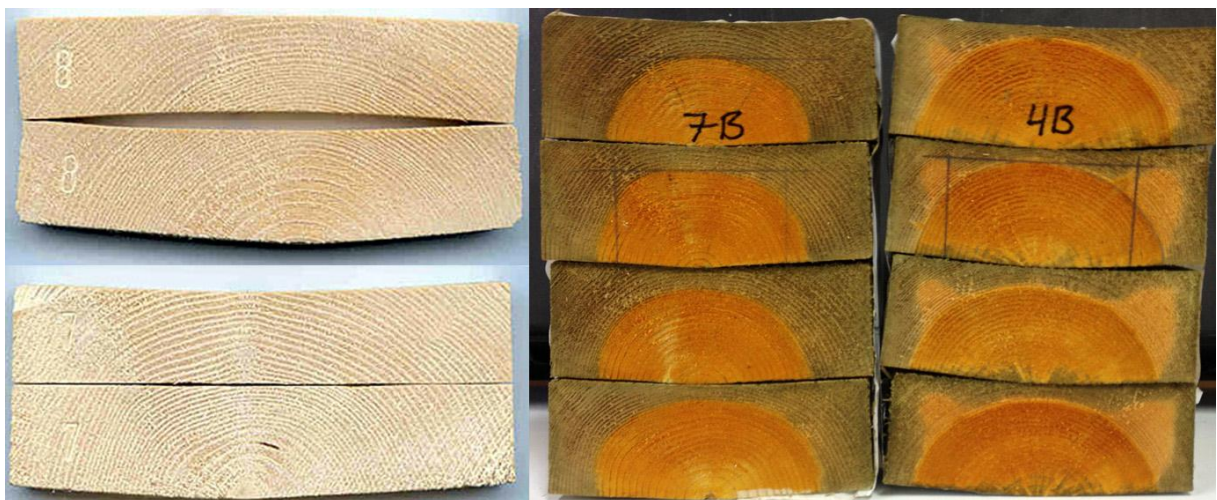




Virkestorkningens inverkan på impregnerbarhet i furusplint – Del II

Delrapport 2

Inverkan av mellanlagring och konditionering



Margot Sehlstedt-Persson, LTU
Fredrik Persson, SP Trä

Förord

Detta TCN-projekt "Virkestorkningens inverkan på impregnerbarhet i furusplint – Del II" är en fördjupad fortsättning av en förstudie avrapporterad i januari 2011.

Projektet har varit indelat i två delar där denna rapport utgör delrapport 2. I studien har inverkan av konditionering, torkningsspänningar, fuktkvotsgradienter och mellanlagringens betydelse för impregneringsresultatet studerats i labbskala.

Delrapport 1 som avrapporterades i februari 2013 omfattar studier i industriskala av torkningstemperaturens och fuktkvotnivåns betydelse vid impregnering av hyvlade bräder och plank.

Projektet är finansierat av TräCentrum Norr. Ett varmt tack riktas till industrireferensgruppens deltagare för värdefulla synpunkter och insatser under arbetets planering och genomförande: Erland Hedlund, Tobias Forsman och Viktor Karlsson - Martinsons Kroksjön, Niclas Larsson – SCA Timber Bollsta, Håkan Eliasson - Setra Rolfs Såg och Thomas Wamming - Valutec AB.

Arbetet som avrapporteras i denna rapport har genomförts av LTU och SP Trä under 2012-2013.

Skellefteå, oktober 2013

Sammanfattning

Projektets målsättning är att undersöka om och hur virkestorkning påverkar impregnerbarhet i furusplint med vattenbaserat kopparmedel, samt att ge rekommendationer om hur torkningsbetingelserna kan göras så gynnsamma som möjligt för ett bra impregneringsresultat.

I delsteg 2 som avrapporteras i denna rapport, har huvudfrågan varit att undersöka hur torkningsparametrarna fuktkvotsgradient, torkningsspänningar, konditionering och mellanlagringstid mellan torkning och impregnering påverkar impregneringsresultatet i ohyvlade, centrumsågade furuplank 50x125 mm som torkats i labbtork till målfuktkvoten 18 % vid max torrtemperatur 75°C.

Försöksvirket har impregnerats med kopparbaserat medel enligt Nordiska Träskyddsföreningen (NTR) klass AB. Det försöksvirke som impregnerats i denna studie uppvisar stor andel impregneringsmissar då det har impregnerats under förhållanden som avviker från normala produktionsförhållanden och som antas vara ogynnsamma för inträngningen. Det bör därför starkt betonas att *impregneringsresultatet från denna studie inte är representativt för normal produktion av impregnerat virke i klass AB*. Men, eftersom målet med denna undersökning har varit att undersöka inverkan av rena torkningsparametrar ses inte detta som något som helst problem vid analysen eftersom samtliga provbitar varit behandlade på samma sätt och impregnerats i samma tryckning.

Undersökningen visar

- att konditionering av virke före impregnering tenderar att öka impregneringsmissarna i ohyvlat virke.
- att hög fuktkvot, som t.ex. kan bero på att plankorna är blötare i mitten, dvs. en hög fuktkvotsgradient, är gynnsamt för impregneringen.
- ingen inverkan av torkspänningarnas storlek på impregneringsresultatet.
- att mellanlagring av virke mellan torkning och impregnering ökar andelen missar. Detta resultat förklaras sannolikt av att fuktkvotsgradienterna minskar under mellanlagringen och att stora gradienter visade sig vara gynnsamt för impregnering.

Sammanfattningsvis visar studien att bästa impregneringsresultatet erhålls om ohyvlat virke inte konditioneras utan impregneras direkt efter torkning utan någon mellanlagring. Konditionering visade sig försämra resultatet och en trolig förklaring till detta bedöms vara att konditioneringen ökar kådvandringen i splintens kådkanaler ut på splintvedytorna vilket försvårar medelinträngningen.

Innehållsförteckning

1	<i>Inledning</i>	1
1.1	Bakgrund	1
	Syfte.....	2
1.2	Mål	2
1.3	Avgränsningar	2
2	<i>Material och Metoder</i>	3
3	<i>Resultat och diskussion</i>	9
3.1	Torkningsresultat	9
3.1.1	Fuktändring under mellanlagring	9
3.1.2	Fuktkvot före impregnering.....	9
3.1.3	Gradienter.....	10
3.1.4	Klyvprov	11
3.1.5	Näsprov	12
3.2	Impregneringsresultat	12
3.2.1	Resultat på medelvärdesnivå	12
3.2.2	Upptag impregneringsmedel/splintvedsvolym	16
3.2.3	Resultat på individnivå – Multivariat dataanalys	17
4	<i>Diskussion</i>	21
5	<i>Slutsatser och Rekommendationer</i>	24
6	<i>Fortsatt arbete</i>	25
7	<i>Referenser</i>	26
8	<i>Övrigt</i>	27
8.1	Kontaktpersoner	27
	<i>Bilaga 1. MVDA – Variabler och beskrivning</i>	1

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige impregneras årligen omkring 1.2 miljoner kubikmeter virke med kopparbaserade medel. Producenter med rätt att NTR märka sitt impregnerade virke lämnar idag en 20 årig rötskyddsgaranti gentemot konsumenterna. 2009 rapporterades för kopparbaserade impregneringsmedel en kraftig ökning av antalet impregneringsmissar i furusplint, något som på sikt riskerar rötskador i impregnerat virke med stora kostnader som följd. Vissa verk som impregnerar riskerar även att förlora certifiering och rätten att NTR-märka sitt virke.

Orsakerna till inträngningsproblemen diskuteras och en del facklitteratur utpekar torkningsprocessen som en tänkbar orsak till problemet genom de förändringar som gjorts med högre torktemperaturer och snabbare process. *”Det som f n förefaller vara den stora boven i dramat är torkningsförfarandet i kombination med träskyddsmedlets fysikaliska egenskaper”* (Citat ur Träskyddsnytt nr 24, februari 2009). Det är synnerligen angeläget att utreda orsakerna till problemen och att undersöka om och hur den forcerade virkestorkningen påverkar impregnerbarheten.

Detta TCN-projekt ”Virkestorkningens inverkan på impregnerbarhet i furusplint – Del II” är en fördjupad fortsättning av en förstudie av screeningkaraktär som gjordes 2010 och som finns avrapporterad i *”Modern torknings inverkan på impregnerbarhet i furusplint: Förstudie”* Sehlstedt-Persson, M., Wamming, T., Karlsson, O. & Ahmed, S. A. (2011) TräCentrum Norr.

Projektet har utförts i två delar. Delrapport 1 avrapporterades i april 2013 och omfattar studier i industriskala av torkningstemperaturens och fuktkvotnivåns betydelse vid impregnering av hyvlade bräder och plank. *”Virkestorkningens inverkan på impregnerbarhet i furusplint – Del II TCN Delrapport 1”* Sehlstedt-Persson, M., Persson, F., Karlsson, O. & Ahmed, S. A. (2013) TräCentrum Norr.

I denna rapport, (delrapport 2) har inverkan av konditionering, torkningsspänningar, fuktkvotgradienter och mellanlagringens (tid mellan torkning och impregnering) betydelse för impregneringsresultatet studerats. Studien har gjorts på noggrant utvalt och väl matchat försöksmaterial med torkning i labbskala av ca 1 m långa, ändtätade centrumsågade 50x125 mm furuplank som impregnerats i industriell miljö i enligt gällande rutiner i NTR klass AB i ordinarie impregneringsprocess med kopparbaserat medel.

Det bör starkt betonas att impregneringsresultatet från denna studie inte är representativt för normal produktion av impregnerat virke i klass AB. Därför är det inte heller relevant att ange namnet på impregneringsmedlet eller det sågverk där impregneringen utförts.

I studien har andelen missar varit stor då förutsättningarna för fullgod inträngning i virket avviker från det normala. Ändtätning av ändytorna har sannolikt varit ogynnsamt i förvakuumsteget och för medelinträngningen. Detta har dock inte varit något problem vid utvärdering av resultatet eftersom målet med undersökningen har varit att undersöka inverkan av rena torkningsparametrar och samtliga provbitar varit behandlade på samma sätt och impregnerats i samma tryckning. Vid start av utvärdering och uppkapning var vi

tvärtom oroade att alla prov skulle vara fullimpregnerade eftersom det då inte skulle ha funnits något att utvärdera...

Syfte

Det övergripande syftet med projektet som helhet är att kunna definiera, separera och därmed kunna leverera funktionsbeständiga träprodukter.

Syftet är att undersöka hur virkestorkningsprocessen påverkar impregnerbarhet i furusplint så att man med rätt torkningsprocess skapar en beständigare produkt för impregnerat virke och undviker att torkningsprocessen negativt påverkar en fullständig impregnering.

Vidare är syftet att utreda orsaker till varför man ibland vid impregnering får dålig inträngning i furusplint. Genom att kombinera kunskap om trämaterial och dagens industriella torkningsprocess, kan ny kunskap byggas upp om vad som orsakar och påverkar problemet med missar vid impregnering.

1.2 Mål

Målsättningen med projektet som helhet är följande:

- att ge rekommendationer om hur torkning ska genomföras så att felkällor från torkning kan undvikas för att uppnå god inträngning i splinten under impregneringsprocessen
- att på materialnivå undersöka om orsaken till impregneringsmissar kan förklaras av förändringar av materialegenskaper under torkningsprocessen som till exempel omfördelning av extraktivämnen och fetter, blockerade inträngningsvägar i mägstrålar, igensatta hartskanaler mm
- att kunna ge väl underbyggda rekommendationer för vilken vedtyp som är olämplig/lämplig för impregnering
- att undersöka vilka egenskaper som kan mätas redan på timmerråvaran för att om möjligt kunna sortera ut lämpligt/olämpligt material för impregnering

1.3 Avgränsningar

I projektet ingår inte att undersöka olika impregneringsmedel eller inverkan av processparametrar i impregneringsprocessen.

I projektet som helhet studeras enbart impregnering med kopparbaserade medel i klass AB.

Avrapporteringen i denna delrapport avser enbart ohyvlad virke.

