

Sortering av furukärnvedsråvara till snickeriindustrin

Johan Oja och Per Berg

Sortering av furukärnvedsråvara till snickeriindustrin

Abstract

Grading pine heartwood raw material for joinery industry

The aim of the study was to develop, test and analyze methods of grading Scots pine timber based on heartwood and pinosylvin content using UV-fluorescence. The results show that heartwood content and pinosylvin content can be measured with high accuracy in laboratory conditions. It was also clear that an industrial application required more efficient UV-light in order to work with sufficient accuracy.

Key words: Heartwood, pinosylvin, uv-fluorescence, Scots pine

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP RAPPORT 2006:03
ISBN 91-85303-86-0
ISSN 0284-5172
Skellefteå 2006

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**

Postal address:
SKERIA 2,
SE-931 77 SKELLEFTEÅ, Sweden
Telephone: +46 910 28 56 00
Telex: 36252 Testing S
Telefax: +46 910 28 56 01
E-mail: info@sp.se

Innehållsförteckning

Abstract	2
Innehållsförteckning	3
Förord	4
Sammanfattning	5
1 Bakgrund	6
2 Mål	7
3 Genomförande	7
4 Laboratorieförsök	8
4.1 Första försöken	9
4.2 Inverkan från ytstruktur vid fluorescensmätningar	10
4.3 Inverkan från tid och fuktkvot vid fluorescensmätningar	11
4.4 UV-fluorescensens beroende av torktemperatur	12
4.5 UV-fluorescensmätning av pinosylvinhalt	14
4.6 Kärnvedsklassificering baserat på UV-fluorescens	15
4.7 Slutsatser från laboratorieförsök	16
5 Tester med en industriell prototyp	17
5.1 Resultat från industriella försök	18
6 Slutsatser	19
7 Behov av fortsatt arbetet	19
8 Referensgruppens slutsatser	19
9 Referenser	19

Förord

Projektet Sortering av furukärnvedsråvara till snickeriindustrin genomfördes av SP Trätek under perioden april 2003 till december 2004. Projektet finansierades av Skogsindustrierna och slutrapporterades i december 2004.

Sammanfattning

Projektet har visat att UV-fluorescens gör det möjligt att skilja på kärnved och splintved samt att ta fram kärnved med hög pinosylvinhalt. Projektet har även gett god kännedom om vilka faktorer som påverkar UV-fluorescensmätningarna. Inom projektet har en industriell prototyp för UV-fluorescensmätning utvecklats. Arbetet med denna prototyp har visat att det är möjligt att i industriell miljö och hastighet göra UV-fluorescensmätningar. För att uppnå tillräcklig noggrannhet i de industriella mätningarna krävs dock ytterligare utveckling av bättre UV-belysning.

Referensgruppens slutsatser var att tekniken är mycket intressant. Arbetet bör först följas upp med ett mindre projekt där målet är att ta fram bättre UV-belysning. Därefter kan ett större projekt startas med syfte att få fram dels en färdig industriell utrustning, dels bättre kunskap om hur virke med olika pinosylvinhalt bäst används.

1 Bakgrund

Träråvaran till nordisk snickeriindustri utgörs till största delen av furu. Trä framställt av de yttre delarna i furustammen, den så kallade splintveden, har mycket låg beständighet mot mikroorganismer, till exempel rötsvampar, och måste därför impregneras med träskyddsmedel för att klara normala beständighetskrav. Stammens inre delar, kärnveden, innehåller däremot försvarssubstanser, fungicider, som ger veden en viss grad av naturlig beständighet. I första hand utgörs dessa ämnen av så kallade fenoliska substanser (pinosylviner) och hartssyror.

Kraven på att minska användningen av träskyddsmedel har under senare tid blivit allt starkare från brukare och myndigheter. Även möjligheterna att använda organiska lösningsmedel, som till exempel är vanliga i så kallade B-impregneringsmedel inom snickeriindustrin, kommer att begränsas väsentligt som en följd av kommande EU direktiv. När det gäller tillämpningar där trä används i markkontakt eller i konstruktioner med krav på hög säkerhet, är det idag svårt att finna gångbara alternativ till träskyddsimpregnering. För trä i användning ovan mark, till exempel fönster, dörrar, altandäck etc., skulle emellertid kärnvedens egen naturliga beständighet vara tillräcklig i flertalet fall. Träanvändningen utomhus utgörs för övrigt till största delen av tillämpningar ovan mark. Ett problem är dock att kärnvedens naturliga fungicider varierar från mycket låga till relativt höga halter. För närvarande pågår en studie finansierad av Svenskt Trä där målet är att korrelera träets innehåll och nivåer av extraktivämnen mot dess rötbeständighet och vattenavvisande förmåga. Målet är att finna tröskelvärden över vilka furukärnvedens beständighet är signifikant bättre än splintveden. Samtidigt är det angeläget att undvika kärnved med för höga totalhalter av hartser, eftersom alltför höga halter kan leda till problem vid limning och ytbehandling på att träytorna är för fetta.

