



Utvärdering av teknisk potential för ny
Miljövänlig metod för impregnering av trä

Slutrapport

Olov Karlsson
Luleå tekniska universitet

Innehållsförteckning

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
SYFTE, MÅL OCH AVGRÄNSNINGAR	5
BAKGRUND	6
PROJEKTETS GENOMFÖRANDE OCH ORGANISATION	7
1. LITTERATURSTUDIE	8
2. MATERIAL OCH METODER	10
2.1 MATERIAL OCH TORKNINGAR	10
2.1.1 Gran och furu	10
2.1.2 Torkningar	10
2.2 IMPREGNERINGAR	10
2.2.1 Impregneringsomgång 1 (OI1)	10
2.2.3 Impregneringsomgång 2 (IO2)	12
2.2.4 Impregneringsomgång 3 (IO3)	12
2.2.5 Impregneringsomgång 4 (IO4)	12
2.3 ANALYSER	12
2.3.1 Fuktprovning	12
2.3.2 Analys av impregneringsdjup	13
2.3.3 Övriga analyser (IO1)	13
2.4 TEST AV RÖTSTABILITET EFTER VÄDEREXPONERING	13
3. RESULTAT OCH DISKUSSION	14
3.1 IMPREGNERING AV GRAN	14
3.1.1 Sprickbildning vid i första impregneringsomgång (IO1)	14
3.1.2 Analys av vedparametrars inverkan på sprickbildningen efter impregnering (IO1)	15
3.1.3 Permeabilitetsmätningar av första impregneringen (IO1)	16
3.1.4 Penetreringsdjup för virke från IO1	17
3.1.5 Väderbeständighet och beständighet mot brunröta av granvirke	18
3.1.6 Utveckling av impregneringscykel för granvirke	19
3.2 IMPREGNERING AV FURU	19
4. UTVÄRDERING, REKOMMENDATIONER OCH FORTSATT ARBETE	21
5. REFERENSER	22
6. BILAGOR	23

FÖRORD

Stora volymer trä impregneras varje år i Sverige. Nuvarande träimpregneringsmetoder har miljömässiga nackdelar både vad gäller själva impregneringsarbetet med efterföljande vattenavloppsbehandling och urlakningar vid användandet samt inte minst destruktion av gammalt virke. Träindustrin skulle ha stor nytta av att kunna erbjuda miljövänliga impregnerade träprodukter.

Under 90-talet tog utvecklingen av en ny miljövänlig metod fart som använder superkritisk koldioxid som ett medel att föra in olika träskyddande ämnen i virket. Den första industriella anläggningen för impregnering av trä med hjälp av superkritisk koldioxid uppfördes i Hampen på Jylland i Danmark. Ole Henriksen har sedan starten varit med i utvecklingen av processen och Hampen Træforarbejdning (HTF) som företaget heter ingår numera i VKR-koncernen.

Det aktuella projektet har haft som målsättning att undersöka om den nya tekniken kan utvidgas även till andra virkesprodukter som är intressanta för svensk skogsindustri. Projektet har utförts under perioden april 2008 till augusti 2009 och förutom Hampen Træforarbejdning (HTF) i Danmark har träfysik-avdelningen på LTU i Skellefteå samt TCN och speciellt värdföretagen Setra och SCA samt EU mål 2 ingått. Projektledare har varit Olov Karlsson (LTU) och Magnus Lindqvist (tidigare Setra) har varit drivande bland annat vid tillkomsten av projektet (övriga medverkande se nedan).

Jag vill tacka alla som bidragit till genomförandet av projektet: Magnus, Lennart Wilhelmsson (SCA), Ole, Joao Fernandez och Ole Dalsgård på HTF, Mats Westin och Karin Sandberg (SP), Ola Dagbro (LTU), Olle Hagman, Christoffer Schutze (LTU) och Jonas Danvind (MU).

Skellefteå 2009-12-07
Olov Karlsson

SAMMANFATTNING

Vi har undersökt möjligheten att impregnera gran och furuvirke av dimension på 50x100 mm från sågverk i Vimmerby, Hasselfors, Färila (Setra) eller sågverk i Bollsta och Tunadal (SCA) med hjälp av superkritisk koldioxid.

Impregneringarna har utförts på Hampen Træforarbejdning (HTF) anläggning på Jylland och träskyddsmedlen har varit en blandning av propikonazol, tebukonazol och IPBC (Gori SC 200). Sprickbildning, inträngning av träskyddsmedel, rötbeständighet efter väderexponering, permeabilitet har bland annat undersökts. Andelen fel (läs sprickbildning) beräknades efter provuttag från impregnerings-batcher och var låg vid impregnering av furuvirke medan den efter de inledande försöken med gran var betydande. För båda virkestyperna kunde man se en effekt av den geografiska placeringen av sågverken och därigenom dess upptagningsområde. Det avspeglade sig även i förmågan att impregnera granvirket. Generellt kan man se en inträngning av triazoler hela granvirket vid impregneringarna dock kunde en svag gradient ses i de flesta proven och där halten i de inre delarna av veden var något lägre än i de yttre. Furuvirket impregneras även det, men här var det osäkert om kärnveden impregnerades vid de betingelser som impregneringen var utförd vid beroende på ved-extraktiver som försvårade analyserna. En bättre impregnering av granvirket ledde till en bättre rötbeständighet (EN 113) efter 5 månaders utomhusexponering och virke från Hasselfors sågverk bedömdes vara beständigt.

Utveckling av impregneringscykeln för gran har därefter vidtagits och HTF kan nu impregnera granvirke av 50 mm tjocklek med låg felandel. Huruvida virke av de tjockare dimensionerna kan användas i processen från alla geografiskt placerade sågverk är dock fortfarande osäkert och kräver fler studier.

SYFTE, MÅL OCH AVGRÄNSNINGAR

Projektets syfte är att ge underlag för utvärdering om en ny miljövänlig metod för att impregnera trä är intressant ur svensk synvinkel speciellt ur ett skogsindustriellt perspektiv. Projektet har bedrivits utifrån följande huvudpunkter:

- Metodutveckling för impregnering med koldioxid som bärare
- Utvärdering av impregneringsförsök genom div. tester och analyser

HTF producerar idag panelvirke av gran och med den superkritiska metoden kan även dess kärnvirke impregneras. Impregnerad gran är ingen stor produkt i Sverige eftersom det är svårt att impregnera gran med traditionella metoder men skulle bli ett tänkbart alternativ genom att använda den superkritiska metoden. Man har dock sett indikationer på att resultatet av impregneringen av gran är starkt beroende av råvarans beskaffenhet. I projektet har vi därför undersökt om gran och furuvirke från olika sågverk i mellersta och norra Sverige kan impregneras med den teknik som Danska företaget Hampen Træforarbejdning (HTF) använder sig av. Vi har impregnerat granvirke från Tunadal (SCA), Färila och Hasselfors (Setra) och furuvirke från Vimmerby (Setra), Bollsta (SCA) och Färila (Setra).

Hittills har HTF inriktat sig mot produktion av bräddor (på senare tid även mot trallvirke) medan vi i projektet velat få en vidare syn av möjligheten att impregnera virke av olika dimensioner och därför impregnerat tjockare dimensioner (t.ex. regelvirke). Vid impregnering kan virkets fuktkvot efter torkningen (och i viss mån utformning av torkningsprocessen men undersöktes ej i detalj) ha betydelse för permeabiliteten. HTF kan se att felaktigt virke efter impregnering av deras produkter börjar uppträda vid en fukthalt på 16-17% och ökar därefter med minskad fuktkvot. Därför eftersträvade vi att materialet skulle torkas till samma målfuktkvot (18 %) samt att torkprocessens loggningsdata kan relateras till provämnena. Processparametrarna vid själva impregneringen utformades av HTFs personal efter jämförelse med bland annat permeabilitetsdata och i ett senare skede utveckling av simuleringsteknik (fluid-dynamic) av processen. Studien begränsades till metallfria impregneringsämnen s.k. triazoler som används av HTF men i princip så fungerar processen även för kopparorganiska impregneringsmedel och andra ämnen som kan lösas in i den superkritiska koldioxiden (UV-absorbenter eller brandskyddsmedel).

