



Institutionen för skoglig vegetationsekologi
SLU
901 83 UMEÅ

Skogsbrandens påverkan på död ved



Maria Karlsson

Examensarbete i skoglig vegetationsekologi, 20p.
Handledare: Anders Granström
Mars 2000

FÖRORD

Detta arbete är ett examensarbete omfattande 20 poäng inom jägmästarprogrammet. Det är utfört vid Institutionen för skoglig vegetationsekologi vid SLU i Umeå.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare, Anders Granström, som hjälpt mig genom hela arbetet. Jag vill även tacka familjen Jonsson som både låtit mig använda deras gårdsplan för mina eldningar och hjälpt mig i mitt arbete.

Umeå, mars 2000

Maria Karlsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord.....	1
Abstract	3
Sammanfattning	4
Inledning.....	5
Material och metod	6
Material.....	6
Den unga veden.....	6
Den gamla veden.....	8
Proveldningarna	8
Mätningar	9
Resultat.....	10
Förbränningsdjup i förhållande till exponeringstid.....	10
Isoleringseffekt	10
Olika vedegenskaper	11
Den gamla veden.....	13
Bit A, Högstubbe.....	13
Bit B, Högstubbe.....	13
Bit C, Stubbe.....	14
Bit D, Högstubbe.....	14
Bit E, Torraka.....	16
Bit F, Torraka 1.....	16
Bit G, Torraka 2	18
Diskussion	19
Förbränningsdjup i förhållande till exponeringstid.....	19
Glödbrand kontra brand med öppen låga	20
Vedstruktur	20
Referenser.....	21
Appendix	24

ABSTRACT

Fire is an important ecological factor, but its consumption of coarse woody debris, CWD, has hardly received any attention. In this study, I investigate the consumption in relation to the time of initial flame exposure and propensity for continued combustion of standing CWD of pine (*Pinus sylvestris*).

Two types of CWD were studied. Firstly, wood that had been dead for one to ten years. Secondly, wood that had been dead for several decades. In the burning experiments, logs of approx. 1 meter were exposed to fire while standing. Small-diameter branches and twigs were used as fuel to simulate a passing flame front. Exposure time (flame contact with the wood) was varied to facilitate comparisons of combustion depths and studies of fire behaviour.

A distinct relation between the time that the wood was exposed to flames and the combustion depth could be seen. On average, the combustion depth was approx. 1 mm per minute of exposure. For longer exposures (>10 min), this speed decreased markedly, probably due to the layer of charcoal acting as an insulator against continued charring. Wood with high levels of resin burned deeper. Also, wood with rotten sapwood got a deeper combustion layer, possibly due to better air supply into the wood.

After the exposure from external flames stopped, the cases of continued combustion in the wood were rare. This occurred mainly in the form of smouldering combustion and went extinct within a short time for most of these cases, without much wood consumed. This smouldering combustion turned into flaming combustion under certain conditions. The experiments showed that rotten wood, splintered wood and cavities within the wood are of great significance for the fire to remain alive. Together with air supply this determines the extent of the continued combustion and thus the loss of wood.

SAMMANFATTNING

Skogsbranden är en viktig ekologisk faktor, men hur den konsumerar död ved är föga studerat. Denna studie syftar till att undersöka hur vedkonsumtionen förhåller sig till exponeringstiden. Syftet är även att undersöka vedens benägenhet för fortsatt förbränning då stående död ved av tall brinner.

Den döda veden som studerades var av två typer: dels ved som varit död mellan ett och tio år och dels ved som varit död i flera decennier. I eldningsförsöken eldades veden stående i meterlånga stockar. Som bränsle användes ris för att efterlikna en passerande flamfront. Exponeringstiden (flamkontakt mot veden) varierades för att kunna jämföra förbränningsdjupen och studera eldens beteende.

Det fanns en klar relation mellan den tid som veden utsattes för lågor och förbränningsdjupet. I genomsnitt blev förbränningsdjupet ca 1 mm per minut eldexponering. Förbränningsdjupet per minut avtog dock kraftigt vid längre eldningar (>10 min), antagligen beroende på kollagrets isolerande effekt mot fortsatt förbränning. Även ett sedan tidigare befintligt kollager isolerade mot förbränning. Kådrök fick ett större förbränningsdjup. Även splintrötad ved fick ett större förbränningsdjup pga bättre syretillförsel in i veden.

Fortsatt förbränning i veden efter eldexponeringen förekom väldigt sparsamt och då främst som glödbrand. I de flesta fallen sloknade denna glödbrand snart utan att särskilt mycket ved konsumerats. Eventuellt kunde denna glödbrand övergå till förbränning med öppen låga under vissa förhållanden. Det visade sig att rötad ved, uppsplittrad ved och håligheter i veden har stor betydelse för att elden ska kunna bita sig kvar. Detta tillsammans med syretillförsel avgör hur omfattande den fortsatta förbränningen blir.

INLEDNING

Skogsbranden är antagligen den ekologiska faktor som ensam spelat störst roll för utvecklingen i de boreala skogarna. Skogsbranden är viktig på många sätt. Den kan exempelvis ge upphov till flerskiktade och olikåldriga bestånd (Zackrisson 1977) som är viktigt för biodiversiteten. Dessutom finns många arter som är beroende av färska brandstödda områden (Ehnström 1991, Svensson 1996).

Branden skapar också död ved där den drar fram genom att träden skadas och kanske dör av den kraftiga värmeutvecklingen. Denna döda ved som skapas ger så småningom upphov till både lågor, högstubbar och torrakor. Död ved i olika form och nedbrytningsgrad erbjuder habitat för en stor mängd arter, och är därmed av största vikt för den skogliga biodiversiteten (Esseen 1997). I dag finns det ca 1 m^3 död, stående ved per ha i svensk brukad skog (Linder et al. 1997). Den totala mängden död ved per ha i Sverige är ca 6 m^3 (Anonymus 1999). I Finland har man kommit fram till att medelvolymen stående och liggande död ved i gammal old-growth skog låg mellan 19 och $60 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Sippola et al. 1998).