Genom att sortera ut furukärnved med halter av naturliga försvarssubstanser som ligger inom ett önskat intervall, finns möjlighet att ersätta impregnerad furusplint med furukärnved. En teknik för att åstadkomma denna sortering i en on-line process i ett sågverk har identifierats av Träteknik i ett stort samarbetsprojekt med svensk sågverksindustri. I projektet, som pågick fram till 2000 och omfattade 1,5 MSEK, identifierades och utvärderades ett antal möjliga tekniker. En av dessa sorteringstekniker, som baserar sig på UV/fluorescens-spektroskopi och nu är patentsökt, är mycket lovande och har stora förutsättningar att hantera de snabba flöden som förekommer i sågverksindustrin. Tekniken möjliggör även bestämning av andelen kärnved i en plank, varför till exempel material med låg kärnvedsandel kan sorteras bort.

Mätningen bygger på att en träyta belyses med UV-ljus (ljus med något kortare våglängd än synligt ljus). Eventuellt pinosylvin i träet reagerar med fluorescens och avger därmed synligt ljus vars intensitet kan mätas med hjälp av kamerateknik och bildanalys.

Ett klart samband mellan uppmätta signaler i området 440-480 nm och pinosylvinhalten har påvisats i tidigare studier (Patentansökan 2001, Nyström 2002). Huvudproblemet ligger på detekteringsteknik, praktisk industriimplementering samt verifiering av sambandet mellan signalintensitet och pinosylvinhalten i området kring ett senare definierat tröskelvärde.

För att nå fram till en tillämpning av sorteringstekniken i träindustrin krävs nu utveckling och verifiering av tekniken i laboratorieskala samt utprovning och utvärdering i industriell skala i sågverk.

2 Mål

Målet är att ta fram och verifiera teknik för automatisk bestämning av kärnvedsandel och utsortering av furukärnved med lämpliga halter av pinosylvin och hartssyror.

3 Genomförande

Projektet startade i april 2003 med litteraturstudie och genomgång av tillgänglig kamerateknik. Litteratursökningen visade bland annat att det fanns en hel del oklarheter vad gäller vilka faktorer som påverkar UV-fluorescensmätningarna. Utifrån detta planerades laboratorieförsök i två omgångar. Målet med den första försöksomgången var att ta reda på vilka yttre parametrar som inverkar på UV-fluorescensmätningarna. Det som undersöktes var inverkan från ytstruktur, kringbelysning, fuktkvot, ytans färskhet samt torkmetod. Målet med försöksomgång 2 var att undersöka om UV-fluorescensen skiljer mellan olika delar av landet eller olika typer av stockar. Vad gäller kamerautrustning visade litteraturstudien att det som behövdes var en färglinjekamera med hög känslighet, speciellt i det blå området. Därför beställdes i juni en Dalsa-kamera med beteckningen CL-T72048W. Denna kamera fungerar som en linjekamera men mäter varje färg i ett antal linjer och får på så sätt väsentligt högre känslighet jämfört med traditionella linjekameror. Vad gäller UV-belysning valdes en typ (Philips HPA 400/30) som använts med lyckat resultat i tidigare studier (Nyström 2002).

Planerna redovisades vid ett referensgruppsmöte i juni 2003 (Bilaga 1). Referensgruppen beslöt att proven skulle genomföras enligt den redovisade planen. På grund av att kameraleveransen försenades cirka 10 veckor kom dock projektet att försenas. Detta gjorde att försöksomgång 1 blev klar först i december och referensgruppen informerades om projektläget i januari 2004 (Bilaga 2). Försöksomgång 2 genomfördes under våren 2004 och resultaten redovisades vid ett referensgruppsmöte i juni (Bilaga 3).

Laboratorieförsöken visade att UV-tekniken var lovande vad gäller såväl att skilja på kärna och splint som att mäta pinosylvinhalt. Den mätmetod (NIR) som var tänkt att användas som referensmetod fungerade dock inte tillfredsställande. Utvärderingen av pinosylvinmätningarna baserades därför på ett mindre antal prover vilka analyserats med hjälp av våtkemiska metoder, något som är väsentligt dyrare och mer tidskrävande.