Vi (LTU) undersökte träskyddsmedlens impregneringsdjup genom att välja ut ett antal prov från impregneringsbatcher, extrahera och analysera förekomst av propikonazol och tebukonazol i provens yttre och inre delar med vätskekromatografi (HPLC) (den tredje komponenten i impregneringslösningen IPBC analyseras ej med den använda metoden). Kvalitativa bedömningar inträngningen i furu gjordes då andra ämnen (troligen extraktiver) i furuvirket som interagerar med triazolerna vid analysen. Någon djupare undersökning av extraktivämnas eventuella betydelse för impregneringsresultatet gjordes ej. Rötbeständigheten bestämdes enligt EN 113 efter de hade utsatts för väderpåverkan (CEN/TS 150397REPORT). Prov från Setrasågverken Hasselfors och Färila undersöktes i detta avseende (prov från SCAs fanns ej med i väderbeständighetstesterna på SP). Impregneringsresultatet angående sprickbildningen i proven efter behandlingen undersöktes, dock ej andra mekaniska egenskaper såsom beräkning av elasticitetsmodul (här visar HTFs egna undersökningar på sina produkter knappt någon påverkan av processen). Personal på Hampen utförde permeabilitetsmätningar på utvalda prov från impregneringarna.

BAKGRUND

Projektet tillkom på initiativ av Magnus Lindqvist Setra (numera Södra) och AGA där man ville veta hur pass utvecklad tekniken att utföra superkritisk impregnering av träprodukter var. En arbetsgrupp tillsattes och kontakt togs med Hampen träförädling för ett planeringsmöte i Hampen på Jylland i början av juli 2007. På mötet i Danmark närvarade Olov Karlsson (LTU), Magnus Lindqvist (Setra), Karin Sandberg (SP), Göran Jermer (tillfällig ersättare för Mats Westin SP) och Ole Henriksen och Ole Dalsgård från HTF. Det framkom då att man i Danmark kommit långt i sin process att impregnera trä med hjälp av superkritisk koldioxid. Produktionen riktade in sig mest mot granpanel och danska marknaden. Ur svensk skogsindustris synvinkel framkom det att man var intresserad av ett bredare sortiment än det som tillverkades såsom andra dimensioner t.ex. tjockare material och möjligheten att impregnera furu. Impregneringsresultatet för tjockare dimensioner av virke och hur pass rötbeständigt det impregnerade virket är framhölls som viktiga faktorer att undersöka.

Från HTFs sida var man intresserad av att jämföra hur impregneringar från mer nordligt växande granar skiljer sig från sydliga granar eftersom man hade indikationer på att de skiljer sig. Ett inledande möte hölls på SP 13e nov. 2007, där vi kom överens om en plan för projektets genomdrivande och en ansökan till TCN utformades. Arbetet försenades sedan bl.a. på grund av lång handläggningstid vid EU Mål 2 ansökan och projektet kunde inte komma igång förrän på vårkanten 2008 och då med en reducerad budget.

PROJEKTETS GENOMFÖRANDE OCH ORGANISATION

Följande personer har deltagit i projektet:

Luleå tekniska universitet (LTU): Olov Karlsson (projektledare), Jonas Danvind (MU), projektanställd student (Ola Dagbro)

Setra (Värd företag): Magnus Lindqvist.

Sveriges Tekniska forskningsinstitut (SP): Mats Westin och Karin Öhman Sandberg

Hampen Träförarberjdning (HTF): Ole Henriksen

Styrgrupp: Magnus Lindquist, Olle Hagman TCN, Olov Karlsson

Projektgrupp: Olov, Magnus, Karin, Mats, Jonas, Ole

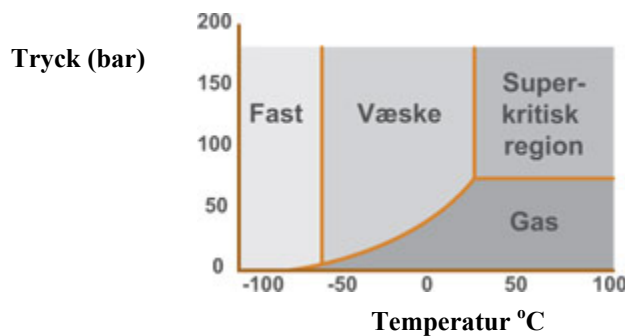
Testning av virkets väder- och rötbeständighet utgjorde en del av projektet och beroende på den tid det tar i anspråk var det viktigt att komma igång med impregneringarna innan sommaren var slut. Virke levererades till HTF från Setra sågverken (Färila, Vimmerby och Hasselfors) och från SCA (Tunadal och Bollsta) i slutet av april 2008. HTFs personal packade materialet (gran från olika sågverk) i 3 batcher enligt projektbeskrivning (se material och metoder) och impregneringar utfördes.

Olov Karlsson (LTU) och Ola Hoffström (LTU) tillsammans med personal från HTF utvärderade försöken och förberedde prov för div. analyser i början av juni 2008. Analys av permeabilitet utfördes sedan av HTF och prov skickades till SP i Borås för analyser av väderbeständighet och rötstabilitet som utfördes under ledning av Mats Westin. Analyser av inträngning av träskyddsmedel, fukthalt och övriga analyser gjordes under ledning av Olov Karlsson på LTU. Impregnering av furvirke från de olika sågverken gjordes i februari 2009 där Olov Karlsson tillsammans med personal från HTF förberedde körningar, utvärderade sprickor och dyl. samt förberedde prov. Ett fåtal analyser av inträngningsdjup av träskyddsmedel i furu gjordes (eftersom analysen försvårades av hög hartshalt i furuvirket).

Projektets omfattning medgav inte någon analys av väderbeständighet av impregnerade furuvirket utan hänvisar till HTF rapport om tidigare utförda tester i Danmark och Malaysia (Morsing et al 2005). HTF har därefter gjort studier av hur impregneringsbetingelser påverkar virkets egenskaper med virke från andra sågverk.

1. LITTERATURSTUDIE

Impregneringarna i HTFs anläggning i Hampen på Jylland är den första anläggningen i världen där man i tämligen stor skala impregnerar trä med hjälp av superkritisk koldioxid (Iversen et al. 2003, Henriksen 2006, Henriksen et al. 2006). HTF tillhör VKR koncernen och anläggning på Jylland producerar någonstans mellan 5000-10000 m³ impregnerat virke per år. Det superkritiska tillståndet uppnås när koldioxidgas kraftigt komprimeras och vid 73 bar och 31 °C övergår koldioxiden till superkritisk fas (Fig. 1).



Figur 1. Fasdiagram över koldioxid (HTFs hemsida).

En fördel med övergången till superkritisk fas är att vissa egenskaper hos koldioxiden bibehålls och nya egenskaper tillförs. Till exempel uppträder den som ett lösningsmedel där lösligheten ökar med ökat tryck medan den samtidigt penetrerar porösa material såsom trä likt en gas. Vid processens slut pumpas medlet tillbaka och återanvänds förutom den lilla mängd som finns kvar i virket. Den kan t.ex. ersättas med koldioxid från jäsningsprocesser varför bidraget från processen till den ökande mängden koldioxid i atmosfären då blir ytterst marginellt. Koldioxid är en tämligen inert och opolär förening och då fasövergången sker vid tämligen låga temperaturer medför det att den i superkritiskt tillstånd inte torde vara speciellt kemiskt reaktiv (jämförelsevis kan nämnas att vatten också kan uppträda i superkritiskt tillstånd men här är det fråga om betydligt högre temperaturer och tryck vilket leder till nedbrytning av träet).

En av de många intressanta egenskaper som superkritisk koldioxid har är dess goda penetration av trämaterial vilket medför att även mer svårpenetrerade virkestyper som gran (och t.o.m. dess kärna) kan nås. En konsekvens av detta är att man i fabriken inte behöver ströa virkespaketet innan impregneringen. Vid impregneringens avslutning minskar biocidens löslighet genom trycksänkningen och blir kvar i virkets samtidigt som koldioxiden diffunderar ut ur materialet. Tryckskillnader mellan virket och omgivande fas har tidigare observerats vid impregnering med superkritisk koldioxid i lab-skala (Drescher et al. 2006, Oberdorfer 2006). Penetrationen är normalt inte ett problem med små träprover i lab-miljö men som man måste ta hänsyn till vid uppskalning till industriella förhållanden (Kjellow et al 2009). De höga trycken kan medföra en kraftig belastning på virket som ska impregneras speciellt om man har stora tryckgradienter i veden och svårpenetrerade vedslag (Kjellow et al. 2009). Därför är utformningen av impregnerings-cykeln viktig, bland annat söker man undvika oönskade fasövergångar t.ex. övergång till vätskefas (se fig. 1) vilket då kan leda till höga differenstryck och sprickbildning.

