



**Fuktkvotens inverkan på oljeupptag och pigmentinträngning i tall (*Pinus sylvestris* L.) och gran (*Picea abies* L. Karst) vid impregnering med Linotechmetoden**

*The influence of wood moisture content on oil and pigment absorption in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) wood by use of the Linotech method*



**Anna Sjöström**

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

## Sammanfattning

Trä har i alla tider varit ett viktigt material för människan och det har använts till allt från bränsle, husbyggen och framställande av redskap till konstruktion av transportmedel i form av båtar och flottor. Eftersom trä är ett material som med tiden bryts ned biologiskt av mikroorganismer och rötsvampar är det av stort intresse att artificiellt förlänga träets livslängd. En metod är att via impregnering med en vattenavstötande olja minska mängden av det för nedbrytarna livsviktiga vatten som finns i veden. Detta kan man åstadkomma bland annat genom impregnering med Linotechmetoden där ren linolja används.

Syftet med den här studien var att undersöka om det är möjligt att samtidigt impregnera och färga in vedprover av tall och gran vid impregnering med Linotechmetoden. I den här studien har ett pigment (kol) löst i mineralolja och ett azofärgämne/kromkomplex löst i organiska lösningsmedel blandats i linoljan innan impregnering. Färgens och oljans inträngning i veden har undersökts och utvärderats. Vidare har huruvida initial fuktkvot i vedproverna påverkat resultatet också analyserats. Dessutom testades den uppnådda vattenresistensen i vedproverna genom ett dropptest.

I försöket användes totalt 40 provbitar med måtten 500x50x25 mm, 20 st från både tall och gran. Dessa provbitar tillverkades av ved från två träd, tillhörande det dominerande trädskiktet. Träden hämtades i en blandad barrskog på Vindelns försökspark (64°10'N, 19°46'E, 160 meter över havet). Boniteten i beståndet är 4.1 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>år<sup>-1</sup>. Initial fuktkvot bestämdes för alla vedprover innan hälften av proverna torkades och den nya fuktkvoten för dem beräknades enligt torrviktsmetoden. Därefter impregnerades alla prover med Linotechmetoden. Behandlingen bestod av två delar, först 50 minuter i tryck (12 bar) och sedan 50 minuter i värme (70-90°C). Inget vakuum kördes på grund av ett centralt strömavbrott i Vindelns. Efter impregneringen sågades klossarna upp i mindre delar. Bitarna av tall sågades på 1, 5, 10, 17 och 25 cm från ena änden medan bitarna av gran sågades på 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 och 25 cm. Inträngningen av olja och färg fotograferades och mättes visuellt. Slutligen analyserades resultatet både statistiskt och kvalitativt mot den teori som tagits fram efter en mindre litteraturstudie.

Studien visar att det går att samtidigt impregnera och färga in virke med Linotechmetoden. Färgämnet följer med oljan in i veden medan pigmentet lägger sig på ytan. Studien visar också att oljeupptaget och infärgningen är bättre i tall än i gran. Vidare visar studien att infärgningen är bättre i de torkade tallklossarna än i de färska, medan infärgningen är bättre i de fuktiga granklossarna än i de torkade. Ytterligare ett resultat som går att utläsa ur den här studien är att infärgningen är starkare i sommarved än i vårved. Dessa fenomen kan förklaras med de olika fuktkvoterna och vedegenskaperna för de två träslagen och behandlingarna. Studien visar dessutom att vattenresistensen på klossarnas yta är mycket god, medan resistensen avtar mot mitten av klossarna. Skyddet verkar alltså bara vara ytligt efter den studerade behandlingen.

Nyckelord: vattenavstötning, infärgning, linolja, trämaterial

## Abstract

Wood has always been an important material for people, and it is used for many applications. As for example, fuel for cooking and heating houses, construction materials and for constructing means of transport. Since wood also is a material that with time biologically degrades due to activity by micro organisms and wood fungi it is important to find ways to protect and further lengthen the life span of the material when in service. One method is to decrease the amount of water in the material by impregnation with an hydrophobic oil. The Linotech method which uses only pure linseed oil is one such possible method.

The aim of this study was to investigate the possibility to at the same time impregnate and stain/colour wood samples of pine and spruce by using the Linotech method. In this study one pigment (carbon) dissolved in mineral oil and one colouring agent dissolved in an organic solution was mixed into the linseed oil before the impregnation. The level of uptake for oil and colour was examined and evaluated. Furthermore it was analysed however the initial moisture content influence the results. The water repellence in the wood samples was also tested with a drip test.

In this study was a total of 40 wood samples with the dimensions 500x50x25 mm used, 20 from pine and spruce respectively. All samples were made of two trees harvested in a coniferous forest in northern Sweden at Vindeln Experimental Forests (64°10'N, 19°46'E, 160 meters above sea level). The site index in the stand was 4.1 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>. The initial moisture content was determined for all the samples. Then half of them were dried and their moisture content was calculated again according to the dry weight method. Thereafter all the samples were impregnated with the Linotech method. The treatment consisted of two different parts, 50 minutes of pressure (12 MPa) and 50 minutes of warmth (70-90°C). No vacuum was drawn due to a central power break in Vindeln. Finally, the wood samples were sawn into smaller pieces. The samples of pine were sawn at 1, 5, 10, 17 and 25 cm from one end while the samples of spruce were sawn at 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 and 25 cm. The level of oil- and colour uptake was photographed and visually measured for further analysis.

The study shows that it is possible to at the same time both impregnate and stain/colour wood samples using the Linotech method. The colouring agent follows the oil into the wood whereas the pigment stays on the surface of the wood samples. The study also shows that the level of colour and oil uptake is higher in pine than in spruce. Further results from the study show that the level of oil uptake is higher in dried pine wood samples than in raw pine samples. The opposite results are found in the spruce samples. Furthermore, the study also shows that the level of colouring agent uptake is stronger in the latewood than in the early wood. These phenomena can be explained by different moisture contents, wood structures and treatments. The study also shows that the water resistance on the wood sample surface is excellent, but is rapidly decreasing towards the centre within the sample. The protection is mostly located at the surface.

Keywords: water resistance, colour absorption, linseed oil, wood material,

## Innehållsförteckning

<b>1. Inledning/bakgrund</b>	<b>5</b>
1.1 Allmänt	5
1.2 Vedens anatomi och kemi	5
1.3 Naturlig beständighet	5
1.4 Impregnering och impregneringsmedel	6
1.5 Linotechmetoden	7
1.6 Syfte	7
<b>2. Material och metod</b>	<b>8</b>
2.1 Provbitstillverkning	8
2.2 Fuktkvot	9
2.3 Impregnering	9
2.4 Droptest	10
2.5 Analys	11
<b>3. Resultat</b>	<b>12</b>
3.1 Infärgning	12
3.2 Oljeupptag	18
3.3 Droptest	19
<b>4. Diskussion</b>	<b>20</b>
4.1 Allmänt	20
4.2 Anatomiska skillnader, tall och gran	20
4.3 Fukthalt och fuktkvot	21
4.4 Mikrosprickor	21
4.5 Oljan	22
4.6 Pigment och inträngning	22
4.7 Impregneringen och processen	22
4.8 Övrigt	22
<b>5. Slutsatser och kommentarer</b>	<b>23</b>
<b>6. Tack</b>	<b>24</b>
<b>7. Referenser</b>	<b>25</b>

# 1. Inledning/bakgrund

## 1.1 Allmänt

Trä har genom alla tider varit ett mycket viktigt material för människan. Utöver dess funktion som bränsle har dess starka och elastiska egenskaper gjort det möjligt för oss att bl.a. forma jakt- och jordbruksredskap, att konstruera boningshus och att framställa transportmedel t.ex. båtar och flottor. Dessutom var trä ett material som de flesta hade tillgång till. Även i dagens samhälle är trä ett viktigt material som används flitigt i många olika sammanhang och också har stort inflytande på världsekonomin (Andersson, 1987; Zabel, 1992).

## 1.2 Vedens anatomi och kemi

Trä är kemiskt uppbyggt av cellulosa, hemicellulosa och lignin (Wilkinson, 1979; Dinwoodie, 2000). Cellulosa är en linjär polysackarid vilket innebär att den består av många likadana sockermolekyler, glukos, som sitter ihop i en oförgrenad kedja. Hemicellulosa är också en polysackarid, men den består av flera olika typer av socker t.ex. glukos, mannos och xylos och uppvisar en förgrenad struktur. Lignin som är en polyaromatisk substans är den beståndsdel i veden som ger den dess unika mekaniska egenskaper. Lignin finns främst i de vävnader som sköter vätsketransporten, s.k. trakeider. Vår svenska tall (*Pinus sylvestris* L.) och gran (*Picea abies* L. Karst) består av ca 40-50 % cellulosa, ca 20 % hemicellulosa och ca 27 % lignin. Resterande andel är extraktivämnena som har till uppgift att skydda veden mot insekts- och svampangrepp (Wilkinson, 1979; Dessy, 1996). Ser man i en lite större skala består veden i våra inhemska barrträd av två olika vävnadstyper, splintved och kärnved. Splintveden är den yttre, oftast ljusare veden medan kärnveden är den inre, oftast mörkare veden i trädet. Kärnveden består av döda celler och har ett naturligt skydd genom den höga halten av extraktivämnena som finns där medan splintveden som innehåller levande parenkymceller är ganska oskyddad (Bamber, 1961; Gustafsson, 2001). I veden syns tydliga årsringar som visar hur mycket trädet växt under varje säsong. En årsring består av vårved och sommarved. Vårveden bildas under våren då trädet behöver ett effektivt transportsystem för vatten och näring. Cellerna är tunnväggiga och har stor lumen med ca 200 porer/trakeid. Sommarvedens fibrer är mer tjockväggiga, har mindre lumen och färre och mindre porer än vårveden, ca 10-50 porer/trakeid. Sommarveden ses som en mörkare ring p.g.a. den tjockare väggen och mindre lumen (Lövgren, 1983; Sjöström, 1993; Cassens, 1997; Dinwoodie, 2000).