2 Material och Metoder

Syftet med studien har varit att undersöka inverkan av konditionering, fuktkvotsgradienter, torkspänningar och mellanlagring (tid efter torkning fram till impregnering) på impregneringsresultatet. Eftersom konditionering och torkningsspänningar i första hand påverkar virkesytorna från torkningen har virket i denna studie inte hyvlats före impregneringen då hyvling avlägsnar dessa ytor.

Totalt har två torkomgångar med två batcher vardera körts i labbtork med identiskt torkningsschema. I båda torkomgångarna har halva virkeslasten (batch 2 och batch 4) konditionerats medan resten (batch 1 och batch 3) har lyfts ur torken direkt efter torkningen utan att konditioneras, tabell 1 visar den fullständiga försöksmatrisen.

Tabell 1 Försöksuppställning över de fyra batcherna som torkades i två omgångar.

Torkomgång	Torkbatch nr	Konditionering	Mellanlagring torkning- impregnering
1	Batch 1	Nej	Ja
1	Batch 2	Ja	Ja
2	Batch 3	Nej	Nej
2	Batch 4	Ja	Nej

Det virke som torkades i torkomgång 1 klosslades och inplastades noggrant efter torkning och konditionering. Mellanlagring gjordes under ca 6 veckor i inomhustemperatur fram till impregnering.

Virket som torkades i torkomgång 2 förvarades i rått tillstånd, klosslagt och inplastat utomhus i väntan på torkstart (från slutet av oktober-december).

När torkomgång 2 var klar gjordes provtagning på allt virke från de båda torkomgångarna. Därefter impregnerades allt försöksvirke i en och samma tryckning.

Försöksvirket

Totalt 41 centrumsågade furuplank 50x125 mm valdes ur ett antal nysågade ströade råa paket sågade den 18-19/10 2012. Plankorna valdes noggrant med så hög splintvedsandel som möjligt, med mårgen idealt placerad, samt med så lite kvist som möjligt. Den 22/10 bereddes allt provmaterial: från toppändan av varje planka kapades drygt 1 m långa prover som märktes med planknummer samt A, B, C, D från toppändan. Från de flesta planken var det endast möjligt att få 2 stycken prover pga. kvistar eller alltför hög kärnvedsandel mot rotändan - målsättningen var att alla provbitar skulle ha ren splintved på ena flatsidan.

Totalt bereddes 86 st ändtätade prover fördelade enligt tabell 2 med position A-D längs de individuella plankorna. Ändtätningen gjordes med Sikaflex 221. I samband med provberedningen gjorde avkap från alla provbitar för mätning av ingående medelfuktkvot (torrviktsmetoden), standardavvikelse fuktkvot samt medeldensitet $\rho_{0, rå}$.

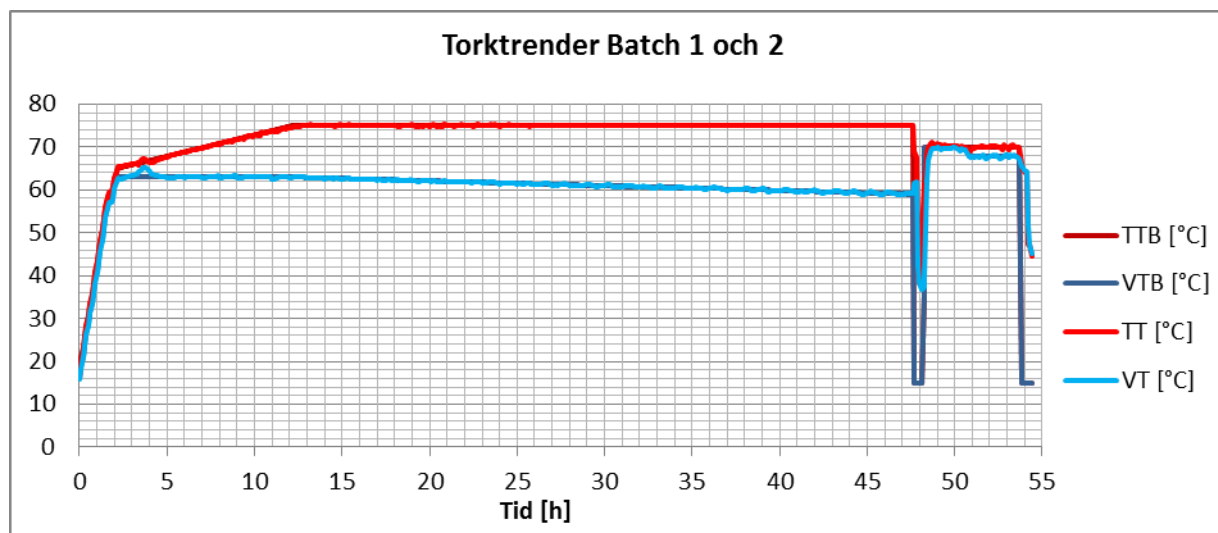
Tabell 2 Fördelning av provbitar från de utvalda plankorna, A är första biten från toppändan, B andra biten, osv. Provbit A behöver inte ha suttit i direkt anslutning till provbit B, torrviktsprovet för att mäta råfuktkvot kan ha tagits i topp- eller rotända på provbiten.

	Antal	Medel Fuktkvot (%)	Std.av Fuktkvot (%)	Medel Dens. $\rho_{0, rå}$ (kg/m ³)
A	41	104,7	17,2	383,2
B	40	89,5	17,8	385,1
C	3	90,2	13,7	405,5
D	2	83,1	0,3	405,9

Proverna indelades i 4 batcher med så likvärdig fördelning som möjligt av antalet A och B bitar. För batch 1 och 2 som skulle mellanlagras efter torkning fram till impregnering startades torkningen den 23/10 (dagen efter provberedning) medan proverna i batch 3 och 4 efter individuell vägning klosslades på en lastpall som noggrant täcktes och tätades med byggplast. Lastpallen med batch 3 och 4 förvarades därefter i ett kallt utomhusförråd fram till den 8/12 då torkning av batch 3 och 4 startade.

Torkning och konditionering

Vid de två torkomgångarna kördes identiskt torkschemat med max torrtemperatur +75°C och målfuktkvot 18 %, se figur 1 för torkomgång 1. Efter ca 47 timmar lyftes en batch ut ur labbtorken och ett konditioneringssteg kördes för den andra batchen. Konditioneringssteget på totalt 5 timmar gjordes med mättad vattenånga under 2 timmar vid torrtemperatur +70°C följt av 3 timmar med klimat +70°C torrtemperatur och +68°C våttemperatur.



Figur 1 Torktrender från torkomgång 1, batch 1 och 2. Batch 1 togs ut i slutet på torkfasen, Batch 2 konditionerades.

Torkprocessen i torkomgång 1 lyckades upprepas i torkomgång 2, risken för skillnader mellan provmaterialet pga. torkningen anses därför nästintill obefintlig.

Efter torkning, konditionering och avsvälning under plast vägdes alla provbitar i torkomgång 1 (batch 1 och 2) och klosslades för mellanlagring inomhus under 6 veckor. När torkomgång

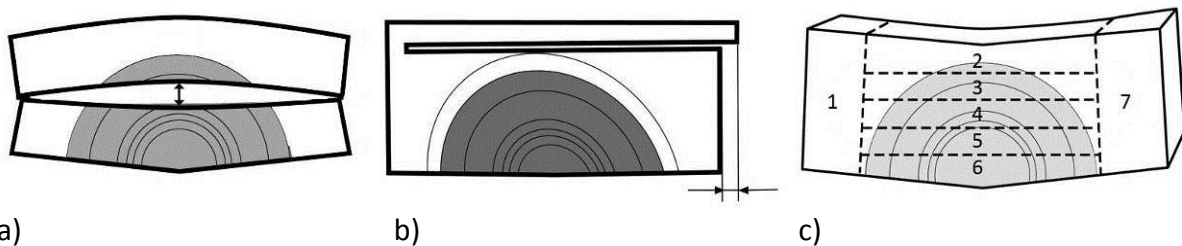
2 var klar fick batcherna 3 och 4 svalna under plast till nästa dag då provtagning gjordes på samtliga provbitar i de 4 batcherna inför impregnering.

Provtagning före impregnering

Den 11/12 gjordes provtagning på samtliga provbitar. I batch 1 och 2 som mellanlagrats vägdes samtliga prover för kontroll av om någon uttorkning eller uppfuktning skett under mellanlagringen. Därefter kapades från samtliga prov 2 st 15 mm långa kvistfria tvärsnitt samt 1 st 50 mm långt tvärsnitt närmast en av de ändtätade kortändarna. Efter avkapen ändtätades proven omgående, längdmättes, vägdes, klosslades och inplastades inför impregnering som gjordes följande dag den 12/12.

De två 15 mm tjocka tvärsnittsavkapen användes till två olika spänningsprover: ett traditionellt klyvprov samt ett "näs"prov som i första hand visar virkesytans spänningstillstånd, se figur 2 a) och b). Klyvprov sågas på halva höjden och klyvöppningen mäts mitt ovanför märgen efter 24 timmars fuktutjämning i en tät plastpåse. För näsprov sågas en ca 5 mm tjock lamell fram till 5 mm från ena kortsidan. Lamellens bredd mäts efter 24 timmars fuktutjämning i en tät plastpåse och jämförs med måttet närmast under näsan. En utstickande näsa som i figuren visar på tryckspänning i virkesytan vilket är det typiska efter torkning. En lamell som är kortare än måttet under näsan (negativ mått på näsan) visar på dragspänningar i ytan vilket är ett tecken på ett något överkonditionerat virke. Idealet för ett spänningsfritt virke efter konditionering är en klyvöppning och näsa på 0 mm.

Fuktgradient mättes med det 50 mm långa avkapet som indelades i 7 delar enligt figur 2 c). Det är främst delarna 1, 2, 3 och 7 som visar på splintvedens fukttinnehåll beroende på provets kärnvedsandel. Vid utvärdering har främst fuktkvotsskillnaden mellan del 2-3 och del 2-4 använts som mått på gradient. Även medelfuktkvot baserat på de 7 delarna beräknades.



Figur 2 a) Spänningsprov för hela tvärsnittet mätt med klyvöppning i ett klyvprov. b) Spänningsprov i ytan mätt med en s.k. "näs". c) Fuktgradientprov med tvärsnittet indelat i 7 delar

Impregnering

Impregnering gjordes den 12/12 av samtliga prover i en och samma tryckning tillsammans med virke från sågverkets ordinarie produktion. Impregneringen utfördes enligt gällande rutiner i NTR klass AB med följande processteg:

1. 90 % förvakuum i 20 min
2. Ca 40 min. övertryck, ca 1400 [kPa]
 - a. Impregneringsmedel: Kopparsalt i vattenlösning, ett av de vanligaste förekommande impregneringsmedlen.
 - b. Vätsketemperatur: ca 15°C
 - c. 3,4 % koncentration impregneringsmedel
3. Eftervacuum 20 min

Ingen efterföljande fixering/torkning som normalt görs i industriell produktion gjordes för provbitarna. Omedelbart efter impregnering transporterades istället proverna till labb där vikten på varje prov direkt efter impregnering mättes. Därefter förvarades provbitarna uppströade på en lastpall i inomhusklimat under ca 17 veckor fram till den 11/4 2013 då proverna kapades upp för analys av impregneringsresultatet.

Utvärdering av impregneringsresultat

Alla provbitar kapades i 4 delar, jämnt fördelade på längden, med så kvistrena kapsnitt som möjligt och staplades ovanpå varandra. Efter buntning penslades alla tvärsnitt med kärnvedsreagens för att få en distinkt gräns mellan splint- och kärnved eftersom kärnveden blir rödaktigt av reagensen. I och med detta ses impregnerad splintved som grönfärgad, kärnved som rödaktig och impregneringsmissar som träfärgade områden, se figur 3.



Figur 3 Vänster: Försöksmaterialet i väntan på uppkapning. Höger: Exempel på penslade kapsnitt med och utan impregneringsmissar.