I HTFs produktion av impregnerad gran kan man inte se någon nämnvärd påverkan på modul eller böjstyrka för virke av 25 mm tjocklek (Henriksen 2007). Furusplint är mer lättimpregnerad än den tätare granen och impregneringarna av den går snabbare. Dock kan utblödning av harts från furu skapa problem vid impregneringarna eftersom den superkritiska koldioxiden fungerar som lösningsmedel även för extraktivämnena.

Impregneringen av biociden Gori SC 200 är i genomsnitt i HTFs produkter 0.16g/m³ eller 0.4 g/kg ved och undersökningar i Danmark och på Malaysia tyder på en god beständighet för virke impregnerat på detta sätt (Morsing et al. 2005). Det är dock lite mer osäkert hur rötbeständighet enligt EN 113 påverkas efter väderexponering. Virkets permeabilitet kan bero på flertalet olika faktorer, en minskad fukthalt på virket (efter 16-17%) ger en större felandel. Det fanns vid projektets start indikationer på att virkets egenskaper från olika geografiska områden påverkar impregneringsresultatet dock kunde man inte se samband med virkets densitet.

2. MATERIAL OCH METODER

2.1 MATERIAL OCH TORKNINGAR

2.1.1 Gran och furu

Gran och furu från olika sågar i mellan och norra Sverige används vid impregneringarna (se tabell 1). Virkets tvärsnittsdimensioner är 50mmx100 mm och längden är 3.6–4.5 m. Kvalitén är minst VI, V, SF. Sågsätt är 2ex.

2.1.2 Torkningar

Torkning har utförts enligt Tabell 1.

Sågverk	Uttags- område, uttaget	Torkat/ justerat/ sågat	Tork- metod	Tid (timmar)	Medel- fuktkvot (%)	Vedtyp
Setra i Vimmerby	Vimmerby, oktober- november 2007	Jan. 2008 (j)	Kammare	125	18 (målfukt)	Furu
Setra i Hasselfors	Norra Götaland/ Bergslagen	Jan. 2008 (j)	Vandrings- tork	96–120	18 (målfukt)	Gran
Setra i Färila	Hälsingland/ Härjedalen februari 2008	31/3 och 2/4 2008 (s)	Kammare	110.9	18 (målfukt)	Furu
Setra i Färila	Hälsingland/ Härjedalen september 2007	19/11– 2007 (s)	Kammare	68.8	18 (målfukt)	Gran
SCA i Tunadal	Medelpad 60 %, Jämtland och Ångermanland	1. 16/3 2. 20/3 2008 (t)	Vandrings- tork	1. 88.8 2. 88.3	1. 18,9 2. 19.1	Gran
SCA i Bollsta	Ångermanland 63 %, Medelpad 21 %, Jämtland 16 %	19/3 2008 (t)	Kammare	79.8	16,8	Furu

Tabell 1. Översikt av virke och torkningsdata som använts i studien.

Träskyddsmedel Superkritisk koldioxid, Aktiva komponenter i Gori SC 200 är Tebukonazol (8–9%), propikonazol (8–9%), IPBC (3–5%).

2.2 IMPREGNERINGAR

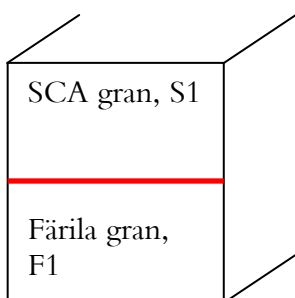
2.2.1 Impregneringsomgång 1 (OI1)

2.2.1.1 Utformning av batch och uttag av prov

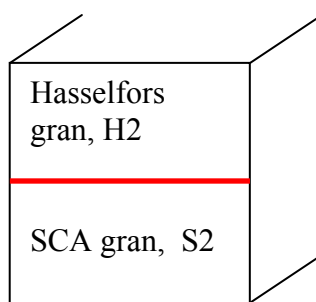
Sprickor i plankorna från sågverken markeras med penna. Tre batcher gran impregneras där varje batch består av 100 plankor från två olika sågverk (totalt 200 st.) (se fig. 2 och 3). Dessa

packas in i impregneringskärlet (på så sätt kan paket från olika sågar jämföras inom samma batch). Innan detta sker sågas fem provbitar ut för studier av permeabilitet. Eventuella sprickor i virket markeras. Efter impregnering görs en grov uppskattning av sprickor i batchens två paket. Från tjugo plankor (utvalda efter ett speciellt arrangemang se fig. 3) i varje av dessa paket mäts spricklängd. Från varje paket sågas fem provbitar (20 cm) ut för mätning av permeabilitet (från samma plankor som innan impregneringen) och från övriga femton plankor sågas prov (20+10 cm, som packas i tättslutande plastpåsar) ut för mätning av fukt och fuktprofil. Fem provbitar från varje sågverk skickas till SP för analys av väderbeständighet och brunröta. Provbitar från de olika sågverken väljs ut och analyseras m.a.p. inträngningsdjup (se nedan).

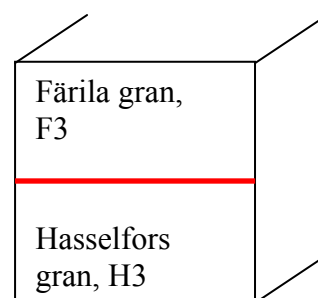
Batch 1



Batch 2



Batch 3



Figur 2. Utformning av batcherna i första impregneringsomgången (IO1).

P1			P16			P17			P18
	P2								
		P3							
P15			P4						P19
				P5					
					P6				
P14						P7			P20
							P8		
								P9	
P13			P12			P11			P10
P1			P16			P17			P18
	P2								
		P3							
P15			P4						P19
				P5					
					P6				
P14						P7			P20
							P8		
								P9	
P13			P12			P11			P10

Figur 3. Beskrivning av numreringen av plankor från en impregnerings-batch bestående av två paket från samma träslag men olika sågar (se fig. 2.).

2.2.1.2 Impregneringscykel

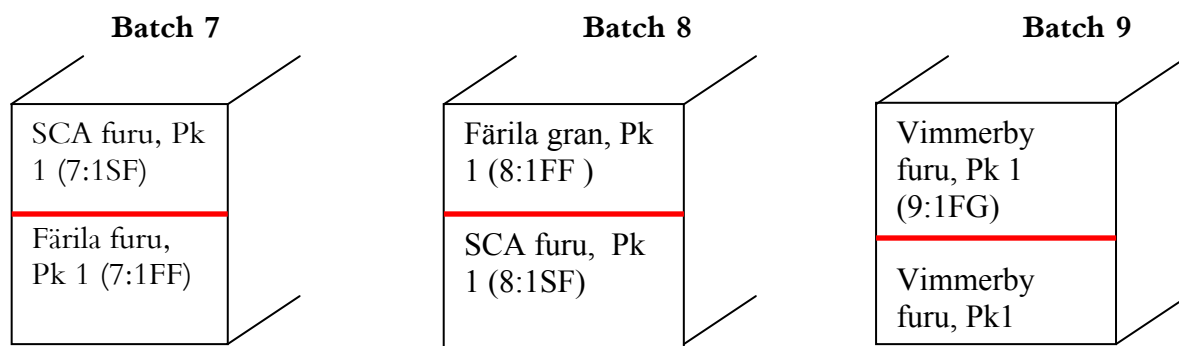
Impregneringstiderna varierade mellan 3 till 5 timmar och maximalt tryck var ca. 150 bar .

2.2.3 Impregneringsomgång 2 (IO2)

Tre batcher gran impregneras på liknande sätt som ovan men med en utvidgad impregneringscykel. Resultatet undersöktes av HTF och en viss förbättring kunde ses men var ej tillräcklig.

2.2.4 Impregneringsomgång 3 (IO3)

Tre batcher furu impregneras med en kortare impregneringscykel (ca 3 timmar) än för gran. Packningen blev dock fel så att 2 paket från Vimmerby blev körda i sista batch 9 istället för batch 8 och 9 (se fig. 4).