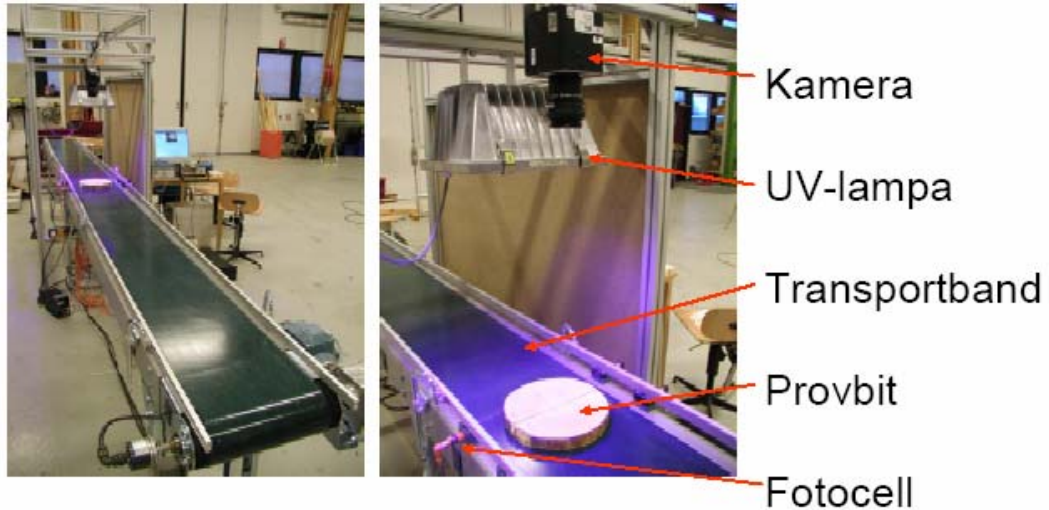
Baserat på resultaten beslöt referensgruppen att de industriella försöken skulle inriktas på att skilja på kärn- respektive splintved. Under arbetet med laboratorieförsöken var det inte möjligt att ta igen den tid som förlorats på grund av den försenade kameraleveransen. Projekttiden förlängdes därför och projektet avslutas 2004-12-31 istället för 2004-09-30. Utvecklingen av en industriell prototyp skedde huvudsakligen under augusti – oktober 2004. Arbetet med mekanisk installation, ljusavskärmning och programvaruutveckling genomfördes utan några större problem. Vad gäller UV-belysningen upptäcktes vid de första laboratorietesterna av mätning i industriell hastighet att dessa höga hastigheter kräver en annan typ av belysning, antingen en likströmsbelysning eller en belysning med väsentligt högre frekvens än den nuvarande (50 Hz). Två olika varianter av likströmsbelysningar testades under augusti till oktober men ingen av dessa gav tillfredsställande resultat vad gäller både jämn ljusbild och tillräcklig UV-intensitet.. En tredje variant beställdes men leveransen försenades. De industriella försök som gjordes i november baserades därför på samma belysning som användes i laboratorieförsöken. Trots problemen med 50 Hz-störningar gjorde försöken det möjligt att dels utvärdera programvara och mekanisk installation, dels göra en grov utvärdering av hur väl UV-fluorescensen kan detekteras industriellt.

Resultaten från testerna med den industriella prototypen redovisades tillsammans med resultaten från laboratorieförsöken vid ett avslutande referensgruppsmöte den 7 december (Bilaga 4 och 5). Referensgruppens slutsatser var att tekniken fortfarande är mycket intressant och att det projekt som nu avslutas bör följas upp med först ett mindre försök

med ny UV-belysning och därefter ett större projekt i syfte att få fram dels en färdig industriell utrustning, dels bättre kunskap om hur virke med olika pinosylvinhalt bäst används.

4 Laborieförsök

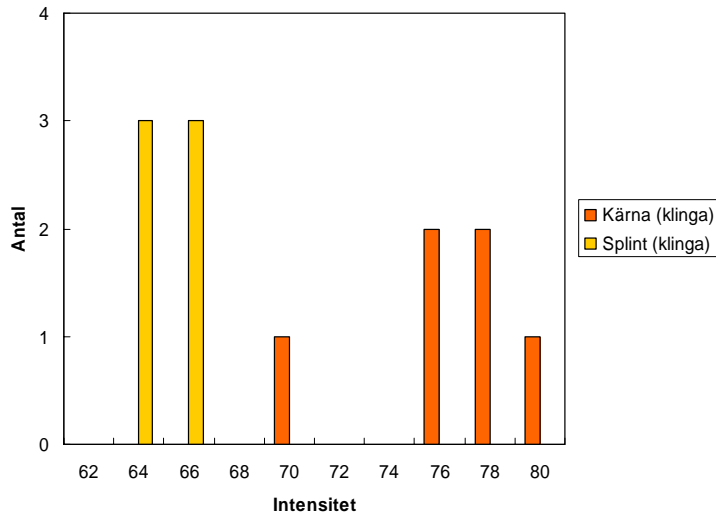
Alla försök gjordes med samma försöksutrustning (Figur 1) i laboriet i Skellefteå. Provbitarna las på ett transportband och passerade under en ljusavskärmning där de belystes med UV-ljus (Philips HPA 400/30). När provbitarna belystes med UV-ljus togs bilder med en färglinjekamera med hög känslighet (Dalsa CL-T72048W). Kameran styrdes via en dator med hjälp av fotoceller och pulsgivare.



