
- POTTLE, H.W., A.L. SHIGO & R.D. BLANCHARD, 1977. Biological control of wound hymenomycetes by Trichoderma harzianum. *Plant Disease Reprtr.* 61: 687-90.
- PURITCH, G.S. & D.B. MULLICK, 1975. Effect of water stress on the rate of non-suberized impervious tissue formation following wounding in Abies grandis. *J. Exp. Bot.* 26(95): 903-910.
- RICHARDSON, S.D. 1958. Discussion. I: THIMAN, K.V. (red.): *The physiology of forest trees*, s. 38. Ronald Press-New York. (Ikke sett. Ref. etter ZIMMERMAN & BROWN 1971).
- SANDBERG, J. 1983. Overvoksing av beskjeringsår. Undersøkelser i alleen på Bygdø Kongsgård. Hovedoppg. ved Inst. for dendrologi og pl.sk.drift, Norges landbrukshøgskole, 87 s.
- SARGENT, C.S. 1905. *Manual of the trees of North America.* Houghton Mifflin Company, Boston and New York, 826 pp.
- SCHULZ, von H. 1973. Auswirkungen von Rückeschaden an jungen Buchen und Edellaubholzern. *Holzforschung* 27(2): 42-47.
- SEABY, D.A. & T.R. SWINBURNE, 1976. Protection of pruning wounds on apple trees from Nectria galligena Bres. using modified pruning shears. *Plant Path.* 25: 50-54.
- SHAIN, L. 1967. Resistance of sapwood in stems of loblolly pine to infection of Fomes annosus. *Phytopathology* 57: 1034-1045.
- SHAIN, L. 1971. The response of sapwood of Norway spruce to infection by Fomes annosus. *Ibid.* 61: 301-307.
- SHIGO, A.L. 1979. Compartmentalization of decay associated with Heterobasidion annosum in roots of Pinus resinosa. *Eur. J. For. Path.* 9: 341-347.
- SHIGO, A.L. 1982. Tree decay in our urban forests: What can be done about it? *Plant Disease* 66: 763-768.
- SHIGO, A.L. 1983. Targets for proper tree care. *J. Arboric.* 9(11): 285-294.
- SHIGO, A.L. 1984. Tree decay and pruning. *Arboric. J.* 8(1): 1-12.
- SHIGO, A.L. 1985. Compartmentalization of decay in trees. *Sci. Amer.* 252(4): 76-83.
- SHIGO, A.L. 1985a. How tree branches are attached to trunks. *Can. J. Bot.* 63: 1391-1401.
- SHIGO, A.L. & R. FELIX, 1980. Cabling and bracing. *J. arboric.* 6(1): 5-9.

- SHIGO, A.L. & E.H. LARSON, 1969. A photo guide to the patterns of discoloration and decay in living northern hardwood trees. U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. NE-127. 100 pp.
- SHIGO, A.L. & H.G. MARX, 1977. Compartmentalization of decay in trees. U.S.D.A. Agric. Inform. Bull. No. 405. 73 pp.
- SHIGO, A.L. & W.C. SHORTLE, 1979. Compartmentalization of discolored wood in heartwood of red oak. *Phytopathology* 69: 710-711.
- SHIGO, A.L. & W.C. SHORTLE, 1983. Wound dressings: Results of studies over 13 years. *J. arboric.* 9(12): 317-329.
- SHIGO, A.L., W.C. SHORTLE & P.W. GARRETT, 1977. Genetic control suggested in compartmentalization of discolored wood associated with tree wounds. *Forest Sci.* 23: 179-182.
- SHIGO, A.L. & C.L. WILSON, 1977. Wound dressings on red maple and american elm: effectiveness after five years. *J. arboric.* 3(5): 81-87.
- SHORTLE, W.C. 1979. Compartmentalization of decay in red maple and hybrid poplar trees. *Phytopathology* 69: 410-413.
- SHORTLE, W.C. 1979a. Tree care: A new look. *J. Arboric.* 5(12): 281-284.
- SHORTLE, W.C. & E.B. COWLING, 1978. Interaction of live sapwood and fungi commonly found in discolored and decayed wood. *Ecology and Epidemiology* 68: 617-623.
- SHORTLE, W.C. & E.B. COWLING, 1978a. Development of discoloration, decay, and microorganisms following wounding of sweetgum and yellow-poplar trees. *Ecology and Epidemiology* 68: 609-616.
- SHORTLE, W.C. & A.L. SHIGO, 1978. Effect of plastic wrap on wound closure and internal compartmentalization of discolored and decayed wood in red maple. *Plant Dis. Repr.* 62: 999-1002.
- SKILLING, D.S. 1958. Wound healing and defects following northern hardwood pruning. *J. For.* 56: 19-22.
- SMITH, K.T., T.O. BLANCHARD & W.C. SHORTLE, 1981. Postulated mechanism of biological control of decay fungi in red maple wounds treated with Trichoderma harzianum. *Phytopathology* 71: 496-498.
- SOLOMON, D.S. & B.M. BLUM, 1977. Closure rates of yellow birch pruning wounds. *Can. J. For. Res.* 7: 120-124.
- SOLOMON, D.S. & A.L. SHIGO, 1976. Discoloration and decay associated with pruning wounds on yellow birch. *Forest Sci.* 22: 391-392.
- STACK, R.W. 1985. Effect of tree size, hole location and wetwood fluxing on healing of injection wounds in american elms. *J. arboric.* 11(2): 45-47.
- STØSSER, R. 1983. Wundgummibildung bei Obstgehölzen. *Gartenbauwissenschaft* 48(6): 237-242.
- TATE, R.L. 1984. Stem decay in central park. *J. Arboric.* 10(11): 307-308.
- TIPPETT, J.T. & A.L. SHIGO, 1980. Barrier zone anatomy in red pine roots invaded by Heterobasidion annosum. *Can. J. For. Res.* 10: 224-232.
- TIPPETT, J.T. & A.L. SHIGO, 1981. Barrier zone formation: A mechanism of tree defense against vascular pathogens. *IAWA Bulletin n.s.*, 2(4): 163-168.

- TIPPETT, J.T. & A.L. SHIGO, 1981a. Barriers to decay in conifer roots. *Eur. J. For. Path.* 11: 51-59.
- TOOLE, E.R. 1961. Root entrance through dead branches of southern hardwoods. *Forest Sci.* 7: 218-226.
- WILSON, C.L., S.S. MILLER, B.E. OTTO & B.J. ELDRIDGE, 1984. Pruning technique affects dieback and Cytospora infection in peach trees. *Hort. Sci.* 19(2): 251-253.
- WOLOSZYN, J.F., J.L. LIPECKI & S. WOCIOR, 1980. The effect of some growth regulators on the acceleration of healing the wounds in apple and sour cherry trees. *Fruit Sci. Rep.* 7(1): 31-34.
- WOOD, H. 1980. An investigation of callus growth on the wounds of hardwood trees. *Arboric. J.* 4(1): 79-88.
- ZEEDYK, W.D. & A.F. HOUGH, 1958. Pruning allegheny hardwoods. *USDA For. Serv. Northeast For. Exp. Stu. No.* 102, 1958.
- ZIMMERMANN, M.H. & C.L. BROWN, 1971. *Trees structure and function.* Springer-Verlag, New York, 336 pp.