## 1.3 Naturlig beständighet

Den naturliga beständigheten hos trä varierar kraftigt mellan olika arter. Exempel på inhemska arter som har god beständighet är ek och ceder, medan exempelvis ask, bok och björk bryts ned ganska snabbt. Beständigheten varierar även inom trädet. Splintveden bryts lätt ned medan kärnveden är mer beständig. Graden av beständighet ökar in emot stammens mitt och är högst i den yttre kärnveden. Beständigheten minskar med höjden i stammen. De faktorer som främst påverkar vedens beständighet är graden av lignifiering och mängden extraktivämnena. En högre lignifiering ger styvare trä och en högre beständighet som följd. Naturlig beständighet relateras vanligtvis till de giftiga och/eller hydrofoba vattenavstötande extraktivämnena, polyfenoler, terpenier, trolonier och tanniner, som bildas när splintveden dör och blir kärnved. När ett träd utsätts för en skada läcker extraktivämnena ut i det skadade området och skyddar mot svampangrepp. Den starkaste begränsningen av den naturliga beständigheten är trädets död. När trädet faller bildas inte längre några extraktivämnena och veden blir mer utsatt för skador (Zabel, 1992; Desch, 1996).

#### *1.4 Impregnering och impregneringsmedel*

Det faktum att trä är ett material som med tiden bryts ned av mikroorganismer och svamp har alltid varit ett problem för människan. Man upptäckte tidigt att det man använde varade längre om man behandlade det med olika ämnen. Redan från så tidigt som 484 f. Kr. finns dokumenterat att oljor, tjära och kåda har använts i träbevarande syfte. Omkring år 100 f. Kr. behandlade man i Kina sitt byggmaterial av trä i salt vatten för att öka beständigheten mot nedbrytning. Den mest utförliga tidiga nedteckningen gällande träbevarande stod Plinius den äldre (23-79 e. Kr.) för. Han beskriver hur olja från bl.a. oliver, ceder, lärk och sälg kan användas i träbevarande syfte. I hans skrifter beskrivs inte mindre än 48 olika oljor som kan användas för att förbättra verkets beständighet och han har även noterat att trä med mer extraktivämnen klarar sig längre undan vedätande insekter och svampangrepp (Richardson, 1993). I Sydamerika användes kautschuk (naturgummi) av indianerna för att täta och impregnera kanoter. Kautschuk är inte giftigt utan dess effekt grundar sig på att den är vattenavstötande (Zabel, 1992).

De mikroorganismer och rötsvampar som angriper ved är starkt beroende av bl.a. fukt för att kunna leva och utvecklas. Genom att byta ut vattnet i veden mot något annat t.ex. olja tar man bort en av de viktiga livsbetingelserna för de angripande svamparna och mikroorganismerna och ökar därigenom vedens beständighet (Richardson, 1993). Man har använt sig av många olika medel för impregnering genom tiderna och man kan i huvudsak dela upp dem i två grupper; oljeburna (organiskt lösliga) och vattenburna impregneringsmedel. Trätjära och stenkoltjära (kreosot) är bland de äldsta och mest pålitliga impregneringsmedlen och hör till gruppen oljeburna impregneringsmedel. Kreosot består av mer än 200 olika kemiska beståndsdelar och skyddar veden mot både svamp, insekter och marina vedätare. Det är en produkt som uppstår vid destillering av stenkol och består av en komplex blandning av polyaromatiska kolväten. Trätjärans sammansättning liknar kreosotens. Ytterligare en variant på oljeburna impregneringsmedel är rena oljor t.ex. linolja (Wilkinson, 1979; Zabel, 1992; Richardson, 1993).

Linolja är en glycerolester med tre fettsyror. Vilka dessa är varierar något utifrån var linet har vuxit, men de vanligaste beståndsdelarna är palmitinsyra, stearinsyra, oljesyra, linolsyra och linolensyra. Linolja är en långsamt torkande olja som har en god förmåga att tränga in i porösa material, vilket gör den mycket användbar både som ytbehandlingsmedel och som bindemedel i färg. Två sådana färger är linoljefärg och emulsionsfärg. Linoljefärg består enbart av linolja, pigment, någon utfyllnad och ett medel för att påskynda på torkningen av färgen. Linoljefärgen används till största delen till att måla träprodukter för utomhusbruk och till snickerier. Emulsionsfärg får man om man blandar vatten i oljan med hjälp av ett emulgeringsmedel och sedan tillsätter pigment. Den här typen av färg används ofta till att måla väggar och tak inomhus och består från någon procent till ca en tredjedel av linolja (Fjällström, 2003). Linoljefärg är inte giftigt mot vedsvamp i sig själv, utan dess effekt beror på färgens vattenavstötande egenskaper. Många linoljefärger innehåller tungmetaller såsom koppar, kobolt eller zink för att öka dess effekt som rötskyddsmedel. Tungmetallerna är giftiga och verkar som enzyminhibitorer i rötsvamp och andra vednedbrytare. Tidigare användes olika blyföreningar allmänt i oljefärg, men dessa är numera förbjudna. Många av de vattenlösliga impregneringsmedlen innehåller olika kopparföreningar, medan andra vattenlösliga impregneringsmedel innehåller tungmetallerna zink, krom eller arsenik. En nackdel med de vattenlösliga impregneringsmedlen är att de läcker ut när den impregnerade veden utsätts för väta (Wilkinson, 1979; Zabel, 1992; Richardson, 1993).

All ved är inte lika lätt att impregnera, olika arter har olika porös ved och därför skiljer de sig åt. Träslag med porös ved är lättare att impregnera än de med tätare ved och generellt är splintved impregnerbar medan kärnved inte är det. Tallens splintved är mycket lätt att impregnera medan vår svenska gran däremot är mycket svår att impregnera. Det beror på att trakeiderna i granens vårved tenderar att torka och därför inte längre kan leda vätska. Dessutom så är porer i granved mindre än i tallved (Bergman, 1973; Wilkinson, 1979). Vid impregnering av ved kommer impregneringsmedlet att tränga in i veden från olika håll, longitudinellt, radiellt och tangentiellt. Longitudinell inträngning innebär att impregneringsmedlet tränger in i veden längs fiberriktningen. Radiell inträngning innebär att inträngningen sker vinkelrätt mot fibrerna, tvärs årsringarna, medan tangentiell inträngning sker vinkelrätt mot fibrerna, men längs med årsringarnas utsträckning. Alla dessa typer av inträngning sker med kapillärkraft. Utöver detta kan inträngning även ske direkt genom vedcellens vägg och då genom mycket små hålrum i cellväggens struktur (Bergman, 1973; Koskelainen, 1979; Nussbaum, 2001).

### 1.5 Linotechmetoden

Med tanke på dagens krav på en allmänt ökad miljömedvetenhet och förbättrad miljösituation är det önskvärt att kunna använda sig av en mer miljövänlig metod vid impregnering än tidigare. Ett sådant alternativ är Linotechmetoden där rena linoljederivat används som impregneringsmedel. Den olja som används i Linotechmetoden är ett derivat av linolja med handelsnamnet Linogard. Linogard är en förädlad linolja med hög renhet, bestående av linol- och linolensyra (Tarukoski, muntl).

Tidigare försök med Linogard som impregneringsmedel har gjorts av bl.a. Ulvcrona (2006). Fokus har varit att ta fram mer kunskap kring impregnering av gran (*Picea abies* L. Karst.) och framställning av granbaserade material som är mer beständiga och homogena än vad som tidigare funnits på marknaden. Resultat visar att det är möjligt att impregnera gran med linolja i en kommersiell metod och att det går att ta fram granbaserade material med mer homogena egenskaper. Det visas även att det är möjligt att ta fram metoder för att mäta de uppnådda resultaten på ett sätt som gör det möjligt att ytterligare utveckla dessa metoder (Ulvcrona, 2006).

I ett perspektiv där man tänker sig impregnering som en möjlighet att utveckla nya produkter och att påverka vedegenskaper på olika sätt för att framställa nya material, känns det inte särskilt avlägset att se oljan som bärare av ett ämne in i ved. Ett sätt att föra utvecklingen framåt skulle kunna vara att blanda färg eller pigment i oljan. Detta skulle leda till att virket både impregneras, d.v.s. får en högre beständighet och färgas in i ett och samma steg. En både tidsmässig och ekonomisk vinst skulle på så sätt kunna uppnås.

### 1.6 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att undersöka om det går att impregnera och samtidigt färga in vedprover av tall och gran vid impregnering med Linotechmetoden. Vidare att undersöka huruvida den initiala fuktkvoten påverkar fördelning och upptag av färgad olja i splintved från tall och gran. Skiljer resultaten sig åt mellan träslagen? Infärgningen borde skilja sig åt mellan färsk och torkad splintved eftersom cellerna och cellstrukturerna inte har samma fuktkvot och därför borde reagera olika på tryck och vakuum. Dessutom borde infärgning och oljeupptag vara jämnare fördelad i tall då tallens splintved genomgående har samma fuktkvot medan granens fuktkvot varierar stort inom splintveden och är som högst närmast barken.



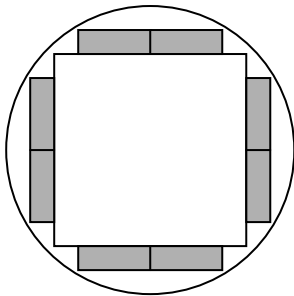
## 2. Material och metod

### 2.1 Provbitstillverkning

Sammanlagt två träd fälldes i en blandad barrskog på Vindelns försöksparkens mark i norra Sverige (64°10'N, 19°46'E, 160 meter över havet). En tall och en gran valdes ut för att jämföra de två viktigaste träslagen som impregneras i Sverige. Anledningen till att bara ett träd av varje art användes i försöket var för att minimera variationen i vedstrukturerna. Kriterierna för valet av träd var sådana att de skulle tillhöra det dominerande trädsiktet och vara fria från synliga skador, sjukdomar, defekter och även helst kvistfria för att generera så homogena provbitar som möjligt. Boniteten i det aktuella beståndet är  $4.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$  (Hägglund, 1982).