Figur 1: Laborieutrustning

4.1 Första försöken

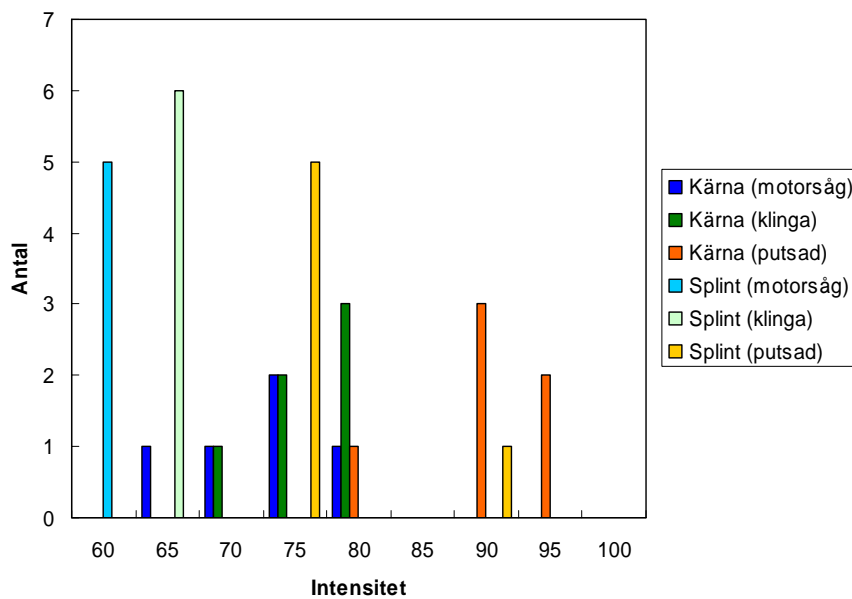
Ett första försök gjordes med sex slumpvis utvalda splintprover respektive kärnvedsprover, totalt 12 provbitar. UV-fluorescensen mättes upp med hjälp av laboratorieutrustningen i relativt låg hastighet (0.15 m/s). Resultaten visade att kärnvedsproverna alla hade högre fluorescens än splintvedsproverna men även att skillnaden mellan olika kärnvedsprover var relativt stor (Figur 2).



Figur 2: Resultat från fluorescensmätningar på totalt 12 slumpvis valda prover.

4.2 Inverkan från ytstruktur vid fluorescensmätningar

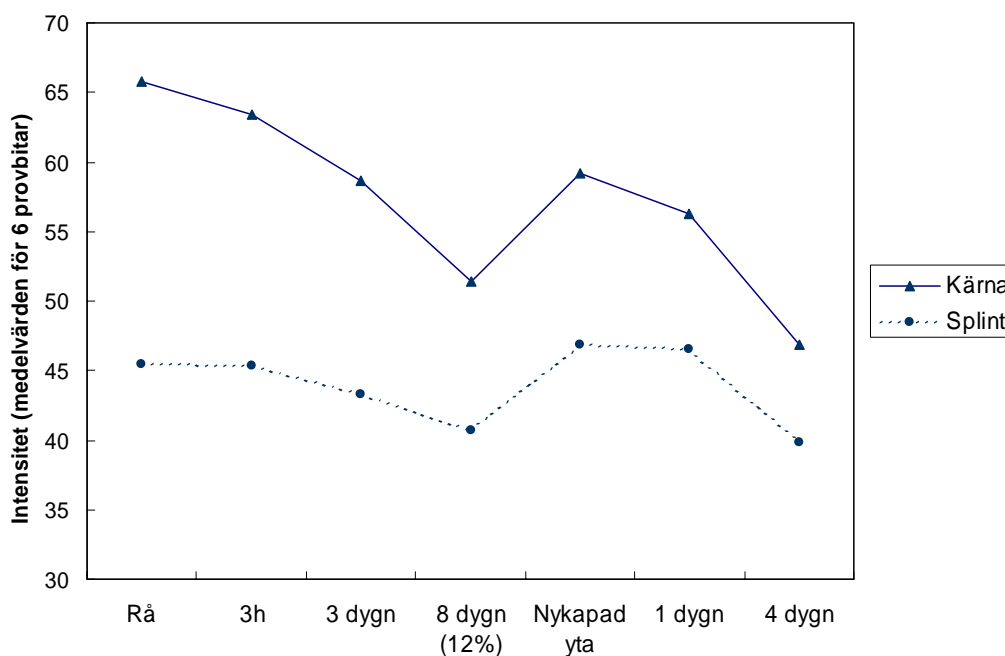
Såväl synligt ljus från UV-källan som infallande ljus från omgivningen kommer att blandas med fluorescenseffekten och på så sätt påverka mätningarna. Därför gjordes försök med fluorescensmätningar på träytor med olika struktur för att utreda hur stor denna effekt är i förhållande till den egentliga fluorescensen. Tolv provbitar (sex splint och sex kärnved) mättes efter olika typer av bearbetning. Varje bit mättes totalt tre gånger. Först med motorsågskapad yta, därefter kapad med klinga och slutligen putsad. Resultaten visar att fluorescensen kan detekteras på alla typer av ytor men att effekterna av ytstrukturen är så stora att det är nödvändigt att veta vilken typ av yta man mäter på (Figur 3).



Figur 3: Fluorescensmätningar på ytor som bearbetats på olika sätt.