Skogsbranden inte bara skapar död ved, den konsumerar också död ved genom att ved som kanske dödats av en tidigare brand, i nästa brand fattar eld och brinner upp helt eller delvis. Detta är föga studerat. Hur ved i form av byggnadsmaterial beter sig vid brand är däremot väl undersökt. Av naturliga skäl ägnas stort intresse åt beständigheten och hållfastheten och hur den förändras vid brand (König 1992, König et al. 1995, König et al. 1997, Östman 1993, Östman et al. 1996). Undersökningarna är koncentrerade på hur väl olika trämaterial står emot brand under ett säkerhetsintervall på 60 min. Material med låg belastning och/eller hög densitet klarar detta säkerhetsintervall bättre. Trästommar med ett ytmaterial som förhindrar antändning klarar brandförlopp mycket bra. Över huvud taget har det visat sig att trä som byggnadsmaterial står emot brand bättre än man tidigare har trott. Stor vikt läggs även vid kolning eftersom kol isolerar den opåverkade veden och därmed kan förhindra fortsatt förbränning av veden (König 1992, Mikkola 1990). Kolningsdjupet kan också användas för att i efterhand rekonstruera brandförlopp i byggnader.

Det finns inga undersökningar om hur den döda veden i skogen brinner vid en skogsbrand, hur lätt den tar eld och hur förkolningen sker. Hur skogselden i stort beter sig och rör sig fram över landskapet är väl beskrivet (Pyne et al. 1996), men den döda vedens förbränning är en ganska bortglömd faktor, antagligen därför att den inte är viktig för eldens spridningshastighet. Den har därmed ingen praktisk eller ekonomisk betydelse vid

skogsbränder eller hyggesbränningar. Ett av de få exemplen på hur stor förlusten av ved kan bli är från Arizona, där man i en undersökning har sett att den döda veden i skogen minskade med så mycket som 63% efter en brand (Covington och Sackett 1984).

Syftet med mitt arbete var att studera hur stående död ved brinner. Jag har studerat vedkonsumtionen i förhållande till exponeringstiden och även vedens benägenhet för fortsatt förbränning efter eldexponeringen. Hur faktorer som röta och kåda i veden samt ett kollager från en tidigare eldning påverkar brandförloppet har också undersökts. Övergripande syftet har varit att få en bild av hur stående död ved, såsom torrakor och högstubbar, påverkas av en skogsbrand och vilka faktorer som kan tänkas påverka förloppet.

Vedstycken togs in från skogen och eldades under kontrollerade former i experimentella uppställningar som tänktes motsvara den exponering av brand som stående död ved utsätts för vid en naturlig skogsbrand i den boreala skogen.

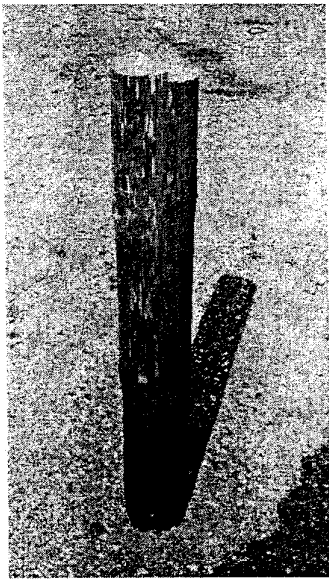
MATERIAL OCH METOD

Material

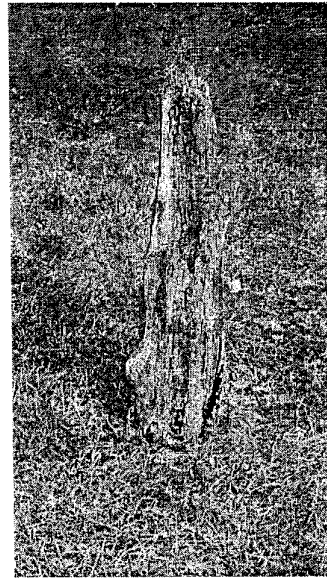
Två typer av död ved användes vid eldningsförsöken. Dels relativt nyligen död ved som inte varit med om någon skogsbrand tidigare, här kallad ung ved (Figur 1). Dels död ved som varit död betydligt längre och i huvudsak bestod av tjärved, här kallad gammal ved (Figur 2).

Den unga veden

De stockar av tall (*Pinus sylvestris*) som relativt nyligen dött kommer från Bäcksjön, ca 14 km norr om Umeå. Stockarna kommer från döda träd som stod i kanten mot en liten tjärn. Tallarna hade troligtvis dött av att marken blivit för fuktig då vattennivån i tjärnen stigit något. Träden valdes subjektivt ut för att till viss del representera material som hade olika egenskaper såsom röta och hög kådhalt. Uppskattningsvis varierade den tid träden stått döda mellan ett och tio år. Träden var 70-80 år gamla och brösthöjdsdiametern under bark var mellan 16 och 21 cm. Under senvintern (den 13/4 1999) fälldes träden och kapades upp i 110 cm långa stockar. För att få en uppfattning om vilken fuktkvot stående död ved har på olika höjd i trädet under denna årstid, sågades en trissa ut mellan varje stock. Trissan vägdes och torkades i 80°C, för att sedan vägas igen så att fuktkvoten kunde räknas ut. De stockar som hade barken kvar barkades så gott det gick, grenar slogs av, och alla stockarna vägdes innan de togs in för att få torka i rumstemperatur.