Den tall som valdes var 128 år gammal i rotskäret. Trädets längd var 20,32 meter och grönkrongränsen fanns vid 12,37 meter. Tallens diameter var i brösthöjd 303 och 298 mm korsklavat. Granen var 130 år i rotskäret. Dess längd uppmättes till 19,54 meter och grönkrongränsen fanns vid 3,75 meter. Granens diameter i brösthöjd var 299 och 299 mm korsklavat. Träden avverkades med motorsåg. Därefter delades stockarna upp i bitar om 1,2 meter med första höjd på 1 meter, d.v.s. de sågades på 1,00 meter, 2,20 meter, 3,40 meter och på 4,60 meter. Stockarna fraktades hem med skoter.

I försöket skulle endast splintved impregneras och därför togs provbitarna så nära stockens ytterkant som möjligt. Hörnet närmast barken börjar ganska precis vid årsring 5 och bitarna täcker årsringarna in till årsring 40-45. I en rotstock från ett stort och dominerande träd kan man ofta räkna med att de yttersta 40 årsringarna är splintved (Ulvcrona, muntl.). Från varje sida på stocken sågades två provbitar ut och ur varje 60 cm av stocken kunde 8 provbitar utvinnas (figur 1). Resultatet blev 48 bitar från varje träd totalt.



Figur 1. Skiss över sågutbytet vid provbitstillverkning. Två bitar utvanns per sida, åtta per stocklängdenhet.  
Figure 1. Schematic picture of position for wood samples.

Bitarna var 30\*55\*600 mm från början, men justerades sedan ned till det rätta måttet 25\*50\*500 mm med hjälp av hyvel. Alla provbitar kontrollmättes och en toleransnivå på +/- 0,25 mm sattes. De avvikande bitarna lades åt sidan för att användas i torkningsförsök. Resultatet blev 31 bitar med korrekt mått av både tall och gran.

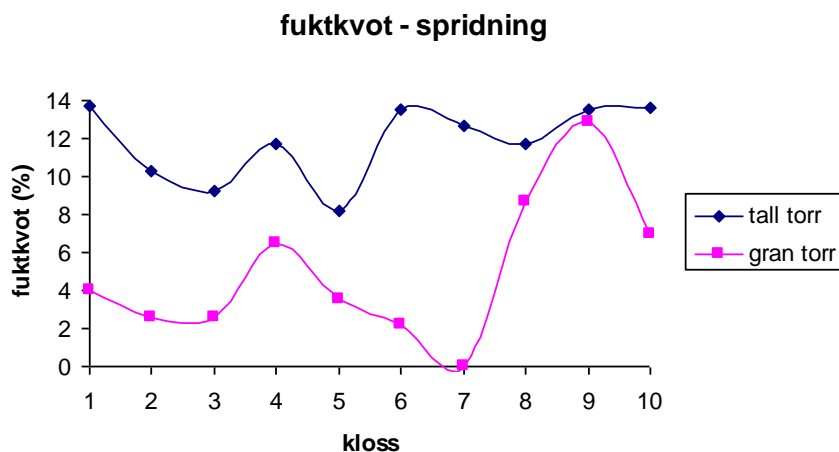
20 bitar av varje träslag användes i försöket, 10 impregnerades färska och 10 torkades för att motsvara brädgårdstorra innan impregneringen. Dessa slumpades ut genom att 31 lappar förbereddes, 10 med texten färsk, 10 med texten torr och 11 med texten ej. En bit togs ur högen samtidigt som en lapp ur burken och därigenom bestämdes hur biten skulle behandlas.

## 2.2 Fuktkvot

Ett nyhugget träd har en fuktkvot mellan 40-200 % beroende på träslag och naturliga förutsättningar på växtplatsen (Dessy, 1996). För att bestämma fuktkvoten i de olika träslagen gjordes försök med torkugn. 10 bitar med måtten 25\*50\*15 mm och 5 bitar med måtten 25\*50\*150 tillverkades ur skräpbitarna. Dessa vägdes och placerades i torkskåp i ca 103°C. Bitarna följdes sedan genom vägning varje timme till dess att de minskade i vikt med mindre än 0,1 % under den aktuella timmen, torrviktsmetoden (Helin, 1980; Esping, 1992; Thomassen, 1998). Därefter kunde fuktkvoten i bitarna beräknas med formeln nedan (1):

$$(1) \quad \% \text{ fuktkvot} = \frac{(\text{vikt vatten i materialet})}{(\text{vikt torrsubstans})}$$

För tall blev värdena mycket lika för de olika bitarna och ett medelvärde kunde användas. För gran däremot skiljde sig värdena mycket åt. Detta för att andelen splint skiljer sig något mellan de olika bitarna och för att granen har en stor variation i fuktkvot inom splintveden. När fuktkvoterna bestämts är det lätt att beräkna torrvikten och därigenom även bestämma en kloss vikt vid en förutbestämd fuktkvot. För att beräkna hur länge de bitar som skulle användas i försöket måste torkas för att få en fuktkvot på ca 10-15 %, motsvarande snickeritorrt, (Lövgren, 1983), användes resterande fullstora bitar och torktiden för dessa uppmättes. Så nära som möjligt innan impregneringen torkades de bitar som skulle användas i försöket och dessa märktes upp med individuell markering. Bitarna vägdes både före torkning och före och efter impregnering. För tall blev fuktkvoten mellan 8 och 14 % innan impregnering och för gran mellan 0 och 13 %, de flesta mellan 2 och 6 % (figur 2).



Figur 2. De torkade klossarnas fuktkvot, tall och gran.  
Figure 2. Moisture content of dried pine and spruce samples.

## 2.3 Impregnering

Impregneringen planerades ursprungligen i tre steg, tryck, värme och vakuum. På grund av strömavbrott kunde det sista momentet med vakuum inte utföras. Driftstemperaturen vid impregneringen var 85°C vid start, arbetstemperaturen varierade mellan 70 och 90°C. Tryckfasen varade i 50 minuter med 12 bars tryck och sedan fick bitarna ligga 50 minuter i värme innan impregneringen avbröts.

I försöket har linoljederivatet Linogard använts (tabell 1).

Tabell 1. Produktbeskrivning för Linogard.  
Table 1. Product information for Linogard.

<b>Linogard</b>	
användningsområde	impregnering av trä
beskrivning	tjockflytande vätska
färg	guldgul
lukt	noterbar
pH	1
kokpunkt °C	250°C
smältpunkt °C	-16°C
flampunkt °C	280-300°C
densitet kg/m <sup>3</sup>	930 kg/m <sup>3</sup> vid 17,5°C
löslighet i vatten mg/lit	olösligt
löslighet i org. lösn.med.	terpentin, lacknafta etc.
stabilitet	stabil under normala tryck- och temperaturförhållanden
övrig information	se informationsblad för Linogard™ 2003.

Två olika ämnen har använts till infärgningen i försöket. Ett pigment (kol) löst i mineralolja som ej kan tränga in i veden, utan färgar ytan på bitarna och ett azofärgämne/kromkomplex löst i organiska lösningsmedel som tränger in i veden och färgar på djupet. Dessa två ämnen utgör en bestämd andel av den totala volymen i oljan (tabell 2) (Tarukoski, muntl.).

Tabell 2. Produktinformation för pigmentet och färgämnet.  
Table 2. Product information for the pigment and the colouring agent.

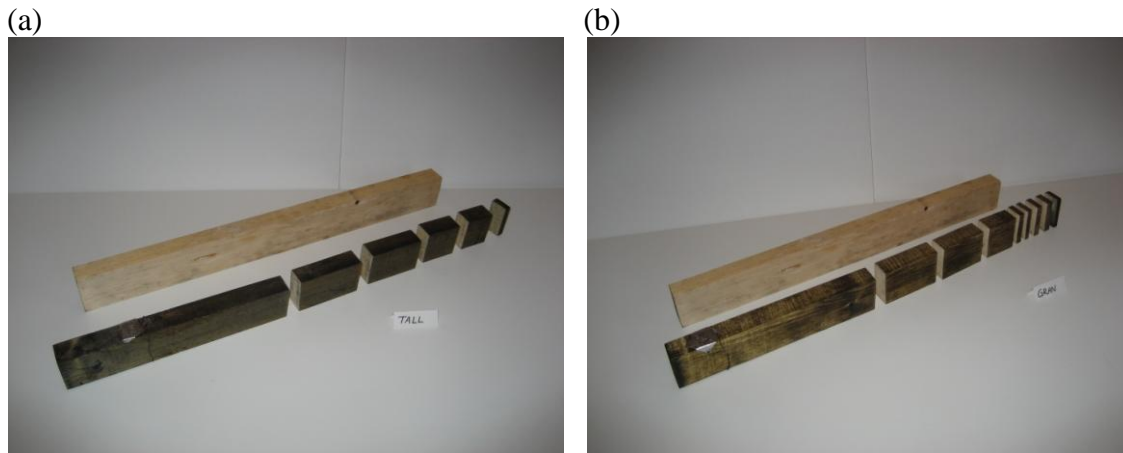
<b>Färgämne (pigment)</b>		<b>Färgämne</b>	
användningsområde	organiskt pigment	användningsområde	färgämne för special-industri, färg och lack
beskrivning	pasta	beskrivning	flytande
färg	svart	färg	svart
stabilitet	stabil under normala tryck- och temperaturförhållanden	stabilitet	stabil under normala tryck- och temperaturförhållanden

#### 2.4 Dropptest

Vatten droppades med en mikroliters spruta på snittytorna för att avgöra om vattenabsorption uppvisar ett samband med infärgningen. Droppens form observeras och den tid det tar för droppen att breda ut sig (sugas in) på träytan registreras. En rundare droppe indikerar en mer vattenavstötande yta. Metoden är en förenklad version av kontaktvinkelmätning (R. Gref, muntl.).

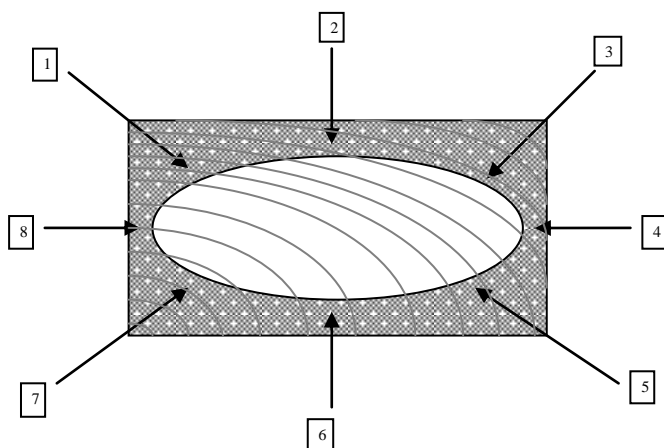
## 2.5 Analys

I de 50 cm långa bitarna sågades tvärsnitt som fotograferades för analys. Alla bitar har dokumenterats så att årsringarna ligger i samma riktning på fotografierna. Tallbitarna sågades på 1, 5, 10, 17 och 25 cm från ena änden medan gran sågades på 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 och 25 cm (figur 3a, 3b).



Figur 3a och 3b. Illustration av hur tall (till vänster) och gran (till höger) sågades upp inför analys.  
Figure 3a and 3b. Sawing pattern in samples for further analysis.

Granen sågades på fler ställen än tallen eftersom den största förändringen i infärgningen i gran var koncentrerad till ändarna på provbitarna, medan förändringen var mer jämnt fördelad över hela biten för tall. I varje foto har åtta mätpunkter registrerats (figur 4). I mätpunkt 1, 3, 5 och 7 kan en infärgning på maximalt 28 mm uppstå. Mätpunkt 2 och 6 kan uppnå en infärgning på 12,5 mm och punkt 4 och 8 kan uppnå 25 mm infärgning. Dessa mätvärden ligger till grund för en schematisk 3D-bild som beskriver hur infärgningen är fördelad (figur 5a, 5b) och för analys. Minitab 14 (Anon. 2003) användes för de statistiska analyserna (One Way-ANOVA) av färg- och oljeinträning.

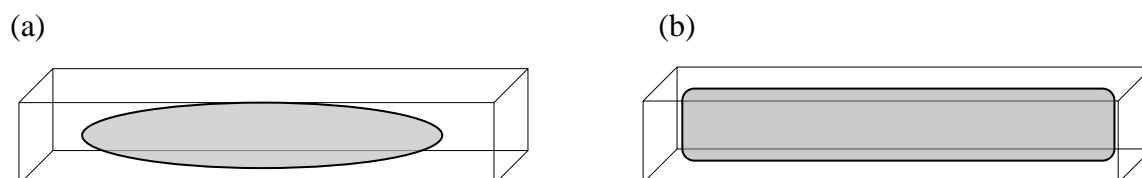


Figur 4. Provpunkternas läge för mätning av färginträning. Årsringarnas läge och riktning är inritade.  
Figure 4. Positions for measurements of the pigment absorption. The annual increment and direction is described.

### 3. Resultat

#### 3.1 Infärgning

De båda träslagen färgades in vid impregneringen, men på något olika sätt. Generellt kan man säga att klossarna färgades in såsom figur 5a och 5b visar.



Figur 5a och 5b. Schematisk 3D-skiss över impregneringsresultatet för de olika träslagen; tall (a) och gran (b).  
Figure 5a (pine) and 5b (spruce). 3D picture showing oil penetration.

De uppnådda infärgningsresultaten skiljer sig åt mellan de olika behandlingarna; tall torr, tall fukt, gran torr och gran fukt (tabell 3a, b, c och d). För tall har infärgning skett både på ytan och ganska jämnt i hela biten, med avtagande mot mitten både från kortändorna och från sidytorna. Infärgningen är bättre från bitens ytterkant, d.v.s. trädets ytterkant. Infärgningen har till större delen skett i sommarveden, den tunnare delen av årsringen där cellväggarna är tjockare. För gran har infärgning främst skett på ytan och i veden endast längst ut mot kortändorna, med undantag för några enstaka punkter där infärgningen har skett i hartskanaler. Infärgning har skett i både vår och sommarved, dock något starkare i sommarveden.

Tabell 3a, b, c och d. Den genomsnittliga inträngningen i mm för de fyra olika behandlingarna; tall torr, tall fukt, gran torr och gran fukt.

Table 3. Mean values of oil penetration (mm) in dry and moist pine (a-b) and dry and moist spruce (c-d).

(a)

Tall torr Tvärsnitt	Mät punkt							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	28,0	12,5	28,0	25,0	28,0	12,5	28,0	25,0
5	28,0	12,5	28,0	25,0	28,0	12,5	28,0	25,0
10	16,9	6,5	12,7	5,8	13,8	5,5	10,7	6,0
17	14,4	7,0	12,8	5,0	12,9	4,6	9,3	5,2
25	16,5	6,5	12,9	4,8	13,1	5,0	8,7	5,5

(b)

Tall fukt Tvärsnitt	Mät punkt							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	28,0	12,5	28,0	25,0	28,0	12,5	28,0	25,0
5	18,0	7,7	16,6	11,3	20,6	8,2	16,9	15,9
10	9,7	3,8	8,7	2,2	10,6	3,8	8,9	3,5
17	9,1	3,4	8,4	2,2	9,8	2,6	7,7	2,7
25	9,7	3,3	8,3	2,4	9,8	4,2	8,5	3,7

(c)

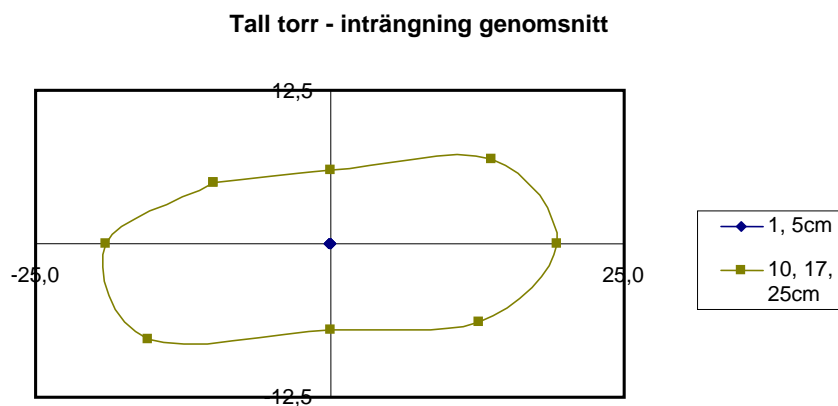
<b>Gran torr</b> <b>Tvårsnitt</b>	<b>Mät punkt</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	8,6	6,1	15,6	11,8	4,4	0,6	2,1	0,4
<b>2</b>	0,7	0,6	1,5	0,3	0,6	0,4	0,8	0,2
<b>3</b>	0,6	0,4	0,6	0,3	0,3	0,2	1,0	0,2
<b>4</b>	0,6	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3	0,7	0,2
<b>5</b>	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,9	0,2
<b>10</b>	0,7	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,9	0,4
<b>17</b>	0,9	0,6	0,7	0,4	0,9	0,7	1,0	0,4
<b>25</b>	0,6	0,4	0,3	0,5	0,7	0,5	1,0	0,3

(d)

<b>Gran fukt</b> <b>Tvårsnitt</b>	<b>Mät punkt</b>							
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	17,3	7,9	23,4	15,5	4,7	0,6	0,9	0,3
<b>2</b>	1,7	0,7	4,9	1,3	1,1	0,8	0,5	0,2
<b>3</b>	0,7	0,4	2,8	0,9	0,6	0,4	0,8	0,3
<b>4</b>	0,8	0,3	1,9	0,8	0,6	0,4	0,5	0,2
<b>5</b>	0,9	0,4	1,6	0,7	1,1	0,4	0,5	0,2
<b>10</b>	0,9	0,5	1,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,2
<b>17</b>	1,1	0,4	1,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>25</b>	1,3	0,4	1,1	0,4	0,3	0,5	0,5	0,3

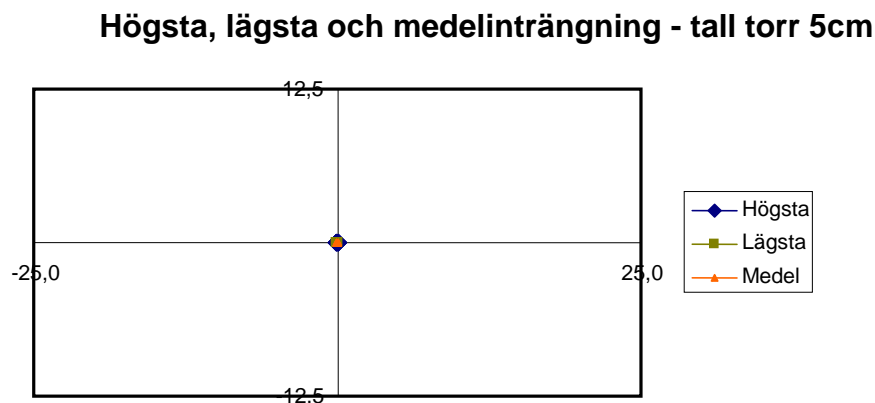
Nedan följer ett antal figurer som visar en jämförande inträngningsanalys. Varje behandling analyseras i två figurer. Den första figuren för varje behandling visar den genomsnittliga inträngningen för varje sågsnitt, 1, 5, 10, 17 och 25 cm för tall och 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 och 25 cm för gran. Den andra figuren visar den högsta, den lägsta och medelinträngning i ett utvalt snitt för aktuell behandling. Den lägsta inträngningen på både torr och fuktig kloss för respektive träslag visar på det sämsta resultatet och därmed vad man i dagsläget kan räkna med att få som infärgningsresultat vid impregnering med Linotechmetoden. Den bästa inträngningen finns med som en fingervisning av hur bra det kan bli om man jobbar vidare med och förbättrar metoden. Medelvärdet finns med för att visa på hur bästa och sämsta resultat förhåller sig till ett medelvärde.

Resultatet för behandling tall torr visar att inträngningen var total i de båda yttersta sågsnitten, 1 och 5 cm. För de övriga snitten, 10, 17 och 25 cm var inträngningen likvärdig och sträckte sig en god bit in i klossen, men lämnade ett obehandlat stycke kvar i mitten (figur 6).



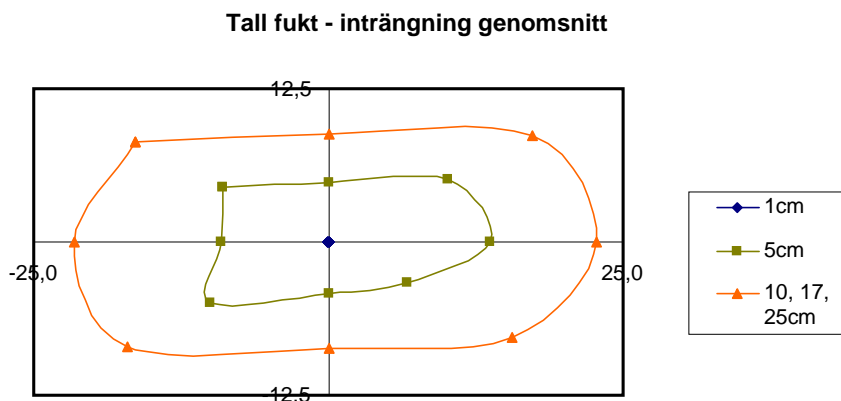
Figur 6. Genomsnittlig inträngning vid de olika sågsnitten; 1, 5, 10, 17 och 25 cm för tall torr.  
 Figure 6. Mean values of penetration at different positions; 1, 5, 10, 17 and 25 mm in dry pine.

I sågsnittet 5 cm för tall torr var inträngningen total i alla klossarna. Detta ger att både högsta, lägsta och medelinträngning i detta exempel är total. Att valet för analys föll på sågsnittet 5 cm och inte 1 cm beror på att det inte fanns någon skillnad mellan behandlingarna i snittet 1 cm där inträngningen var total för både tall torr och tall fukt (figur 7).



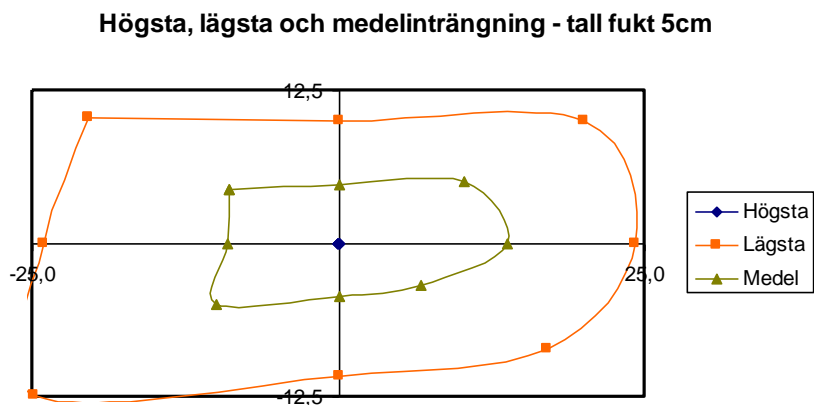
Figur 7. Högsta, lägsta och medelinträngning för tall torr, 5 cm.  
 Figure 7. Highest, lowest and mean penetration in dry pine at 5 cm.

Resultatet för behandling tall fukt visar att inträngningen var total i sågsnittet 1 cm. Sågsnittet för 5 cm visar på en mycket god inträngning, nästan ända in till mitten, men en liten bit fattades. De övriga snitten, 10, 17 och 25 cm hade en inträngning som var likvärdig och sträckte sig en god bit in i klossen, men lämnade ett obehandlat stycke kvar i mitten (figur 8).



Figur 8. Genomsnittlig inträngning vid de olika sågsnitten; 1, 5, 10, 17 och 25 cm för tall fukt.  
 Figure 8. Mean penetration depth at positions; 1, 5, 10, 17 and 25 cm in moist pine.

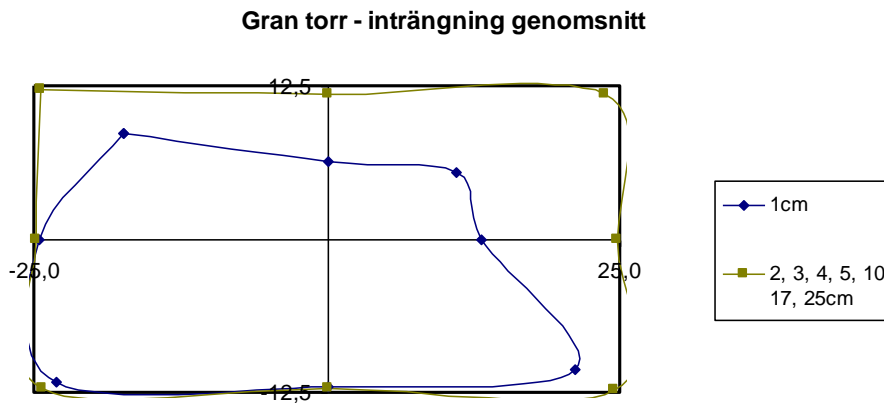
I sågsnittet 5 cm för tall fukt skiljde sig inträngningen åt mellan klossarna. Den högsta uppmätta inträngningen var total, men den lägsta inträngningen nådde endast ett par mm in i klossen. Högsta och lägsta inträngning skiljer sig alltså ganska mycket åt. Medelvärdet för inträngningen visar på ett värde som är närmare den högsta inträngningen än den lägsta, alltså ganska god (figur 9).



Figur 9. Högsta, lägsta och medelinträngning för tall fukt, 5 cm.  
 Figure 9. Highest, lowest and mean penetration in moist pine at 5 cm.



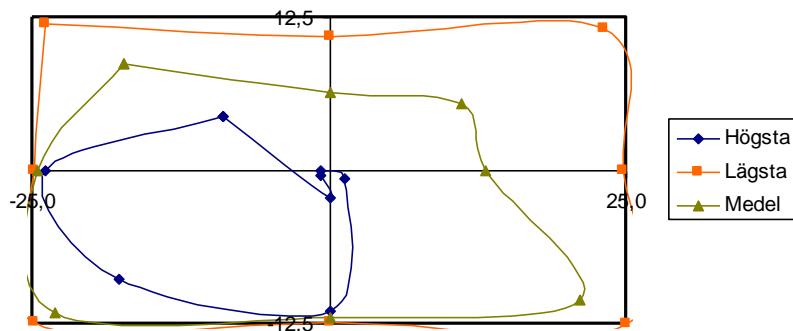
Resultatet för behandling gran torr visar att inträngningen var högst i det yttersta sågsnittet, 1 cm. Inträngningen har skett ojämnt runt om klossen och är djupast i den delen av klossen de yttersta årsringarna i splintveden finns. I övrigt är inträngningen för snitt 1 cm mycket ytlig. För de övriga snitten, 2, 3, 4, 5, 10, 17 och 25 cm var inträngningen likvärdig och nästan obefintlig. Här har inträngningen endast skett i det yttersta skiktet (figur 10).



Figur 10. Genomsnittlig inträngning vid de olika sågsnitten; 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 och 25 cm för gran torr.  
 Figure 10. Mean penetration at positions; 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 and 25 cm in dry spruce.

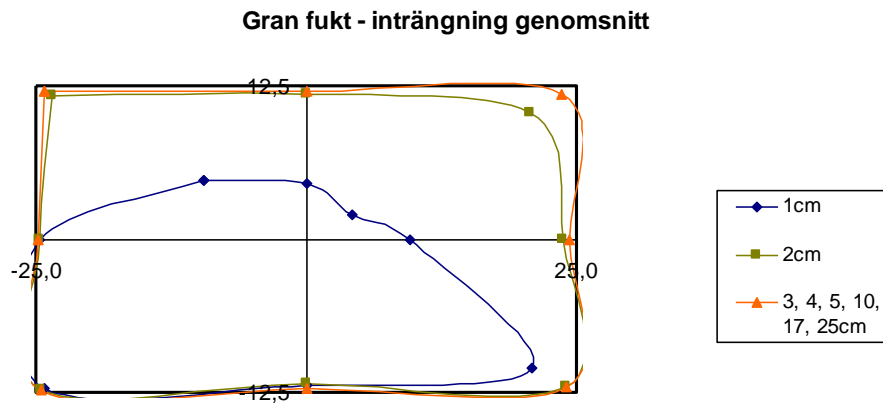
I sågsnittet 1 cm för gran torr var den högsta inträngningen riktigt god. Även här har inträngningen skett ojämnt runt om i klossen och djupast i de yttersta årsringarna i splintveden. Den lägsta uppmätta inträngningen är mycket ytlig runt om hela klossen. Att valet för analys föll på sågsnittet 1 cm och inte 5 cm som för tall beror på att det var här den stora skillnaden mellan behandlingarna fanns. För de övriga snitten var inträngningen obetydlig och ytlig för både gran torr och gran fukt (figur 11).

**Högsta, lägsta och medelinträngning - gran torr 1cm**



Figur 11. Högsta, lägsta och medelinträngning för gran torr, 1 cm.  
 Figure 11. Highest, lowest and mean penetration at position 1 cm in dry spruce.

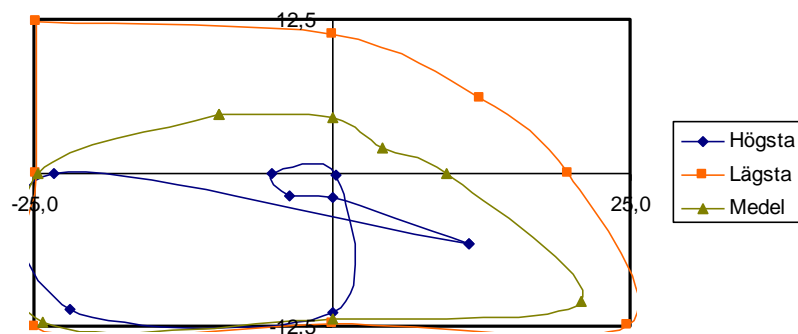
Resultatet för behandling gran fukt visar även det att inträngningen var högst i det yttersta sågsnittet, 1 cm. Inträngningen har skett ojämnt och är djupast i de yttersta årsringarna i splintveden. I övrigt är inträngningen för snitt 1 cm mycket ytlig. I snittet 2 cm kan man se att färgen trängt in något i de allra yttersta årsringarna. För de övriga snitten, 3, 4, 5, 10, 17 och 25 cm var inträngningen likvärdig och nästan obefintlig. Endast det yttersta skiktet har impregnerats (figur 12).



Figur 12. Genomsnittlig inträngning vid de olika sågsnitten; 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 och 25 cm för gran fukt.  
Figure 12. Mean penetration at positions; 1, 2, 3, 4, 5, 10, 17 and 25 cm in moist spruce.

I sågsnittet 1 cm för gran fukt var den högsta inträngningen riktigt god. Även här har inträngningen skett ojämnt runt om i klossen och är djupast i de yttersta årsringarna i splintveden. Den lägsta uppmätta inträngningen är mycket ytlig runt om större delen av klossen, undantaget den del där de yttersta årsringarna i splintveden finns (figur 13).

#### Högsta, lägsta och medelinträngning - gran fukt 1 cm



Figur 13. Högsta, lägsta och medelinträngning för gran fukt, 1 cm.  
Figure 13. Highest, lowest and mean penetration at position 1 cm in moist spruce.

En jämförande analys med One Way-ANOVA gällande inträngning i mm för de olika behandlingarna, torr och fukt, visar på några skillnader. När det gäller tall visar analysen att skillnaden är statistiskt signifikant för alla snitt utom för det första, 1 cm, där inträngningen var total för de båda behandlingarna. För gran hittar man en statistisk signifikans mellan de

olika behandlingarna i snitten 2 cm, 3 cm och 5 cm (tabell 4a och 4b). Generellt ser det ut som om inträngningen är bättre i de torkade bitarna för tall och i de fuktiga bitarna för gran.

Tabell 4a och 4b. Jämförande analys med One Way-ANOVA gällande inträngning i mm för de olika behandlingarna torr och fukt, tall och gran.

Table 4a and 4b. One Way-ANOVA analysis of penetration (mm) for different treatments in dry and moist pine (a) and spruce (b).

(a)

Inträngning tall (mm)	Torr medel	Fukt medel	Tukey 95% CI	p-value
<b>1cm</b>	23,400 <sup>a</sup>	23,400 <sup>a</sup>	0,000 – 0,000	*
<b>5cm</b>	23,400 <sup>a</sup>	14,400 <sup>b</sup>	-14,397 - -3,603	<b>0,003</b>
<b>10cm</b>	9,730 <sup>a</sup>	6,390 <sup>b</sup>	-5,191 - -1,489	<b>0,001</b>
<b>17cm</b>	8,910 <sup>a</sup>	5,730 <sup>b</sup>	-5,217 - -1,143	<b>0,004</b>
<b>25cm</b>	9,130 <sup>a</sup>	6,210 <sup>b</sup>	-5,524 - -0,316	<b>0,030</b>

(b)

Inträngning gran (mm)	Torr medel	Fukt medel	Tukey 95% CI	p-value
<b>1cm</b>	6,200 <sup>a</sup>	8,810 <sup>a</sup>	-0,770 – 5,990	0,122
<b>2cm</b>	0,640 <sup>a</sup>	1,410 <sup>b</sup>	0,322 – 1,218	<b>0,002</b>
<b>3cm</b>	0,470 <sup>a</sup>	0,870 <sup>b</sup>	0,011 – 0,789	<b>0,044</b>
<b>4cm</b>	0,410 <sup>a</sup>	0,700 <sup>a</sup>	-0,083 – 0,663	0,119
<b>5cm</b>	0,380 <sup>a</sup>	0,730 <sup>b</sup>	0,048 – 0,652	<b>0,025</b>
<b>10cm</b>	0,490 <sup>a</sup>	0,620 <sup>a</sup>	-0,096 – 0,356	0,243
<b>17cm</b>	0,680 <sup>a</sup>	0,560 <sup>a</sup>	-0,514 – 0,274	0,530
<b>25cm</b>	0,550 <sup>a</sup>	0,600 <sup>a</sup>	-0,314 – 0,414	0,776

### 3.2 Oljeupptag

En sammanställning av klossarnas vikter vid försökets början, vikt före och efter impregnering och oljeupptag i gram visar att tallbitarna har dragit åt sig mer olja vid de båda behandlingarna, torr och fukt, än vad granbitarna har gjort (tabell 5a, b, c och d).

Tabell 5a, b, c och d. Startvikter och vikt före och efter impregnering med Linotechmetoden. Dessutom oljeupptag för både tall och gran.

Table 5a, b, c and d. Sample weights, at start and before and after treatments with the Linotech method. And oil uptake in pine and spruce.

(a)

Tall torr Vikt (g)	Kloss									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>startvikt</b>	660	690	675	670	670	670	675	670	670	650
<b>torrvikt</b>	315	320	310	315	305	320	320	315	320	310
<b>slutvikt</b>	350	380	350	360	350	370	370	355	360	345
<b>olja</b>	56,1	72,7	49,4	61,6	51,6	71,6	69,4	56,6	61,6	55,7

(b)

Tall fukt Vikt (g)	Kloss									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>startvikt</b>	675	685	680	685	670	680	700	670	680	660
<b>slutvikt</b>	475	520	520	505	500	485	505	520	530	480
<b>olja</b>	174,4	214,9	217,1	199,9	201,6	182,1	193,2	221,6	227,1	186,1

(c)

Gran torr Vikt (g)	Kloss									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
startvikt	465	455	455	425	460	425	430	425	380	435
torrvikt	235	235	235	245	235	235	230	250	245	245
slutvikt	250	250	250	260	255	250	250	260	270	265
olja	15,2	15,4	15,4	16,5	20,5	15,2	20,1	16,5	39,8	22,3

(d)

Gran fukt Vikt (g)	Kloss									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
startvikt	405	450	380	455	415	375	480	485	405	430
slutvikt	300	330	320	340	310	310	330	350	320	290
olja	58,8	87,9	89,8	97,6	67,0	82,9	96,6	116,3	78,8	46,3

En jämförande analys med One Way-ANOVA gällande oljeupptaget för de olika behandlingarna i försöket visar på stora skillnader. En statistiskt signifikant skillnad finns mellan de olika behandlingarna, torr och fukt för både för tall och gran (tabell 6).

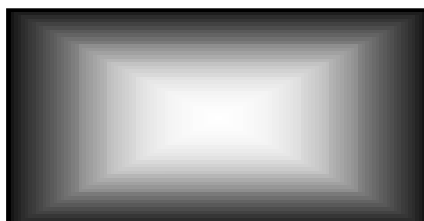
Tabell 6. One Way-ANOVA för oljeupptaget i tall och gran.

Table 6. One Way-ANOVA analysis of oil uptake in pine and spruce.

Oljeupptag (g)	Torr	Fukt	Tukey 95% CI	p-value
Tall	60,63 <sup>a</sup>	201,80 <sup>b</sup>	128,04 – 154,30	<i>0,000</i>
Gran	19,69 <sup>a</sup>	82,20 <sup>b</sup>	48,01 – 77,01	<i>0,000</i>

### 3.3 Dropptest

Dropptestet visade att vattenavstötningen avtar med infärgningens grad och att den blir svagare längre in mot centrum i klossen. I mitten på den oimpregnerade biten är vattenuppsugningen störst. Lägst är uppsugningen längs kanterna och på kortändorna av klossarna. Detta innebär att de trästycken som impregneras med Linotechmetoden har ett gott skydd mot väta så länge man inte sågar eller hyvlar i dem. Skyddet är bara ett ytligt sådant (figur 14).



Figur 14. Vattenavstötningen är starkast längs kanterna på klossen och avtar mot mitten, där den är låg eller obefintlig.

Figure 14. Water repellence in samples. Illustration of high repellence along sample edges.

## 4. Diskussion

### 4.1 Allmänt

Studien visar att det går att färga in virke samtidigt som det impregneras. Dock skiljer sig infärgningsresultatet åt mellan träslagen, tall och gran och även mellan torkad och färsk splintved inom aktuellt träslag. Infärgningen är jämnare fördelad i klossarna av tall än i klossarna av gran. Oljeupptaget är dessutom signifikant högre i tall än i gran. Studien visar även att färg har trängt in längre i klossarnas ändrar. Det här beror på att ett tvärsnitt av fibrerna i ett vedprov gör veden mer porös och därför tar det både åt sig och tappar fukt snabbare än övriga snitt. När man impregnerar ett material, alltså tvingar in en vätska i t.ex. träklossar, kommer det att ta den väg som innebär minst motstånd (Cassens, 1997; Olsson, 2001).

I dagsläget kan man inte förvänta sig en total impregnering ända till materialets kärna när man använder sig av Linotechmetoden såsom den studerats här. Bitvis är det bara ytan och några mm in i träet som blivit impregnerat. Det här innebär med stor sannolikhet att man inte bör utsätta impregnerat material för markkontakt eller uppsågning om man vill att det skall hålla sig opåverkat av mikroorganismer och markfukt. Andra studier har dock visat att ytligt impregnerade material står sig bra mot väder och vind så länge man undviker direkt markkontakt. Materialet måste få möjlighet att torka ordentligt emellanåt (Morrell, 2002).

### 4.2 Anatomiska skillnader, tall och gran

I barrved sker den axiella vätsketransporten i trakeiderna, den tangentiella vätsketransporten sker genom ringporerna och den radiella vätsketransporten sker genom mörkstrålarna (Lövgren, 1983; Esping, 1998). Hos de flesta arter sker vätsketransporten enbart i trakeiderna och transporten från en fiber till en annan sker genom avslitna fiberändrar, genom ringporer eller genom mörkstrålar. I kärnved har ringporerna först slutits till följd av åldrande och sedan har extraktivämnen inlagrats i cellväggarna och täppt till dem. Därför kan inträngning av linolja sällan konstateras i kärnved (Koskelainen, 1979; Morrell, 2002). Detta syns också i den här studien.

Ringporerna i trakeiderna är jämförbara mellan tall och gran, både i antal och anatomiskt, medan flödet är större i hartskanalerna hos tallen (Desch, 1996; Olsson, 2001). Däremot skiljer sig ringporerna i mörkstrålarna åt mellan tall och gran. Hos granen är ringporerna i mörkstrålarna mycket mindre än hos tallen och detta påverkar flödet negativt. Dessutom har granen bara hälften så många mörkstrålar per vedandel. Detta är också den huvudsakliga anledningen till att gran är mer svårimpregnerad än tall (Bergman, 1973; Koskelainen, 1979) och märks tydligt i den här studien. Provbitarna av tall tog åt sig mycket mer olja än vad granbitarna gjorde.

Infärgningsresultatet i den här studien är mycket bättre för tall, sannolikt för att tallens ved är mer homogen och därigenom mer lättimpregnerad. Det var även svårt att tillverka granbitar med enbart splintved i eftersom andelen kärnved är större hos gran, och skiktet med splintved är därmed tunnare i gran än i tall. Dessutom är det ofta svårt att utan pH-mätningar eller annan analys avgöra var gränsen går mellan splint och kärna i gran. Vill man impregnera gran är det alltså viktigt att använda sig av ett material med så stor andel splintved som möjligt. Man vet att splintvedsandelen påverkas av ett antal faktorer såsom tillväxt, miljö, position i trädet och ålder. Dominanta träd har större andel splintved än de undertryckta, och goda miljöer gynnar tillväxt och därmed splintvedsandelen. Andelen splint är även större högre upp i trädet och yngre träd har en större splintandel än äldre (Bamber, 1961; Gustafsson, 2001).

Detta har också troligen inverkat på resultaten i denna studie. En del av granbitarna har sannolikt innehållit en del kärnved eller i alla fall ved med olika grad av impregnerbarhet.

#### *4.3 Fukthalt och fuktkvot*

Infärgningen har för både tall och gran till större delen skett i sommarveden, den tunnare delen av årsringen där cellväggarna är tjockare. Inträngning är generellt högre i sommarved än i vårved när veden är torr (Wardrop, 1961; Siau, 1984). Fukthalten skiljer stort inom splintveden hos gran. Den är mycket hög närmast barken, men sjunker snabbt inåt längs årsringarna. Inträngningen i granveden är signifikant lägre än i tallveden. Det här bör till viss del bero på att ringporerna i trakeiderna normalt stängs när granveden torkar och trakeiderna kan därför inte längre leda vätska. Ringporerna är fortfarande öppna i de radiellt orienterade märkestrålarna och i hartskanalerna som är både radiellt och axiellt orienterade. Hos tall förblir en viss andel av ringporerna i trakeiderna öppna även när veden torkat, företrädesvis i sommarveden. De flesta ringporerna i tallens vårved stängs dock vid torkning (Bergman, 1973; Wilkinson, 1979; Nussbaum, 2001). Resultaten från den här studien visar att även om inte inträngning skett särskilt djupt i granveden generellt, så har inträngning skett djupare i ändträet och i hartskanalerna. För tall kan de öppna ringporerna i sommarveden förklara den högre infärgningen där. Dessutom är flödes hastigheten högre i sommarveden än vad den är i vårveden hos torkad tall (Bergman, 1973).

Infärgningsresultatet blev bättre i den torkade splintveden än i den fuktiga för tall. Detta bör bero på att fukthalten var så stor i den fuktiga veden att oljan inte kunde tränga in ordentligt. Tar man bort för lite vatten ur det material man vill impregnera finns inte utrymme för upptag av impregneringsmedel. Tar man å andra sidan bort för mycket av det vatten som finns i materialet riskerar man att ringporerna sluter sig och även då får man problem med upptaget. Detta kan ha skett i de torkade granklossarna där upptaget var sämre än i de färska. Man har i olika försök konstaterat att bästa effekten av impregnering fås vid en fuktkvot på mellan 15 och 40 %. För att impregneringsmedlet skall kunna fördela sig jämnt i veden är det viktigt att hela splintveden har torkats ned till fibermättnadsgrad eller lägre (Bergman, 1973; Morrell, 2002).

#### *4.4 Mikrosprickor*

Sannolikt har sprickor uppstått i veden vid torkningen av klossarna i det här försöket. Detta eftersom Ulvcróna (2006) funnit radiellt orienterade makroskopiska sprickor inne i provbitar, av allt att döma till följd av impregneringsprocessen i några av sina försök. Det här påverkar i sin tur impregneringen och inträngningen av färg. Olja och pigment följer minsta motståndets lag och tränger lättare in i sprickor än i opåverkad ved. Vid torkning av färskt virke uppstår ofta torksprickor i ytvirket, eftersom det torkar snabbare än virket längre in i klossen. Sprickorna uppstår först i ändytorna på klossen då virket torkar snabbast där, 10-20 ggr snabbare (Helin, 1980; Esping, 1998; Thomassen, 1998). Även en för snabb avkyllning efter torkning kan ge upphov till sprickor (Lövgren, 1983). För att undvika sprickbildning vid torkning av ett material är det viktigt att avdunstningen från ytan inte sker snabbare än vattenvandringen från materialets kärna till dess yta gör. Torktiden skall alltså anpassas både till träslaget och storleken på det som impregneras (Thomassen, 1998). Vidare har Siau (1984) och Olsson (2001) visat att mikrosprickor ofta uppstår i S<sub>1</sub>-lagret i cellväggen under impregnering. Detta till följd av att materialet torkar. Mikrosprickor kan även uppstå om veden utsätts för högt tryck, vilket har skett i den här studien. Hur sprickorna i detalj påverkat resultaten i denna studie är dock svårt att säga, men troligen har upptaget av olja påverkats positivt av en eventuell sprickbildning.

#### *4.5 Oljan*

Sommarveden har normalt fler öppna ringporer än vad vårveden har. Linolja som är en icke polär olja med relativt låg viskositet utnyttjar dessa öppna ringporer och tränger djupt in i sommarveden (Nussbaum, 2001). Detta tillsammans med sprickbildning kan vara anledningen till att sommarveden färgats in bättre än vad vårveden gjort i mitt försök.

#### *4.6 Pigment och inträngning*

Pigmentpartiklar kan inte tränga in i ved i någon högre utsträckning. Koskelainen (1979) använde vid sina försök femton olika pigment och konstaterade att pigmenten endast trängde in mellan 0,002 och 0,005 mm vinkelrätt mot träets fiberriktning och endast 3 mm genom ändträet. Därför kan man anta att pigmentet i mitt försök har stannat på træklossarnas yta och att den färg som trängt in i klossen till 100 % består av det använda färgämnet. Koskelainen (1979) konstaterade vidare att pigment tenderar att sätta igen håligheter i trästrukturen och att man därigenom kan förvänta sig en sämre inträngning. För ett gott resultat krävs att pigmentet har en mycket liten partikelstorlek (Nussbaum, 2001).

I behandling gran fukt kan man se att oljan har trängt in ytterligare en liten bit längre än vad färgämnet har gjort. Färgämnet (pigmentet) utgörs, till skillnad från olja, av små partiklar och kan inte tränga in genom porer. Dessutom kan elektrostatiske krafter påverka pigmenten så att de fastnar på, eller så att de via adhesionskrafter binds till fiberytan. Dock är inte anledningen till detta fenomen helt klar i denna studie.

Olsson (2001) rapporterar att det vid ett lågt makroskopiskt oljeupptag verkar finnas en tendens till att mer olja tas upp i vårved för tall. Vid ett högt makroskopiskt upptag verkar det istället som om mer olja tas upp i sommarveden.

#### *4.7 Impregneringen och processen*

Det sista steget i impregneringsprocessen kunde inte genomföras till följd av strömavbrott. Det var stadiet med vakuum där vattnet sugts ut och ersätts med olja. Detta påverkade förstås slutresultatet och åstadkom att infärgningen inte blev fullgod. Till hur stor del resultaten i studien påverkades är inte klart, men upptaget har i alla fall inte ökats på grund av detta. Vacuumdelen har två funktioner, dels förångas en del av det vatten som finns kvar i träet och dels sugts överflödigt olja bort så att den kan användas igen vid nästa impregneringstillfälle (Richardson, 1993).

#### *4.8 Övrigt*

När trä sågas upp händer ofta att sågningen inte sker helt parallellt med fiberriktningen, vissa fibrer skärs då av. Detta leder till punktvis ändräeffekt över hela ytan och ger en ökad inträngning. Vidare har hyvlat trä sämre egenskaper för inträngning än obehandlat kantsågat trä. Lokalt kan även inträngning genom märkestrålar ge en högre ytrinängning (Koskelainen, 1979; Dessy, 1996; Nussbaum, 2001).

## 5. Slutsatser och kommentarer

Studien visar att det går att impregnera och samtidigt färga in virke med Linotechmetoden. Färgämnet följer med oljan in i veden, medan pigmentet lägger sig på vedens yta. Effekten av infärgningen liknar betsfärg.

Studien visar också att oljeupptaget och infärgningen är bättre i tall än i gran. Detta beror sannolikt på att tallens splintved genomgående har samma fuktkvot och därmed har samma egenskaper rakt igenom. Granens fuktkvot varierar stort inom splintveden och är som störst närmast barken. Övergången till kärnved är inte lika markant hos gran som hos tall.

Vidare visar studien att infärgningen är bättre i de torkade tallklossarna än i de färska, medan infärgningen är bättre i de fuktiga granklossarna än i de torkade. Troligen beror detta fenomen på att fuktinnehållet i den färska tallen var så högt att oljan inte tilläts tränga in i veden i samma utsträckning som i de torkade klossarna. Dock har det visat sig att inträngningen avstannar om träet torkats så torrt att ringporerna i veden har slutits. Detta kan förklara resultatet i proverna av gran. Den initiala fuktkvoten i veden påverkar alltså resultatet.

Ytterligare ett resultat som går att utläsa ur den här studien är att infärgningen är starkare i sommarved än i vårved. Detta är tydligast i de torkade vedproverna och för tall. När tallveden torkar stängs majoriteten av ringporerna i vårveden, medan de fortfarande håller sig öppna i sommarveden. Att resultatet är detsamma även för gran bör kunna förklaras med att mikrosprickor har bildats i veden under själva torkningen och detta har ökat upptaget av olja.

Studien visar att vattenresistensen på klossarnas yta är mycket god, medan resistensen avtar mot mitten av klossarna. Skyddet är alltså bara ytligt och man bör undvika sågning och hyvling av materialet.

Den tidsrymd som träet utsätts för tryck och vakuum under impregneringsprocessen påverkar hur långt in i veden impregneringen når. Det vore därför intressant att utföra samma experiment som ovan, med den skillnaden att behandlingstiden vid impregneringen varierar både uppåt och nedåt.

Linolja är ett material som bryts ned både mikrobiellt och autooxidativt med tiden, även om det är mycket långa tidsperioder det handlar om. Det betyder att det också vore intressant att utvärdera hur lång tid det tar innan effekten av impregneringen har avtagit helt.

Trä är ett material som bryts ned biologiskt och förändras under påverkan av solljus och fukt. Det är även välkänt att linolja är känsligt för UV-strålning och att oljan bryts ned med tiden. Därför vore det intressant att utsätta klossar som är impregnerade med Linotechmetoden för sol och fukt i olika försöksled för att fastställa hur stor motståndskraften mot dessa element är.



## 6. Tack

Jag vill rikta ett stort tack till alla de personer som hjälpt mig att genomföra och färdigställa det här arbetet. Först och främst vill jag tacka mina handledare, Thomas Ulvcrona och Rolf Gref, för deras goda sakkunskaper, eviga uppmuntran och stora stöd genom alla faser under arbetets gång. Ni är ovärderliga! Jag vill också tacka Johan Tarukoski, Linotech AB, för personligt engagemang och för tillhandahållande av både olja och impregneringsutrustning. Stort tack även till Hans-Göran Nilsson på Vindelns försökspark för all hjälp med trädfällning och uppsågning av råmaterial till provbitar, och till Urban Bergsten som har fungerat som examinator. Jag vill även rikta ett stort tack till Anna och Nils Håkanssons stiftelse för finansiellt stöd. Sist men inte minst vill jag tacka min älskade sambo Martin Cederholm för allt stöd, och alla mina vänner för deras eviga, men kärleksfulla tjat om att jag måste bli klar någon gång. Tack för att ni finns!

## 7. Referenser

- Andersson, B. 1987. *Gott virke*. Examensarbete vid inst. för skogsskötsel. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå.
- Anon. 2003. *MINITAB statistical software*. Release 14 for Windows.
- Bamber, R.K. 1961. *Sapwood and heartwood*. Technical publication. Forestry commission of New South Wales.
- Bergman, Ö. 1973. *Faktorer som påverkar barrvedens impregnerbarhet – en litteraturstudie*. Inst. för virkeslära, Skogshögskolan. Stockholm. Rapport nr R 89, 1973.
- Cassens, D.L., Fiest, W.C., Johnson, B.R. & De Groot, R.C. 1997. *Selection and Use of Preservative - Treated Wood*. Publication No. 7299. Forest Products Society. Marshall Court. Madison.
- Desch, H.E. & Dinwoodie, J.M. 1996. *Timber – Structure, Properties, Conversion and Use*. 7<sup>th</sup> edition. London.
- Dessy, R. & Dessy, Lee. 1996. *Wood, oil and water*. Woodwind Quarterly, No. (11) 1996. Colville. Washington.
- Dinwoodie, J.M. 2000. *Timber: Its nature and behaviour*. 2<sup>nd</sup> edn. E&FN SPON. London.
- Esping, B. 1992. *Trätorkning – grunder i torkning*. Trätekt. Göteborg.
- Esping, B. 1998. *Torkat virke – hur man ställer rätt krav*. Trätekt. Göteborg.
- Fjällström, P. 2003. *Chemical aspects of ecological paint – emission of aldehydes*. Department of Chemistry, Umeå University.
- Gustafsson, G. 2001. *Heartwood and Lightwood Formation in Scots Pine – A physiological approach*. Doctoral thesis No. 2001:193. Swedish University of agricultural Sciences.
- Helin, B. 1980. *Virkestorkning*. LiberTryck. Stockholm.
- Hägglund, B & Lundmark, J.E. 1982. *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem*. Skogsstyrelsen.
- Koskelainen, J. 1979. *Målning av trä: Inträngning av torkande oljor och trälasyrer*. Skandinavisk tidskrift för färg och lack. 25(11): 241-255.
- Lövgren, A. & Clason, M. 1983. *Kompendium i virkestorkning*. Utec.
- Morrell, J.J. & Morris, P.I. 2002. *Methods for improving preservative penetration into wood: A review*. International research group on wood preservation. Paper prepared for the 33<sup>rd</sup> Annual meeting, Cardiff. United Kingdom.

Nussbaum, R. 2001. *Surface interactions of wood with adhesives and coatings*. Doctoral Thesis. KTH - Royal Institute of Technology. Department of Pulp and Paper Chemistry and Technology. Division of Wood Chemistry. Stockholm.

Olsson, T., Megnis, M., Varna, J & Lindberg, H. 2001. *Measurement of the uptake of linseed oil in pine by the use of an X-ray micro densitometry technique*. Journal of Wood Science. 47(4), 275-281.

Richardson, B.A. 1993. *Wood preservation*. 2<sup>nd</sup> edn. E&FN SPON. London.

Siau, J.F. 1984. *Transport Processes in Wood*. Springer-Verlag. Tokyo.

Sjöström, E. 1993. *Wood Chemistry – Fundamentals and Applications*. Academic Press.

Thomassen, T. 1998. *Trätorkningsteknik – praktisk handledning*. Lövträinstitutet. Ydre.

Ulvcrona, T. 2006. *Impregnation of Norway Spruce (Picea abies L. Karst.) Wood with Hydrophobic Oil*. Doctoral Thesis No. 2006:88. Faculty of Forest Sciences. Umeå.

Wardrop, A.B. & Davies, G.W. 1961. *Morphological factors relating to the penetration of liquids into wood*. *Holzforschung* 15(5), 129-141.

Wilkinson, J.G. 1979. *Industrial timber preservation*. Associated business press. London.

Zabel, R.A. & Morrell, J.J. 1992. *Wood microbiology – decay and its prevention*. Academic Press. N.Y.

#### *Personlig kommunikation*

Gref, R. Sveriges Lantbruksuniversitet. Telefon: 090-786 81 00. Adress: Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. 901 83 Umeå. Information kring vedkemi, vattenabsorption och vedegenskaper.

Tarukoski, J. VD. Linotech AB. Telefon: 018-39 16 33. Adress: Linotech AB. Box 1016 740 21 Järlåsa. Information om impregnering med Linotechmetoden.

Ulvcrona, T. Sveriges Lantbruksuniversitet. Telefon: 0933-615 73. Adress: Enheten för Skoglig Fältforskning, Svartbergets Fältstation, 922 91 Vindeln. Information kring impregnering och vedegenskaper.

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2007:11 Författare: Elisabeth Lindström  
Vad påverkar skogsägarnas naturhänsyn vid föryngringsavverkning i region Mellannorrland?
- 2007:12 Författare: Björn Erhagen  
Löslighet och metylering av kvicksilver i en förorenad sjö (Ala-Lombolo) i Kiruna kommun
- 2007:13 Författare: Irina Kero  
Utbyte av massaved och biobränsle i några typbestånd av Contorta
- 2007:14 Författare: Fredrik Gardmo  
Uttag av energisortiment vid gallring av contorta, ett komplement till konventionell gallring?
- 2007:15 Författare: Lisa Werndin  
Effekter av gödsling i äldre tallbestånd på renbetesväxter i fält- och bottenski
- 2008:1 Författare: Anna Bylund  
En analys av SCA Skog AB's metod för egenuppföljning av gallringar
- 2008:2 Författare: Lars Johansson  
Plantering av gran (*Picea abies* L. Karst) på kalhyggen och självförnyring under högskärmar av björk (*Betula pendula* och *Betula pubescens*) – Föryngringsresultat 7-10 år efter avverkning
- 2008:3 Författare: Nathalie Enström  
Heavy metal accumulation in voles, shrews and snails after fertilisation with pelletized and granulated municipal sewage sludge
- 2008:4 Författare: Jenny Sallkvist  
Relationer mellan Norske Skog och de privata skogsägarna i Jämtland
- 2008:5 Författare: Emma Sandström  
Skötsel av tätortsnära skogliga rekreationsområden. Besökarens upplevelser i norra och södra Sverige
- 2008:6 Författare: Tobias Norrbom  
Askgödsling och dess lämplighet i torvmarksskogar tillhörande Sveaskog Förvaltnings AB – en litteraturstudie
- 2008:7 Författare: Camilla Göthesson  
Privata skogsägares inställning till frivilliga naturvårdsavsättningar samt kvalitets- och tillväxthöjande skogsskötselåtgärder
- 2008:8 Författare: Sakura Netterling  
Tropical rain forest recovery after cyclone and human activity on Savai'i, Samoa – A field study of tree species composition and distribution
- 2008:9 Författare: Håkan Nilsson  
Resultat från tre klonförsök med Fågelbär, *Prunus avium* L, i södra Sverige
- 2008:10 Författare: Anna Nylander  
Trädslagsinverkan på markvegetationens utveckling i odlingsförsök med tall och contorta
- 2008:11 Författare: Cecilia Persson  
Tillväxt och potentiell sågtimmerkvalitet i gallringsmogna jämförelseplanteringar med *Pinus contorta* och *P. sylvestris*