4.3 Inverkan från tid och fuktkvot vid fluorescensmätningar

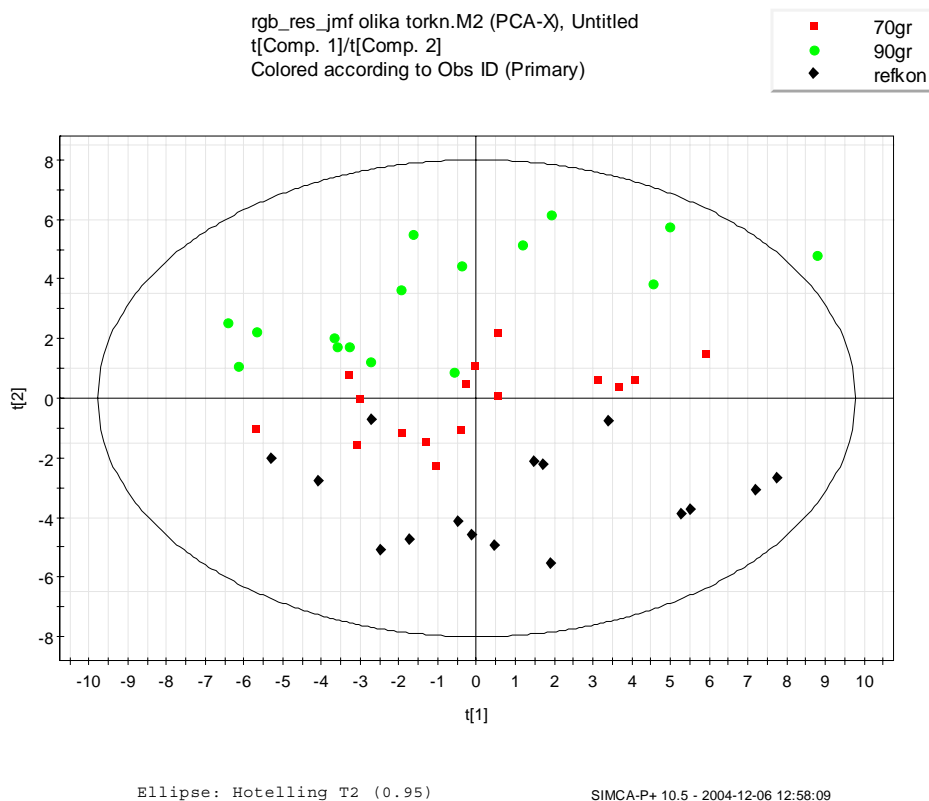
För att undersöka inverkan från tid och fuktkvot gjordes försök med 12 provbitar, sex kärnvedsbitar och sex splintvedsbitar. En färsk, rå yta kapades med en fintandad klinga och UV-fluorescensen mättes för samtliga 12 bitar. Provbitarna lades därefter i en konditioneringskammare för att konditioneras till 12% fuktkvot. Fluorescensmätningar gjordes på nytt efter tre timmar, 3 dygn samt efter åtta dygn då bitarna nått 12% fuktkvot. Därefter kapades en ny yta på provbitarna med samma klinga som tidigare. Fluorescensen mättes och bitarna lades tillbaka i konditioneringskammaren. Nya fluorescensmätningar gjordes efter ett respektive fyra dygn. Resultaten (Figur 4) visar att såväl ytans ålder som dess fuktkvot påverkar mätningen av fluorescensens intensitet. Slutsatsen av detta är att det är nödvändigt att känna till både fuktkvot och ålder för att kunna utnyttja fluorescenseffekten. Det är också tydligt att en nykapad yta ger bäst kontrast mellan kärn- och splintved.



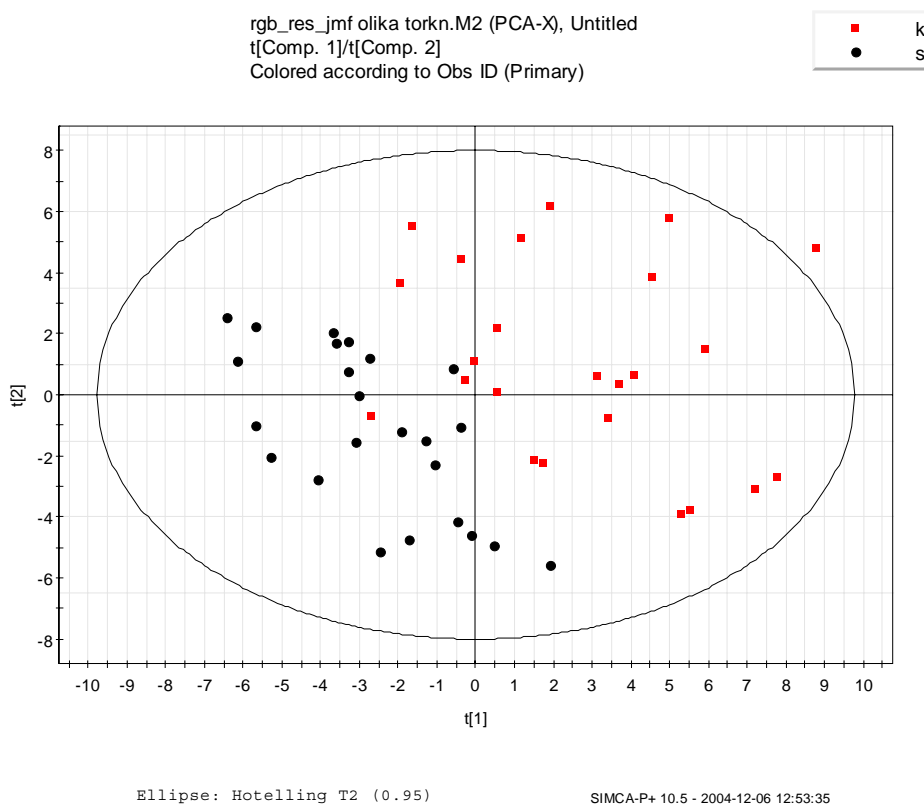
Figur 4: UV-fluorescensmätningarnas beroende av tid och fuktkvot.

4.4 UV-fluorescensens beroende av torktemperatur

Industriell användning av UV-fluorescensmätningar innebär att man mäter på virke som torkats på olika sätt. För att undersöka hur torktemperaturen påverkar fluorescensmätningarna gjordes ett försök där provbitar från samma plankor torkades i 70°, 90° samt i konditioneringskammare. Sex provbitar togs från fyra plankor med olika kärnvedsandel. Två provbitar från varje planka torkades enligt respektive metod. Efter torkning till 12% mättes UV-fluorescensen för kärn- respektive splintved från varje provbit. Fyra plankor, sex provbitar och två mätningar (kärna/splint) gav totalt 48 observationer. Den uppmätta fluorescensen (RGB-värden för varje mätning) analyserades med hjälp av principalkomponentanalys (PCA) för att se hur mätningarna påverkades av torkmetoden. Analysen visade att fluorescensmätningarna visserligen påverkas av torkmetoden (Figur 5) men att det inte nämnvärt påverkade möjligheten att med hjälp av UV-fluorescens skilja på kärn- och splintved (Figur 6). Mätningarna gjorde det möjligt att göra en korrekt kärna/splint-klassificering för 44 av 48 provbitar (Tabell 1) De fyra felaktigt klassificerade provbitarna var alla kärnvedsbitar från samma plankor.



Figur 5: PCA för prover som torkats på olika sätt. De olika provbitarna grupperar sig till viss del beroende på torkmetod (70°, 90° eller i konditioneringskammare).



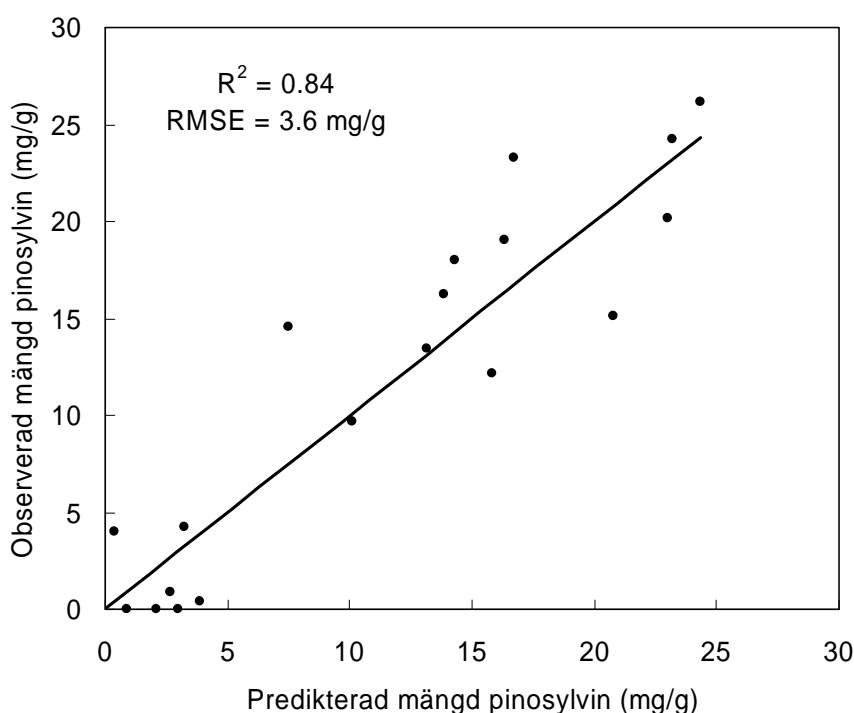
Figur 6: PCA för prover som torkats på olika sätt. Skillnaden mellan kärnvedsprover och splintvedsprover är relativt tydlig oberoende av torkmetod.

Tabell 1: Klassificering av kärn- respektive splintvedsprover baserat på UV-fluorescensmätningar efter torkning med olika torkmetoder.