En gemensam protokollförd visuell bedömning av samtliga kapsnitt gjordes kontinuerligt av 2 personer direkt följt av fotografering med högupplöst kamera. Vid den visuella bedömningen klassades samtliga kapsnitt i tre klasser, vilket avgör hur många poäng kapsnittet och sedan biten totalt får:

- Klass 0 (poäng), för kapsnitt utan miss
- Klass 0.5 (poäng), för små missar
- Klass 1 (poäng), för stora missar.

Detta innebär att när resultaten anges i poäng så är låga poäng bra! Noll poäng innebär full impregnering.

Kärnvedsandel

En bedömning av kärnvedsandel gjordes på ett kapsnitt i varje provbit. Detta gjordes för att kunna beräkna individuell splintvedsvolym. Med kännedom om varje provs splintvedsvolym samt vikt före/efter impregnering kunde så upptagen mängd impregneringsvätska/volym ren splintved beräknas. Vid denna beräkning gjordes ingen kompensation för volymkrympning eller för kvistvolym i provet utan måttet får ses som ett något grovt mått på impregneringsmedelupptag.

Kådklassning av splintvedsytor

Inför multivariat dataanalys (MVDA) på individnivå gjordes en enkel klassning av förekomsten av "kådfräknar" på splintvedsytor efter torkning och konditionering på samtliga provbitar.

Klassningen gjordes i 3 klasser:

- Klass 0 (inga synliga fräknar)
- Klass 1 (fräknar förekommer sparsamt)
- Klass 2 (måttlig till riklig förekomst av fräknar)

I följande

figur 4 visas exempel på dessa ytor.



Klass 0 (inga synliga fräknar)



Klass 1 (fräknar förekommer sparsamt)



Klass 2 (måttlig till riklig förekomst av fräknar)

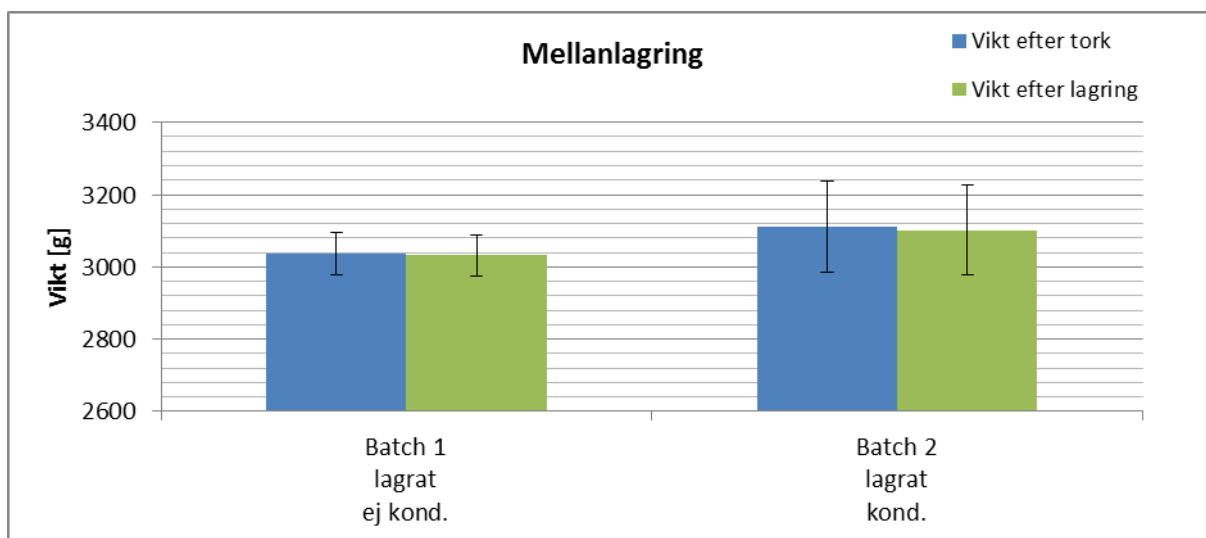
Figur 4 Kådklassning i tre klasser av splintvedsytor efter torkning och konditionering.

3 Resultat och diskussion

3.1 Torkningsresultat

3.1.1 Fuktändring under mellanlagring

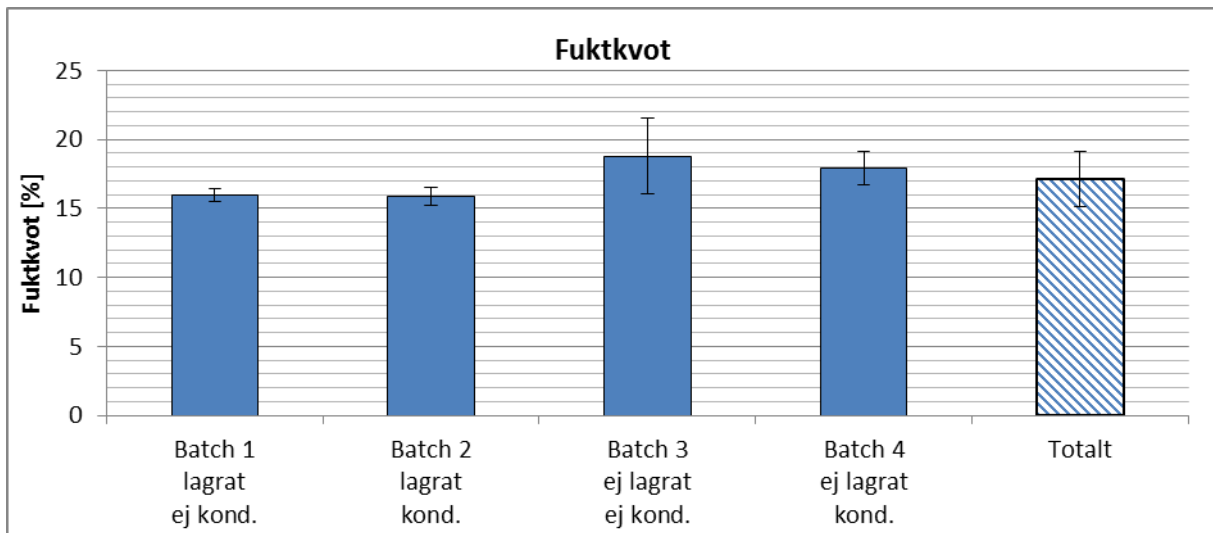
Ett mått på hur bra inplastade batcherna 1 och 2 var under mellanlagringen för att förhindra ytterligare torkning är viktskillnaden före och efter lagring. I medel hade vikten minskat 5,0 respektive 9,1 g för batch 1 och 2, se figur 5. På individnivå fanns det plankor som minskat, respektive ökat, sin vikt med som mest ca 30 g. Det motsvarar viktförändringar på ca 1 %.



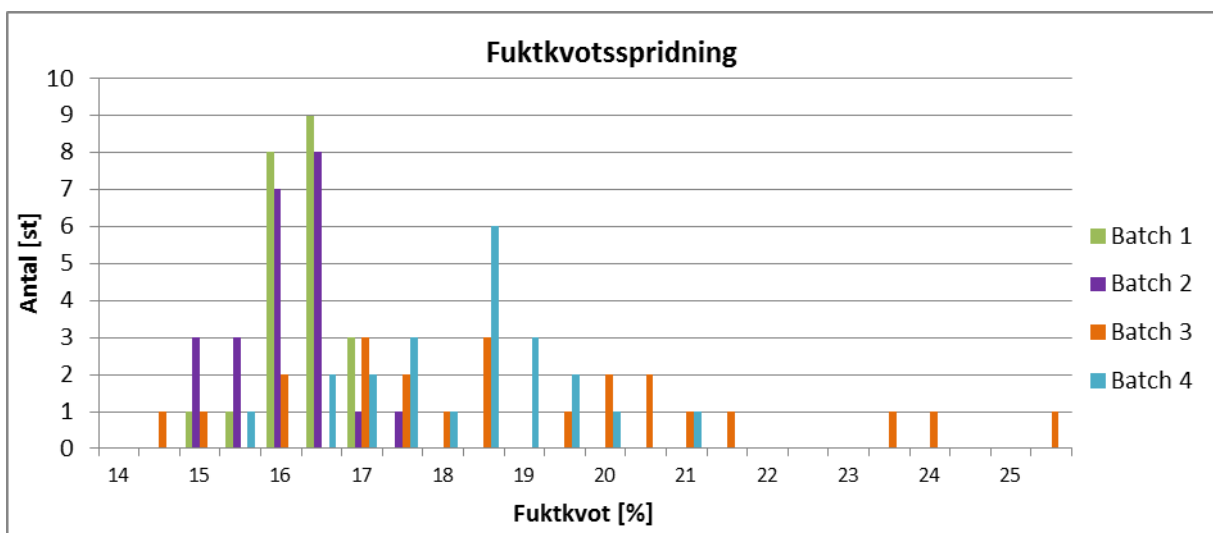
Figur 5 Vikt före och efter mellanlagring av batch 1 och 2, medel och 95 % konfidensintervall. Störst skillnad blev det för plankorna i batch 2 som i medel minskade 9,1 g.

3.1.2 Fuktkvot före impregnering

Fuktkvoten som mättes dagen innan impregneringen visas i figur 6. Det fanns en statistisk skillnad vid 5 % signifikansnivå mellan batcherna som lagrats, och batcherna som inte lagrats. I figur 6 visas fuktkvotsspridningen för en standardavvikelse, de små skillnaderna i medel mellan batcherna innebär att det finns en överlappning mellan samtliga batcher. Detta visas mer detaljerat i figur 7 med histogram för samtliga batcher.



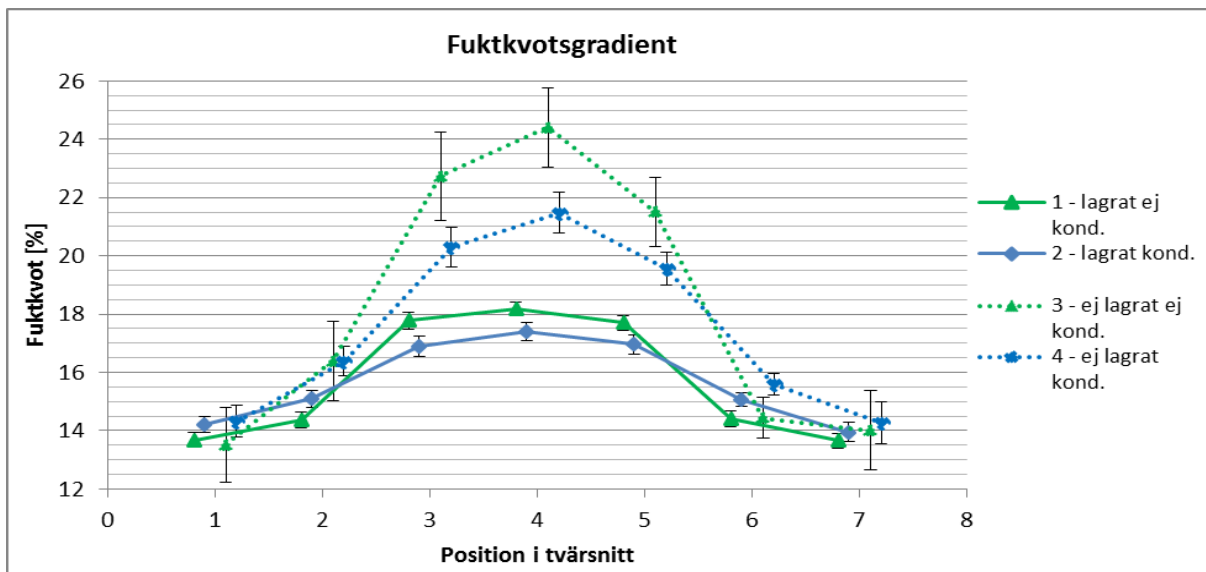
Figur 6 Fuktkvot innan impregnering. Spridningsintervallen visar ± 1 standardavvikelse.



Figur 7 Fuktkvotsspridning i 0,5 %-enheters intervall batchvis för samtliga observationer. I intervallet 15,5 till 17,0 överlappar samtliga batcher varandra i fuktkvot.