Figur 4. Utformning av batcherna i impregneringsomgång 3 (IO3).

Spricklängdberäkning görs som ovan. Prov tas ut för studier av inträngningsdjup för propikonazol och tebukonazol och mätning av permeabilitet.

2.2.5 Impregneringsomgång 4 (IO4)

Tre batcher furu impregneras på liknande sätt som ovan men med en utvidgad impregneringscykel. Resultatet undersöktes av HTF och en minskad utblödning av hart kunde ses.

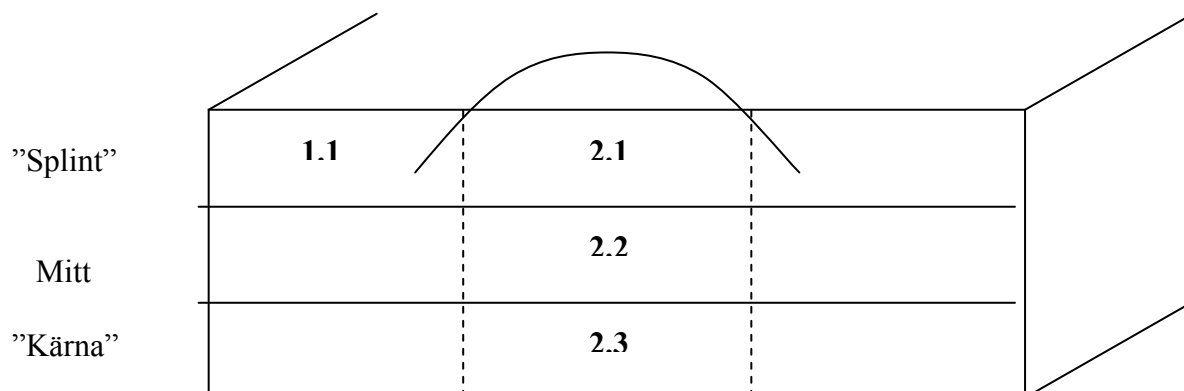
2.3 ANALYSER

2.3.1 Fuktprovning

Fuktkvoten i provbitar från IO1 beräknas genom att mäta vikt på träprov före och efter torkning vid 103 °C över natt (konstant vikt). Fuktkvotsprofil utfördes genom att mäta fuktkvot för sju jämnt utsågade skikt från ett sågtvärnsnitt (2 cm).

2.3.2 Analys av impregneringsdjup

Från impregneringsomgång 1 (IO1) sågas 10 cm långa delar av ytskikt, mittskikt och kärnsida till sågspån enligt fig. 5 (i några fall användes rasp). Fyra fraktioner på 1.25 g sågspån (se nedanstående figur) tillverkades och analyseras som dubbelprov.



Figur. 5. Uttag av prov för analys (väderbeständighet och inträngning av triazoler).

Spånen siktas genom 0.5 mm vira och extraheras med 20 ml metanol över natt (inklusive 3 timmar ultraljud) i en E-kolv (med alu-folie-lock). Lösningen filtreras genom filterpapper och tvättas med 2x5 ml metanol. Fraktionerna koncentreras genom att de torkas in och löses sedan i 10 ml metanol och överförs i en avsedd mätkolv (någon fraktionering vid koncentrerings kunde ej ses genom jämförelse med ej koncentrerat prov).

Proven analyseras med HPLC (Varian Prostar) utrustad med en UV-detektor. 15 mikroliter injiceras via autoinjektor (model 410) och elueras genom en C-18 kolonn (Microsorb-Mv 100-5 C18) med en eluentblandning av 50 % acetonitril (HPLC kvalitet) och 50 % ammoniumacetat-buffert (0.5% ammoniumacetat löst i avjonat vatten) under 14 min. följt av 2 min acetonitril och 3 min. av acetonitril-buffertblandningen. UV-detektorns våglängd var 230 nm. Kalibrering av propikonazol och tebukonazol i proven gjordes mot utspädda SC 200-lösningar och tebukonazol.

2.3.3 Övriga analyser (IO1)

Årsringar: Årsringsbredd i provbitar beräknades genom antalet årsringar i fukthaltsprover per längdenhet (från mårgen till hörn). En uppskattning av årsringsvariationen gjordes genom att mäta längden för de tätaste resp. glesaste årsringarna i provbiten och sedan beräkna kvoten mellan dessa.

Kvist: Förhållandet mellan den totala kvistdiametern (kvistar >4mm) och planklängd beräknades

Densitetsuppskattning: 30 cm långa bitar torkades och vikt och dimensioner uppmättes (linjal).

2.4 TEST AV RÖTSTABILITET EFTER VÄDEREXPONERING

Prov från impregneringar togs ut och dess väderbeständighet (CEN/TS 150397REPORT) samt deras rötbeständighet (EN 113) undersöktes (Se bilaga 1).

3. RESULTAT OCH DISKUSSION

3.1 IMPREGNERING AV GRAN

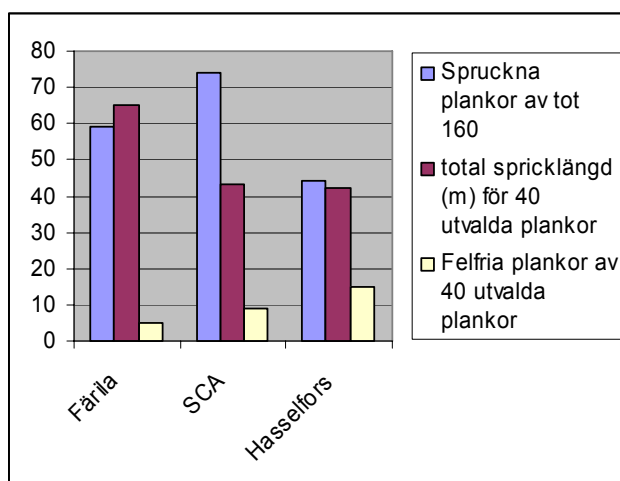
Utvärdering av den tekniska potentialen för att använda gran och furuvirke för impregnering med hjälp av superkritisk koldioxid koncentrerades på att mäta sprickor, spricklängd, inträngningsdjup och mängd biocid samt rötbeständighet efter väderexponering.

Två olika impregneringsprofiler utfördes.

3.1.1 Sprickbildning vid i första impregneringsomgång (IO1)

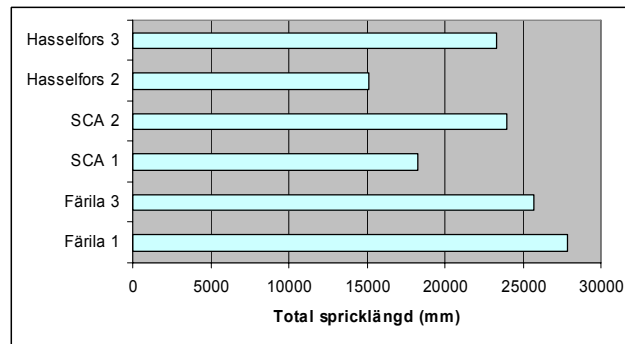
Granplankor från två olika sågverk packas i batcher utan mellanliggande strön (se fig. 2).

Ett första intryck är att granvirket efter den första impregneringsprofilen är tämligen kraftigt påverkat av processen. En riklig nybildning av sprickor kunde ses (Fig. 6). Det fanns även exemplar som var deformerade och kollapsade. Sprickor på ytan kunde ses men även inne i materialet såsom ringsprickor i genomsågade prov. På HTF har man sett att ungdomsveden är mer känslig och det skulle kunna vara ett uttryck för detta. En begränsad utblödning av harts på plankors yta kunde även ses.



Figur 6. Översikt över sprickbildning efter impregnering av gran IO1.