Verklig vedtyp	Vedtyp enl. UV	
	Kärna	Splint
Kärna	20	4
Splint	-	24

4.5 UV-fluorescensmätning av pinosylvinhalt

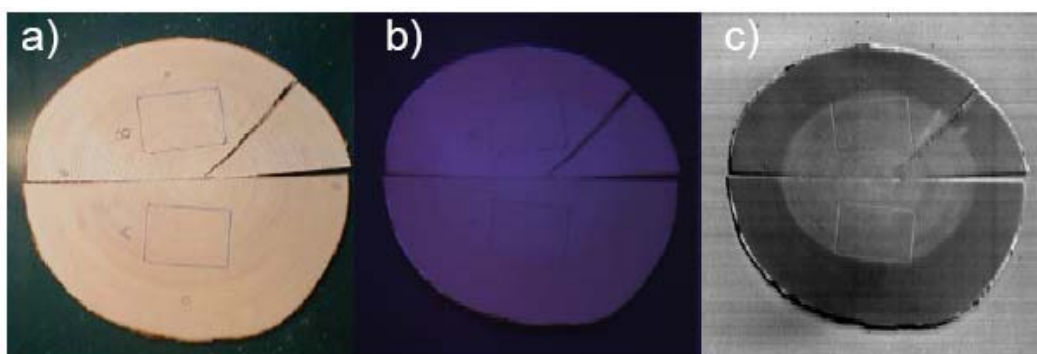
För att undersöka om UV-fluorescens gör det möjligt att mäta pinosylvinhalt oavsett stocktyp, diameter eller geografiskt ursprung samlades totalt 96 prover in från Malå sågverk i norr, Ala sågverk i mellersta Sverige samt Järnforsen i söder. På varje plats togs åtta kärnvedsprover från fyra olika grupper. De fyra grupperna baserades på stor respektive liten kärnvedsandel samt 18 respektive 24 cm toppdiameter. UV-fluorescensen mättes för varje prov och som referens gjordes NIR-mätningar av pinosylvinhalten. Dessutom gjordes en våtkemisk analys av pinosylvinhalten för ett prov från varje plats och grupp (totalt 12 prover). Då NIR-mätningarna inte gav den förväntade noggrannheten är det tyvärr endast dessa 12 prover samt ett fåtal splintvedsprover som kan utnyttjas för analysen. Baserat på UV-fluorescensmätningarna kalibrerades en modell för prediktion av pinosylvinhalt med hjälp av PLS (partial least regression). Denna modell visar att man i laboratoriemiljö kan mäta pinosylvinhalt med hjälp av UV-fluorescens (Figur 7).



Figur 7: Mätning av pinosylvinhalt. Mätningarna baseras på UV-fluorescens och prediktionsmodellen kalibrerades med hjälp av PLS.

4.6 Multivariat bildanalys - kärnvedsklassificering baserat på UV-fluorescens

UV-fluorescensmätningar gjordes på alla de 96 kärnvedsproverna samt 13 splintvedsprover. Baserat på dessa mätningar kalibrerades med hjälp av PLS en modell som skiljer på kärn- respektive splintved. Figur 8 visar att bildanalysen får skillnaden mellan kärn- respektive splintved att framträda relativt tydligt. När PLS-modellen användes för att klassificera de totalt 109 proverna var det endast ett av proverna som felaktigt klassificerades som splintved (Tabell 2). Detta visar att UV-fluorescens i kombination med multivariat analys i laboratoriemiljö gör det möjligt att med hög noggrannhet skilja kärnved från splintved.



Figur 8: a) Foto taget i vanlig belysning (blyxt).
b) Bild tagen med UV-belysning.
c) Bild b efter multivariat bildanalys.

Tabell 2: Klassificering av kärna/splint baserat på UV-fluorescensmätningar på 109 provbitar.

Verklig vedtyp	Prediktion baserat på UV	
	Kärnved	Splintved
Kärnved	95	1
Splintved	0	13

4.7 Slutsatser från laborieförsök

- UV-fluorescensmätningar påverkas av såväl ytstruktur som ytans ålder, fuktkvot och vilken torkmetod som använts
- UV-fluorescensmätningar kan användas för att skilja på kärn- respektive splintved för konditionerade prover
- UV-fluorescensmätningar kan användas för att hitta kärnved med hög pinosylvinhalt
- NIR-mätningarna gav inte tillräcklig noggrannhet för att kunna användas som referens

5 Tester med en industriell prototyp

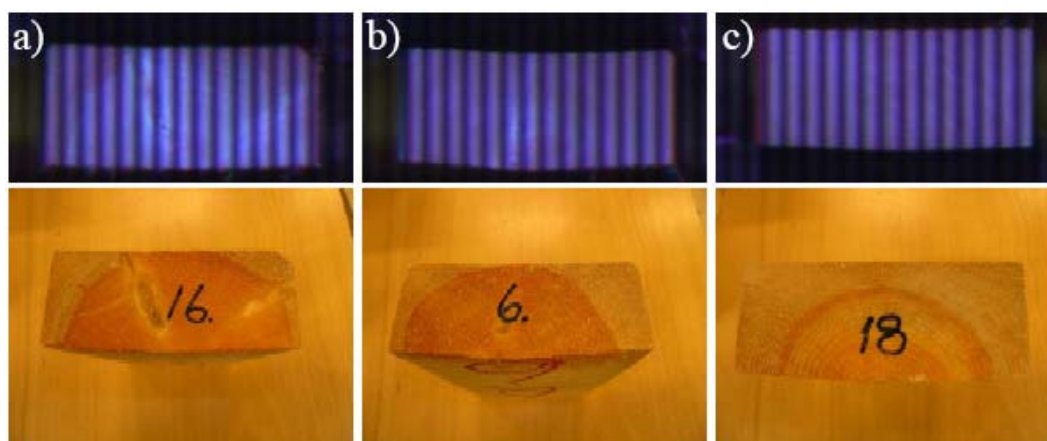
Baserat på erfarenheterna från laborieförsöken beslöt referensgruppen att utvecklingen av en industriell prototyp skulle inriktas på att utveckla en metod för att mäta kärnvedsandel i justerverk. Denna tillämpning gör att man kan mäta på en nyss kapad yta med känd fuktkvot. Detta innebär att man undviker en okänd inverkan från de parametrar som undersöktes i laborieförsöken. Prototypen (Figur 9) installerades i Malå sågverks justerverk i oktober och försöken gjordes under november. Under arbetet med prototypen testades olika UV-ljuskällor. Tyvärr var det inte möjligt att under denna begränsade tid ta fram en UV-belysning som fungerade tillfredsställande i industriell miljö. Därför gjordes försöken med samma typ av UV-belysning som användes i laborieförsöken. Detta gav dels upphov till mörka ränder i bilderna på grund av att lampan drivs med 50 Hz växelspanning, dels var inte intensiteten tillräckligt hög.