3.1.3 Gradienter

Resultaten från mätningarna av fuktkvotsgradienten visar (figur 8) att båda de batcherna som konditionerades, 2 och 4, har signifikant lägre fuktkvot i tvärsnittets mitt än sina motsvarande batcher i respektive torkning. Detta beror på att torkningen fortsatt under konditioneringen. Konditioneringen minskar därför fuktkvotsgradienten både genom att torka centrumet samt fukta upp virkesytorna. Ytornas uppfuktning av konditioneringen uppvisar däremot inga signifikanta skillnader jämfört med de okonditionerade batcherna i detta försök med denna mätmetod. Ytfuktkvotensspridningen är lägre för batcherna som konditionerats, tydligast mellan batch 3 och 4 som inte långtidslagrades innan mätningen och impregneringen.

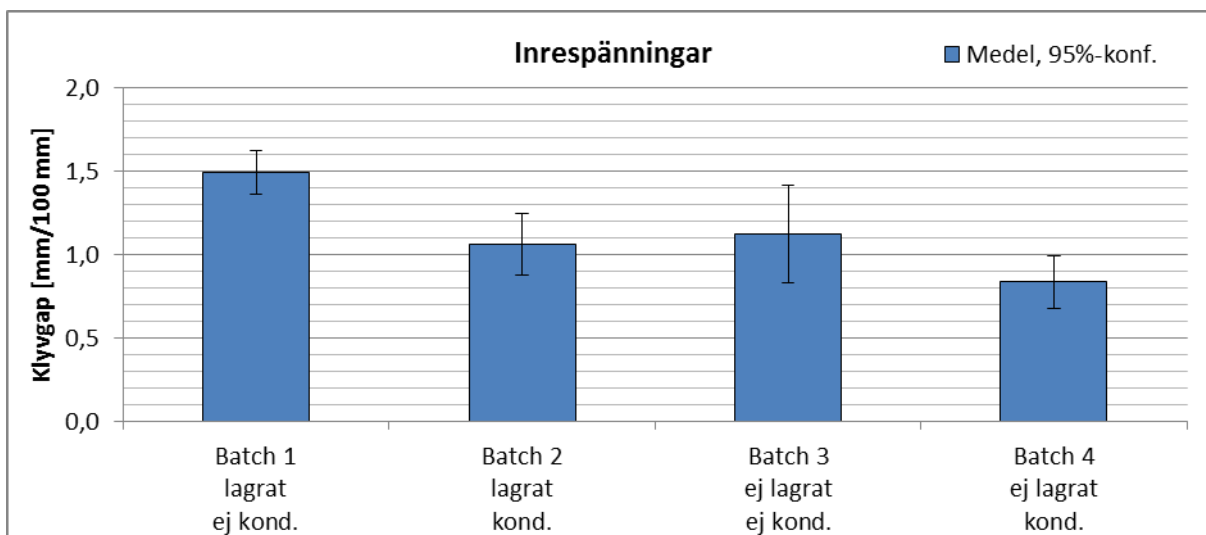


Figur 8 Fuktkvotsgradienter, medel och 95 % konfidensintervall, för respektive batch innan impregnering.

3.1.4 Klyvprov

De konditionerade batcherna uppvisar i figur 9 lägre inrespänningar än sina motsvarande batcher. Vid analys av lagringen så är trenden att de lagrade hade högre inrespänningar då man jämför batch 1 och 3, samma sak för batch 2 och 4. Detta beror på att centrummet av plankorna torkat under lagringen och därmed skapat inre dragspänningar.

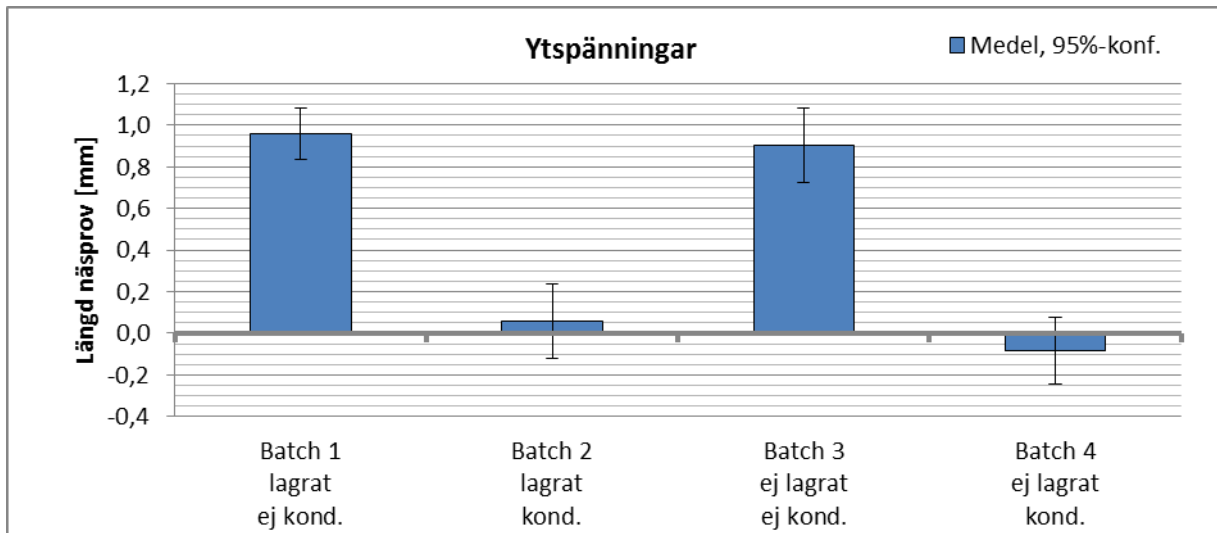
Även konditionering ger lägre inre spänningar, detta beror på att konditionering tar bort de tryckspänningar som finns i virkesytan i slutet på torkfasen vilket visas i figur 10.



Figur 9 Resultaten från klyvproven per batch innan impregnering.

3.1.5 Näsprov

Ytspänningarna var signifikant lägre för batcherna som konditionerades, se figur 10. I medel var ytspänningarna något lägre för batcherna som ej lagrades, dock ej några signifikanta skillnader. Batch 4 hade i medel negativa näsprov, -0,08 mm. Detta visar på att konditioneringen varit fullgod, nästan i överkant då det uppstått dragspänningar i ytan som gett negativa näsprov. Man kan anta att batch 2 också hade dragspänningar i ytan efter avslutad torkning men att dessa försvunnit under lagringen pga. att bitarnas centrum torkade något.

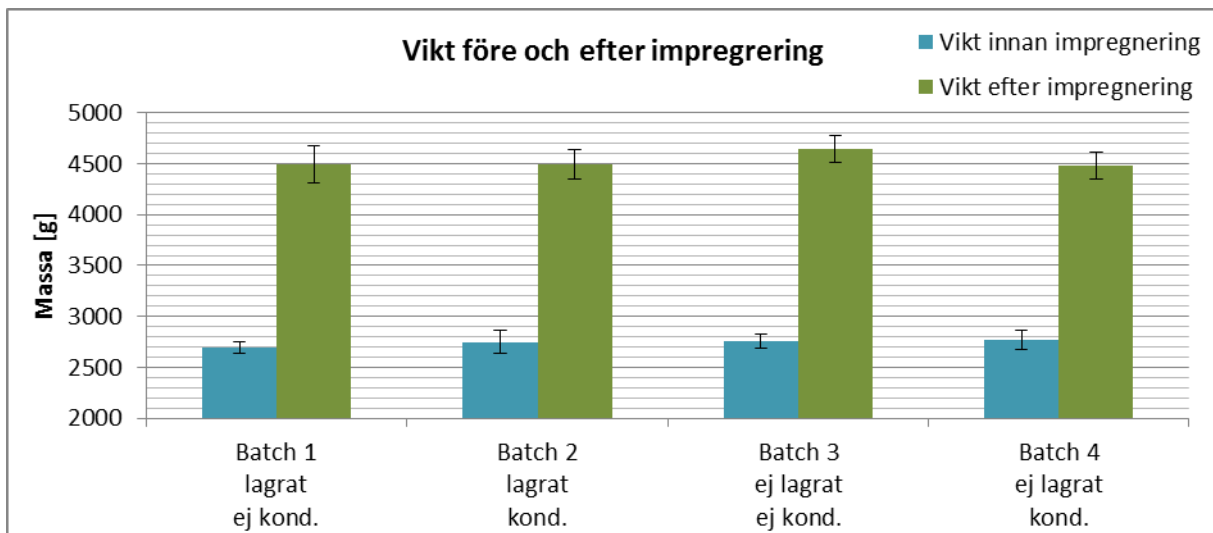


Figur 10 Uppmätta ytspänningar från "näsproven" per batch innan impregnering.

3.2 Impregneringsresultat

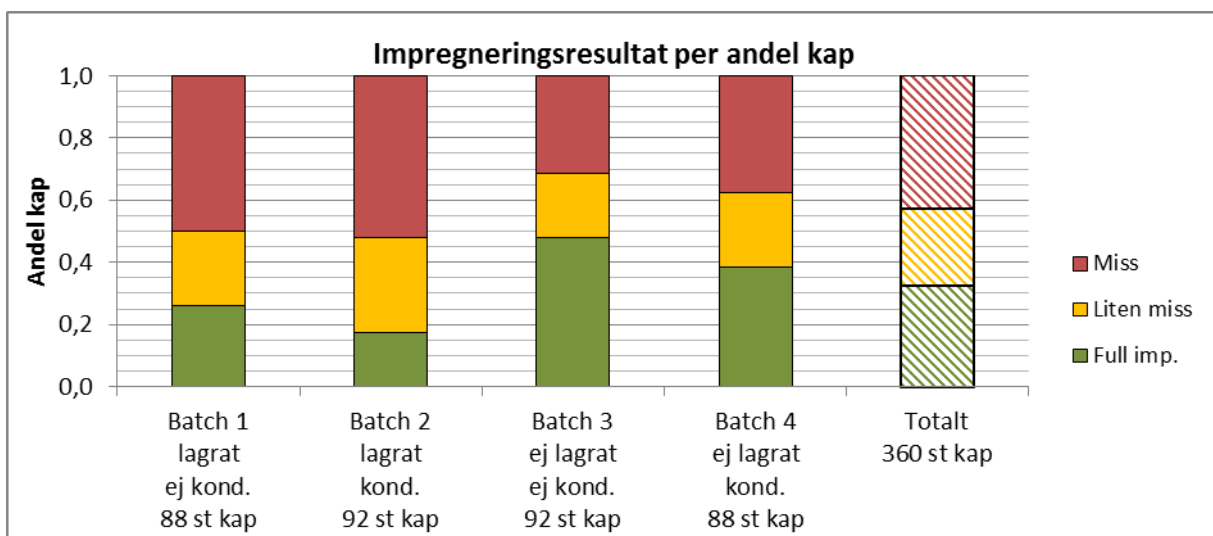
3.2.1 Resultat på medelvärdesnivå

I figur 11 visas medelvärdet för plankornas massa före och efter impregnering för varje batch. Då medellängden inte uppvisade några signifikanta skillnader mellan batcherna, och försöks materialet var matchat, så visar resultaten i figur 11 att det inte förekom någon signifikant skillnad i upptag av impregneringsmedel mellan batcherna. Störst, respektive minst, massupptag i medel hade batcherna 3 (1 886,4 g) och 4 (1 708,7 g).