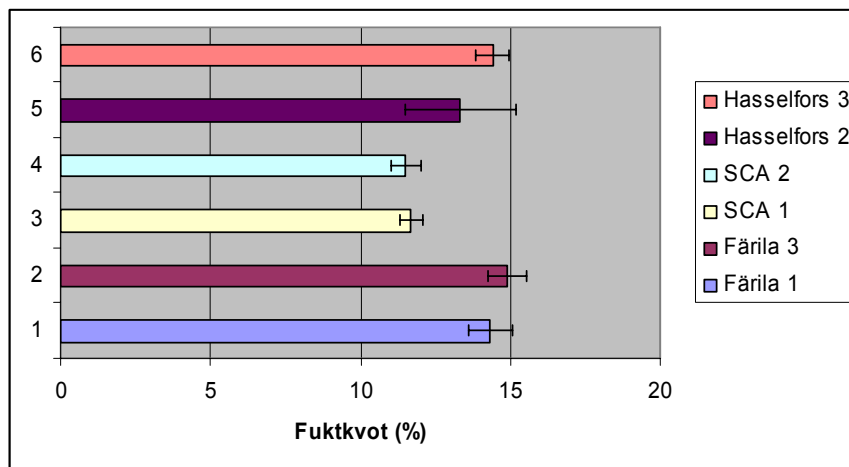
Hasselfors hade minsta antalet spruckna (sprickor synliga från ca 1 m. avstånd) plankor vid körningarna medan SCA hade flest (Fig. 6). Från utvalda plank var flest plank från Hasselfors opåverkade av impregneringarna medan Färila hade minst antal felfria. Spricklängden av under processen bildade sprickor var högre i Färila-materialet. Hasselfors är fortfarande bäst då antalet sprickor och spricklängd i prov från sågarna jämfördes batchvis (fig. 7).



Figur 7. Total spricklängd uppmätt från 20 st. plankor från varje paket och batch.

3.1.2 Analys av vedparametrars inverkan på sprickbildningen efter impregnering (IO1)

Fukthalten i utsågade prov kan ses i figur 8. Spridningen och nivån i fuktkvot är tämligen lika inom varje sågverk. Fukthalten var lägre för SCA impregnerade än för Hasselfors och Färila.



Figur 8. Uppmätt fuktkvot hos granvirke från de olika batcherna.

Skillnaderna i fukt för virke från samma sågverk men olika batch var tämligen lika. Därav följer att placeringen i batchen (uppe eller nere) verkar spela mindre roll för fuktkvoten. Placeringen men även vilket sågverk plankorna kommer ifrån skiljer sig mot när man tittar på spricklängderna (Fig 8). Fuktkvoten på torkat material från SCA låg kring 19 % medan fuktkvot efter impregnering uppmättes till ca 11.5% (spridningen var ganska begränsad inom de två paketen). Detta är något förvånande då man vid normal produktion i anläggningen bara kan se en marginell påverkan på vikets fuktkvot efter impregnering. Om det är så kan det sämre impregneringsresultatet för SCA-virket förklaras med den lägre fuktkvoten. Det kan inte uteslutas att en viss uttorkning förekommit mellan torkning och impregnering samt efter impregnering.

En anledning till den observerade sprickbildningen skulle kunna vara fuktkvotsgradienter och inneboende spänningar i materialet (se Fuktprovning 2.6). För virke i batch 3 från Hasselfors var skillnaderna små (medelvärde av standardavvikelsen var 0.8%). När standardavvikelse i fukt inom en plankor avsattes mot spricklängd kunde man ej se något tydligt samband mellan dessa parametrar ($R^2=0.075$). Endast små skillnader i fuktkvot kunde ses även hos Färila. Vi kan

sålunda konstatera att inte finns några starka samband mellan sprickbildning i virket under impregneringen vare sig till uppmätt fukthalt eller fuktgradients i materialet.

Några ytterliggare enkla försök gjordes för att söka hitta samband mellan vedegenskaper och den vid impregneringarna ökade spricklängden men inga tydliga samband kunde ses (se övriga analyser 2.8).

1. Torrdensitet för Hasselfors batch 3 beräknas som kvoten mellan som torr vikt och torr volym (tjocklek · bredd · längd) ($R^2=0,104$)
2. Medelbredden av en årsring ($R^2=0,0688-0,172$).
3. Total kvistdiameter per planklängd (Färila batch 3; $R^2=0,0044$).

Intrycket är att Hasselfors-virket var stabilast under impregneringen. Det kan vara relaterat till att granens tillväxt skett i ett gynnsammare klimat men man kan iaktta att torkningen är något långsammare än virke från Färila och i viss mån Bollsta (se material och torkningar 2.1). Det kan vara en anledning till att Färila hade största nybildningen av spricklängd.

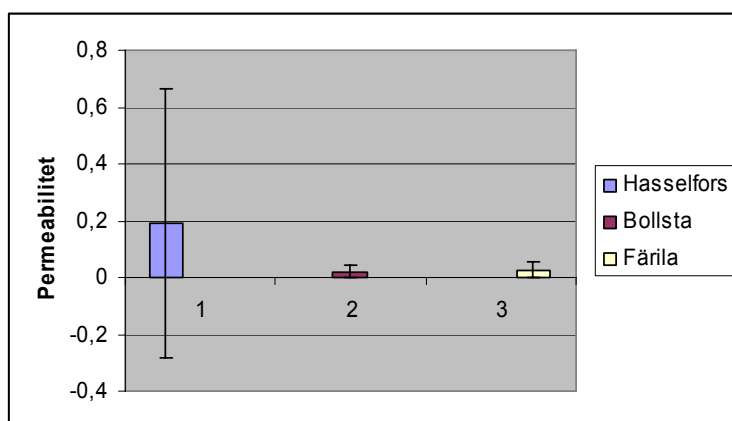
3.1.3 Permeabilitetsmätningar av första impregneringen (IO1)

Tidigare undersökningar som HTF gjort visar på samband mellan permeabilitet och impregneringsresultat. Permeabilitet mättes på plankor från IO1 (Hasselfors, Tunadal och Färila) av personal på HTF och beräknas enligt följande formel.

$$k = \frac{Q \times \eta \times L \times P}{A \times \Delta P \times \bar{P}} \times 10^{12}$$

Där k är permeabiliteten ($\mu\text{m}^3/\mu\text{m}$), Q är flödet (m^3/s), η är dynamisk viskositet för luft $1,81 \times 10^{-5}$ Pa s för luft, L är provlängd (m), P är referenstrycket (Pa), A provkroppsarea (m^2), ΔP är tryckfallet över provkropp (Pa), $\bar{P}$ är medeltrycket (Pa).

Man kan se att medelpermeabiliteten var högre i Hasselforsvirket men standardavvikelsen är väldigt stor (fig. 9). Det kan noteras att höga värden på permeabilitet uppmättes i en av de två batcher (2 och 3) med virke från Hasselfors. I batchen fanns även exemplar med låg permeabilitet. Det är svårt att se ett tydligt samband mellan permeabilitet och spricklängd då varje plank jämförs var för sig.



Figur 9. Standardavvikelse för granvirkets permeabilitet från olika sågverk.

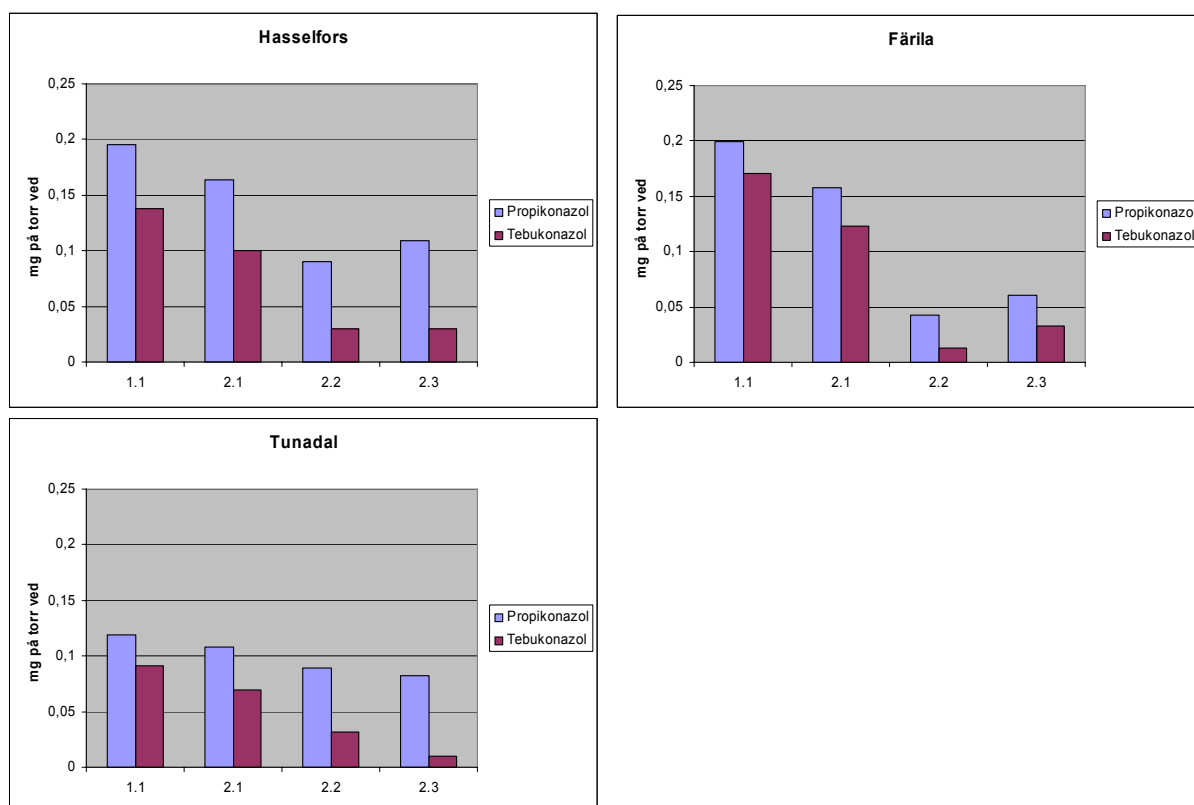
3.1.4 Penetreringsdjup för virke från IO1