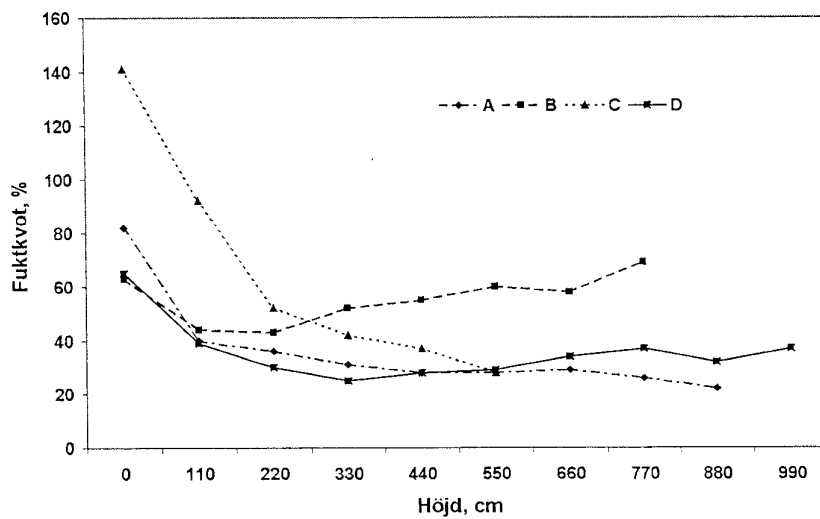


Figur 1. Ung ved.



Figur 2. Gammal ved.

Fuktkvoten, (vikten av vedens vatteninnehåll i procent av vedens vikt i absolut torrt tillstånd (Anonymus 1994)), i dessa torrakor visade sig ligga mellan 22 och 92 %, om man bortser från rotstockarna som stod i vatten. Fuktkvoten sjönk drastiskt under de första metrarna i stocken för att sedan plana ut eller stiga något i resten av stammen. Variationen mellan de olika stockarna var stor (Figur 3).



Figur 3. Fuktkvoten i stående, relativt nyligen, död ved. Materialet inhämtat från Bäcksjön i april månad. Träd A hade uppskattningsvis stått dött i ca 10 år, träd B i ca 1 år, träd C i ca 5 år och träd D i drygt 5 år.

Den gamla veden

Den gamla veden kom från träd som dött för åtskilliga decennier sedan och hämtades till största delen från en tallhed i närheten av Lögdeälven, ca 20 km väster om Bjurholm i Västerbotten. I detta område är brandhistoriken känd, och sista branden inträffade här 1866 (Niklasson & Granström opubl.). Dessutom hämtades en enstaka stock från en tallhed i Gullmark, Robertsfors kommun (Västerbotten). Inhämningen skedde i början av augusti månad då veden antogs ha en fuktkvot som är normal vid skogsbränder. Materialet valdes ut för att representera olika typer av död ved och togs i så stora bitar som var praktiskt möjligt, både med avseende på den döda vedens utseende och hur stora bitar som gick att bära. Utseende och kännetecken på stockarna, såsom sprickor och håligheter, noterades och fuktkvoten mättes med en fuktkvotmätare (Protimeter Surveymaster SM), innan de togs inomhus för att inte återfuktas av eventuella regn. Fuktkvoten varierade mycket beroende på den heterogena veden men låg vid insamlandet mellan 6 och 49 %. De högsta värdena uppmättes där veden varit i kontakt med marken.

Proveldningarna

För att studera hur stående död ved brinner så gjordes ett litet bål i ordning till varje stock. Stockarna ställdes på högkant på en sandbädd för att lågorna inte skulle kunna få fäste under stocken. Som bränsle vid försöken användes torrt gran- och tallris inhämtat från hyggen, avverkade föregående vinter. Vid de längre eldningarna användes också till viss del torra vedklampar, då det inte gick att få jämna lågor under så lång tid med enbart ris. Riset lades runt stocken och en liten bit upp på denna (Figur 4).

Fuktkvoten är en viktig faktor för hur lättantändligt material är och därmed också en viktig faktor vid skogsbränder. För att bestämma fuktkvoten i de stockar som eldades vid försöken togs ett prov för gravimetrisk fuktkvotsbestämning från toppen av stockarna innan antändning. På vissa stockar mättes istället fuktkvoten med fuktkvotmätare. Fuktkvoten varierade i den unga veden mellan 5 och 13 % och i den gamla veden mellan 8 och 16 %. Variationen var lika stora inom stockarna som mellan stockarna.



Figur 4. Stock klar för eldning.



Figur 5. Stock under eldning.

För att kunna mäta kolningsdjupet och eventuell föraskning slogs spikar (ca 8 st i den unga veden och ca 4 st i den gamla veden) in på nedre delen av stockarna så att spikhuvudet kom i nivå med vedytan. Stockarnas utseende och eventuella detaljer som större sprickor eller kvistspraggar observerades. För att få en snabb och effektiv antändning som underlättade tidsmätningen användes tidningspapper, tändvätska och vanliga tändstickor. Eldningarna utfördes sedan under bestämda tidsintervall, från 2 till 20 min. En till två minuter är ungefär den tid det tar för eldfronten i en skogsbrand att dra fram över en punkt (A. Granström, muntl.). Under eldningens gång studerades hur och var i stocken det brann. När flamexponeringen skulle avbrytas rakades det resterande riset bort från stocken vilket fick till följd att lågorna i riset självslocknade. Ingen ytterligare åtgärd gjordes för att släcka den eventuellt brinnande stocken.