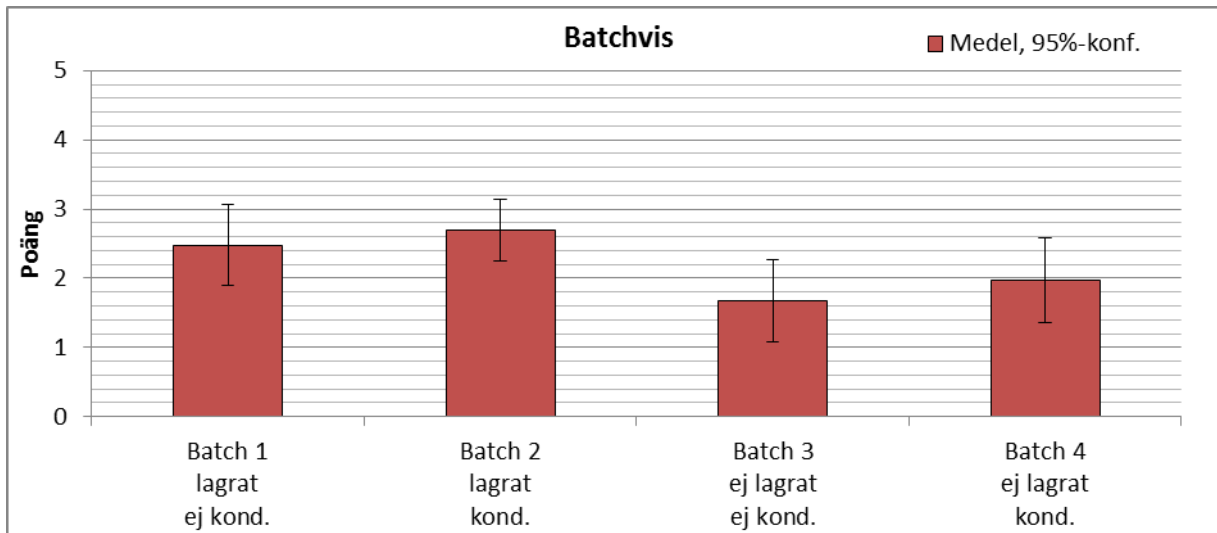
Figur 11 Massupptag under impregneringen, medelvärde samt 95 % konfidensintervall batchvis.

På batchnivå uppvisade batcherna som impregnerades direkt efter torkning/konditionering det bästa impregneringsresultat, se figur 12. Batcherna 1 och 2 som mellanlagrats hade större andel missar än de som inte lagrats. En annan trend är att batcherna 2 och 4 som konditionerats, hade lägre andel fullimpregnerade än batcherna som torkades samtidigt som dem utan konditionering.



Figur 12 Impregneringsresultatet per andel kap i de fyra batcherna, samt totalt.

Impregneringsresultatet batchvis kan man även redovisa som i figur 13, med poäng. Låga poäng är bra ur impregneringssynvinkel. Batch 3 som i figur 12 hade lägst andel missar får därmed låga poäng.



Figur 13 Impregneringsresultatet per batch, medel poäng för alla bitar i varje batch. Observera att låga poäng är bra ur impregneringssynpunkt.

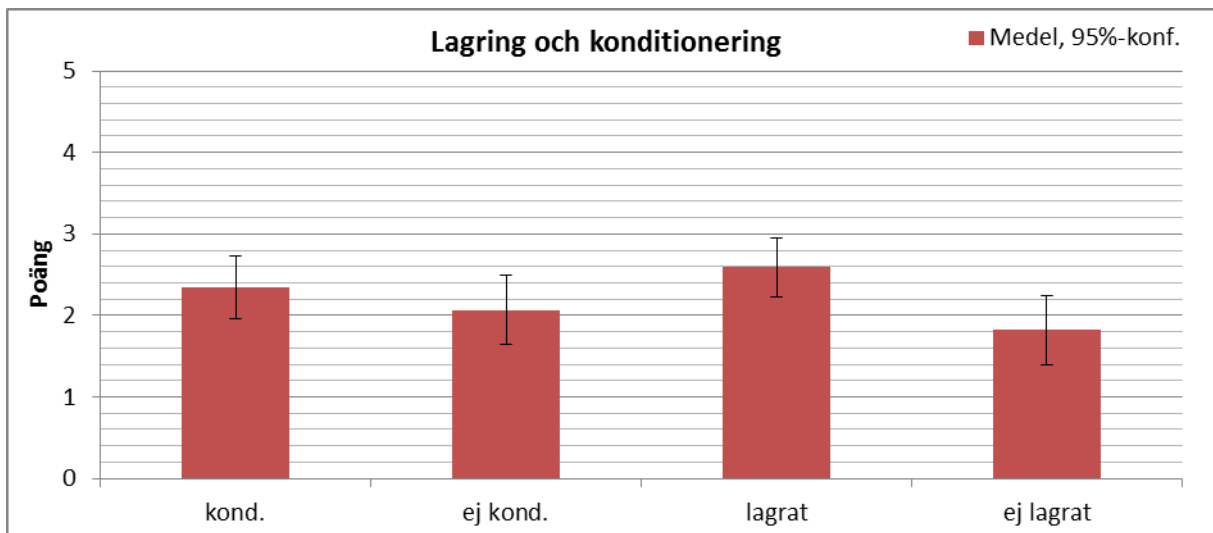
För att undersöka om det finns statistiska skillnader mellan batcherna på medelvärdesnivå gjordes en hypotesprövning. I tabell 3 visas om och vid vilken signifikansnivå batcherna skiljer sig åt. Med 99 % sannolikhet (1 % signifikansnivå) har batch 3 mindre misspoäng än batch 2

Tabell 3 Hypotesprövning om skillnader finns mellan batcherna på medelvärdesnivå (oparat test). Ju lägre signifikansnivå desto säkrare skillnad.

	Batch1	Batch2	Batch3	Batch4
Batch1		Nej	Ja på 7 %	Nej
Batch2			Ja på 1 % nivå	Ja på 7 %
Batch3				Nej
Batch4				

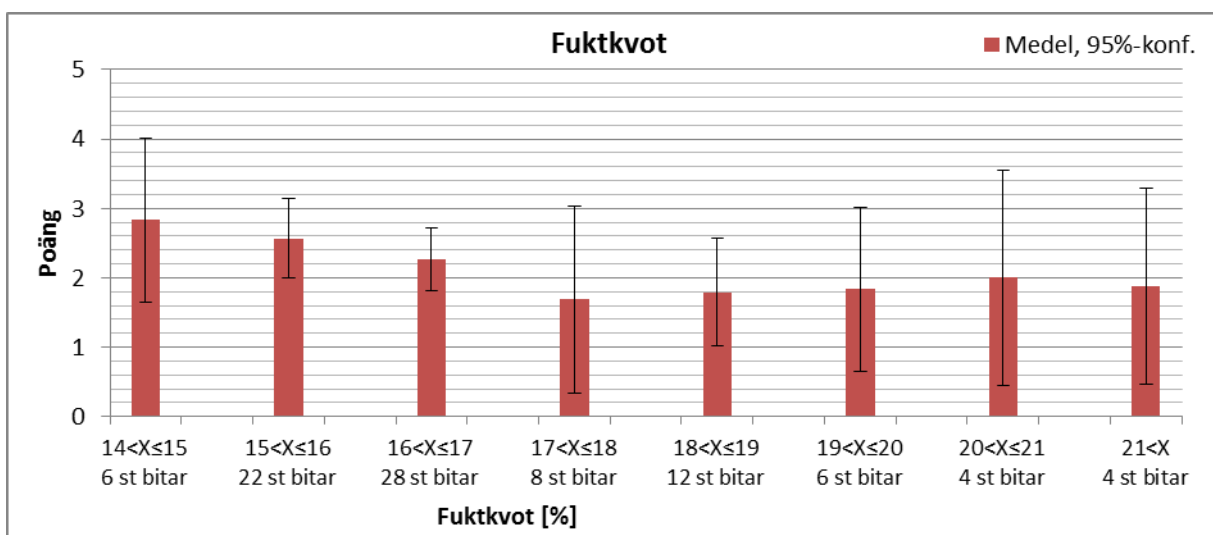
Uppdelat på kond./ej kond. och lagrat/ ej lagrat i figur 14 blir resultatet tydligare att den största, och enda signifikanta, skillnaden står lagringen för. Skillnaden mellan lagring och ej lagring är signifikant vid ett 94 % konfidensintervall.

På medelvärdesnivå ses en tendens att konditionering tycks öka antalet missar men skillnaden är inte signifikant. Inverkan av mellanlagring är dock tydlig. Hypotesprövning visade att med 99 % sannolikhet har det ej mellanlagrade materialet mindre impregneringsmissar än det mellanlagrade.



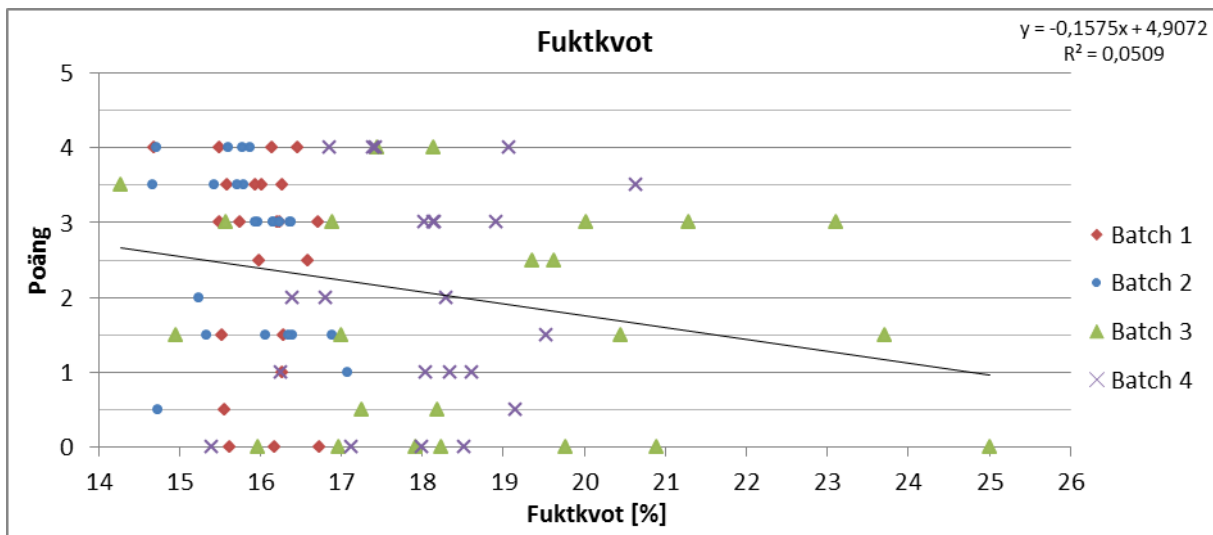
Figur 14 Resultatet uppdelat på kond./ej kond och lagrat/ej lagrat visar att lagring, eller ej, ger den största effekten.

Sorterat på fuktkvot får man figur 15 som visar trenden att högre fuktkvot ger bättre impregneringsresultat, det är dock svagt och utan några signifikanta skillnader.



Figur 15 Fuktkvotens inverkan på impregneringsresultatet uppvisar inga signifikanta skillnader även om tendensen i detta relativt snäva fuktkvotsintervall är att lägre fuktkvot är ogynnsamt för impregneringen.

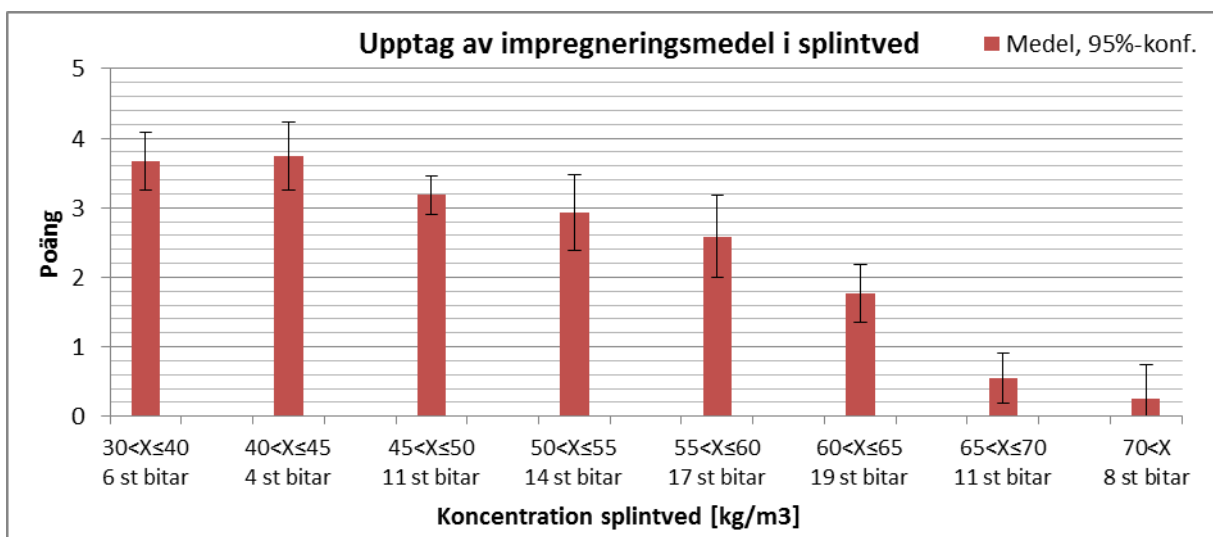
I figur 14, kond./ej kond. och lagring/ej lagring, tas ingen hänsyn till fuktkvot. Det motsatta uppstår i figur 15, fuktkvot, där inte inverkan från lagring och konditionering syns. Figur 16 visar alla observationer och dess impregneringsresultat.