3.1.4.1 Förförsök

Eftersom lösningarna koncentreras via indunstning undersöktes om fraktionering förekom. I ett av Hasselforsförsöken undersöktes detta. En lösning som analyserats torkades in över helg och löstes ånyo med den mindre mängden lösningsmedel men endast en liten skillnad i mängden material kunde ses (7 %).

3.1.4.2 Analys av inträngning av impregneringsmedel

Prov sågades ut ett par decimeter in på plankan och tvärsnittet delades in i 9 lika stora bitar som sågas till sågspån och siktas (se material och metoder). I figuren visas medelvärdet av impregneringarna för de olika sågverken (Figur 10).



Figur 10. Impregneringsdjup för virke från IO1 från olika sågverk.

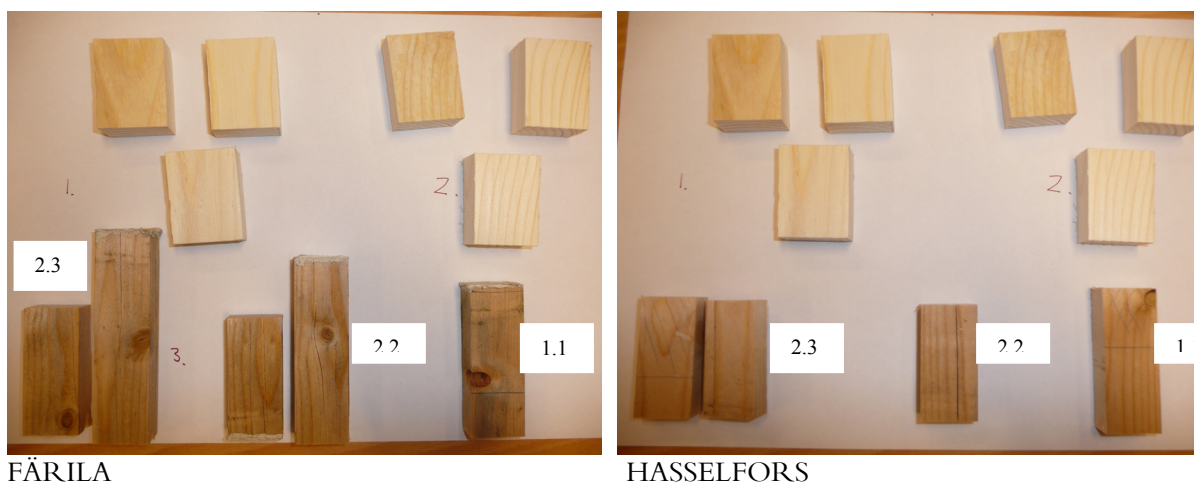
De ytliga delarna av virke från Hasselfors och Färila var genomimpregnerat till ungefär samma grad (Figur 10). Halterna var något lägre i dessa delar i virke från Tunadal. Man kan se att delar med tangentiell och radiell yta (1.1) hade högst halt triazoler och att halten avtog mot mitten av plankans tvärsnitt (2.1). Ytligt trämaterial i direktkontakt med impregneringsvätskan från del 1.1 innehöll väsentligt högre halt än i hela biten 1.1. Impregneringslösningen består av lika delar propikonazol och tebukonazol. Den analyserade halten av tebukonazol i materialen efter impregnering var dock lägre än halten av propikonazol (Fig. 10). Vidare försök gjordes för att undersöka om extraktionsförfarandet påverkade detta förhållande. Soxleth extraktion med metanol över natt gav ingen ökad andel av tebukonazol. Extraktion med en metanol-acetonblandning 1:1 istället för med metanol gav istället en större halt extraktiver som försvårade analysen.

I delar av plankan med i princip bara kärnved så var även dessa impregnerade dock inte till samma grad som i splintveden (Fig 10.). Här kan noteras att inträngningen i virket från Hasselfors var bättre än i virke från Färila.

3.1.5 Väderbeständighet och beständighet mot brunröta av granvirke

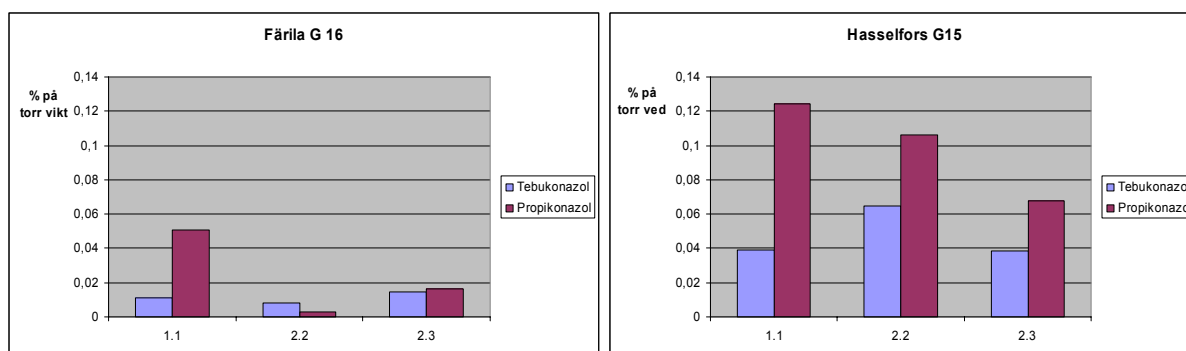
Prov från de första granimpregneringarna (IO1) togs ut och analyserades med avseende deras rötbeständighet (EN 113) efter väderexponering (Se bilaga 1.). Några prov fick stå ute under en längre period för senare utvärdering. Sammanfattningsvis kan sägas att virke från Hasselfors kunde i denna undersökning klassas som beständigt medan Färila inte klarade sig i testerna. I andra undersökningar visade impregnerat material på acceptabla egenskaper vad gäller beständighet efter lakning med vatten enligt EN 84 (Morsing et al. 2005).

I nedanstående figur visas fotografier på material från Hasselfors och Färila som legat ute 5 månader. Normal eftergulning av virket sker vid väderexponeringen där man kunde se att missfärgade svampar hade börjat kolonisera virket från Färila (Fig. 11).



Figur 11. Resultat av väderbeständighet (5 månader) av impregnerat virke från Färila och Hasselfors. Prov 1 och 2 har legat inomhus och prov 3, 4 och 5 är provbitar som legat ute under 6 månader. (2.3, 2.2, 1.1).

Av bitarna från Färila var 1.1 mest missfärgad (båda sidor) därefter 2.2 (som var missfärgad på båda sidor) följt av 2.3 (där märgsidan var knappt påverkad). En preliminär undersökning av förekomst av triazoler i proven i fig. 11 tyder på att halterna i virket från Färila var låga medan virket från Hasselfors var mindre påverkat av utomhusvistelsen (fig. 12).