Mätningar

Efter borttråkningen av riset noterades om någon eld eller glöd fanns kvar i stocken, eller om det rykte någonstans ur den, samt var och hur länge detta förekom. När stocken slocknat helt och svalnat antecknades hur den såg ut och hur mycket som brunnit bort, samt hur högt upp på stocken det förekom sotning, kolning och föraskning (där det svarta kolet även hade ett gråvitt ytlager). Sprickor mättes för att se om de ändrat storlek. Kolnings- och föraskningsdjupet mättes vid spikarna och även det största koldjup som kunde hittas på stocken som helhet noterades. Detta gjordes med en spik som försiktigt snurrades in genom kolet tills det kändes att den opåverkade veden tog emot, och därefter noterades koldjupet i

mm utifrån hur kolet färgat av sig på spiken. Koldjupet tillsammans med hur mycket de tidigare islagna spikarna eventuellt stod ut utgjorde förbränningsdjupet. De stockar som skulle eldas en andra gång, för att studera hur ett befintligt kollager påverkar förkolningsförloppet, fick stå någon dag för att fuktkvoten skulle jämnas ut sig i ytveden efter den första eldningen. Försiktighet iaktogs för att inte skada det befintliga kolskiktet. Inga nya spikar slogs i eftersom kolet var så skört. Istället användes de gamla spikarna som satt kvar från första försöket och ytterligare förbränningsdjup kunde på så sätt noteras. Försök med vägning av stockarna i fält för att studera massförlust slog ej särskilt väl ut då en tillräckligt exakt våg saknades.

RESULTAT

Resultaten av eldningarna varierade beroende på skillnader i vedstruktur och behandling. Som riktvärde kan nämnas att förbränningsdjupet blev i storleksordningen en mm per minut brandexponering.

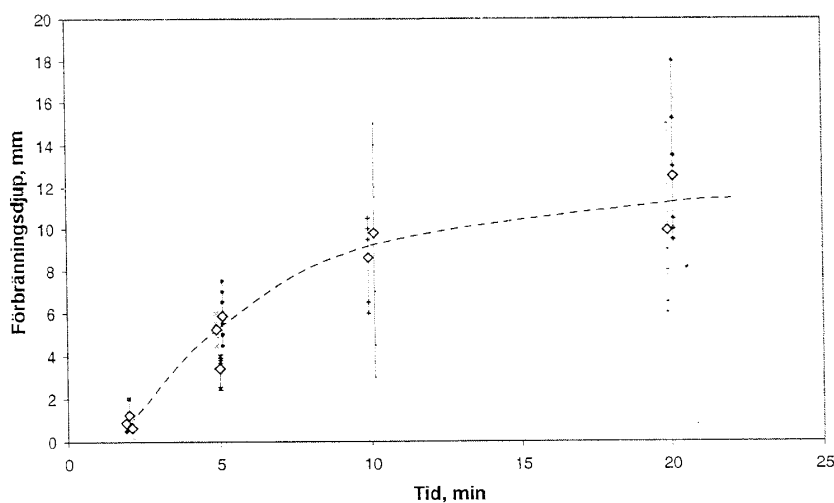
Förbränningsdjup i förhållande till exponeringstid

Med förbränningsdjup menas avståndet från den ursprungliga, opåverkade vedytan in till den opåverkade veden efter eldpåverkan. Förbränningsdjupet beror då både på den massa som förskats och försvunnit, och det kollager som sitter kvar på veden. De siffror som redovisas är från de områden på veden där lågorna varit i kontakt med veden under hela exponeringstiden. Förbränningsdjupet i förhållande till exponeringstiden uppvisar en stor variation såväl mellan de olika mätpunkterna inom stockarna, som mellan stockarna. Förbränningsdjupet per minut är störst under de första minuterna av eldexponering, därefter avtar förbränningen och uppvisar en avtagande kurva (Figur 6).

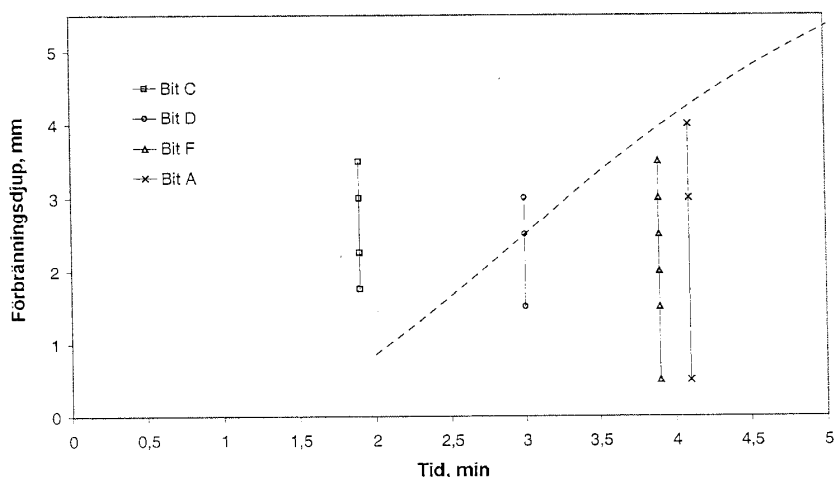
Förbränningsdjupet för den mer oregelbundna och heterogena naturveden uppvisar inte några systematiska avvikelser från den färskare döda veden. Dock är det ganska stora skillnader såväl inom som mellan de enskilda stockarna (Figur 7).

Isoleringseffekt

Ett redan existerande kollager på den döda veden visade sig ha en isolerande effekt vid en ny eldning. Vid lika lång eldexponering blev förbränningsdjupet betydligt mindre då det redan före exponeringen fanns ett isolerande kollager (Figur 8).



Figur 6. Förbränningsdjup i förhållande till hur lång tid stående, nyligen död ved exponerats för eld. För varje stock är de enskilda mätvärdena och stockens medelvärde (\blacklozenge) angivna. Den streckade medellinjen går genom medlet av stockarnas medelvärden och är anpassad för hand.

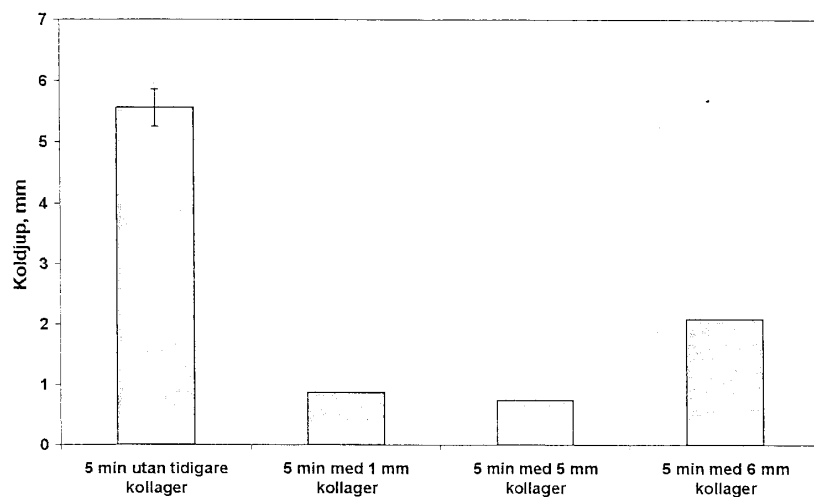


Figur 7. Förbränningsdjup i förhållande till hur lång tid stående gammal död ved exponerats för eld. Den inlagda streckade medellinjen visar medelvärdet för stående ung död ved för jämförelse.

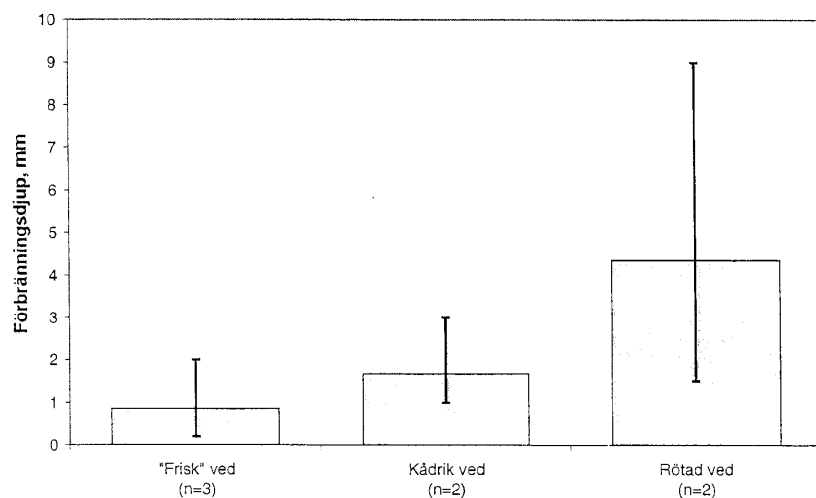
Olika vedegenskaper

Tyngdpunkten vid försöken har legat på att studera "frisk" och likartad död ved för att lättare kunna analysera samband mellan exponeringstid och förbränning. Det är dock även av intresse att se hur andra typer av död ved påverkas av brand. I försöken kunde jag se att det var skillnad i förbränningsdjup mellan "frisk" ved, kådrik ved och porös, splintrötad ved.

Förbränningsdjupet i den starkt rötade (vitröta), "knastriga" veden blev klart djupare än i den "friska" veden, och även den kådiga veden fick ett djupare förbränningsdjup (Figur 9).



Figur 8. Skillnader i hur stort förbränningsdjupet blir vid fem minuters brandexponering av stående ung död ved med och utan skyddande kollager. Variationsvidden är angiven för den vänstra stapeln där $n=2$.



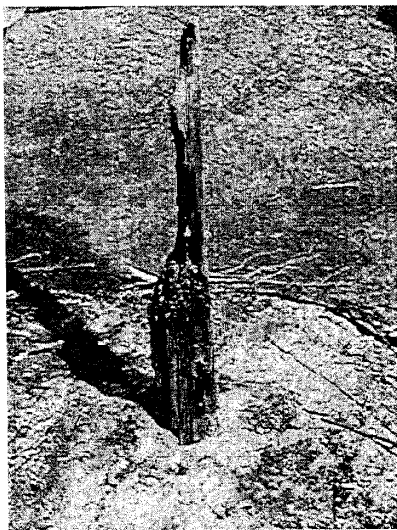
Figur 9. Förbränningsdjup i medeltal efter 2 min eldexponering för "frisk", kådrök och splintrötad (vitröta) ved, tillsammans med variationsvidden för de enskilda provpunkterna. På varje stock gjordes mätningar av förbränningsdjupet på mellan 4 och 15 ställen. Antal eldningsförsök anges under respektive stapel.

Den gamla veden

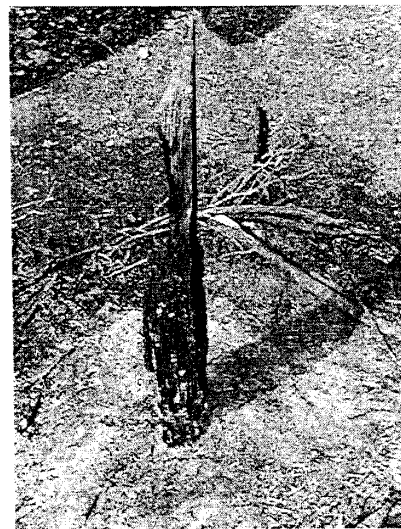
Försöken med den gamla veden visade vitt skilda resultat, beroende på vedmaterialets struktur. En del ved brann upp helt, medan annan knappt påverkades alls. Här redovisas förbränningsförloppet skriftligt och med bild. Förbränningsdjupet för de flesta bitarna är redovisade i Figur 7.

Bit A, Högstubbe

En 70 cm hög, som bredast 8 cm, stubbe som var urbrunnen på ena sidan där den hade ett ca 3 mm tjock kollager efter brand år 1866 (Figur 10). Den eldades i 2 min och efter bortrakningen av riset slutade det omedelbart att brinna med öppen låga. Dock bet sig glöd kvar i den nedre delen, som var något rötad. Glöden fortsatte i ca 30 min, troligtvis underhållen av den svaga vind som förekom. När glöden slocknade hade den konsumerat ett knytnävsstort område. Efter försöket hade det bildats ett ca 1 mm tjockt kollager där lågorna kommit åt. Det gick inte att mäta om det hade skett någon ytterligare kolning under det från början befintliga kolet, men ingen nämnvärd vedförlust hade skett.



Figur 10. Bit A före eldningen.



Figur 11. Bit A efter eldningen.

Bit B, Högstubbe

En ca 1,5 m hög, som bredast 17 cm högstubbe (Figur 12). Rester av kol fanns på ena sidan, där veden var mycket hård, och spikar kunde endast med svårighet slås in. Däremot var veden i de taggiga topparna inte lika hård. Efter 4 min eldning nådde lågorna upp till den uppflisade delen, och bet sig fast där. Riset rakades då bort, och det visade sig att glöd även hade bitit sig

fast i botten av biten. Denna glöd slocknade efter 5 min, och efter 8 min slocknade lågorna i toppen. Ytterligare 3 min senare var all glöd slocknad. Trots att glöden bet sig kvar på två ställen, gick det inte att uppmäta något urgröpt område.



Figur 12. Bit B, vid eldningen.

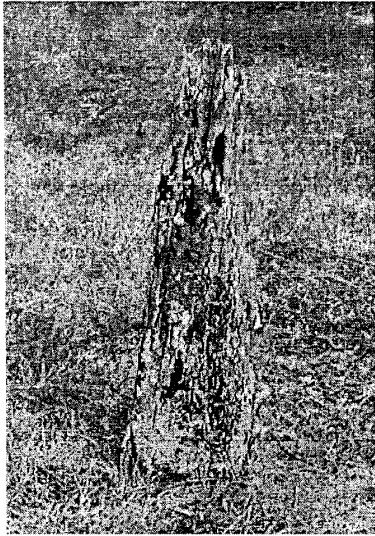
Bit C, Stubbe

En konformad 64 cm hög stubbe med ett rötat parti i mitten, vilket var fyllt med mulm. Det fanns delvis gammalt kol på stubben, i genomsnitt 3 mm, och som mest 4,5 mm. Kolet var täckt med lav (*lecidia*). Risbränningen pågick i 2 min och det brann bra i stubben under denna tid. Efter bortrakningen fortsatte det brinna i håligheten i mitten. Efter 15 min började lågorna avta, och efter 19 min hade de slocknat. Därefter fortsatte rökutveckling utan synlig glöd i ca 10 min. Resultatet blev att det brann ur något i centrum, men mulmen brann inte upp. Koldjupet på den gamla kolen var generellt ca 5 mm, och som mest 7 mm. Även inne i det rötade centrumpartiet, där det brann som mest, var koldjupet 7 mm efter eldningen.

Bit D, Högstubbe

En drygt meterhög högstubbe (Figur 15) som var bredast upptill. Över hela högstubben förekom kol från tidigare skogsbrand till ett djup av ca 6 mm. Som mest fanns det 8 mm kol kvar men det mesta av kolet var bortnött. Risbränningen pågick i 4 minuter och lågorna fick fäste i den övre, taggiga, delen. Efter bortrakningen stannade lågorna kvar, både i toppen och på undersidan av de utskjutande övre delarna. Lågorna i toppen slocknade efter 3 min och de övriga efter 6 min. Efter detta fanns ingen synlig glöd, men det fortsatte ryka och efter ca 15 min slog lågor upp ur toppen. Dessa slocknade dock efter ytterligare 5 min. Det fortsatte att

glöda och ryka, både från toppen och från undersidan, vilken skulle kunna ha orsakats av någon liten spricka som förband glödhärdarna och försåg dem med syre. Efter ungefär 40 min hade all glöd slocknat. Resultatet blev att ett ungefär knytnävsstort område ur undersidan hade brunnit ur, och ett något mindre område ur toppen.



Figur 13. C före eldningen.



Figur 14. C efter borttraktionen då lågor bet sig kvar.



Figur 15. Bit D under eldningen.



Figur 16. Bit D, då de sista lågorna slocknat.

Bit E, Torraka

Denna stock var mycket porös och fibrös, särskilt den taggiga toppen, då splintveden runt hela stocken var rötad (vitröta). Kärnveden var förhållandevis fast. Risbränningen pågick i 3 min och efter bortrakningen brann det i ytterligare 3 min i toppen av stocken, varefter det bara förekom sporadiska lågor ur splintveden där. Dock var rökutvecklingen relativt kraftig. Glöd och små lågor bet sig fast i splinten i toppen, och efter ett tag pyrde det även i kärnveden. Ingen glöd lyckades få fäste på stocken för övrigt, trots den porösa splintveden. Efter en timme hade all glöd slocknat. Resultatet blev att ett område stort som uppskattningsvis två knytnävar brann bort i toppen, och hela stocken såg än mer fibrös ut jämfört med innan eldningen. Det hade inte bildats något distinkt kollager.



Figur 17. E under eldningen.



Figur 18. E då lågorna slocknat och kraftig rökutveckling uppstått.

Bit F, Torraka 1

Denna högstubbe delades i två drygt meterlånga stockar. Den undre stocken, F, var ihålig och fylld med rötad, porös ved. Det yttre, hårda skalet/splintveden var solitt och utan sprickor. Vid bortrakningen efter 4 minuters eldning brann det fortfarande ur toppen och glöd bet sig fast på ett ställe i botten. Efter 3 min slocknade lågorna i toppen, och det enda som fanns kvar var lite glöd och rök där och i botten (Figur 20). Ytterligare 4 min senare slog små lågor ut ur botten och rökutvecklingen ur toppen var riklig, tjock och mörk. Efter ännu 1 min slog lågor ut ur toppen (Figur 21). Lågorna blev kraftigare och kraftigare inuti stocken (Figur 22). Stocken brann upp inifrån och när bitar lossnade fick elden både ökad syretillförsel och möjlighet till fäste på utsidan. Vinden vid försöket var måttlig, men det resulterade i att vindsidan slutligen

brann upp/föll bort, och endast en halvcylander kvarstod. Även denna brann till sist upp och efter cirka 1,5 h fanns endast aska och lite kol kvar (Figur 23).



Figur 19. F under eldningen.



Figur 20. Kraftig rökutveckling efter bortrakning. Bit F.



Figur 21. Lågor slår upp ur toppen.



Figur 22. F brinner upp inifrån.



Figur 23. F efter eldning.



Figur 24. Stock G.



Figur 25. Stock G brann så småningom upp helt.

Bit G, Torrika 2

Den övre delen av den delade stocken, G, var avsmalnande uppåt och med en stor spricka på de översta 60 cm. I sprickan var stocken uppsplittrad och taggig. Stocken var ihålig och fylld med mycket porös, brunrötad ved medan skalet var hårt. Efter 2 min eldning hade veden ännu inte börjat brinna ordentligt. Efter att nytt ris förts på och eldats under ytterligare 2 min brann det bra i hela stocken, framför allt inne i sprickan. När det några minuter efter bortrakningen började blåsa lite mer, fick elden ytterligare fart. Efter ca 30 min hade en ventil brunnit ur den nedre delen och elden fick förnyad kraft. När endast ett skal återstod föll stocken pga obalans

men restes upp och hölls upprätt med en spade, eftersom den ännu inte hade brunnit av. När det brunnit bort så mycket att resterna av stocken såg allt för svaga ut lätts stocken falla till marken. Stocken sprack då sönder men bitarna fortsatte brinna tills det bara fanns kol kvar. Från antändning till det att allt var uppbrunnet tog det drygt en timme.

DISKUSSION

Förbränningsdjup i förhållande till exponeringstid

Denna studie visar att det finns en klar relation mellan den tid som veden utsätts för lågor och förbränningsdjupet. I en studie av olika trämaterial som används vid byggnation visar Mikkola (1990) att förbränningsdjupet för sågat tallvirke ligger mellan 0,80 och 1,11 mm per minut i kontrollerade försök, beroende på fukthalten. Detta stämmer även för försöken i den här studien som är utförda under mer naturtrogna former. Däremot avtar förbränningshastigheten vid längre brandexponering beroende på det kollager som successivt utbildas och som har en isolerande effekt. Mikkola (1990) fann att temperaturen i veden sjunker drastiskt ner till under 100° C de två första centimetrarna, vilket innebär att ju tjockare kollager det finns desto effektivare isoleras den opåverkade veden från elden. I mina försök sker mycket lite förbränning vid koldjup över 12 mm.

Att förbränningsdjupet vid samma brandexponering var större (95 % större) i kådrik ved var väntat med tanke på kådans brandbenägenhet. Det behövs dock fler upprepningar för att kunna dra några större slutsatser om detta. Den rötade veden fick också ett djupare förbränningsdjup vilket antagligen berodde på att syretillförseln var bättre i den porösa veden än i den mer kompakta friska eller kådiga veden.

Vid en normal, naturlig skogsbrand är flamfrontens residenstid mellan en och två minuter (A. Granström, muntl.). I genomsnitt blev förbränningsdjupet 0,9 mm vid två minuters brandexponering i de här försöken. Det antyder att konsumtion av intakta torrakor är obetydlig. Vad man kan se är att stående död ved inte påverkas särskilt mycket av en flamfront som drar förbi. Däremot kan vedkonsumtionen vid en naturlig skogsbrand, då veden till stor del ligger på marken och även kan vara kraftigt nedbruten, bli betydligt större.

För förloppet vid skogsbränder är vinden en viktig faktor för att underhålla och för att påverka intensiteten av förbränning i ved. Vinden kan vara en orsak till de stora skillnader i förbränningsdjup, både mellan och inom stockarna, som framkom i den här studien. Andra faktorer som flammornas intensitet kan också ha påverkat.

Glödbrand kontra brand med öppen låga

Ofta förbränns veden genom glödbrand istället för med synliga lågor. Särskilt verkar detta ske i porös ved om syretillförseln samtidigt är relativt dålig (Drysdale 1999). Det slår lätt upp enstaka lågor ur denna glödbrand då det kommer små vindpustar. Glödbranden kan pågå under en längre tid, exempelvis inne i en hålrötad torraka, och långsamt men säkert förbruka veden. Vid ökad vindstyrka kan glödbranden få bättre fart och övergå till förbränning med öppen låga.

Vedstruktur

En faktor som är mycket viktig för brandförloppet i veden är lågornas möjligheter att bita sig kvar och få fäste i veden. Från en plan vedyta som brinner är strålningsförlusterna alltför stora för att förbränningen skall kunna underhållas någon längre tid (Drysdale 1999). Håligheter, sprickor, flisor och liknande gör att värmestrålningen förstärks och lågorna kan få stöd av varandra.

Lufttillförseln är en annan mycket viktig faktor som har stor betydelse för eldens förlopp. Vid dålig lufttillförsel avgår energin med röken istället för att ge fullständig förbränning (Kubler 1991). Om syrekonzentrationen minskar från 21 % till 10,5 % minskar förbränningen med 20 % (Mikkola, 1990). Syretillförseln kan gynnas på olika sätt. Naturligtvis har vinden betydelse då den ökar gasutbytet i förbränningszonen. Detta syntes tydligt vid försöken då glöd och lågor som var på väg att slockna snabbt fick nytt liv då det kom en liten vindpust. Det behövdes inte alls särskilt kraftig vind för att ge en synbar effekt. Syretillförseln gynnas även av porös (rötad) ved samt håligheter och sprickor. Via dessa kan syre lättare nå fram till förbränningszonen. Särskilt tydligt blir detta om det finns en kontinuerlig luftkanal, exempelvis i en hålrötad torraka. I två av mina försök uppstod en tydlig skortenseffekt genom att det rötade innanmätet i veden brann ur genom glödbrand som övergick till brand med öppen låga. När luften kunde passera fritt bildades ett kraftigt sug, p.g.a. den varma luften som steg uppåt, vilket ytterligare ökade syretillförseln och därmed förbränningen.

Mina försök visar på att skogsbränder inte påverkar stående död ved mer än några mm, förutsatt att lågorna inte lyckas bita sig fast. Detta kan vara en förklaring till att det i skogar som brunnit regelbundet kan stå kvar ved som genomlevt två eller fler bränder efter att trädet dött (Zackrisson 1977, Niklasson & Granström 2000). Förutsättningen för att detta skall ske är att veden inte är rötangripen eller har insektsgångar eller andra skador. Dessutom är det sannolikt att ett kollager från en tidigare brand isolerar och skyddar under kommande bränder.

Det är alltså många faktorer som spelar in i på den döda vedens brandförlopp vid en skogsbrand och små variationer i substratet kan få betydande följder.

REFERENSER

Covington, W. W. & Sackett, S. S. (1984). The Effect of a Prescribed Burn in Southwestern Ponderosa Pine on Organic Matter and Nutrients in Woody Debris and Forest Floor. *Forest Science* 30:183-192 (Vol. 30, No. 1).

Drysdale, D.(1999). *An Introduction to Fire Dynamics*, Second Edititon. John Wiley & Sons, Inc.

Ehnström, B. (1991). Många insekter gynnas. *Skog och forskning*. Nr. 4:47-52.

Esseen, P.-A., Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K. (1997). Boreal forests. *Ecological Bulletins* 46:16-47.

Kubler, H. (1991). Indicators and significance of air supply in the combustion of wood for heat. *Wood and Fiber Science* 2:153-164.

König, J. (1992). The Effect of Density on Charring and Loss of Bending Strength in Fire. *Trätek, Rapport I 9210062*.

König, J., Norén, J. & Forsén, N. E. (1995) Wood Construction Behaviour in Natural/Parametric Fires. Paper presented at the 4th International Fire and Materials Conferance, Washington DC, November 1995. *Trätek, Rapport I 9512039*.

König, J., Norén, J., Bolonius Olesen, F. & Toft Hansen, F. (1997). Timber frame assemblies exposed to standard and parametric fires, Part 1: Fire tests. Träteknik, Rapport I 9702015.

Linder, P. & Östlund, L. (1998). Structural changes in three mid-boreal Swedish forest landscapes, 1885-1996. *Biological Conservation* 85:9-19.

Mikkola, E. (1990). Charring of Wood. Technical Research Centre of Finland (VVT), Research Reports 689.

Niklasson, M. & Granström, A. (2000). Numbers and size of fires: long-term spatially explicit fire history in a Swedish boreal landscape. *Ecology*. Under tryckning.

Anonymus(1994), Praktisk skogshandbok Sveriges skogsvårdsförbund, Östervåla.

Pyne, S. J., Andrews, P. L. & Laven, R. D. (1996). *Introduction to Wildland Fire*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Sippola, A-L. Siitonen, J. & Kallio, R. (1998). Amount and Quality of Coarse Woody Debris in Natural and Managed Coniferous Forests near the Timberline in Finnish Lapland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13:204-214.

Anonymus (1999). Skogsstatistisk årsbok Skogsvårdsstyrelsen, Jönköping.

Svensson, L. (1996). Biologisk mångfald i skogslandskapet. Naturvårdsverket, Rapport 4644.

Zackrisson, O. (1977). Influence of forest fires on the North Swedish boreal forest. *Oikos* 29:22-32.

Östman, B. (1993). Results of Scandinavian Tests and Research on Reaction to Fire. Paper presented at the Eurowood Oxford Fire Conference, July 1993. Trätekt, Rapport I 9307037.

Östman, B., König, J. & Norén, J. (1996). Fire behaviour of timber frame structures. Paper presented at the first Workshop for COST Action E5, Stuttgart, 1996. Trätekt, Rapport I 9612091.

APPENDIX

Medelvärde av fuktkvoter vid eldningstillfället. Värden med asterisk är mätta genom torkning och vägning, de utan är mätta med fuktkvotsmätare.

	Fuktkvot %
<i>Den unga veden</i>	
A2	7*
A3	6*
A4	7*
A5	12*
A7	12*
B2	11*
B8	10*
C1	12*
C2	8*
D4	10*
D5	5*
D6	8*
D9	8*
E	10
<i>Den gamla veden</i>	
A	10
B	10
C	11
D	12
E	12
F/G	9