Figur 16 Inga starka samband mellan fuktkvot och impregneringsresultatet finns då samtliga observationer/plankor plottas. Notera den högre fuktkvoten och spridningen för batch 3 och 4.

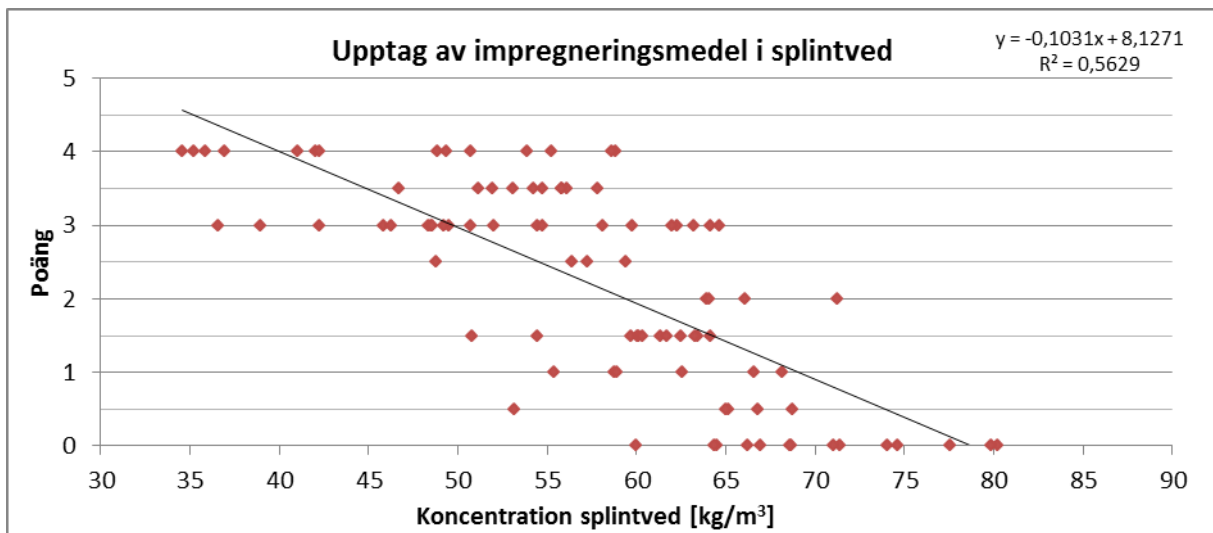
3.2.2 Upptag impregneringsmedel/splintvedsvolym

Sambandet mellan massupptaget i splintveden och impregneringsresultatet visas i figur 17. Massupptaget har beräknats utifrån bitarnas uppmätta längd och kärnvedsandel utan någon kompensation för kvistar och andra defekter. Trenden visar tydligt att ökat massupptag i splintveden förbättrar impregneringsresultatet. Detta förväntade resultat styrker att det inte förekommit någon "silnings-/filtreringseffekt". Det förekommer att de aktiva substanserna i impregneringsvätskorna fastnar i vedens yttre struktur och endast vattnet tränger in.



Figur 17 Upptaget av impregneringsmedel i kg/m^3 splintved. Tydlig trend att ökat upptag ger bättre impregneringsresultat. Detta styrker att inte det förekommit någon "silning" av impregneringsmedlet, dvs. att verksamma ämnena fastnar i de yttre delarna av virket och endast vatten tränger på djupet.

Även i plotten mellan impregneringsresultatet och koncentrationen impregneringsmedel i splintveden i figur 18 syns samma samband.



Figur 18 Samtliga observationer för upptag av impregneringsmedel per volym splintved mot impregneringsresultatet. Högre upptag ger lägre poäng, dvs. bättre impregnering.

3.2.3 Resultat på individnivå – Multivariat dataanalys

Analys av data på individnivå har gjorts med multivariat dataanalys, MVDA. MVDA innebär att man analyserar ett antal variabler och samverkans effekter mellan dessa för att hitta förklaringsmodeller till en eller flera valda responser i sina försöksdata. Vid MVDA kan man grafiskt åskådliggöra sambanden mellan sina observationer och variabler samt hur och på vilket sätt dessa samverkar i s.k. "score-" och "loading plot" diagram. De variabler och observationer i plottarna som ligger längst bort från origo längs x-axeln har störst inverkan och ju närmare origo desto mindre inverkan.

För att ta del av en något utförligare beskrivning av MVDA hänvisas till föregående delrapport 1. För ytterligare fördjupad läsning rekommenderas artikel "PLS prediction as a tool for modeling wood properties" (Danvind 2002). Dataanalysen har gjorts med mjukvaran SIMICA P+ version 12.0.1.0 (Umetrics AB, Umeå).

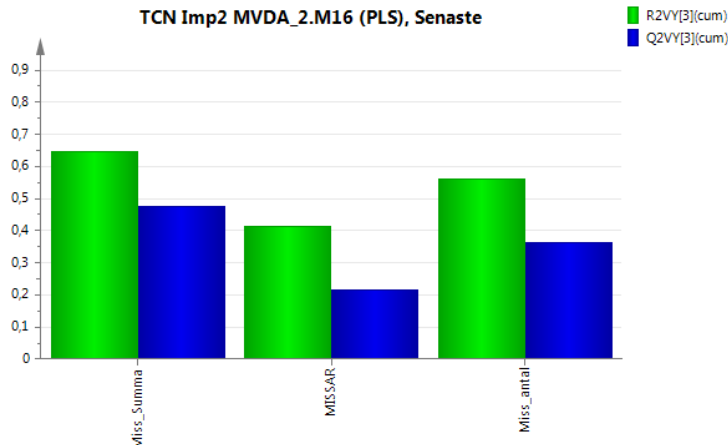
I denna studie är y-variablerna, eller responserna de olika sätt vi valt att uttrycka impregneringsresultatet i nämligen förekomst av missar samt impregneringsmedelupptag. Dessa y-variablers namn och innebörd är följande:

- Miss_K1, Miss_K2.. misspoäng i de 4 enskilda kapsnitt i varje individ
- Miss_Summa summa misspoäng i individen (kan bli max 4)
- MISSAR finns missar överhuvudtaget i individen? 0 eller 1
- Miss_antal summa antal kap med missar i individen (max 4)
- upptag_impmedel upptag impregneringsmedel (g)
- upptag_per_splintved upptag vätska/splintvedsvolym (kg/m³)

x-variabler är fuktkvot, densitet, olika sätt att beskriva fuktkvotsgradient och torknings-spänningar (klyvprov och näsa), konditionering (1/0) mellanlagring (1/0) m.fl. I Bilaga 1 finns en utförlig beskrivning av alla x och y variabler som definierats och använts vid MVDA-analysen och som finns i de olika diagrammen som presenteras.

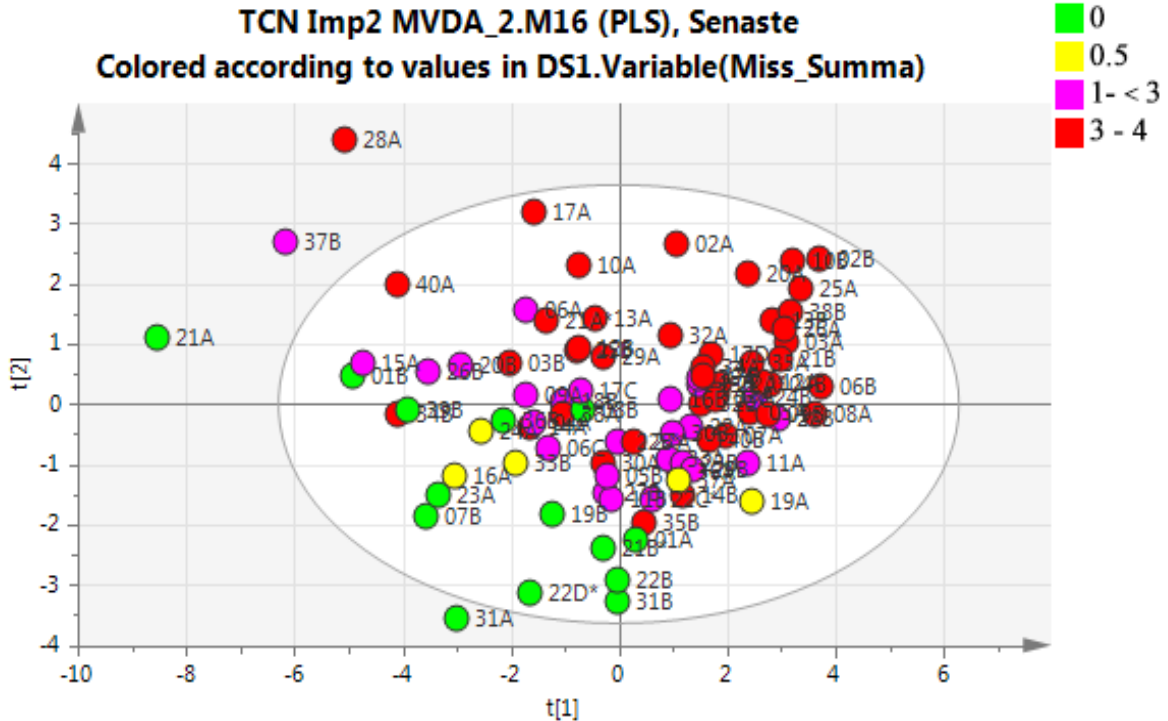
En första översikt av hela datasetet (PCA-analys) visade att det fanns 4 stycken måttliga uteliggare varav 3 förklaras av hög fuktkvot i något av gradientproven samt 1 av stort klyvgap. Ingen av dessa utelöts ur analysen.

PLS-analys med följande 3 y-variabler: Miss_Summa, MISSAR och Miss_antal gav en 2 komponentmodell med (R2X 0,58, R2Y 0,54 samt Q2 0,35) där y-variabeln Miss_Summa hade den högsta förklaringsgraden, figur 19.



Figur 19 R2Y/Q2 för de tre y-variablerna Miss_Summa, MISSAR och Miss_antal i PLS-modellen.

I figur 20 och figur 21 visas scoreplot (alla observationer) för PLS modellen.



Figur 20 PCA scoreplot med alla observationer. Färgkoderna visar varje observations Miss_Summa från grönt helt utan missar (0 poäng) gult (intervallet 0,5 poäng) violett (intervallet 1- <3 poäng) till rött med högst misspoäng (intervallet 3-4 poäng).

Av loadingplot framgår hur impregneringsmissarna (y-variablerna i blått) väl samlade i övre högra hörnet "gynnas" av de variabler som ligger närmast och då i första hand längs PC 1 (x-axeln) nämligen Lagrad, Batch 2, Kond samt även Kåda_2 (dvs. de ytor som hade allra mest kådfräknar). Längs y-axeln ses även hög fuktkvot i lamell nr 6 (variabeln MC6 huvudsakligen i kärnved) förknippas med missar. En tänkbar förklaring kan vara att hög fuktkvot i kärnved efter torkning kan bero på låg diffusivitet vilket ofta förknippas med hög extraktivämnesshalt i kärnveden. Det kan då även gälla för splintveden i detta fall men observera att det inte är uppmätt i denna studie.

De variabler som "laddar" loadingplot med motsatsen dvs. som förknippas med minst missar är de som finns i nedre vänstra hörnet och då allra främst upptag medel/ splintvedsvolym. Detta kan betraktas som tämligen självklart men eftersom det i de tidigare studierna i vissa fall funnits tvärsnitt med endast bleka stråk av synligt impregneringsmedel en bit in i tvärsnittet fanns misstanken att det kunde bero på att huvudsakligen endast det vatten som finns i impregneringsvätskan tränger in djupt i splintveden medan de aktiva komponenterna i vätskan "filtreras" och blir kvar längre ut i de yttre delarna. I så fall skulle upptagen vätska/volym splintved kunna vara hög men missar ändå kunna finnas. Resultat i denna studie visar dock inget tecken på detta utan högt medelupptag förknippas med mindre missar.

De flesta fuktkvotsvariablerna ligger till vänster om origo längs x-axeln och "håller emot" missarna: dvs. högre fuktkvotsvärden men även större gradienter betyder färre missar. Detta gäller speciellt för variablerna MC3 och MC_grad2-3 men även i avtagande grad för övriga fuktkvotsvariabler (förutom MC6). I detta kluster finns även variablerna "Ej lagrad" samt "Batch 3".

Variablerna som visar på virkets spänningstillstånd "klyvgap" och "näsa" visar dock ingen inverkan på impregneringsmissar (ses längs x-axeln nära 0). Detsamma gäller för densitet.

Sammanfattning

Sammanfattningen av MVDA analysen på individnivå blir att högre fuktkvoter i splintved, stor fuktgradient mellan ytlamell 2-3, ingen konditionering samt impregnering direkt utan mellanlagring ger det bästa impregneringsresultatet. Mest missar finns i materialet som konditionerats efter torkning och som mellanlagrats före impregneringen. Högre grad av kådfräknar på virkesytorna förknippas med fler missar. På individnivå ses inget samband mellan virkets spänningstillstånd och impregneringsresultat.

4 Diskussion

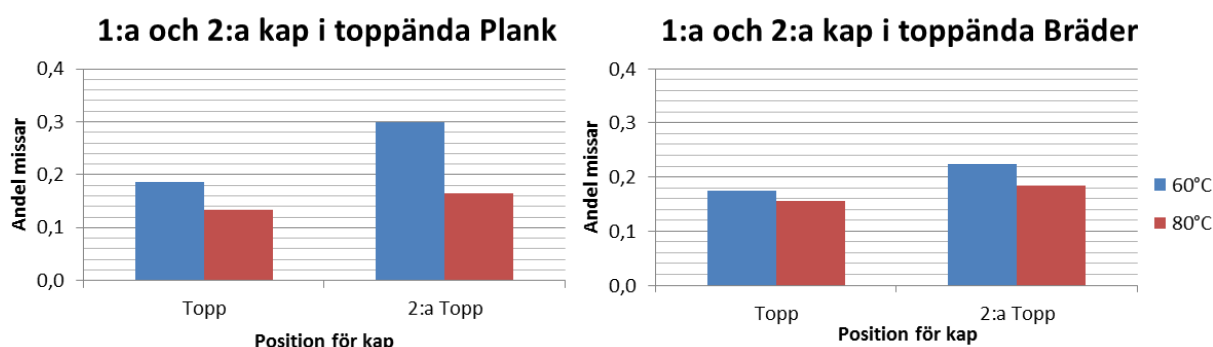
Tänkbara orsaker till den stora andelen missar i studien

I det impregnerade provmaterialet finns en stor andel missar – med största sannolikhet avsevärt fler än i det virke som impregnerades samtidigt i den normala produktionen. Förklaringen till att missarna är så frekventa i provmaterialet är troligen den ändtätning som applicerats på ändytorna av de ca 1 m långa proven. Ändtätningen har effektivt förhindrat luften inne i provbitarna att sugas ut axiellt ur virket under det ca 20 minuter långa förvakuumsteget före tryckimpregneringen. Den luft som funnits kvar i provbitarna har då försvårat inträngningen av medlet.

Men, eftersom målet med denna undersökning har varit att undersöka inverkan av rena torkningsparametrar ses inte detta som något problem vid analysen eftersom samtliga provbitar varit behandlade på samma sätt och impregnerats i samma tryckning. Vid starten av utvärdering och uppkapningen var vi tvärtom oroadade att alla prov skulle vara fullimpregnerade eftersom det då inte skulle ha funnits något att utvärdera...

Det bör därför starkt betonas att *impregneringsresultatet från denna studie inte är representativt för normal produktion av impregnerat virke i klass AB.*

Samma sak gäller mängden upptagen impregneringsvätska/m³ virke som i studien är avsevärt lägre än vad som gäller vid normal produktion. I studien redovisas beräknad upptagen mängd vätska/m³ ren splintved med medelvärde ca 57 kg/m³ och värden varierande mellan 35-80. Förklaringen till dessa låga värden är sannolikt en kombination av två fenomen: ändtätningens effekt under förvakuum beskrivet ovan men även det faktum att ändtätade bitar enbart har inträngning från flat och kantsidor och ingen inträngning alls i axiell led. Vid normal produktion är det väl känt att axiell inträngning i virket utgör en viktig inträngningsväg i fullängdsvirke. De ändtätade provbitarna kan istället jämföras med inträngningen som sker i mitten av exempelvis en 4 meter lång plank. Detta faktum att antalet missar ökar längre in från ändytorna visas tydligt i delrapport 1 där antalet missar ökade från 1:a kap (0,5 m från virkesänden) till 2:a kap (1m från virkesänden) hos både plank och bräder, se figur 23.



Figur 23 Skillnader i andelen impregneringsmissar mellan första (0,5 m) och andra kapet (1 m) från toppänden för plank och bräder torkade vid två olika temperaturer. (Diagram från delrapport 1)

– Tänkbara orsaker till inverkan av konditionering

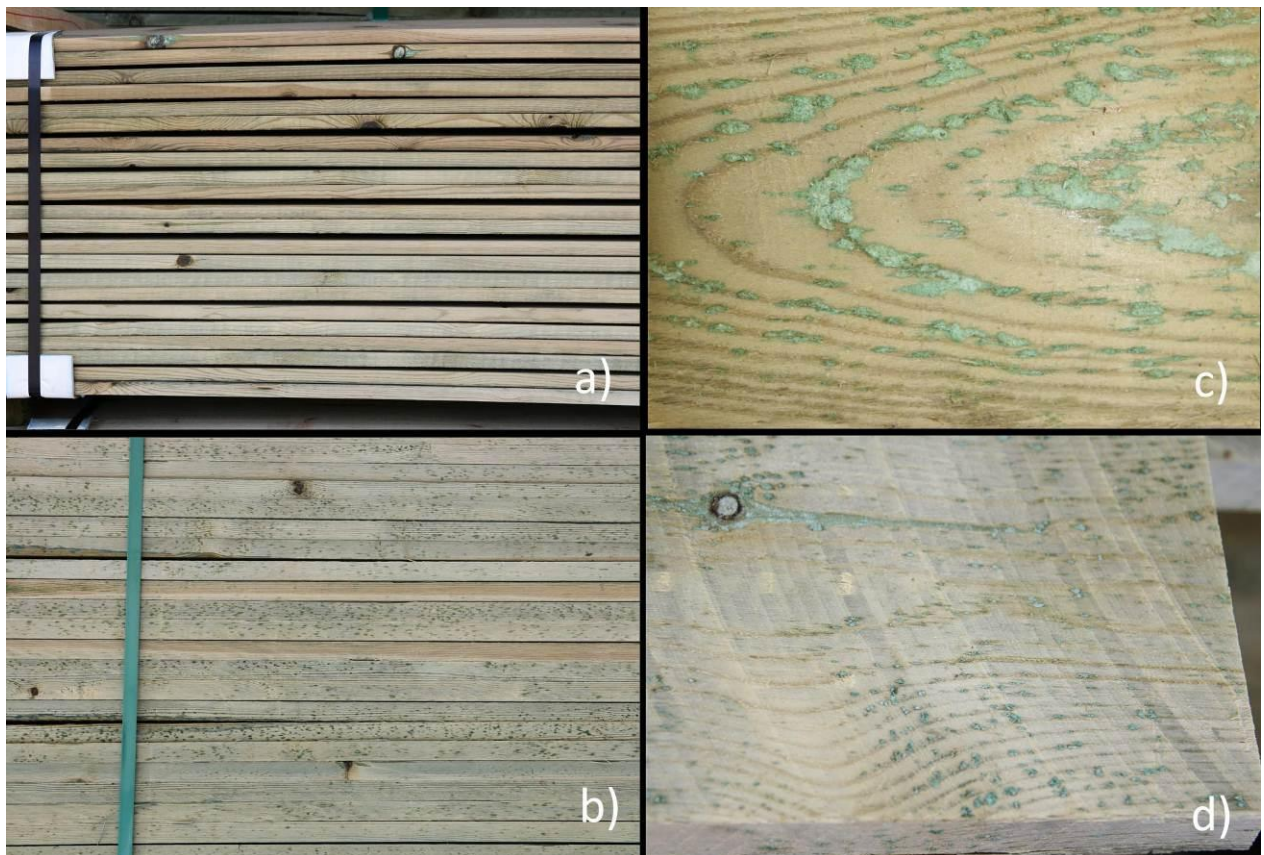
Resultaten i denna studie på ohyvlat virke visar tendenser att konditionering efter torkning tycks försvåra inträngningen av medel. En tänkbar förklaring till detta presenteras i följande resonemang.

I figur 24 visas utseendet på impregnerade virkesytor hos (a) hyvlat och (b) ohyvlat virke. På ohyvlat virke framgår tydligt att rester av impregneringssalter finns utanpå virkesytorna, b) samt detaljer c) och d). Istället för att ha trängt in i virket framgår tydligt stråk och "fräknar" där impregneringssalter istället lämnats utanpå virket. Dessa stråk finns runt kvistar (detalj d), kan följa sommarvedsstråk som i detalj c) samt finns i stort antal som "fräknar" i (bild b). Gemensamt för detta fenomen är förekomst av kåda och extraktivämnen: runt kvistar som hartsrika stråk samt i sommarveden och övriga ytor i samband med hartskanaler.

Huvuddelen av allt virke som impregneras hyvlas före impregnering. Vid hyvling avlägsnas dessa fräkniga ytor, se

figur 4 i "Material och metoder – Kådklassning av splintvedsytor".

I virke som inte hyvlas före impregnering antas dessa kådproppar eller "fräknar" kunna utgöra ett visst hinder för medelinträngning.



Figur 24 Exempel på virkesytors utseende efter impregnering hos a) hyvlat virke b) ohyvlat virke c) detalj på ohyvlat virkes flatsida som visar rester av impregneringssalter på sommarvedsstråk d) detalj på ohyvlat virkes flatsida som visar rester av impregneringssalter på hartsrika stråk runt kvistar samt som "fräknar" runt hartskanaler. (Virket som visas i dessa foton ingår inte i försöksmaterialet i denna studie)

Under virkestorkning transporteras den mjuka kådan i splintvedens aktiva hartskanaler mot virkesytorna. Ju högre torkningstemperaturen är och ju hårdare torkningen är i torkningens

inledande kapillärfas, desto mer lättrörlig är kådan. När torkningen fortsätter och fuktkvoten i virket sjunker har samtidigt kådans lättflyktiga komponenter (terpener mm) förångats och kådan har blivit fastare och mer eller mindre kristalliserad beroende av temperatur. När virke konditioneras efter torkning för att utjämna spänningar och fuktkvotsgradienter höjs RF i torken kraftigt med hjälp av olika basningsutrustningar (ånga, vattendysor mm). Konditioneringen är effektivare ju högre temperaturen är och speciellt om ånga används. Under konditioneringen återuppfuktas virkesytorna kraftigt. Kombinationen av hög temperatur, hög RF och höjd ytfuktkvot får som följd att den kåda som under torkning transporterats i kanalerna och anrikats mot ytorna återigen blir mer lättrörlig och rör sig ytterligare ut mot ytan och där ofta kan ses som kådproppar eller "gula fräknar" speciellt i anslutning till radiella hartskanaler.

När konditionering förstärker förekomsten av dessa fräknar kan detta vara en förklaring till att konditionering i studien tenderar öka antalet missar.

5 Slutsatser och Rekommendationer

Slutsatser från denna studie vars syfte varit att undersöka hur konditionering, torknings-spänningar, fuktkvotsgradienter och mellanlagring påverkar impregneringsresultatet i ohyvlat virke sammanfattas enligt följande:

Inverkan av konditionering

Studien visar att konditionering av virke före impregnering tenderar att öka impregneringsmissar i ohyvlat virke.

För ohyvlat virke som ska impregneras rekommenderas därför utifrån de begränsade resultaten i denna studie att ingen konditionering görs efter torkning.

För virke som ska hyvlas före impregnering kan konditionering sannolikt rekommenderas eftersom de kådanrikade ytorna avlägsnas genom hyvlingen vilket förväntas gynna medelinträngningen. Observera dock att parametern hyvling inte har ingått i denna studie.

Inverkan av torkningsspänningar

Studien visar ingen inverkan av torkspänningarnas storlek, för vare sig klyvprov eller näsor på impregneringsresultatet.

Inverkan av fuktkvotsgradient

Studien på individnivå visar att stor fuktkvotsgradient mellan ytlamell 2-3 är gynnsamt för impregnering. Detta beror till stor del på att en högre fuktkvot i centrum på plankorna kan antas vara gynnsam för impregneringen, samma sak som att en högre fuktkvot generellt är positivt för impregneringen.

Inverkan av mellanlagring Lagring av virke mellan torkning och impregnering ökar andelen missar. Detta resultat förklaras sannolikt av att fuktkvotsgradienterna minskar under mellanlagringen och att stora gradienter visade sig vara gynnsamt för impregnering.

6 Fortsatt arbete

Inverkan av konditionering och hyveldjup

När resultat från projektet avrapporterades vid ett seminarium med projektets industrireferensgrupp efterfrågades förslag till fortsatta studier. Det förslag som främst nämndes från industrirepresentanterna var att undersöka inverkan av olika hyveldjup i kombination med konditionering.

En hypotes är att konditioneringen lösgör och driver extraktiver mot virkesytan. Dessa ämnen skulle sedan kunna fungera som ett hinder för impregneringsmedlet att ta sig in i virket. Men eventuell hyvling innan impregnering skulle kunna ta bort dessa hinder, kan det vara så att konditionering i kombination med hyvling ger det bästa impregneringsresultatet?

Speciellt intresse finns vidare att undersöka hur stor inverkan "kådfräknighet" efter konditionering på ohyvlat virke påverkar inträngningen.

7 Referenser

- Anon (2004) NTR dokumentet "Nordiska regler för kvalitetskontroll och märkning av impregnerat trä, Del 1: Furu och andra lättimpregnerbara barrträslag"
- Danvid, J. (2002) "PLS prediction as a tool for modeling wood properties". *Holz als Roh- und Werkstoff* 60 130-140.
- Sehlstedt-Persson, M., Wamming, T., Karlsson, O. & Ahmed, S. A. (2011) "Modern torknings inverkan på impregnerbarhet i furusplint: Förstudie" TräCentrum Norr. 24 s. (Forskningsrapport/Luleå tekniska universitet).
- Sehlstedt-Persson, M., Persson, F., Karlsson, O. & Ahmed, S. A. (2013). "Virketorkningens inverkan på impregnerbarhet i furusplint – Del II". TräCentrum Norr Delrapport 1. 56 s. (Forskningsrapport/Luleå tekniska universitet).

8 Övrigt

8.1 Kontaktpersoner

Margot Sehlstedt-Persson (projektledare)

LTU Skellefteå, Träfysik

0910-58 53 05

Margot.Sehlstedt-Persson@ltu.se

Fredrik Persson

SP Trä, Skellefteå

010-516 62 27

Fredrik.Persson@sp.se

Om TräCentrum Norr

TräCentrum Norr finansieras av de deltagande parterna tillsammans med medel från Europeiska Regionala Utvecklingsfonden (Mål 2), Länsstyrelsen i Norrbottens län samt Region Västerbotten.

Deltagande parter i TräCentrum Norr är: Lindbäcks Bygg AB, Holmen Timber, Martinsons Trä AB, SCA Forrest Products AB, Norra Skogsägarna, Setra Group AB, Sågverken Mellansverige, SÅGAB, Sveaskog AB, Luleå tekniska universitet, Skellefteå kommun och Piteå kommun.

En investering för framtiden



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfonden

Bilaga 1. MVDA – Variabler och beskrivning

Beskrivning av de variabler som använts vid MVDA hela materialet på individnivå

Variabelnamn	Förklaring
ID	Individ
Nr.	Planknummer
Bit	Bit a,b,c eller d längs plankan från toppändan
Batch	Torkomgång 1-4
Kond	Konditionerad efter torkning
Ej_kond	Ej konditionerad efter torkning
Lagrad	Mellanlagrad efter torkning innan impregnering
Ej_lagrad	Ej mellanlagrad efter torkning innan impregnering
Thick	tjocklek
Width	bredd
MC_in	fuktkvot före torkning
Wet Dens	beräknad densitet rå vikt/rå volym
Dry Dens	beräknad densitet torr vikt/rå volym
Vikt_före_imp	vikt direkt efter impregnering
Vikt_efter_imp	vikt direkt före impregnering
Dens_plank_torr-korr	Densitetskorrigerig m a p kvistförekomst
Dens_Diff Torr. dens _ Plank	Densitetskorrigerig m a p kvistförekomst
Kärnyta	skattad kärnvedsyta i tvärsnitt
KAN	kärnvedsandel i tvärsnittet (%)
Vol_Splint	beräknad splintvedsvolym (m3)
upptag_impmedel	upptag impregneringsvätska (g)
upptag_per_splintved	upptag vätska/splintvedsvolym (kg/m3)
märg_indrag	indragen märg i tvärsnitt (mm)
Klyvgap	klyvöppning (mm)
Näsa	näsa (mm)
MC1, MC2, MC3...MC7	fuktkvot i lamell 1, lamell2 , lamell 3 osv.
MC Tot	medelfuktkvot lamell 1-7
MC_Yta_medel	medelfuktkvot ytlameller 1, 2 och 7
MC_Yta_min	lägst fuktkvot av ytlamell 1,2 och 7
MC_Yta_max	högst fuktkvot av ytlamell 1,2 och 7
MC_grad_2-3	fuktgradient mellan lamell 2-3
MC_grad_2-4	fuktgradient mellan lamell 2-4
Miss_K1, Miss_K2 ..Miss_K4	misspoäng i kap1-4 i tre nivåer: 0, 0.5 eller 1 beroende av storlek
Miss_Summa	Summa misspoäng i individen
MISSAR	Finns missar? 0 eller 1
Miss_antal	Summan av antalet kap med missar i individen (max 4)
Kåda_1	Klassificering i kådfräknar 0/1/2
Kåda_2	Extra rik på kådfräknar 0/1

Kort beskrivning av Multivariat analys MVDA

MVDA innebär att ett antal uppmätta x-variabler och samverkans effekter av dessa variabler analyseras för att hitta förklaringsmodeller till önskad respons -y-variabler.

PCA och PLS

När man mäter på något sätt för att skaffa information om en process eller egenskap insamlas data. Data kan beskrivas som

Data = Information + brus

där informationen är den delmängd av data som är relevant för det som man avser att analysera och där bruset kan beskrivas som irrelevant data som slumpmässiga variationer i mätningar, mätfel, bedömningsfel, irrelevanta variabler eller icke identifierade variabler.

Idealfallet vid mätning av en egenskap eller process är att man lyckas identifiera samtliga påverkande variabler för den studerade egenskapen. Med ett sådant idealt dataset är det möjligt att med multivariat dataanalys bygga modeller som med fullständig träffsäkerhet beskriver och kan återskapa dina mätdata.

Vid datainsamling i verkligheten, och i synnerhet vid mätningar på trä, finns dock alltid en delmängd brus med i vårt insamlade data. I träfallet sägs spridningen i data oftast bero på "naturliga variationer hos trä" men sanningen är att vi aldrig helt lyckas identifiera de karakteristiska egenskaperna. Om vi visste vilka egenskaper hos varje enskild provkropp vi skulle mäta och lyckades göra detta felfritt skulle vi ha en fullständig förklaringsgrad hos våra modeller.

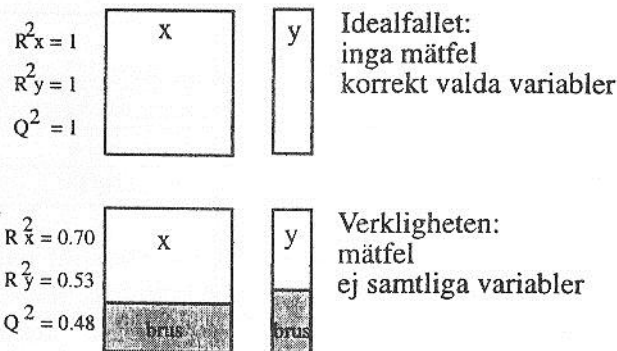
Geometriskt sett kan vår insamlade data presenteras som punkter i en multidimensionell rymd med alla uppmätta variabler som axlar. Enkelt uttryckt kan man sägas betrakta vår mångdimensionella datarymd från olika "fönster" eller betraktelsepositioner, för att hitta karakteristiska riktningar och grupperingar i vårt data. Detta görs i SIMCA med hjälp av PCA (principal component analysis) och PLS (partial least squares projection to latent structures model).

PCA används i ett första steg för att skaffa sig en överblick av sitt dataset för att hitta grupperingar i sitt data eller sk "uteliggare" som man bör fundera speciellt över.

Med hjälp av PLS modellering söker man samband mellan beroende y-variabler och ett antal oberoende x-variabler. För att testa modellen utförs korsvalidering dvs man utesluter observationer ur sitt data, återskapar dessa med hjälp av modellen och jämför resultaten. Modellerna, linjära vanligtvis eller ickelinjära, baseras på minsta kvadrat anpassning av latent (dolda) variabler som balanserar x och y data.

Fördelen med PLS jämfört med multipel linjär regressionsanalys är att PLS kan hantera många x-variabler som dessutom kan vara colinjära (inte helt oberoende). PLS är även tolerant mot irrelevant information (brus) samt utnyttjar den del av de dominerande fenomenen i x som är relevant för den beroende y-variabeln.

Med multivariat analys och modellering extraheras information ur insamlade dataset. Träffsäkerheten hos modellerna anges som R^2_x , R^2_y och Q^2 . I idealfallet utan brus och med samtliga uppmätta relevanta variabler antar dessa värdet 1.



R^2_y och R^2_x anger hur stor del av y:s respektive x:s totala variation som förklaras av modellen. Eftersom variationer i y och x alltid består av både väsentlig information och oväsentligt brus strävar man inte efter att förklara variationerna i x och y till 100%. I stället försöker man förklara informationen och strunta i bruset. Problemet är att avgöra vad som är brus. Ett sätt att hantera detta är att med hjälp av korsvalidering beräkna Q^2 som är ett mått på modellens prediktionsförmåga. Modellmässigt är det möjligt att beskriva variationen i x och y så att R^2_y och $R^2_x = 1$ även om x och y är oberoende, rena slumpetal och på så sätt erhålla en modell. Att denna dock är värdelös avslöjas av ett värde på Q^2 nära 0.

Trots låga förklaringsgrader är det meningsfullt att redovisa modeller tack vare PLS analysens förmåga att modellera framgallrad information och strunta i bruset. Iaktta dock R^2_y och Q^2 : skillnaden bör vara så liten som möjligt!