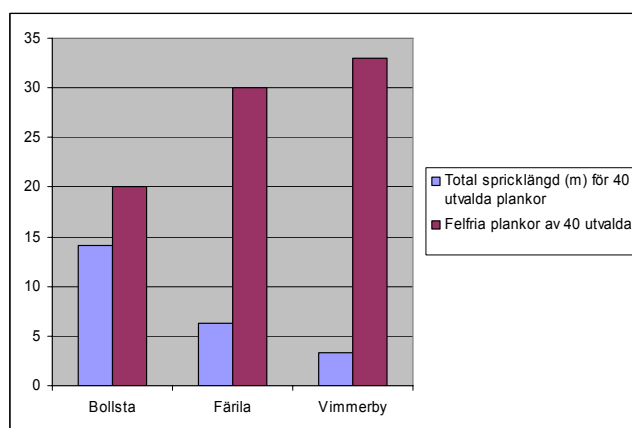
Figur 12. Analys av triazoler i väderpåverkade prov.

3.1.6 Utveckling av impregneringscykel för granvirke

De inledande försöken visade på svårigheter att applicera de impregneringscykler som utvecklats för tunnare dimensioner av granvirke till granvirke med den större tjockleken. Utveckling av impregneringscykeln har därefter vidtagits och man kan numera impregnera granvirke med dimensioner av 120x 50 mm från Ingarps såg med en låg andel fel (<5%) under en total impregneringstid på 5 timmar. Vi har i dagsläget inga resultat som visar samma låga andel fel för det levererade TCN-virket. HTF har dock förhoppningar om att de nya cyklerna ska kunna fungera för även TCN-materialen. Vi kan i undersökning av såväl gran (3.1.1) som furu (3.2) iaktta att virke från de mer sydliga sågverken (Hasselfors respektive Vimmerby) visade bättre resultat vad avser sprickbildning än de övriga sågverken i studien och följaktligen kanske är de också enklare att impregnera enligt de nya cyklerna.

3.2 IMPREGNERING AV FURU

Det impregnerade furuvirket såg betydligt bättre ut vad gäller sprickbildningen än det gjorde för gran trots att en kortare impregneringscykel genomfördes. De få sprickor som fanns innan processen var till största delen margsprickor. Delar av virket hade börjat mögla men avlägsnas i processen (översiktlig visuell bedömning). Ingen deformation eller kollapsbildning kunde ses efter impregneringen. Även antalet felfria plankor vad gäller sprickor är betydligt högre. En trend mot att det sydligaste sågverket gav bästa resultatet kunde ses (se fig. 15). Fukthalten i plankorna direkt före och efter impregnering med stift-metod. Medelfukthalten låg mellan 16-18% i försöken och ingen relevant korrelation till sprickbildning kunde ses (fukthalten ökade i serien Vimmerby>Bollsta>Färila).



Figur 13. Sprickbildning efter impregnering (IO3) av furuvirke från olika sågverk.

Utblödning av harts på virkesytorna varierade men var kraftigare än för gran. I figur 14 kan resultatet efter impregnering av impregnerad furu ses (övre paketet är från SCA).



Figur 14. Hartsutträngning efter impregnering av furuvirke (vänster och mitt) och gran (höger).

En visuell uppskattning gjordes där det visade sig att täckningen av virkets splintyta med harts ökade i serien Vimmerby<Färila<Bollsta. Finns en koppling mellan hartsutblödning och den begränsade men dock förekommande sprickbildningen i furuvirket från de olika sågarna (fig. 13)

Impregnering av furuvirke med en längre impregneringstid (5 timmar) gav fortfarande utblödning av hartser och justering (hyvling) av ytan måste göras i en tänkt process. Analys av inträngning av träskyddsmedel visade sig vara svårare att genomföra för furu än för gran (HTF har ej heller någon riktigt bra metod att undersöka detta). Tebukonazolen kunde inte identifieras och propikonazol kromatograferade tillsammans med en annan förening som varierade i försöken. Man kan dock se att impregnering av ytligare delar av splinten sker i liknande utsträckning som för gran och att halten propikonazol är väsentligt lägre i de inre delarna av plankans tvärsnitt än motsvarande impregnering av gran.

4. UTVÄRDERING, REKOMMENDATIONER OCH FORTSATT ARBETE

Furu från sågverk från mellersta och södra norrland (Vimmerby, Färila Bollsta) kan impregneras (impregnering av splintveden) dock kan hartsutblödning medföra en extra kostnad i form av efterföljande hyvling. Det kan spekuleras i, om man på detta sätt, motverkar impregneringens syfte genom att minska vedens naturliga beständighet. Huruvida man kan påverka detta kräver att ytterligare studier och optimering av impregneringscykel utförs.

Vad gäller impregnering av gran så visade det sig vara lite mer besvärligt än vad vi från början spekulerat med. Projektet här kan mer karaktäriseras av produktutveckling än verifiering. Vi har därför inte kunnat med säkerhet konstatera om man kan tillverka impregnerad gran med de dimensioner som undersökts från sågverk från hela norrland. Vidare försök som gjorts vid HTF visar att det dock är möjligt att impregnera gran från syd/mellan svenska sågverk t.ex. Ingarp med en låg andel felaktiga plankor (<5%). Simulering av processen med "fluid dynamics" har varit ett bra hjälpmedel vid utvecklingen av processen för de nya virkesdimensionerna. Trots dessa framsteg är det för tidigt att fastställa om den nya miljövänliga metoden kan vara möjlig att använda för de undersökta dimensionerna för alla typer av sågverk som ingår i TCN. Det står dock klart att HTF kan tillverka tunnare dimensioner gran (upp till 32 cm tjocklek) och man har även trallvirke av gran i sitt sortiment (se HTFs hemsida).

Vad gäller de impregnerade materialens beständighet tyder undersökningen på att impregneringsresultatet påverkar materialets beständighet mot röta efter att ha utsatts för rejäl väderpåverkan. T.ex. virke från Hasselfors klarade testerna bra medan Färila var sämre ut i testerna. För att på ett garanterat sätt fungera i olika utomhusmiljöer (stolpar, staket..) krävs därför troligen någon form av ytbehandling utförd på ett adekvat sätt.

5. REFERENSER

- Drescher, M., Jokisch, A., Korte, H., and Steiner, R., (2006) Differential pressure characteristics of wood impregnated with compressed gases, liquids and supercritical fluids, *Holz als Roh- und Werkstoff* 64,178.
- Iversen, S.B., Larsen, t., Henriksen, O., Felsvang, K., (2003) The World's first commercial supercritical wood treatment plant, in: *Proceedings of the International Society for Advancement of Supercritical Fluids 6th International Symposium on Supercritical Fluids*, Versailles, France, April 28–30, 2003.
- Hemsida HTF (2009): <http://www.superwood.dk/htf/data.nsf/q/home?OpenDocument>.
- Henriksen O. (2007) Personal communication; Power point presentation vid möte Hampen juni 2007.
- Henriksen O., (2006) A METHOD OF PERFORMING AN IMPREGNATING OR EXTRACTING TREATMENT ON A RESIN-CONTAINING WOOD SUBSTRATE, WO0027601.
- Henriksen O., Brummersted S.I., Larsen, T., Felsvang, K. (2006) PROCESS FOR TREATMENT OF WOOD USING A CARRIER FLUID UNDER HIGH PRESSURE WITHOUT DAMAGING THE WOOD, WO03095165.
- Kjellowa, A.W., Ole Henriksen, (2009) Supercritical wood impregnation, *J. of Supercritical Fluids* 50, 297–304.
- Morsing, N., Wong, A.H.H., Imsgard F. and Henriksen O. (2005) How to Document the Performance of Super-Critical Treated Wood in above Ground Situations? *THE INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PROTECTION*, 36th Annual Meeting, 24–28 April 2005, Bangalore, India.
- Oberdorfer, Georg, Leichti, Robert J., Morrell, Jeffrey J. (2006) Internal pressure development and deformation during supercritical fluid impregnation of selected wood-based materials, *Wood and Fiber Science*, 38(2)190–205.