Figur 9: Den industriella prototypen installerad i justerverket vid Malå sågverk.

5.1 Resultat från industriella försök

Försöken med den industriella prototypen visade att algoritmer etc. hann med i industriell hastighet (cirka 75 bitar/minut vilket innebär cirka 1 m/s). UV-fluorescensbilderna (Figur 10) visar tydligt på de effekter som 50 Hz-störningarna ger. Ett försök med 50 slumpvis valda plankor i dimensionen 50x125 mm visade på stor variation vad gäller hur tydligt kärnveden framträdde i UV-fluorescensbilderna. För drygt hälften av plankorna (28 stycken) framträdde kärnveden relativt tydligt (Figur 10a). Av de övriga plankorna var tio stycken gränsfall för vilka skillnaden mellan kärn- och splintved var otydlig medan det för de resterande tolv plankorna inte gick att urskilja kärnveden i fluorescensbilderna. Alla 50 bitarna togs tillbaka till laboratoriet och en visuell bedömning av UV-fluorescenseffekten gjordes där. I laboratorieförsöken framträdde kärnveden tydligt för alla bitar och man kunde även se intensitetsvariationer som överensstämde väl med variationen i reagensens intensitet (se till exempel Figur 10c). Slutsatsen av dessa försök blir att en bättre designad UV-belysning krävs för att i en industriell tillämpning uppnå den noggrannhet som laborieförsöken har visat på.



Figur 10: Exempel på resultat vid mätning med industriell prototyp. 50 Hz-störningarna framstår tydligt i UV-fluorescensbilderna.
 a) Både UV-fluorescens och reagens är tydlig för bit 16.
 b) Bit 6 har tydlig reagens men relativt otydlig UV-fluorescens.
 c) Bit 18 har både otydlig reagens och otydlig fluorescens.

6 Slutsatser

Följande slutsatser kan dras av de resultat som uppnåtts inom i projektet:

- + God kunskap om vad som påverkar fluorescensmätningarna
- + UV-fluorescens teknik mäter pinosylvinhalt med högre noggrannhet än NIR
- UV-fluorescensen gör det inte möjligt att mäta mängden hartssyror
- + Labförsöken visade att UV-fluorescens teknik kan användas till att separera kärna från splint med hög noggrannhet
- Industriella tillämpningar ställer mycket höga krav på UV-belysningen
- Den industriell prototypen ger i nuvarande utförande inte tillräcklig noggrannhet

7 Behov av fortsatt arbetet

Följande måste göras för att ta fram en fungerande industriell lösning:

- Ta fram en bättre UV-ljuskälla
- Utvärdera ett större material för bättre kartläggning av antalet bitar med tydlig respektive otydlig UV-fluorescens
- Verifiera sambandet mellan otydlig UV-fluorescens och låg pinosylvinhalt för ett större material
- Förbättring av bildanalysalgoritmer

8 Referensgruppens slutsatser

Referensgruppens slutsatser efter det avslutande referensgruppsmötet var att tekniken fortfarande är mycket intressant. Det projekt som nu avslutas bör först följas upp med ett mindre projekt där målet är att ta fram en bättre UV-belysning. Därefter kan ett större projekt startas med syfte att få fram dels en färdig industriell utrustning, dels bättre kunskap om hur virke med olika pinosylvinhalt bäst används.

9 Referenser

Patentansökan 0004304-2. Kvalitetskontroll av trä. 2001.

Nyström, J. 2002. Detektering av furukärna och pinosylvinhalt med bildbehandlingsbaserade metoder. Internrapport Träteknik LTU.

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, resurshushållning och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är drygt 750 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP Träteknik
 SP RAPPORT 2006:03
 ISBN 91-85303-86-0
 ISSN 0284-5172



SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Box 857
 501 15 BORÅS
 Telefon: 033-16 50 00, Telefax: 033-13 55 02
 E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

A Member of