6. BILAGOR

Handled by, department
Dr. Mats Westin
Building Technology and Mechanics
+46 105 16 5140 , +46 703 24 1856

Date
2009-09-05

Reference
P804048

Page
1 (4)

Reference
Olov Karlsson
TCN /LTU

Test of Supertrae according to EN 113 (Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying *basidiomycetes*) after natural ageing according to CEN/TS 150397REPORT

Materials and Methods

Test standard used

EN 113:1996

Chemical (Wood preservative)

Name of supplier: Dyrup

Name and type of product: Gori xxx

Name and concentration of active ingredients: propikonazol, tebukonazol, IPBC

Solvent or diluent used: Supercritical CO₂

Product concentration tested: ?

Wood Material

Wood specie used: Norway spruce (*Picea abies* L.)

Source of wood material: Hasselfors and Färila sawmills, Sweden.

Wood preservation treatment (performed by Hampen Traeforbedring AS)

Impregnation process: Standard process by the company

Specimen size: boards with 50 x 100mm cross section

Ageing procedure

From each treated board nine ribs with 15x25mm cross-section were cut according to the pattern described in the main report. According to **CEN/TS 150397** (Natural preconditioning in during field exposure) was done on of end-sealed 50-cm ribs one meter above ground on test rigs in SP's test field. Due to limited time-frame of this project the samples for EN 113 testing were field exposed for 5 months instead of the 12 months described in the standard (however, this

SP Technical Research Institute of Sweden

Postal address
SP
Box 857
SE-501 15 Borås
SWEDEN

Office location
Västeråsen
Brinellgatan 4
SE-504 62 Borås
SWEDEN

Phone / Fax / E-mail
+46 10 516 50 00
+46 33 13 55 02
info@sp.se

Laboratories are accredited by the Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment (SWEDAC) under the terms of Swedish legislation. This report may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

duration was recently changed increased from 6 months to 12 months). 12 ribs from each of two sawmills (4 from sapwood corner, 4 from the centre and 4 from the position 2.3 representing mainly heartwood), were cut into EN 133 test specimen size, 15 x 25 x 50 mm.

Sterilization

Test specimens were sterilized by gamma irradiation (min 25 Ggy) at the institute of Energy Technology (IFE) in Kjeller, Norway.

Fungal Test

Species of fungi used: *Coniophora puteana* (BAM Ebw. 15)

Inoculation period : Two weeks

Duration of test: 16 weeks

Results

Table 1. Calculation of correction values

Origin of treated spruce	Sample No.	OD* Mass before (g)	Wet Mass after (g)	OD Mass after (g)	MC (wt-%)	Mass Loss (%)	Correction value
Hasselfors	HC-1	6,382	8,305	6,325	31	0,89	
Hasselfors	HC-2	6,332	8,243	6,274	31	0,92	
Hasselfors	HC-3	6,531	8,479	6,476	31	0,84	
Hasselfors	HC-4	7,084	9,174	7,023	31	0,86	
Hasselfors	HC-5	7,030	9,116	6,969	31	0,87	
Hasselfors	HC-6	7,038	9,162	6,982	31	0,80	
Mean						0,87	0,87
Färila	FC-1	7,463	9,849	7,404	33	0,79	
Färila	FC-2	7,494	9,842	7,441	32	0,71	
Färila	FC-3	7,499	9,926	7,448	33	0,68	
Färila	FC-4	7,862	10,515	7,799	35	0,80	
Mean						0,74	0,74

* after 72h at 60°C

Table 2. Mass loss due to decay by *Coniophora puteana* (BAM Ebw. 15) of Supertrae (Norway spruce treated with organic preservative in supercritical carbon dioxide).

Origin of treated spruce	position in x-section	Sample No.	Un-corrected Mass Loss (%)	Correction value	Corrected Mass Loss (%)	MC (wt-%)	Controls Sample No.	Controls ML (%)	Controls MC (%)
Hasselfors	centre (2.2 in main report)	H M2-1	1,31	0,87	0,44	36	A619	45,9	120
		H M2-2	1,56	0,87	0,70	37	A620	31,6	106
		H M2-3	1,49	0,87	0,62	36	A621	42,6	116
		H M2-4	1,39	0,87	0,53	34	A622	32,3	95
		H M2-5	1,35	0,87	0,49	37	A623	35,4	104
	Mean		1,42		0,55	36		38	108
Hasselfors	corner, sapwood (1.1 in main report)	H K1-1	2,42	0,87	1,55	38	A624	31,7	90
		H K1-2	2,31	0,87	1,45	36	A625	31,0	96
		H K1-3	2,38	0,87	1,51	38	A626	33,8	99
		H K1-4	1,58	0,87	0,71	34	A627	29,3	95
		H K1-5	2,29	0,87	1,42	36	A628	29,4	95
	Mean		2,20		1,33	37		31	95
Hasselfors	outer heartwood (2.3 in main report)	H MX-1	1,26	0,87	0,40	34	A629	37,2	99
		H MX-2	1,24	0,87	0,37	35	A630	29,3	89
		H MX-3	1,35	0,87	0,49	37	A631	29,1	94
		H MX-4	1,36	0,87	0,49	35	A632	29,4	93
		H MX-5	1,37	0,87	0,50	46	A633	32,9	99
	Mean		1,32		0,45	37		32	95
Färila	centre (2.2 in main report)	F M2-1	19,34	0,74	18,60	44	A634	41,9	103
		F M2-2	21,58	0,74	20,84	51	A635	39,9	90
		F M2-3	22,13	0,74	21,39	43	A636	33,0	73
		F M2-4	16,88	0,74	16,13	40	A637	33,8	94
		F M2-5	18,49	0,74	17,74	40	A638	30,3	111
	Mean		19,68		18,9	43		36	94
Färila	corner, sapwood (1.1 in main report)	F K1-1	11,65	0,74	10,90	44	A639	43,0	99
		F K1-2	7,40	0,74	6,66	51	A640	35,5	104
		F K1-3	11,18	0,74	10,44	43	A641	46,8	107
		F K1-4	9,86	0,74	9,12	40	A642	45,0	98
		F K1-5	4,16	0,74	3,42	40	A643	45,3	117
	Mean		8,85		8,1	43		43	105
Färila	outer heartwood (2.3 in main report)	F MX-1	11,6	0,74	10,84	39	A644	47,8	98
		F MX-2	9,1	0,74	8,31	37	A645	32,2	85
		F MX-3	11,8	0,74	11,07	37	A646	38,8	88
		F MX-4	10,7	0,74	9,94	34	A647	33,5	92
		F MX-5	11,9	0,74	11,13	36	A648	28,7	97
	Mean		11,0		10,3	37		36	92

Table 3. Summary table of results for resistance to decay and natural durability class calculated according to EN 350-2 (on a scale from 1 to 5 where 1 means very durable and 5 non-durable)

Origin of treated spruce	position in x-section	Corrected Mass Loss (%)	Controls ML (%)	x-value	Durability class
Hasselfors	centre	0,6	32	0,02	1
Hasselfors	corner, sapwood	1,3	31	0,04	1
Hasselfors	outer heartwood	0,4	32	0,01	1
Färila	centre	18,9	36	0,53	3
Färila	corner, sapwood	8,1	43	0,19	2
Färila	outer heartwood	10,3	36	0,28	2

Conclusion

The treated wood from Hasselfors fulfils the requirement for preservative treated wood (mass loss < 3%, which corresponds to durability class 1) at all locations in the cross section.

However, no part of the treated wood from Färila fulfils the requirements and the substantial differences in decay between the centre part and the sapwood corner reflects the gradients of preservative retention found by chemical analysis.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Building Technology and Mechanics - Wood Technology



Dr. Charlotte Bengtsson
Technical Manager



Dr. Mats Westin
Technical Officer

Om TräCentrum Norr

TräCentrum Norr finansieras av de deltagande parterna tillsammans med medel från Europeiska Utvecklingsfonden (Mål 2) och Länsstyrelserna i Västerbottens och Norrbottens län.

Deltagande parter i TräCentrum Norr är: Holmen Skog, Lindbäcks Bygg AB, Luleå tekniska universitet, Martinsons Group AB, Norra Skogsägarna, Finndomo AB, SCA Forest Products AB, Setra Group AB, Skellefteå kommun, Sveaskog AB, SÅGAB, Sågverken Mellansverige och SP Trätek.

Mer information om TräCentrum Norr finns på:
www.ltu.se/ske/tcn

En investering för framtiden



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfonden