

# Mätning av årsringsbredd med laser

Margareta Festin

Luleå tekniska universitet  
Civilingenjörsprogrammet  
Träteknik  
Institutionen för LTU Skellefteå  
Avdelningen för Träteknologi

## Abstract

Visual grading of wood can be used to determine its quality, as for example stiffness and strength. Two of the visual grading parameters are the average number of annual rings within the board and the position of the pith. The aim of the work is to investigate if it is possible to use laser dots reflected on a wood surface in order to detect the thicknesses of annual rings. Today the industry uses this equipment with lasers to measure fibre angle and in sawn wood during cross transport in the sorting. In the information on fibre angle there is a distinct noise that is not related to the fibre angle. This work is based on the hypothesis that the noise contains information on sizes of annual rings.

To measure the fibre angle, a method that is based on the tracheid effect has been used. The tracheid effect appears when a wood surface lights up with a laser dot or a laser line, the light spreads more along the fibres than across it. Due to this, the reflected light forms a laser dot, which is elliptic with its main axis along the fibres. In the collected data from the equipment used in this study to measure fibre angle, there is information on the eccentricity, or the ovality, of the laser dot and the angle of the main axis. The latter is equivalent to the measured fibre angle. In this work these measured values have been plotted and compared with the visual images of the measured wood surfaces. The main results are:

- The ovality on the laser dot is to a large extent dependent on the surface structure of wood. A rough surface has less and higher peaks in ovality than a planed surface.
- The wood samples with wide, dark annual rings with good contrast, shows that the annual ring pattern may match well with variations of measured fibre angle and variations of the laser dot's ovality. However, this correlation was not observed on all samples with this kind of surface pattern.
- The number of peaks in fibre angle and eccentricity have been counted and compared with the number of visible annual rings on the surface. Samples with wide annual rings showed less peaks than samples with narrow annual rings. However, the numbers of peaks does not have a good correlation to the number of annual rings.

An investigation on the possibility of estimating density by using the area or the eccentricity of the laser dot has also been carried out. The result of the investigation was:

- No correlation was found between density and area or density and eccentricity of the laser dot.

The results are ambiguous and indicate that there are correlations that have not been clarified in this work. Further investigations should be done to be able to tell if this method can be used for detecting sizes and positions of annual rings.

*Key words:* annual rings, tracheid effect, sorting, fibre angle, eccentricity, ovality

## Sammanfattning

Visuella kännetecken på trä kan användas för att försäkra sig om dess kvalitet, till exempel träets hållfasthet och styvhet. Medelantalet årsringar i brädan och märengens position är två av dessa parametrar. Målsättningen i arbetet har varit att undersöka om det är möjligt att använda mätning med laserpunkter för att detektera årsringarnas bredd. Idag används en sådan utrustning med tre laserpunkter i industrin för att mäta fibervinkeln i plankor vid tvärtransport. I data som innehåller information om fibervinkeln kan man se ett tydligt brus, som inte är relaterat till fibervinkeln. Detta arbete bygger på hypotesen att bruset innehåller information om årsringars bredd och storlek.

För att mäta upp fibervinkeln har en teknik som baserat sig på trakeideffekten använts. Trakeideffekten är benämningen på det fenomen som uppstår när en träyta belyses med en laserpunkt eller en laserlinje, ljusets sprids då bättre längs fiberriktningen än tvärs fiberriktningen. Eftersom ljuset sprids i träfibrernas längdriktning blir en laserpunkt elliptisk och ellipsens långa axel sammanfaller med träets fiberriktning. I värdena som man får fram vid mätningar med laserpunkten mot en träyta, finns information om laserpunktens excentricitet och fibervinkelvärdet. I denna undersökning har dessa värden ritats upp i grafer och jämförts med träbitarnas ytor. De viktigaste resultaten är:

- Excentricitetskurvans utformning beror till stor del på brädans ytstruktur, en ohvylad yta ger betydligt färre och högre toppar i excentricitet jämfört med om ytan är hvylad.
- De provbitar som har breda, mörka och tydliga årsringar, visar att årsringsmönstret kan stämma bra med fibervinkel- och excentricitetskurvorna. Dock observerades detta samband inte på alla sådana årsringar.
- Toppar i fibervinkel- och excentricitetskurvorna har räknats och jämförts med antalet årsringar. Provbitar med breda årsringar har färre toppar än de med smala årsringar, men antalet toppar har inte en klar koppling till antalet årsringar.

En undersökning om densitets mätning med trakeideffekten har också utförts, detta för att undersöka om träets densitet hade något samband med laserpunktens area och excentricitet, resultatet av den undersökningen är:

- Det finns inget tydligt samband mellan densitet och area hos laserpunkten, eller mellan densitet och excentricitet.

Resultaten är inte entydiga och det visar på att det kan finnas samband som inte har klargjorts i detta arbete. Fler undersökningar måste göras innan det går att säga om denna metod går att använda sig av för att detektera årsringars bredd och storlek.

*Nyckelord:* årsringar, trakeideffekten, sortering, fibervinkel, excentricitet

## **Förord**

Detta examensarbete behandlar det arbete som jag utfört på uppdrag av SP Trätek i Skellefteå och som examinerats vid Luleå tekniska universitets institution för träteknik i Skellefteå.

Syfte var att kontrollera om det går att beräkna antalet årsringar med hjälp av den utrustning som idag används för att beräkna kärnved och fibervinkel vid tvärtransport av bräddor i sågverk. Arbetet har pågått under tiden mars till september år 2006.

Forskare Johan Oja har varit min handledare på SP Trätek i Skellefteå och universitetslektor Micael Öhman har varit examinator vid Luleå tekniska universitet.

Merparten av Examensarbetet har gjorts vid SP Trätek i Skellefteå, där granskning och försök har utförts.

Jag vill tacka min handledare Johan Oja för hjälp och stöd i arbetet när resultaten inte var de bästa. Jag vill tacka Curt Långström vid Wallmarks såg AB för de provbitar som jag fick hämta där och Birger Marklund, för hans hjälp med att förklara hur CT tomografen fungerade. Jag vill även tacka Jonas Danvind som har svarat på många frågor.

Skellefteå 2006

Margareta Festin

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>7</b>
1.1	BAKGRUND	7
1.2	SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	7
<b>2</b>	<b>LITTERATURSTUDIE</b>	<b>8</b>
2.1	VAD ÄR EN ÅRSRING?	8
2.2	VARFÖR VILL MAN SE HUR TRÅDET SER UT PÅ INSIDAN?	9
2.3	VAD FINNS DET FÖR UTRUSTNING PÅ MARKNADEN SOM KAN SE ÅRSRINGAR?	10
2.4	HUR KAN MAN GÖRA FÖR ATT DETEKTERA ÅRSRINGARNA PÅ PLANKAN?	10
<b>3</b>	<b>MATERIAL OCH METOD</b>	<b>12</b>
3.1	MATERIALBAKGRUND	12
3.1.1	DATA SOM FÅS FRÅN KAMERA OCH LASERPUNKTE	13
3.2	METOD	14
3.2.1	INLÄRNING AV PROGRAMVARA	14
3.2.2	PROGRAMMERING	14
<b>4</b>	<b>FÖRSÖK INDUSTRIDEL</b>	<b>16</b>
4.1	BAKGRUND	16
4.2	MATERIAL OCH METOD	16
4.2.1	JÄMFÖRELSE MELLAN FIBERVINKELKURVA OCH PROVBITAR	16
4.2.2	JÄMFÖRELSE MELLAN EXCENTRICITET KURVA OCH PROVBITAR	17
4.2.3	JÄMFÖRELSE MELLAN AREA KURVA OCH PROVBITAR	17
4.3	RESULTAT INDUSTRIDEL	17
4.3.1	RESULTAT I JÄMFÖRELSE MELLAN FIBERVINKELKURVA OCH PROVBITAR	17
4.3.2	RESULTAT I JÄMFÖRELSE MELLAN EXCENTRICITETKURVA OCH PROVBITAR	18
4.3.3	RESULTAT I JÄMFÖRELSE MELLAN AREAKURVAN OCH PROVBITAR	18
4.4	DISKUSSION INDUSTRIDEL	19
4.5	KONTROLL AV MITTENPARTI AV PROVBITAR PÅ SPLINTSIDAN	20
4.5.1	BAKGRUND	20
4.5.2	MATERIAL OCH METOD	20
4.5.3	RESULTAT	21
<b>5</b>	<b>FÖRSÖK LABORATIONSDEL</b>	<b>22</b>
5.1	BAKGRUND	22
5.2	MATERIAL OCH METOD	22
5.2.1	PROVMATERIAL	22
5.2.2	FÖRSÖKSUTRUSTNING OCH PROVTAGNING	22
5.2.3	ANALYS AV PROVER	23
5.2.4	ANTAL ÅRSRINGAR JÄMFÖRT MED ANTALET TOPPAR	23
5.3	RESULTAT	24
5.3.1	RESULTAT, JÄMFÖRELSE MELLAN FIBERVINKELKURVA OCH PROVBITAR	24
5.3.2	RESULTAT I JÄMFÖRELSE MELLAN EXCENTRICITETKURVA OCH PROVBITAR	25

## *Mätning av årsringsbredd med laser*

5.3.3	RESULTAT I ANTAL ÅRSRINGAR JÄMFÖRT MED ANTALET TOPPAR	26
<b>5.4</b>	<b>DISKUSSION LABORATIONSDEL</b>	<b>29</b>
<b>5.5</b>	<b>JÄMFÖRELSE MELLAN HYVLADE OCH OHYVLADE YTOR</b>	<b>30</b>
5.5.1	BAKGRUND	30
5.5.2	MATERIAL OCH METOD	30
5.5.3	RESULTAT	31
5.5.4	DISKUSSION	33
<b>6</b>	<b>JÄMFÖRELSE INDUSTRI- OCH LABORATIONSDEL</b>	<b>34</b>
<b>6.1</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>DENSITETSMÄTNING MED HJÄLP AV TRAKEIDEFFEKTEN</b>	<b>35</b>
<b>7.1</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>35</b>
<b>7.2</b>	<b>MATERIAL OCH METOD</b>	<b>35</b>
<b>7.3</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>37</b>
<b>7.4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>SLUTSATS</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>BILAGA</b>	<b>42</b>
<b>10.1</b>	<b>BILAGA 1</b>	<b>42</b>
<b>10.2</b>	<b>BILAGA 2</b>	<b>43</b>
<b>11</b>	<b>APPENDIX</b>	<b>44</b>

## **Inledning**

### **1.1 Bakgrund**

Trä är ett material som har olika utseende och karaktär, det är vad som ger materialet dess stora tjusning samtidigt som det kan bli svårt att arbeta med. De företag som tillverkar varor i trä vill att materialet ska se ut på ett visst sätt för att det ska passa till de produkter som de tillverkar. I ett trägolv önskas till exempel ofta att variationen i plankorna ska synas tydligt, då ett levande uttryck är vad som strävas efter. Vid andra applikationer kan det vara andra egenskaper som är viktiga, då eftersträvas kanske en produkt utan stor variation i utseende. När man arbetar med trä kan det vara svårt att uppnå kundens specifika krav då ingen bräda är den andra lik. Det kan vara stora kvistar, för många kvistar, döda kvistar, röta, blånad, breda eller smala årsringar och så vidare. Detta har gjort att trä valts bort som material i vissa avseenden där det tidigare varit det vanligaste materialet [1].

Visuella kännetecken på trä kan användas för att försäkra sig om dess kvalitet, till exempel träets hållfasthet och styvhet. Medelantalet årsringar i brädan och märengens position är exempel på virkets kvalitets parametrar [2]. Svårigheten med att arbeta med årsringar är att de inte kan göras om till cirklar eller ellipser i en modell. Det är endast "nästan" cirklar eller ellipser men som vi vet finns det oändligt många olika sätt att rita upp en årsring på [2].

I flera länder är det årsringsbredden som är nyckelvärdet för visuell gradering/klassning av virke, det används för att klassa trä vad gäller utseende och hållfasthet [2].

### **1.2 Syfte och målsättning**

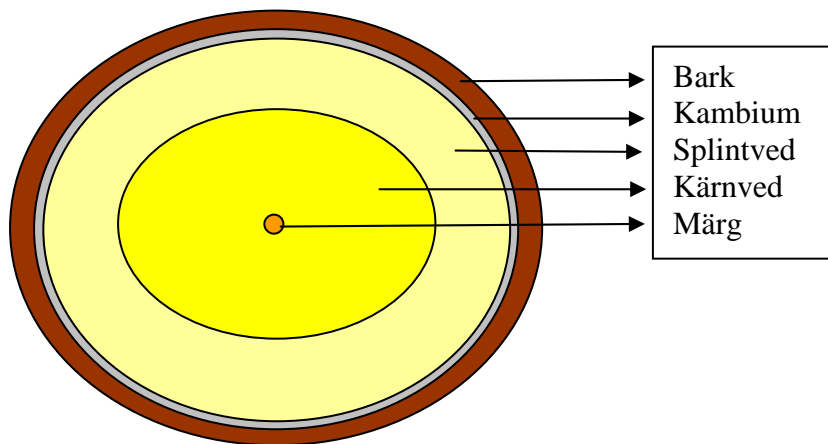
I examensarbetet har det undersökts om det är möjligheten att använda signal mätning med laser för att detektera årsringarnas bredd. Idag används denna mätutrustning i industrin för att mäta fibervinkeln och kärnved i plankorna vid tvärtransport. På de grafer som fibervinkeln kan beräknas finns också en indikation på att det "brus" som finns med, kan innehålla information om årsringar och märengposition. Syftet är att undersöka om detta "brus" går att använda för att få fram information om årsringarnas antal och position.

## 2 Litteraturstudie

### 2.1 Vad är en årsring?

Trä är ett biologiskt material som innehåller många delar för att trädet ska fungera i symbios med naturen. Årsringen sitter i trädets stam, som har som uppgift att bära upp trädkronan och transportera upp näring, (mestadels vatten och lösta mineralämnen) från rot till kronas bladverk där fotosyntesen sker [3].

Trädets stam är uppbyggt av bark, kambium, ved och märke, (se figur 1). Barken sitter längst ut på stammen och består av ytterbark och innerbark. Ytterbarken är döda celler som fungerar som ett skyddande lager för trädet, innerbarken är levande celler och leder vid fotosyntesen kolhydrater nedåt i stammen. Kambium finns innanför barken och är ett tunt cellskikt som består av levande celler, det är där nya celler bildas. Kambialceller har en förmåga att dela sig och på så sett tillverkas nya vedceller som senare blir årsringar och ny bark.



**Figur 1.** En furustock i genomskärning, den innehåller bark, kambium, splintved, kärnved och märke.

Varje sommar bildas ett nytt lager cellmassa som löper obruten ända ut till grenarna, cellerna staplas ovanpå varandra och en ny årsring bildas. Den ved som bildas först, närmast märke kallas juvenilved eller ungvädd och består av de 10-20 årsringarna närmast märke. När trädet blir lite äldre, behöver det inte längre alla cellerna i stammen för att transportera näring. Då dör de celler som är närmast roten och märke, den döda veden kallas då för kärnved. Kärnveden bidrar huvudsak till att vara stabiliteten i stammen och den som håller upp hela trädet. Utanför kärnveden kallas de levande cellerna för splintved, det är där vattentransporten sker till trädets krona. Allteftersom trädet blir äldre kommer successivt ny splintved att bildas i nya årsringar och de inre delarna närmast märke dör och blir kärnved. Märken är den innersta delen av trädet och består av celler som årligen nybildas i trädets toppskott. Märken syns som en brun fläck i centrum av årsringarna [3].

Lättast att se årsringarna är i ändträt på en trädstam, där ses ett mönster som koncentriska band av varierande bredd, (se figur 2). En årsrings bredd kan variera mellan någon tiondel mm till 10 mm, beroende på vart trädet befinner sig i Sverige. Granskas hela värden så är variationen ännu större. Inom varje årsring finns en ljusare del som kallas vårved och en yttre



mörkare ofta tunnare delar som kallas sommarved. Dessa två har bildats på våren respektive sommaren [3].



**Figur 2.** Årsringar i furuved med varierande bredd och storlek..

Trädens årsringar varierar i bredd för att klimatet växlar beroende på vart trädet levit. Ett träd som har fått mycket värme, ljus och näring har bredare årsringar och har då växt fortare än ett träd som har fått lite värme, ljus och näring och har då smalare årsringar. Eftersom trä är ett biologiskt material som är uppbyggt av celler så finns det inte något träd som ser exakt lika ut som ett annat. Men årsringarnas mönster stämmer normalt relativt bra överens hos träd som vuxit i områden med likartade markförhållanden och klimat [3].

Fura och gran som växer på den nordliga breddgraden bildar långa och raka stammar. När tillväxten är långsam blir årsringarnas medelbredd liten. Som kriterium för långsam tillväxt brukar man säga 10 årsringar per 25 mm. [4]

Enligt nordiska sorteringsregler så varierar årsringsbredden mellan skilda skogsområden beroende på de olika växtbetingelserna, (som nämnts tidigare). Generella värden för den genomsnittliga årsringsbredden i de olika kvalitetsklasserna (A, B, C och D) anges därför inte, istället kan eventuella krav skrivas in i kontrakt mellan säljare och köpare. När årsringsbredden definieras menas den genomsnittliga bredden. Då mäts de årsringar som ligger mer än 25 mm från synlig eller tänkt märke. Årsringsbredden bedöms oftast i rotändan på grund av praktiska skäl. Den anges i mm. [4]

## 2.2 Varför vill man se hur trädet ser ut på insidan?

Det har blivit allt viktigare att kontrollera träegenskapernas variation. När kunder i större utsträckning kräver sågade produkter med speciella egenskaper vad det gäller dimension, fuktkvot, skevhet men kanske allra mest med avseende på estetiska kvaliteter. För att kunna leva upp till dessa krav måste rätt stock eller bräda väljas ut för rätt produkt. [5]

Den stora utmaningen i träindustrin har alltid varit att välja de träbitar med egenskaper som gör att de kan användas till att tillverka många olika produkter. Förr i tiden var det skickliga yrkesmän med lång erfarenhet och mycket tid för att välja ut rätt träd för varje produkt som skötte urvalsprocessen. När träindustrin sen förändrades och blev mer och mer industrialiserad och tiden för att välja ut rätt träd för rätt produkt allt mindre, försämrades också urvalsprocessen. Detta har gjort att i dagens sågverk kan upp till 50 procent av det som produceras vara sådant som inte riktigt stämmer överens med vad kunden ville ha från början. På så sätt försämras kundernas betalningsförmåga. [6]

## 2.3 Vad finns det för utrustning på marknaden som kan se årsringar?

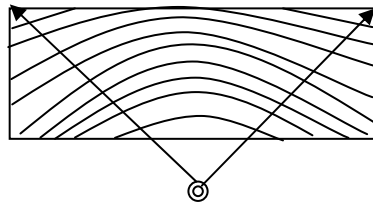
Röntgenramar av olika slag finns på marknaden, de mäter oftast på hela stockar och visar de mesta av stockens olika inre kvalitéter. De har tagits fram för att lättare kunna sortera stockarna till rätt slutprodukt redan i början av produktionskedjan. Några av dessa mätramar kan även se årsringstätheten [7],[8],[9], [10].

## 2.4 Hur kan man göra för att detektera årsringarna på plankan?

### Detektering av årsringar på tvärsnittsyta

Det har visat sig svårt att detektera årsringarna på tvärsnittet endast genom att titta visuellt på bilder. Detta beroende på att sågsnittet ofta förstör och förvränger ytan [2].

I den tyska normen DIN 4074 detekteras först mörgen, centrum för årsringarna. Sedan bestäms medelårsringsbredden genom att en linje dras upp från mörgens position till hörnen på brädan, (se figur 3) [2].



**Figur 3.** Årsringarna syns tydligt på plankans tvärsnittsyta med linjer som går från den beräknade mörgens position till plankans hörn. En förenklad version av DIN 4074.

### Putsad tvärsnittsyta

Ett sätt att bestämma årsringsbredden av många är att först ta en bild på tvärsnittet [2]. Denna bild delas sedan in i mindre regioner av en bestämd storlek. De mindre bilderna kan överlappa varandra. Sedan bestäms gradienten i de mindre bilderna, alla gradienterna bör peka mot mörgens centrum koordinat. I verkligheten pekar de inte exakt mot centrum, men i de flesta fall nära nog. Fortsättningsvis görs en lokal tröskling där alla pixlar med ett gråskalevärde, lägre än det adaptiva trösklingsvärdet, borde vara en pixel som markerar en årsring. En hopkopplad komponent av pixlar (ca 20x20 pixlar) blir då en tangent av en årsring. Varje linje som går vinkelrät genom tangenten kallas gradient linje och borde peka mot årsringens centrum. För varje tangent som uppstår i bilden bildas det också en gradient linje som pekar mot ett möjligt centrum. För en bild med 740x250 pixlar blir det upp till 500 gradient linjer. Flera av dessa kan visa fel då det kan ha funnits en kvist eller en spricka på den positionen i tvärsnittsbilden.

Så några gradientlinjer visar helt fel och de som visar rätt har en ursprungsmodell som säger att årsringen är en cirkel. Det stämmer inte riktigt då en årsring kan böja sig lite hur som helst. För att lösa detta problem används en Hough transformation, den räknar ut hur många gånger varje cell träffas av en gradientlinje. De celler som träffas flera gånger bidrar sedan till att hitta mörgens position. När mörgens position är hittad är det inga problem med att beräkna medelårsringsbredden. En linje dras från mörgrpositionen till höger och vänster hörn i träbiten. Sedan räknas antal träffor mellan den uppdragna linjen och tangentlinjen som visar att här

## *Mätning av årsringsbredd med laser*

finns en årsring. Vidare beräknas årsringsbredden genom att ta längden på den uppritade linjen delat med antalet korsningar/årsringar [2].

### Ej putsad yta

Industriellt skulle det vara mycket svårt att putsa tvärsnittsytan, det skulle både ta tid och kosta pengar. Bestämna årsringsbredden på en oputsad yta är besvärligare eftersom det kan finnas snö, smuts eller andra störningar, då blir det svårt att detektera årsringarna endast genom att titta på träytan[2].

### Industriell CT-skanning av stockar

Teknologin som finns i medicinska CT skannrar har börjat överföras till industrins applikationer. Att hitta inre svagheter/defekter i en stock med en snabb och icke förstörande metod kombinerat med formmätning kan ge en bra beskrivning av stockens kvalitet. Medicinska skannrar har visat sig ha kapaciteten att producera bilder med väldigt hög kvalitet. Olyckligtvis har de vissa nackdelar, till exempel hastighet, säkerhet, storleken på utrustningen och rekonstruktionscykel när de ska användas i sågverksmiljö. Industriella CT skanners arbetar som medicinska men deras röntgensystem är gjort för att gå 24 timmar per dygn. De måste gå i betydligt högre hastighet och tillåts ha större luckor. Priset man får betala för detta är sämre bildkvalitet. Automatiska metoder krävs för att analysera bilderna och få till en bättre kvalitet för att det ska fungera bra i industrin. Produktionen av specifika produkter i konstruktions virke kräver att man vet positionen på mörgen för att man ska kunna bestämma hur stocken på bästa sätt ska behandlas. Med en bra CT skanning kan man se bland annat kvistar, tjurved, sprickor, kådlåpor och andra defekter [17].

När man ska detektera årsringarna kan man se dessa som en ordnad struktur. I en bild utan defekter kan bilden beskrivas som en sinuskurva där årsringarna blir toppar och dalar. Ett vanligt sätt att undersöka bildernas egenskaper är att tänka sig bilden som en linjär kombination av ortogonala funktioner. Detta hjälper till att hitta mönster i bilderna[17].

Efter att man lokaliserat årsringarna segmenterar man dem genom vanlig tröskling. Mörgen lokaliserar genom att man tänker sig mörgen i centrum av årsringarna. För att göra detta används en Hough transform (fungerar enligt förklaring i stycke: detektering av årsringar på tvärsnittsyta) som är robust mot brus, formförändringar osv. Ett problem är att årsringarna inte är "riktiga" cirklar. Årsringarna framträder som kedjor av pixlar och bildar strängar som visar vart årsringarna ligger. Ringarnas centrum detekteras och den position som har flest träffar bestäms till det plats som mörgen lokaliserats till [17].

Det största problemet med industriell CT-skanning är att den inte kommer upp i de rätta hastigheterna[17].

### 3 Material och metod

#### 3.1 Materialbakgrund

Den utrustning som används för att mäta fibervinkeln består av tre punktlasrar som lyser på brädans ovansida och tre som lyser på undersidan. En kamera sitter nedanför laserarna och tar bilder av brädans under- respektive översidan när den passerar förbi (se figur 4). Detta ger tre profiler på varje sida. Varje profil ligger lite förskjuten jämfört med den nästkommande för att undvika att alla laserpunkter ska träffa samma område.



**Figur 4.** *Fibervinkel- och kärnvedsmätare [1] i ett sågverk. De tre laserpunkterna kan ses i kanten på den närmaste plankan, samtidigt som kameran tar bilder. Det sitter två likadana mätenheter på virkets över- respektive undersida för att få med brädans båda sidor i mätningen.*

För att kunna mäta upp fibervinkeln har en teknik som baserat sig på trakeideffekten [11] visat sig möjlig i tvärtransport. Trakeideffekten kallas det fenomen som uppstår när en träyta belyses med en laserpunkt eller en laserlinje, ljusets sprids då bättre längs fiberriktningen än tvärs fiberriktningen (se figur 5). Laserpunkten uppstår då en laserstråle träffar en yta, vilket utseende punkten får beror på hur ytans material är uppbyggt. Om materialet ser lika ut i alla riktningar bildas en cirkel, när laserstrålen träffar en träyta är punkten elliptisk. Eftersom ljuset sprids i träfibrernas längdriktning sammanfaller ellipsens långa axel med fiberriktningen.

## Mätning av årsringsbredd med laser



**Figur 5.** *Trakeideffekten [11]. Träytan belyses med en punktlaser, ljuset sprids i träytan med större ljusspridning i fibrernas längsriktning jämfört med i fibrernas tvärsriktning.*

Trakeideffekten kan utnyttjas för att mäta fiberriktningen på sågade träytor och växtvridenhet hos trästockar. Hos alla träd går fibrerna i en spiralform runt stammen men i olika riktning och vinkel. Ett normalt träd i Sverige är vänstervridet nära mörgen, sedan övergår vridningen sakta till rakfibrigt och senare, närmast barken i ett äldre träd är fibrerna högervridna [13].

### 3.1.1 Data som fås från kamera och laserpunkte

I data som fås fram vid mätningar med laserpunkten mot en yta, (se bilaga 1) finns information om laserpunktens area, excentricitet och fibervinkelvärden, alla med olika värden för respektive punktlaser. Excentriciteten visar hur rund punkten är. Om punkten är exakt cirkulär har den värdet 1, värden långt ifrån 1 visar att punkten har en utdragen elliptisk form[12].

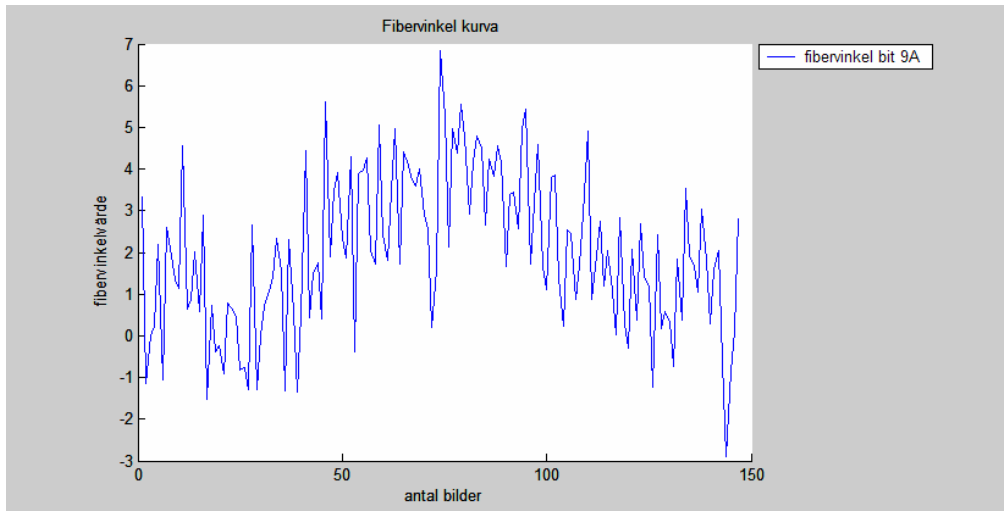
## 3.2 Metod

### 3.2.1 Inlärnin g av programvara

Då programmet MATLAB är det som tidigare används för att analysera data från trakeidmätning så inleddes projektet med att lära sig programmera i MATLAB.

### 3.2.2 Programmering

Steg 1: Var att göra ett MATLAB program som plottar fibervinkeln (se figur 6).



**Figur 6.** *Fibervinkelkurva uppritad från en furubr äda med mått 125 mm. Kameran har tagit ca 150 bilder på br ädan när den transporterades tv ärg äende förbi kameran.*

Steg 2: Var att göra ett MATLAB program som filtrerade bort grundniv ån i fibervinkelkurvan. Detta gjordes för att grundniv ån analyserar fibervinkeln, här är vi intresserade av bruset. Det gjordes genom att använda ett 1-Dimensionellt median filter i MATLAB. Ett median filter används vanligtvis för att reducera ”brus” i en bild. Ett filter fungerar genom att det tar hänsyn till varje bildpixel i bilden i ordning och kollar på dess närmaste grannar, för att bestämma om pixeln är representativ i dess omgivning eller inte. Istället för att byta ut pixelns värde med medelvärdet av alla grannars pixelvärde så byts den ut till median värdet. Median beräknas genom att först sortera pixlarnas värden från de närmaste grannpixlarna i numerisk ordning och sedan välja ut det värde som blir i mitten. Om värdena består av ett jämt antal av pixlar används de två mittersta värdena och ett medelvärde av dessa två används (se figur 7) [14].

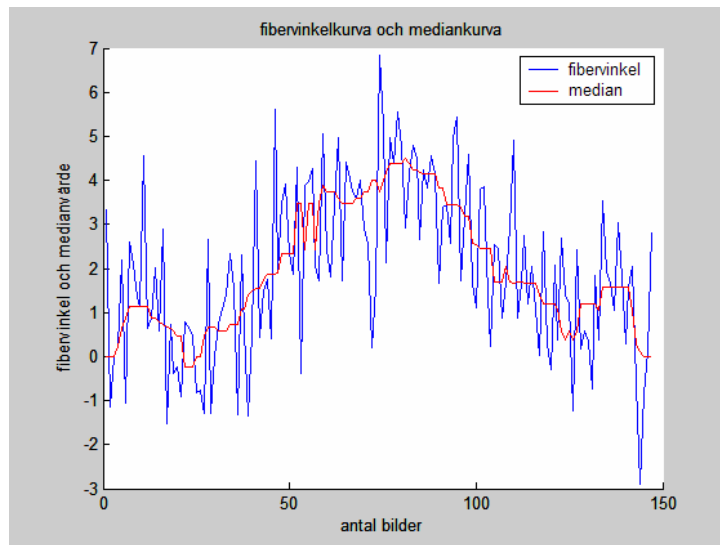
Ofiltrerat	1	8	5	3	4	6	1	8	5
Filtrerat	1	5	5	4	4	4	6	5	5

**Figur 7.** *Den översta raden visar en ofiltrerad kombination av siffror. Den nedre raden, är den övre raden filtrerad med ett 1-Dimensionellt medianfilter som är tre värden långt.*

För att räkna ut medianvärdet i fibervinkeln och excentricitetskurvan har dessa värden räknats om med hjälp av en programkod (se bilaga 2). Varje mätvärde har räknats om med de närmaste 14 mätvärdena. För att komma fram till att 15 bilder var det bästa antalet för att få en kurva som stämmer bra, gjordes tester på 5, 10, 15, 20 och 25 bilder och sedan valdes det nummer ut som gav det bästa resultatet. I figur 8, kan man se den ursprungliga

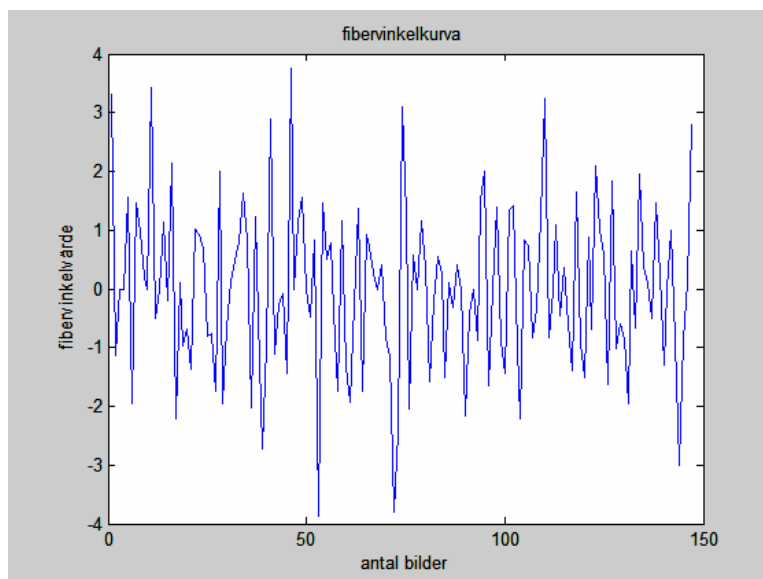
## Mätning av årsringsbredd med laser

fibervinkelkurvan i blå färg, med höga toppar och dalar, och den uträknade mediankurvan med röd färg som går genom fibervinkelkurvan och följer grundnivåkurvan bra.



**Figur 8.** Fibervinkelkurva som är blå med höga toppar och dess uträknade mediankurva som är röd och följer grundnivån. Värdena är tagna på en furubräda med mått 125 mm. Kameran har tagit ca 150 bilder på brädan.

För att sedan få bort grundsvängningen i fibervinkelkurvan, gjordes en beräkning där man tog fibervinkelskurvan minus mediankurvan (se figur 9). Detta gör att kurvan ligger med ett medelvärde runt noll och det är då lättare att kontrollera och se vart de höga eller låga topparna befinner sig.



**Figur 9.** Samma fibervinkelkurva som i figur 8 men här har median filtret används och grundnivåsvängningarna är borta.

## 4 Försök industridel

### 4.1 Bakgrund

Eftersom några sågverk idag använder kärnveds- och fibervinkelsutrustning och gör mätningar med dessa, var det lämpligt att börja med några provförsök från dessa sågverk för att se om MATLAB programmet fungerade.

### 4.2 Material och metod

På 16 provbitar av furu med dimensionen 125 mm från Malå sågen gjordes de första försöken. Dessa mätningar var gjorda då virket var i rätt tillstånd. På sågen finns det en mätutrustning för fibervinkel, varje provbit har körts igenom lasermätningen fyra gånger, först två gånger med ena sidan upp och sedan två gånger med andra sidan upp. Varje provbräda har numrerats för att man lättare ska kunna hålla ordning på vilken bräda som är vem, pilen i figur 10 visar i vilken riktning provbiten transporterats. Efter gjorda mätningar i sågverket togs provbitarna till SP Träteck i Skellefteå för noggrannare studie.



**Figur 10.** Visar provbit nummer ett som är en granplanka med splintsidan upp. Pilen visar plankans transport riktningen genom laserutrustningen.

#### 4.2.1 Jämförelse mellan fibervinkelkurva och provbitar

Fibervinkelkurvorna analyseras med hjälp av MATLAB där de plottas i figurer efter att medianfiltret använts. Sedan jämförs kurvorna med provbitarna för att kontrollera om topparna i figurgrafen är beroende på årsringarna eller bara vanligt ”brus”. Om det förekommer kvistar, sprickor, märe eller annan störning för mätningen görs en analys av hur det påverkar figurkurvan. Eftersom tre profiler tas på varje bräda, gör det att om en av laserstrålarna träffar ovanligt mycket kvist eller råkar ut för annan störning så ska de andra två ge rätt värden och ett bra resultat ska kunna räknas ut på bräden ändå.

För att jämföra graferna och träbitarna, skrevs kurvorna ut för att sedan manuellt med ögats hjälp jämföras med träbitarna. Graferna för punkt 1 är de som jämförts i första hand. De brädor som hade bredast och tydligaste årsringar undersöks noggrannare och med fler grafer. Bilder har också tagits på träbitarna för att lättare kunna jämföra graferna och träbitarna direkt på datorskärmen.



#### 4.2.2 Jämförelse mellan excentricitet kurva och provbitar

Excentricitets kurvan beräknas med hjälp av MATLAB och medianfiltret används på kurvorna. Sen jämförs figurerna med provbitarna för att kontrollera om figurgrafen har något att göra med årsringarna eller om det är bara "brus" utan information om årsringsbredd. Om det förekommer kvistar, sprickor, märmg eller annan störning för mätningen görs en analys av hur det påverkar figurkurvan.

Jämförelsen sker på samma sätt som vid jämförelsen mellan fibervinkelkurvan och provbitarna.

#### 4.2.3 Jämförelse mellan area kurva och provbitar

Areakurvan jämförs med träbitarna för att kontrollera om figurgrafen har något att göra med årsringarna eller om det bara är "brus" utan information. Om det förekommer kvistar, sprickor, märmg eller annan störning för mätningen görs en analys av hur det påverkar figurkurvan.

Jämförelsen sker på samma sätt som vid jämförelsen mellan fibervinkelkurvan och provbitarna.

### 4.3 Resultat industridel

#### 4.3.1 Resultat i jämförelse mellan fibervinkelkurva och provbitar

På provbitarna i furu är det främst om det är någon stor variation på träytan där laserpunkten gått fram som ger något resultat. Vanlig variation i fibervinkel kurvan är mellan -1,5 och 1,5. Om det finns någon stor variation i provbiten som till exempel en kvist, spricka eller mörk märmg som syns tydligt på träytans tvärsnitt ger det utslag i graferna (se figur 11). Att denna effekt framkommer är känt sen tidigare [1]. Vid märmg eller stor kvist kan kurvan få värden som går mellan -50 till 50. Om det finns en spricka i brädan, markeras det i grafen med stora toppar som både går uppåt och neråt. Vid små kvistar eller annan liten störning ger det förstås ett mindre utslag men ändå större än -1,5 till 1,5.

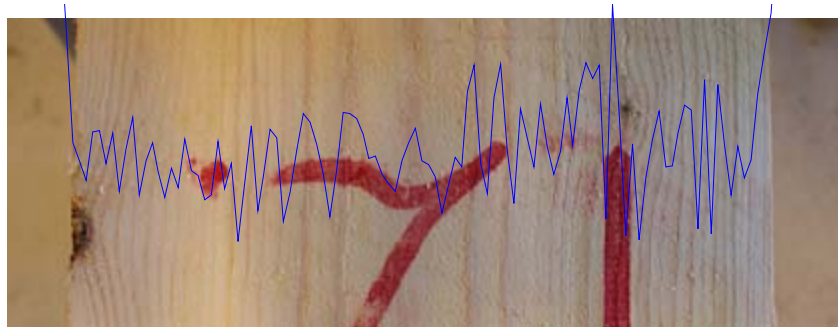


**Figur 11.** Visar provbit sex med fibervinkelkurvan inlagd efter filtrering. Märmen markeras tydligt i grafen med en hög topp som har ett värde som ligger på ett värde på ca 25 där den vanliga kurvan ligger mellan -1 till 1.

Vid ljusa smala årsringar på brädan ger det ett resultat i grafen som ger färre, lägre och utplanande toppar. Där årsringarna är mörka och tydliga på träbiten blir topparna i grafen högre och fler men strukturen i topparna stämmer inte överens med vart årsringarna ligger på brädan.

#### 4.3.2 Resultat i jämförelse mellan excentricitetkurva och provbitar

De 16 provbitarna har jämförts med dess excentricitetskurva vid laserprofil 1. Kurvan markerar när det är kontraster i bilden. När brädan skiftar i färgton från ett ljust område till ett mörkt område kan det förekomma en hög topp som markerar detta. Vid kvist som passerar förbi av laserpunkten uppkommer högre toppar än normalt i provbiten. Vid mörk mærg visas en tydlig negativ topp i excentricitetskurvan denna tendens visas också om det är en spricka i brädan.



**Figur 12.** *Provbit tolv jämförd med excentricitetskurvan efter filtrering för punkt 1. Denna provbit har breda årsringar som är välmarkerade speciellt i mitten av bilden, här kan man se att kurvans mönster stämmer bra överens med årsringsmönstret.*

Ljusa områden med ljusa årsringar ger mindre toppar än mörkare områden med mörka årsringar. På de bräddor som har väl markerade breda årsringar kan det ses ett mönster att topparna följer årsringarna (se figur 12). När årsringarna däremot blir för ljusa eller täta går det inte att se mönstret längre och ofta blir kurvan ett tämligen rakt streck. I de bitar som är ljusa och där det är svårt att se årsringarna med ögat blir det även svårt att se något i kurvan.

#### 4.3.3 Resultat i jämförelse mellan areakurvan och provbitar

När provbitarna jämförts med dess areakurva vid laserprofil 1 ligger arean på ett intervall mellan ca 200-1000. Kurvorna visar på att om biten är ljus och har ljusa täta årsringar ökar arean upp till runt 900. Vid mörkare nyans på provbiten och tydliga årsringar ligger värdet på arean på ca 500-600. Vid en spricka i brädan uppstår en negativ topp som syns tydligt då den enligt provbitarna går ner till ca 250 i area. Mörk mærgstråle i brädan markeras tydligt i kurvan med en negativ topp som går ner till ca 200 i area värde. De bräddor som innehåller kärnved i mitten och splintved på sidorna, visar tydligt i kurvan vart gränsen mellan kärnved och splintveden går. Splintveden får i genomsnitt ett högre areavärde på grund av den högre fuktkvoten. Denna utrustning används redan för att bestämma kärnvedsinnehåll och dessa försök bekräftar att det fungerar. Det går inte att se att årsringarna har något samband med areakurvan.

#### **4.4 Diskussion industridel**

När det gäller fibervinkelkurvan kan det vara väldigt svårt att se att mönstret i graferna stämmer överens med årsringarna, då topparna oftast är färre än antalet årsringarna. Excentricitetkurvan visar bättre resultat men det är fortfarande svårt att veta om det verkligen är årsringarna som ger upphov till de små topparna eller om det är andra faktorer som spelar in.

Vad som gör att årsringarna inte markeras riktigt bra av topparna är svårt att säga. Kanske är det för få bilder som tagits på varje provbit. Tas 100 bilder kan det som högst bli 50 toppar, om det finns fler årsringar i bilden blir detta ett problem.

Laserpunkten kan vara för stor för att kunna detektera årsringarna då punkten tar in och går över flera årsringar samtidigt. Bilden som tagits på laserpunkten är sedan trösklad, det gör att laserpunktens kanter görs tydligare, och bilden görs från att varit gråskalad till att blir svart och laserpunkten vit. Kanske kan årsringarna hittas i gråskalebilden som ligger i laserpunktens ljusets utkant, dessa skillnader kan nog inte ögat uppfatta men med datorhjälp kan det gå att ytterligare utforska.

## 4.5 Kontroll av mittenparti av provbitar på splintsidan

### 4.5.1 Bakgrund

Industriförsöksdelen indikerar att det går att bedöma årsringsbredd genom att analysera excentricitetskurvan. På de provbitar där det fungerat bäst att se årsringarna har dessa varit breda, mörka och tydliga. I mätdata är årsringarna tydligast i mitten av brädan, speciellt på splintsidan där årsringarna är bredast. Med denna information som bakgrund har en ny undersökning gjorts. Där splintsidan på brädan undersökt och endast mittpartiet av brädan har jämförts med excentricitetskurvan.

### 4.5.2 Material och metod

Det material som använts är 16 stycken furuprovmittar (samma bitar som användes i tidigare mätningar) med måttet ca 125 mm. Alla provmittar har undersökts på splintsidan. Ca 1/3 (ungefär 40mm) av provmittens mittparti har undersökts och mätts upp. Då mörgens position ibland inte fanns i mitten av brädan så har även ett 40 mm brett område mätts upp centrerat runt splinten. Detta för att mäta i det område där det är bredast mellan årsringarna (se figur 13).

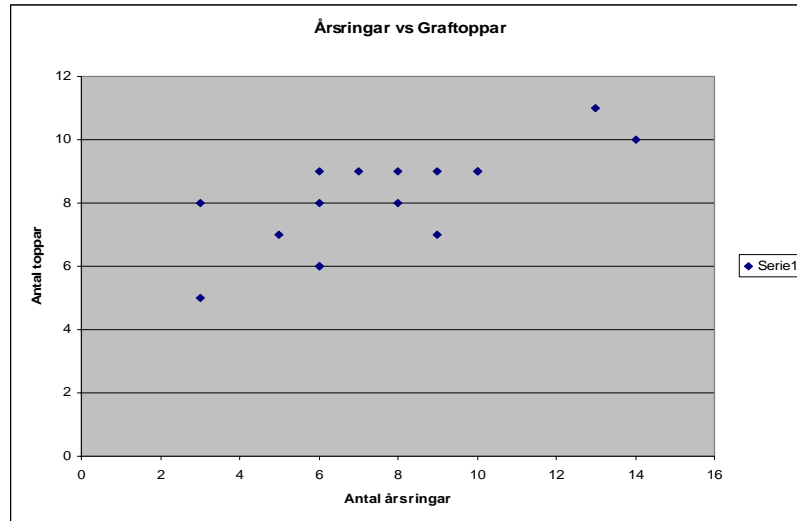


**Figur 13.** *Provbit nio som är en furuplanka, de korta blyertsmarkeringarna visar centrum och de långa markeringarna visar splintens mitt område.*

Provbitarna har markerats med korta markeringar för centrum och långa markeringar för splintens centrum. Markeringarna är utsatta 5 och 10 cm från kapsnittet. Årsringarna mellan markeringarna har sedan räknats och jämförts med antalet toppar som fanns i kurvan som visade excentricitet inom samma område.

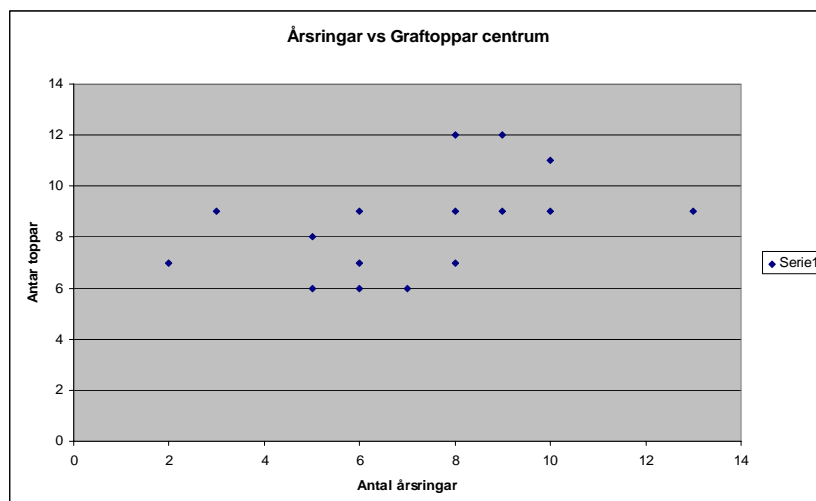
### 4.5.3 Resultat

För att lättare få en uppfattning om det fanns något samband mellan antalet toppar och antal årsringar har en linjär regression modell använts. Modellen i figur 14 visar antalet årsringar jämfört med antalet toppar i excentricitet grafen uppmätt vid splintposition (40 mm brett område). Här kan man se ett mönster, där man kan skilja ut de provbitar med minst och högst antal årsringar. De med lägst antal årsringar och med lägst antal toppar ligger, ner till vänster i grafen, där de med många årsringar och många toppar ligger upp till höger i grafen.



**Figur 14.** Modell som visar antal årsringar jämfört med antal toppar i excentricitet kurvan i splintpositionens centrum (40 mm).

Figur 15 visar antalet årsringar jämfört med antalet toppar i excentricitet grafen uppmätt i brädans centrum (40 mm). Här kan endast en mycket svag antydning till ett mönster ses, det går att skilja ut de med minst och högst antal årsringar. Denna graf visar ett sämre resultat än om man jämför med de tester som gjort på splintpositionens centrum.



**Figur 15.** Graf som visar antal årsringar jämfört med antal toppar i excentricitet kurvan i centrum av brädan (40 mm).

## 5 Försök Laborationsdel

### 5.1 Bakgrund

Föra att få en högre upplösning med fler mätvärden på varje provbit görs egna försök i laborationsmiljö. Vid dessa försök är det möjligt att bestämma vilken hastighet matarbandet ska gå i, och på så sätt bestämma hur många bilder som tas.

### 5.2 Material och metod

#### 5.2.1 Provmaterial

Provbitar hämtades på Wallmarks såg AB med hjälp från Curt Långström, de var centrumsågade furuplankor med dimension 50x125, ohyvlade med både kärna och splintved. Nio provbitar togs ut med årsringar i varierande storlek, tre med ”smala” årsringar, tre med ”mellanbreda” årsringar och tre med ”breda” årsringar”. Det virkespaket som provbitarna togs från hade stått i ca 15 timmar sen det blev sågat, så provbitarna var relativt nysågade.

Provbitarna som var ca 50 cm långa togs till SP Träteck i Skellefteå och sågades till och markerades med identitet och kärnvedsgräns.

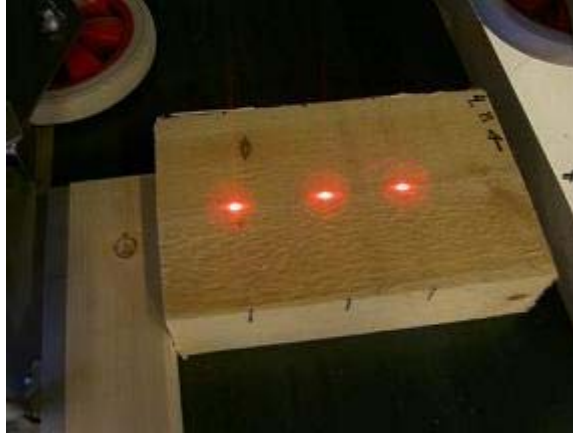
#### 5.2.2 Försöksutrustning och provtagning

Två kameror används av modell (C-Cam Technologies BCi4-LS-M, Anon) [18], den ena kameran placerades rakt ovanför träbiten (kamera 1) och den andra (kamera 2) placerades på den ena sidan om den första kameran. Tre laserpekare användes, dessa var monterade ovanför kamera 1 (se figur 16).



**Figur 16.** Delar av försöksutrustningen, kamera 1 och de tre laserpekare som är monterade ovanför.

Varje provbit kördes genom försöksutrustningen två gånger på märgsidan, (se figur 17) och sedan två gånger på splintsidan, sammanlagt 36 provtagningar. Vid provet kördes matarbandet som provbitarna låg på när de transporterades genom laserstrålarna med en hastighet som ledde till att runt 250 bilder hann tas på varje provbit.



**Figur 17.** Visar provbit 4 med märgsidan upp när den ligger på matarbandet i försöksutrustningen och passerar laser strålarna.

Hastigheten ledde till en betydligt bättre upplösning på graferna än vad som fanns vid industriförsöken då kameran inte hann med att ta lika många bilder. Detta på grund av att hastigheten var betydligt högre när plankorna passerat kameran vid det industriella försöket. Att tre laserpunkter har använts har den fördelen att när en av punkterna blir störda av till exempel en kvist kan de andra två punkterna få fram rätt värden utan att bli påverkade. Det är också bra att kunna jämföra de tre mätningarna och se skillnader och likheter dem emellan på samma bräda för att få ett mera sanningsenligt resultat.

### 5.2.3 Analys av prover

Grafer som visar provbitarnas fibervinkel och excentricitetsvärden filterades i MATLAB för laserpunkt 1, 2 och 3. Dessa kurvor jämförs med de bilder som tagits på provbitarna för att se om det finns något mönster som kan visa vad det är i bilden som gör att en topp i grafen uppstår. Om årsringarna har något med mönstret i grafen att göra eller om det är ”brus” som inte går att fastställa. Grafen läggs ovanpå bilden och grafens bakgrund har gjorts genomskinlig så att endast kurvan syns. Kontroller har även gjorts genom att man tittar på provbiten och jämför med de olika kurvorna.

### 5.2.4 Antal årsringar jämfört med antalet toppar

I industriförsöket gjordes ett test där man räknade antal årsringar i centrum på provbitens splintsida där årsringarna var bredast och jämförde sedan resultatet med antalet toppar i kurvan vid samma position. Dessa beräkningar utfördes också i denna del.

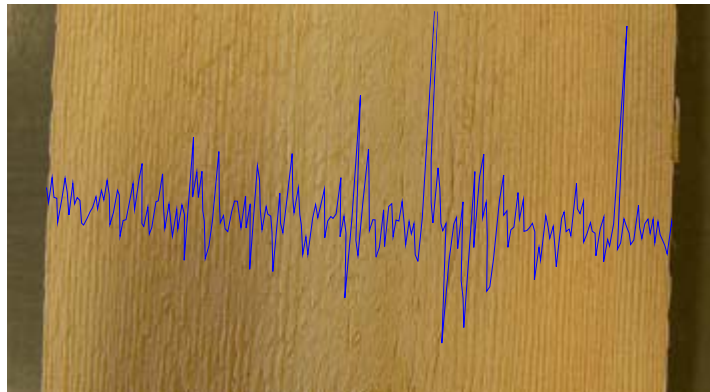
Här gjordes även en annan analys där alla årsringar på både märg- och splintsidan räknades och alla kurvans toppar (både stora och små) räknades och dessa jämfördes senare med varandra. Denna test gjordes på alla de nio provbitarna vid alla tre laserprofiler (laser 1, laser 2 och laser 3).



## 5.3 Resultat

### 5.3.1 Resultat, jämförelse mellan fibervinkelkurva och provbitar

Alla de nio provbitarna har kontrollerats på splint och märgsidan vid laserpunkt ett, två och tre men endast de värden som togs med kamera 1. Generellt kan man konstatera att när upplösningen på bilderna var hög gav det väldigt många toppar i kurvan. Då provbiten inte visade några avvikelser som kvist, spricka eller liknande låg fibervinkelkurvan vanligtvis runt -1,5 till 1,5. En mörkare yta/stråk på provbiten, ger upphov till högre toppar i kurvan. När ytan på biten är dålig, sprucken eller väldigt ”sträv” av sågningen kan det visas i högre toppar och även i höga minustoppar. När det färgmässigt är en kontrastskillnad mellan splintved och kärnved eller mellan kärnved och märg ger det utslag i fibervinkelkurvan som högre plus och minus toppar. När en större kvist kommer i laserpunktens väg blir kurvan ofta som ett rakt streck och ligger värdemässigt på nollstrecket då laserpunkten passerar kvisten, inga värden registreras där. Runt omkring kvisten där fibervinkel ofta är vriden gör det att stora toppar bildas i kurvan. Dessa resultat är kända sedan tidigare, när tekniken används till att mäta fibervinkel och kvistar [19]. Ingen generell skillnad mellan graferna har gått att se mellan märg och splintsida på provbitarna.

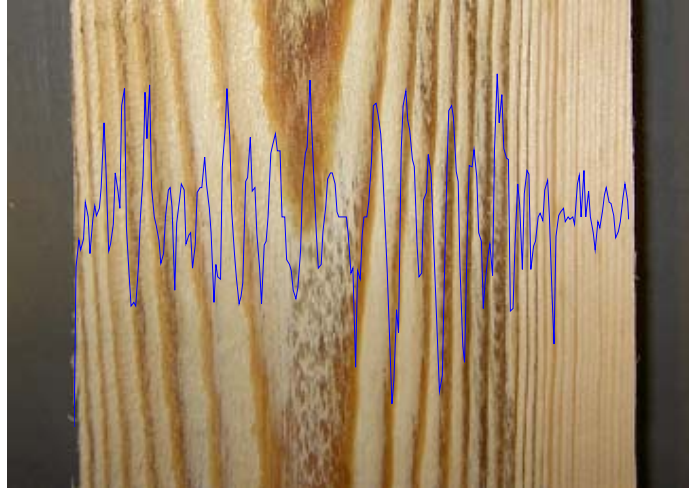


**Figur 18.** *Provbit två med märgsidan upp. Jämförs plankan med fibervinkelkurvan som är filtrerad är det svårt att se vad som ger upphov till de olika topparna. Om den ger utslag på årsringarna eller om det är andra faktorer som påverkar.*

Ofta är det många toppar i kurvan som är svåra att förklara, framförallt små toppar (se figur 18). En träbit med få årsringar kan visa väldigt många toppar.

På de positioner i provbitarna där årsringarna är svåra att se med ögat, då de är ljusa och ligger tätt får kurvan mindre antal toppar och dessa planar ofta ut och visar oskarpa toppar. Där det finns många årsringar och många toppar i kurvan är det svårt att se ett mönster, topparna verkar inte följa årsringarna fast det är ungefär lika många toppar som årsringar. Endast på några få ställen där årsringarna är väldigt breda och välmarkerade i färgen, (se figur 19) går det att se att toppar och ringar stämmer överens med varandra.

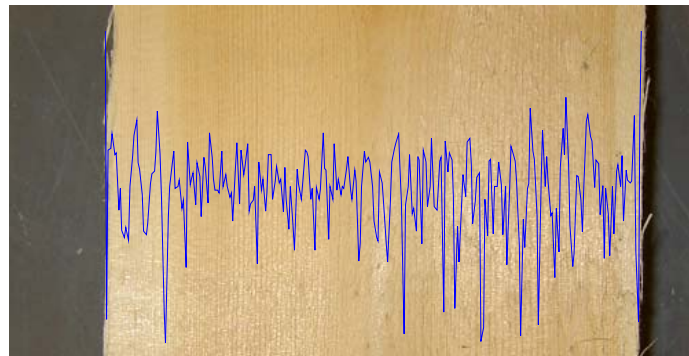




**Figur 19.** *Provbit tre med märgsidan upp har mycket kåda i sig, detta gör att årsringarna syns tydligt då färgkontrasten blir stor. Jämförs biten med fibervinkelkurvan som filtrerats, ses att kurvan ger stora utslag och följer årsringsmönstret till viss del där ringarna är tydligt markerade.*

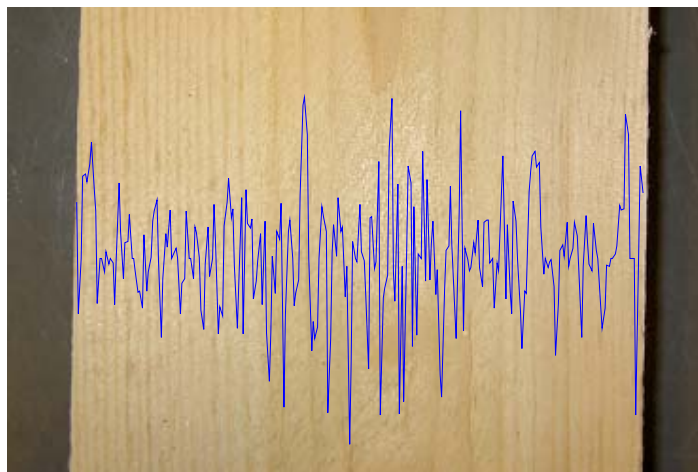
### 5.3.2 Resultat i jämförelse mellan excentricitetkurva och provbitar

De nio provbitarna har analyserats med de tre laserprofilerna på märg och splintsidan. Excentricitetskurvan låg i regel på en frekvens mellan -0,2 till 0,2. När upplösningen på mätvärdena var högre gav det utslag i kurvan genom väldigt många toppar, se figur 20.



**Figur 20.** *Provbit fyra med märgsidan upp med smala jämna årsringar. Jämförs excentricitetskurvan som filtrerats, med plankan, visar kurvan ett jämt mönster och det gör också årsringarna men det är svårt att se om de stämmer överens med varandra.*

De faktorer som gav större utslag i kurvorna är nästan de samma som för fibervinkel. En liten kvist markeras med stora positiva och negativa toppar. Mörka linjer i träytan, som kan uppkomma av märg eller kvist ger utslag med höga toppar. En tendens visar att där det är kärnved ger kurvan mindre utslag än där det är splintved. Har träytan en dålig yta som är väldigt ”sträv” eller sprucken ger det högre eller lägre utslag i kurvan, oftast en blandning av dessa två. Kontraster i träytan, när det gäller färg vid till exempel gräns mellan kärna och splintved ger höga toppar, (se figur 21). När punkten går rakt förbi en kvist planar kurvan ut och visar noll värden samtidigt som bredvid kvisten blir det både höga minus och plus toppar i kurvan. Ingen generell skillnad går att se mellan graferna när det gäller märg och splintsida på provbitarna.



**Figur 21.** Provbit sju med märgsidan upp med en varierande årsringsbredd. Jämförs plankan med excentricitetskurvan ses att kurvan ökar vid några toppar där kontrasterna är stora.

När årsringarna är smala, ljusa, otydliga och täta blir kurvan utplanad med färre toppar dalar. Årsringarna stämmer överens med kurvan i ett fåtal fall och då endast då ringarna är breda, mörka och tydliga, då visar kurvan höga toppar. Det är svårt att säga vad de ”vanliga” inte så stora topparna markerar och uppstår av.

### 5.3.3 Resultat i antal årsringar jämfört med antalet toppar

#### Splintvedens mittposition

Provbitarna som undersökts på splintsidans mittområde visar ett dåligt samband då antalet årsringar i excentricitetkurvan jämförs med antalet toppar se figur 38 appendix. Antalet årsringar som finns i mittenområdet ligger mellan 5 och 14 stycken. Antalet toppar varierar mellan 13 och 19.

#### Märgsida av provbitarna

På provbitarnas märgsida kan man i tabell 1 nedan se vilket antal årsringar provbitarna räknades till att ha och vilket medeltal av toppar bitarna hade om man slog ihop de olika laserprofilerna till ett medelvärde. De provbitar med breda årsringar har runt 20-30 årsringar jämfört med de prover med smala årsringar som ligger på ca 80-100 ringar.

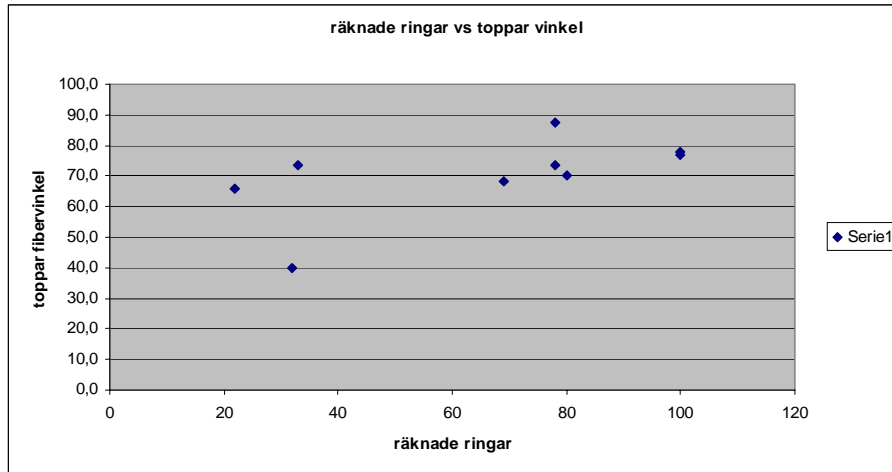
	nr:	antal räknade ringar	medel exc	Medel vinkel
breda årsringar bit nr:	3	32	41,3	40,0
	7	33	59,3	73,3
	8	22	70,0	65,7
mellan årsringar bit nr:	1	69	69,0	68,3
	2	78	72,7	73,3
	9	78	76,7	87,7
smala årsringar bit nr:	4	100	73,7	77,0
	5	80	65,7	70,0
	6	100	73,0	78,0

**Tabell 1.** Märgsidans provbitars resultat, antal ringar jämfört med antal toppar i excentricite kurvorna och fibervinkelkurvorna.

Gör man regressions modeller på tabellen ovan får man inte fram något bra resultat (se figur 22). Då kurvan inte visar något bra samband eller mönster. En provbit skiljer ut sig genom att ligga på ett lägre antal toppar i kurvan än de övriga. Denna punkt som är provbit nummer tre, var något extrem när det gällde dess utseende då den innehöll väldigt mycket kåda och på det

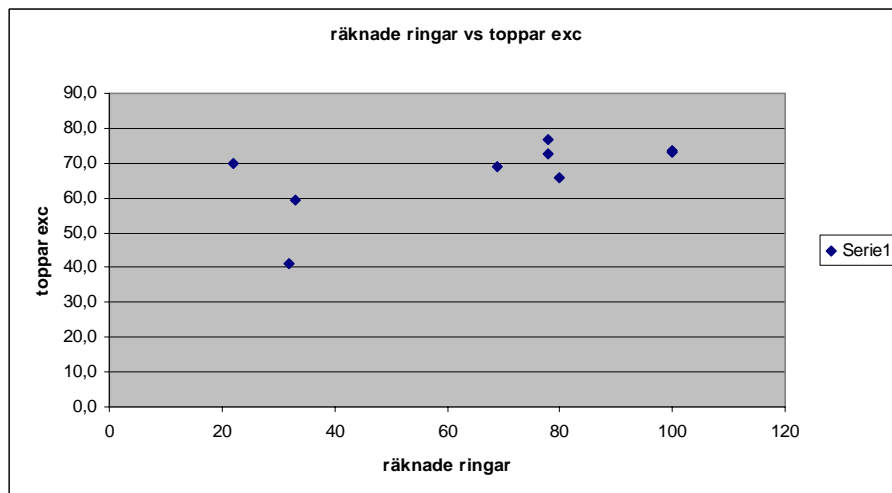
## Mätning av årsringsbredd med laser

sättet hade mörkare årsringar än normalt, så denna punkt kan man räkna som en uteliggare. Men detta visar att endast den provbiten visade något sånär rättvisande resultat då det gäller rätt antal toppar, jämfört med antal årsringar på provbitarna med breda årsringar. Det beror på antagligen på att i provbiten, markerades ringarna så bra vad gäller färgkontrast. På de provbitar som hade runt 80 stycken ringar och har 80 stycken toppar är det svårt att säga om de visar rätt, om kurvan har påverkats av årsringarna eller om det bara är en slump.



**Figur 22.** Resultat på märgsidan av provbitarna, visar räknade antal årsringar jämfört med antalet toppar i fibervinkelkurvan.

Jämförs figur 22 (fibervinkel) med figur 23 (excentricitet) går det att se att skillnaden dem emellan inte är speciellt stor. Båda figurerna har en uteliggare som är bit 3 som visar ett lite ”eget” resultat när de andra ligger samlade på en ganska gemensam nivå med antal toppar runt 60-80 stycken. Ingen av kurvorna visar ett bra resultat där det tydligt går att urskilja de prover med få antal årsringar eller de med väldigt många årsringar.



**Figur 23.** Resultatet på märgsidan av de nio provbitarna, visar räknade antal årsringar jämfört med antalet toppar i excentricitet kurvan.

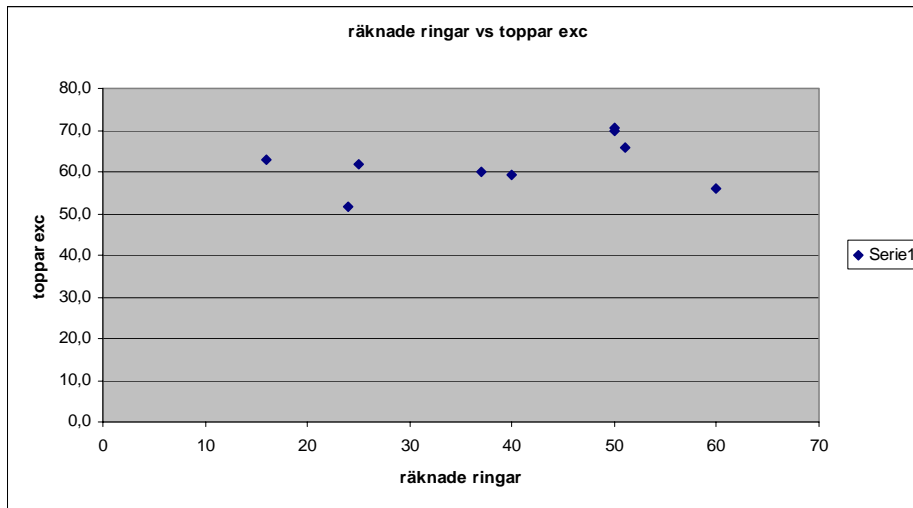
Splintsida av provbitarna

På provbitarnas splintsida kan man i tabell 2 se antalet toppar i excentricitetskurvan och fibervinkelkurvan, här har de tre laserprofilerna slagits ihop och ett medelvärde räknats fram. Även räknade antal toppar finns med och dessa jämförs med årsringarna för att se om det finns något samband. De provbitar med breda årsringar har runt 20-30 årsringar jämfört med de prover med smala årsringar som ligger på ca 80-100 ringar.

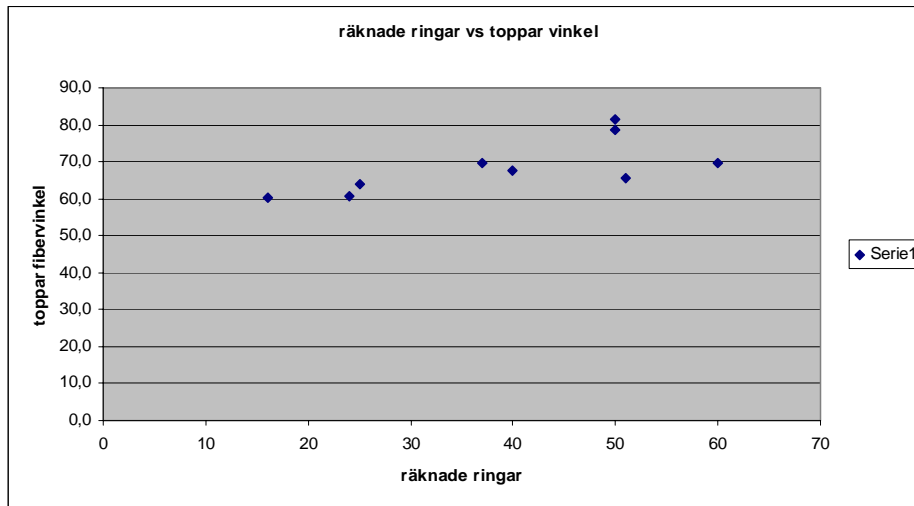
	nr:	anlar räknade		
		ringar	medel exc	medel vinkel
Breda årsringar bit nr:	3	16	63,0	60,3
	7	24	51,7	60,7
	8	25	62,0	64,0
mellan årsringar bit nr:	1	40	59,3	67,7
	2	60	56,0	69,7
	9	50	70,0	78,7
smala årsringar bit nr:	4	50	70,7	81,3
	5	51	66,0	65,7
	6	37	60,0	69,7

**Tabell 2.** *Provbitarnas splintsida, visar antal räknade årsringar och antalet toppar i excentricitets kurvan och fibervinkelkurvan.*

I figur 24 och figur 25 är resultatet på provbitarnas splintsida sämre än vad resultatet visar på bitarnas märgsidan. Alla proverna ligger samlade runt 60-70 stycken toppar i både excentricitetskurvan och fibervinkelkurvan. Ingen av provbitarna skiljer ut sig från de övriga trots att provbit nummer tre finns med bland de testade och att den hade väldigt breda och tydliga årsringar. Om man tittar optimistiskt på figur 25 (fibervinkelkurvan jämfört med antal ringar) kan man se att det är lite färre toppar på de träbitar som har mindre antal årsringar runt 60 stycken toppar medan de med många årsringar ligger runt 70-80 toppar.



**Figur 24.** *Resultatet på splintsidan av provbitarna, visar räknade antal årsringar jämfört med antalet toppar i excentricitet kurvan.*



**Figur 25.** Resultatet på splintsidan av de nio provbitarna, visar räknade antal årsringar jämfört med antalet toppar i fibervinkelkurvan.

## 5.4 Diskussion laborationsdel

### Splintvedens mittposition

Här har alla toppar räknats i mittområdet, både stor och små, det kan bidra till det dåliga resultatet. När kurvans toppar jämförs med antalet årsringar är det dock tydligt att antalet toppar inte avtar i mängd då årsringarna blir färre vid splintsidans centrumposition. Vid industriförsöket var topparna färre vid splintsidans centrum.

### Märg- och splintsida, alla årsringar och alla toppar

Eftersom resultaten i testerna inte gav något bra resultat då det gäller att få fram antalet årsringar eller dess position visar det att topparna beror på flera olika faktorer och inte enbart på årsringarnas position.

De väldigt höga variationerna i kurvorna är lätta att identifiera när dessa jämförs med plankan, de beror oftast på en kvist, spricka eller liknande. Svårare är det att konstatera vad de mindre topparna i kurvan beror på. Antagligen är kurvan en blandning av alla intryck som påverkar laserpunkten. Dessa kan vara årsringarna, brädans ytstruktur, färgen på ytan, hur mycket fukt plankan innehåller mm.

Vid mätning på märgsidan är laserpunkten betydligt större än vad årsringarna är och det innebär att laserpunkten träffar flera årsringar på samma gång och ett medel av dessa räknas fram och ger det värde som registreras i grafen.

## **5.5 Jämförelse mellan hyvlade och ohyvlade ytor**

### **5.5.1 Bakgrund**

Eftersom resultatet på de bitar som testas i laborationsmiljö inte blev de bästa bestämdes att två av de nio provbitarna skulle hyvlas och sedan köras igen för att undersöka vilken effekt ytstrukturen har. Brädans ytstruktur varierar beroende på förhållandena som råder när plankorna och brädor sågas. Några av provbitarna var väldigt ”sträva” i ytan och det är svårt att veta om det spelar in i kurvans utformning. Vi vet sen tidigare tester att när ytan är sprucken ger det stora upp och ner toppar i både excentricitetskurvan och fibervinkelkurvan.

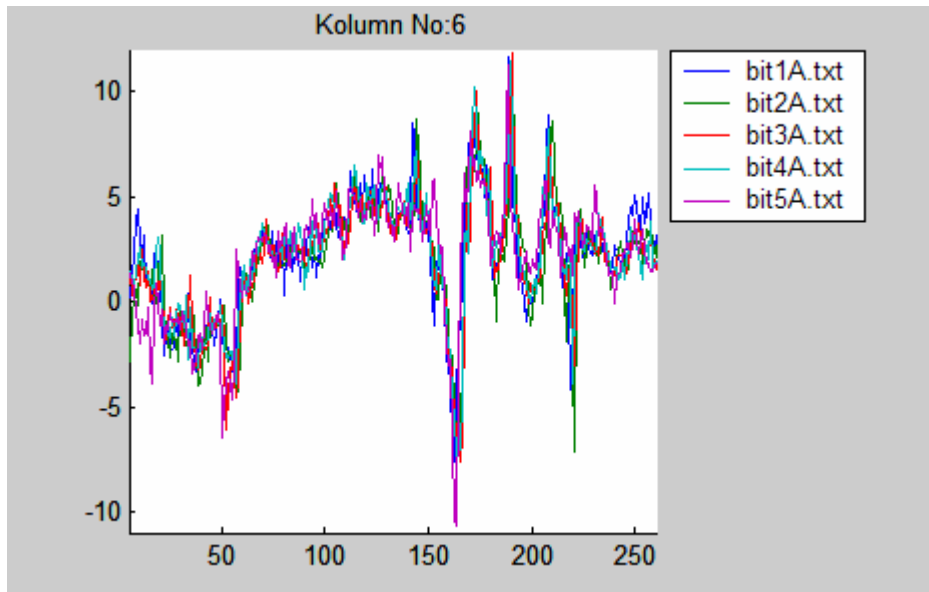
### **5.5.2 Material och metod**

Provbit nummer fyra med många smala årsringar och nummer åtta med breda och få årsringar kördes igen genom försöksutrustningen men endast på märgsidan då det är där som man lättast kan se rätt antal årsringar. Nu markerades det tydligt vart laserstrålarna passerade träbiten för att man senare med säkerhet skulle kunna jämföra provbit med kurva på rätt position och hyvlat kurva med ohyvlat kurva på samma ställe.

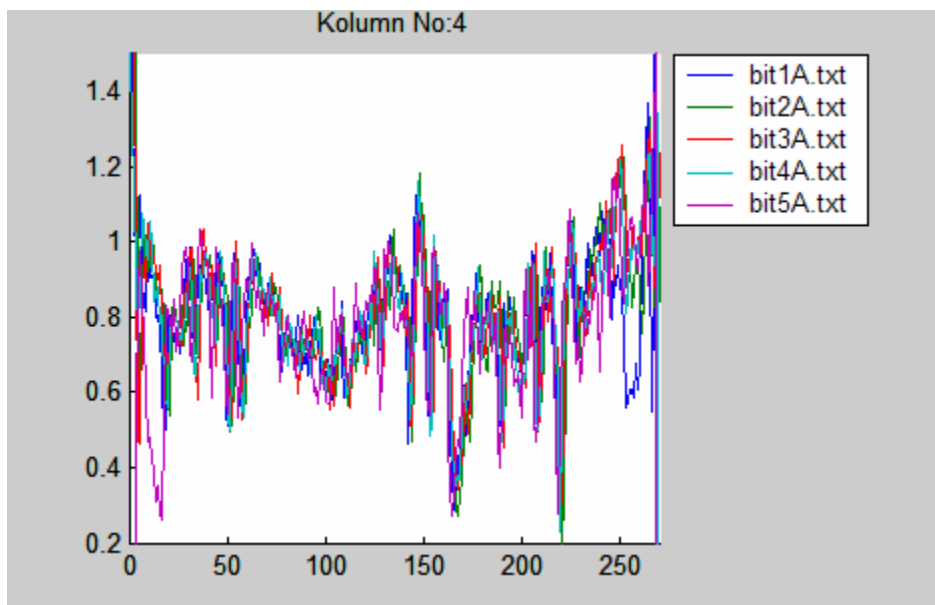
De två provbitarna kördes igenom försöksutrustningen fem gånger på samma ställe, först de ursprungliga bitarna, sedan hyvlades dessa och de kördes igenom fem gånger med laserprofilerna på samma position.

### 5.5.3 Resultat

För att verkligen se att topparna i kurvan bildas på grund av hur träbiten ser ut och inte bara är ”brus” lades alla de fem körningarna in i samma figur, detta har gjorts tidigare i [1], för att kontrollera att detta stämmer. I figur 26 och 27 visas fibervinkelkurvorna och excentricitetskurvorna för alla fem körningarna före hyvling, för att se resultatet efter hyvling se appendix längst bak. I båda fallen kan man se att likheten i alla fem kurvorna är stor. Detta tyder på att det inte bara är brus som ger upphov till topparna. De stora kurvorna följer varandra väldigt bra men även de små verkar följa varandra någorlunda bra.



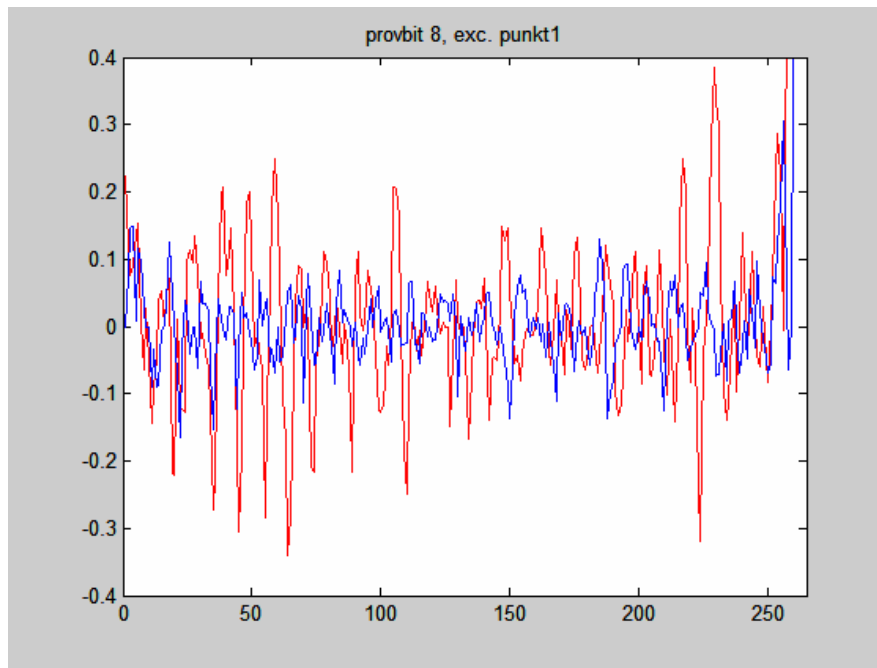
**Figur 26.** Kurva på fibervinkelvärdena som innefattar fem körningar på samma ohyvlade bit. Likheten i kurvans mönster är stor när man jämför de olika kurvorna med varandra.



**Figur 27.** Visar excentricitets kurvor, fem stycken från samma ohyvlade träbit. Likheten i kurvans mönster är stor och bevisar att kurvan beror på hur träbiten ser ut på ytan och att det inte bara är tillfälligheter som gör att kurvan ser ut på ett visst sätt.

Jämför man kurvorna i diagrammen när provbitarna är hyvlade är resultatet det samma som för provbitarna som inte hyvlats, när det gäller likheten i kurvans mönster. De fem olika kurvorna följer varandra väldigt bra.

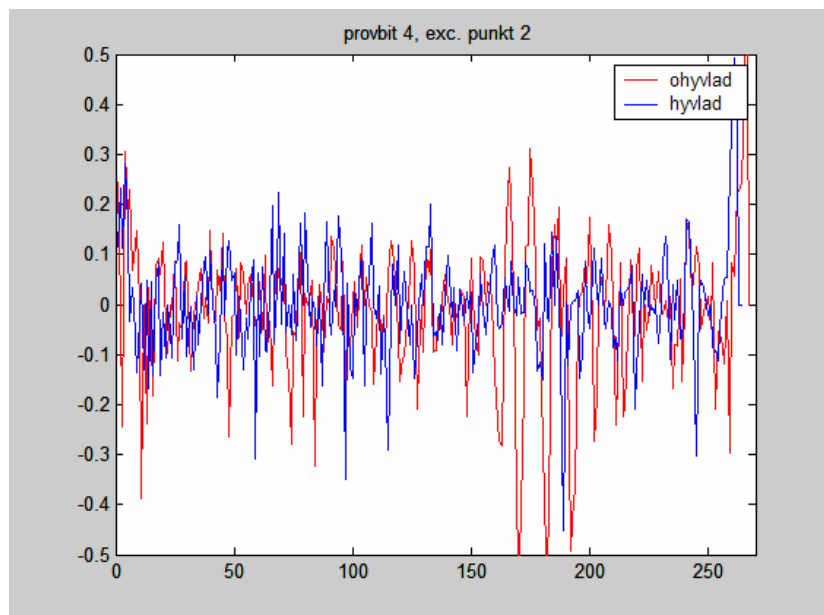
När man lägger den ohyvlade och den hyvlade kurvan i samma figur och jämför dessa kan man se att den ohyvlade har betydligt fler höga toppar och dalar jämfört med den hyvlade, (se figur 28). Excentricitetskurvan vid hyvlad plankla ligger på värden runt -0,1 till 0,1 där den ohyvlade kurvan ligger på värden runt -0,2 till 0,2. Jämför man fibervinkelkurvan, (figur 34 och 35, finns i appendix längst bak) för den hyvlade och ohyvlade brädan finns samma tendenser. De ohyvlade värdena ligger generellt på runt -3 till 3 och de hyvlade värdena ligger runt -1,5 och 1,5. vinkel. Den hyvlade kurvan visar fler och lägre toppar än den ohyvlade och det visar att de små variationerna syns tydligare.



**Figur 28.** Visar provbit åttas excentricitetskurvor efter den filterats. Röd kurva är tagen innan biten hyvlades och blå kurva är efter biten hyvlats.

I figur 28 är det provbit 8 som undersökts, en provbit med breda årsringar. Det är svårt att se om mönstret stämmer med varandra när den ohyvlade jämförs med den hyvlade kurvan. De flesta stora topparna är borta i den kurva som visar den hyvlade provbiten.





**Figur 29.** Visar provbit fyras excentricitetskurva efter filtrering. Röd kurva visar värden innan provbiten blev hyvlad och blå kurva visar värdena när kurvan hyvlats.

Jämförs den hyvlade kurvan med provbitarna är det inte lätt att hitta något mönster som säger vad topparna beror av, (se figur 29). Antagligen beror de av en blandning av parametrar som träets färg. För att se hur stor spridning det är i kurvorna kontrolleras standardavvikelsen för bitarna före och efter hyvling, se tabell 3 nedan. Den visar att standardavvikelsen minskar då brädorna är hyvlade. Höga värden i punkt 3 för fibervinkelkurvan beror på en kvist som stör ytan och ger upphov till höga värden.

Standardavvikelse	bit 4 ohyvlad	bit 4 hyvlad	bit 8 ohyvlad	bit 8 hyvlad
Fibv, Punkt 1	2,83	2,65	2,15	1,94
Fibv, Punkt 2	2,16	1,94	3,02	2,47
Fibv, Punkt 3	1,86	1,53	17,89	16,93
Exc, Punkt 1	0,15	0,17	0,13	0,09
Exc, Punkt 2	0,19	0,12	0,15	0,09
Exc, Punkt 3	0,15	0,11	0,22	0,24

**Tabell 3.** Standardavvikelse för provbit nummer 4 och 8, hyvlad bräda jämfört med ohyvlad bräda. Tabellen visar både fibervinkel och excentricitet värden för samtliga laserpunkter.

### 5.5.4 Diskussion

En ohyvlad ”sträv” ytstruktur gör att topparna blir färre och högre, detta visar att excentriciteten är sammankopplad med hur brädans yta ser ut. När ytan är hyvlad blir topparna många och låga. Även fibervinkelns standardavvikelse minskar då brädan är hyvlad men procentuellt minskar den mycket mindre än excentricitetskurvan värden.

I figurerna där hyvlad och ohyvlad jämförs är det troligt att kurvorna kan ligga lite parallellförflyttade jämfört med varandra. Fast att markeringar gjorts på provbitar och laserprofilerna ska ha passerat på samma ställe i de båda fallen kan det finnas små fel som blir relativt stora i figurerna.

## 6 Jämförelse industri- och laborationsdel

### 6.1 Diskussion

Den största skillnaden då man gör en jämförelse mellan industridelen och de egna gjorda försöken är antalet toppar man får fram i kurvorna. I industridelen får man betydligt färre antal toppar i kurvorna. Detta beror på upplösningen, i de försök som gjorts i laborations miljö har den varit betydligt större med större antal bilder på varje plank. I industrin hinner kameran bara ta 80-90 bilder, det göra att antalet toppar som högst kan bli ca 45 stycken.

Jämför man fibervinkelkurvorna med varandra för industri- respektive försöksdel är resultatet samma vid smala och ljusa årsringar, då blir topparna i kurvan lägre, färre och tenderar till att plana ut. Där årsringarna är mörka och tydliga blir topparna i kurvan högre och fler men det är svårt att se att de stämmer överens med varandra. Vid industrimätningar är topparna ofta färre än årsringarna och vid försöksdelen är topparna oftast fler än årsringarna. Det beror på upplösningen, när den blir bättre visas även små kontraster i bilden som inte tidigare varit möjligt att se.

Jämför man excentricitetkurvorna med varandra för industri och försöksdel är resultatet samma när årsringarna är väl markerade, breda och mörka, då kan man se ett mönster att topparna följer årsringarna. När årsringarna däremot blir för ljusa eller täta planar kurvan ut och får lägre och färre toppar.

Excentricitetkurvan visar ett bättre resultat när man jämför den med antalet årsringar än vad fibervinkelkurvan gör vid industriförsöket. När laborationsförsöket görs blir resultaten för excentricitetkurvan jämfört med antal årsringar sämre än vid industriförsöket. Vid laborationsförsöket visar fibervinkelkurvan och excentricitet kurvan svaga resultat när antalet toppar och årsringar jämförs med varandra.

Vid laborationstesterna då hyvlad träbit jämfördes med ohyvlad kunde man se ett resultat som indikerade på att excentricitet kurvan beror mycket på träbitens ytstruktur. Att excentriciteten har att göra med strukturen verkar ganska logiskt, då den beskriver laserpunktens ovallitet. Då en yta är ojämn förändras laserpunktens kanter och blir ojämn.

Eftersom resultaten i testerna inte gav något bra resultat då det gäller att få fram antalet årsringar eller dess position visar det att topparna beror på flera olika faktorer och inte enbart på årsringarnas position.

## 7 Densitetsmätning med hjälp av trakeideffekten

### 7.1 Bakgrund

En annan tanke i projektet var att kontrollera om densiteten i träbiten hade något att göra med arean eller excentriciteten på laserpunkten. Det finns ett samband mellan densiteten och excentriciteten [20]. När densiteten ökar förändras laserpunktens form och bli mer oval från att ha varit cirkelformad. Detta innebär att den långa axeln av laserpunktens ovala mönster ökar. För att kunna beräkna densiteten gjordes en CT tomografering, dels av de 16 furubitarna som kontrollerats tidigare, och dels av 12 stycken nya granbitar.

### 7.2 Material och metod

Den utrustning som användes är en datortomograf eller så kallad CT som betyder Computerized Tomographic Scanning eller datorstyrd skiktröntgen, (se figur 32). Det är en speciell röntgenapparat som oftast används på sjukhus för att undersöka olika sjukdomsfall som t ex tumörer eller blödningar. Denna maskin sänder ut röntgenstrålar från flera olika vinklar, dessa fångas sedan upp av sensorer på motsatt sida. Röntgen strålen försvagas beroende på vad den har passerat igenom, den informationen som registreras bearbetas sedan av en dator och omvandlas till en 2D eller 3D-bild[15],[16].

Det material som användes var 16 stycken furu provbitar med måttstorlek ca 125mm, samma provbitar som undersökt tidigare. Även 15 stycken gran provbitar med måttet ca 125mm användes. Excentricitets data är taget när provbitarna var råa, och när provbitarna tomograferades hade de en fuktkvot som låg runt 8-9 procent.

Alla provbitarna lades in i CT-scannern med splintsidan uppåt och märgsidan nedåt. För att lättare veta var skanningssnittet skulle gå igenom plankan var det en laserstråle som visade vart snittet skulle ligga. För att få ett rättvisande resultat lades varje träbit in i skannern med den position, att inga kvistar eller andra defekter kom med på den skannade bilden. Detta gjorde att alla provbitar hade lite olika längd från tvärsnittet där bilden togs. Endast en bild skannades på varje provbit om inte någon stor kvist kom med eller liknande, då togs en ny bild vid en annan position. En plastburk med destillerat vatten lades ovanpå provbitarna innan de tomograferades för att man sedan skulle kunna beräkna densiteten i ett bildbehandlingsprogram.



**Figur 32.** CT-scannern som testerna gjordes i på Luleå tekniska universitet i Skellefteå. Provbiten ligger på plats med splintsidan uppåt och snart ska skanningen göras. En laserstråle på brädan visar vart skanningen kommer att äga rum på provbiten så då är det lättare att placera provbiten rätt.

## Mätning av årsringsbredd med laser

För att räkna ut rätt densitetsvärde i provbitarna används programmet Scion Image som är ett bildbehandlingsprogram, (se figur 33). För att beräkna densiteten på träbitarna togs det fram referenser som underlag för beräkningarna. I programmet visas en bild upp i olika gråskalor, dessa har olika numeriska värden. Det destillerade vattnet har en densitet på ca  $1000 \text{ kg/m}^3$  och syns i bilden som den halvfulla cirkeln. Det destillerade vattnet har en gråskala som är väldigt ljus och har ett lågt värde. Luften som omger brädan och vattenburken beräknas ha en densitet på ca  $1 \text{ kg/m}^3$  och ett gråskalevärde som är högt. När man vet dessa värden kan man ganska lätt beräkna vilken densitet träbiten har genom formen nedan, (räta linjens ekvation).

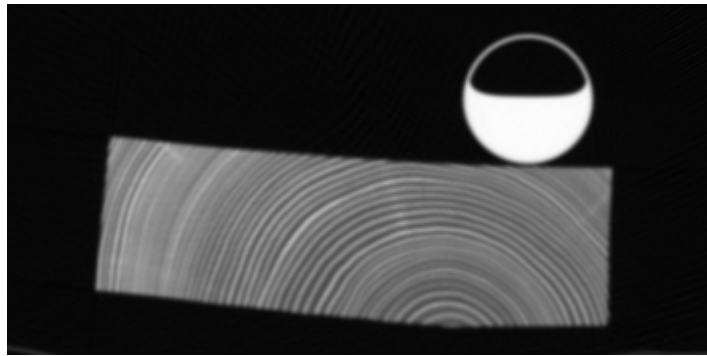
$$D = ((1000 - 1)/(V - L)) * (T - L) + 1 \quad (1)$$

D = Densitet ( $\text{kg/m}^3$ )

L = Luftens gråskalevärde

V = Vattnets gråskalevärde

T = Träts gråskalevärde



**Figur 33.** *Så här ser den skannade plankan ut i en 2D bild i programmet Scion Image. Man kan tydligt se årsringarnas mönster som har olika gråskala beroende på dess procentandel vatten. Den runda cirkeln ovanpå träbiten är burken med destillerat vatten (bara halva burken är fylld med vatten).*

### 7.3 Resultat

#### Furu

I tabell 4 kan man se att densitetsvärdena för furu är väl samlade och ligger på värden mellan 400 och 500. Medeldensiteten ligger runt  $440 \text{ kg/m}^3$  och det är normalt för furu. Även areans värden är ganska väl samlade mellan 470 till 660. När man lägger in värdena i en graf, (se appendix, figur 36) där medel arean och densiteten jämförs med varandra, kan man se att sambandet mellan dessa är dåligt. Punkterna är samlade på samma ställe och visar inte på några uteliggare eller liknande, utan uppträder som hagelskur. Excentricitetsvärdet som visar laserpunktens form ligger på ett medelvärde på ca 1,28. När densitet jämförs med excentricitet i en graf är sambandet även här dåligt.

Bit nr:	Medel Area kärnved:	Densitet:	Excentricitet:
Bit 1	473	445	1,08
Bit 2	512	420	1,14
Bit 3	575	489	1,37
Bit 4	496	431	1,38
Bit 5	526	376	1,45
Bit 6	505	370	1,07
Bit 7	580	466	1,42
Bit 8	638	416	1,26
Bit 9	541	389	1,31
Bit 10	549	405	1,19
Bit 11	662	421	1,27
Bit 12	555	477	1,45
Bit 13	514	474	1,14
Bit 14	528	459	1,19
Bit 15	547	489	1,37
Bit 16	532	502	1,34
medel	546	439	1,28

**Tabell 4.** Visar furuprovbitarnas värden på densitet, excentricitet och kärnvedsarea då de skannades i CT-tomografen.

#### Gran

Granvärdena som kan ses i tabell 4 visar ett dåligt samband, ungefär som furuvärdena gjorde, graf där densiteten och arean jämförs kan ses i appendix figur 37. En uteliggare är bit nummer tio som har ett högt areavärde jämfört med resterande bitar och dess densitet är en av de lägre. Medel densiteten ligger runt  $410 \text{ kg/m}^3$  och medel arean på kärnveden runt 950. Excentriciteten har ett medelvärde på ca 1,03. Jämförs densiteten och excentriciteten i en graf är sambandet dåligt. Nummer ett och åtta visar ett lägre värde på excentriciteten än övriga provbitar.

Bit nr:	Medel Area kärnved:	Densitet:	Excentricitet:
Bit 1	943	391	0,58
Bit 2	1090	385	1,13
Bit 3	788	405	0,95
Bit 4	885	437	1,18
Bit 5	928	417	1,11
Bit 6	941	383	1,09
Bit 7	995	370	1,29
Bit 8	872	387	0,54
Bit 9	894	428	0,98
Bit 10	1250	453	1,28
Bit 11	892	457	1,06
Bit 12	928	403	1,17
medel	950	410	1,03

**Tabell 4.** Visar gran provbitars värden på densitet och kärnveds area på de 12 CT-scannade bilder som tagits.

## **7.4 Diskussion**

Testerna gjorda på furubitarna visar att det inte finns några samband mellan kärnvedens densitet och laserpunktens area. Resultatet var så dåligt att detta behöver man inte gå vidare med att undersöka.

Testerna gjorda på gran visar ett dåligt resultat och det finns inte några konkreta samband mellan kärnvedens densitet och arean. Här fanns det en uteliggare i bit 10, vad som gör att arean är så mycket större i den provbiten än i de övriga är svårt att säga. Inga kvistar eller andra störningsmoment finns på träbitens yta. Träbiten har många smala årsringar som är svåra att se och ytan är väldigt ljus, det kan vara vad som gör att arean blir hög. Tittar man på träbitens tre laserprofiler och jämför dessas areor, ligger alla på dessa höga siffror. Om man jämför fibervinkelkurvor och excentricitetskurvor med resterande provbitar, så finns det inga specifika skillnader.

Eftersom provbitarnas excentricitet är mätt när träet var färsk och densitetsmätningarna är gjorda när provbitarna var torra, får man fram rådensitet korrelerat med torrdensitet. Sedan tidigare studier i [1] vet man att det går att se skillnader i fuktkvot med hjälp av trakeideffekten. Att det inte går att få fram någon information mellan densitet och excentricitet kan bero på att variationerna i den råa kärnveden är så stora att informationen dränks. Vad de provbitar i gran som visar ett lågt värde beror på är svårt att säga. Värdena skiljer inte ut sig när det gäller area eller densitet. Tittar man på provbitarnas ytor går det inte att se några avvikelser i jämförelse med de övriga proverna.

## 8 Slutsats

- Excentricitetskurvans utformning beror till stor del på brädans ytstruktur, en ohyvlad yta ger betydligt färre och högre toppar i excentricitet jämfört med om ytan är hyvlad.
- De provbitar som har breda, mörka och tydliga årsringar, visar att årsringsmönstret kan stämma bra med fibervinkel- och excentricitetskurvorna. Dock observerades detta samband inte på alla sådana årsringar.
- Alla toppar i fibervinkel- och excentricitetskurvorna har räknats och jämförts med antalet årsringar. Provbitar med breda årsringar har färre toppar än de med smala årsringar, men antalet toppar har inte en klar koppling till antalet årsringar. På provbitarnas mittområde på splintsidan, där årsringarna var längre ifrån varandra gick det att se ett samband mellan antalet årsringar och antalet toppar i excentricitetskurvan.

En undersökning om densitetsmätning med trakeideffekten har också utförts, detta för att undersöka om densiteten hade något samband med laserpunktens area och excentricitet. Resultatet:

- Det finns inget tydligt samband mellan densitet och area hos laserpunkten, eller mellan densitet och excentricitet.

Examensarbetet hade som målsättning att undersöka om det är möjligt att använda en laserbaserad metod för att detektera årsringarnas bredd. Idag används en sådan mätutrustning för att mäta plankors fibervinkel vid tvärtransport. Hypotesen var att det brus som finns med kan innehålla information om årsringsbredd. När nu arbetet är klart visar resultatet att det inte finns en entydig koppling till årsringsbredd. Ett viktigt resultat är att mätningarna är repeterbara och det visar att bruset innehåller någon sorts information. Det går inte att säga att bruset beror enbart på en parameter utan det uppstår antagligen av en blandning av parametrar, som brädans ytstruktur, färg, årsringarnas position, densitet, laserpunktens storlek osv.

Syftet var att undersöka om detta ”brus” går att använda för att få fram information om årsringarnas antal och position. Rapporten visar att det är svårt att få fram den rätta informationen på det sätt som försökts i rapporten.

Resultaten är inte entydiga och det visar på att det kan finnas samband som inte har klargjorts i detta arbete. Fler undersökningar måste göras innan det går att säga om denna metod går att använda för att detektera årsringars position och storlek. Metoden kan behöva förfinas och i det här arbetet har metoden endast testats på ett fåtal prover. Används ett större antal brädor eller ett annat träslag med bredare årsringar, kan metoden fungera bättre.

## 9 Referenser

### Litteratur:

- [1] Berg, P., Grundberg, S., Oja, J. 2006. Mätutrustning för bestämning av fibervinkel och kärnvedsinnehåll vid tvärtransport av träprodukter i råsorteringen. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP Rapport 2006:16  
ISBN 91-85533-01-7  
ISBN 0284-5172
- [3] Morén, T., Sehlstedt-P, M. Trämateriellära furu och gran. Luleå tekniska universitet, Institutionen i Skellefteå, avdelning träfysik.
- [4] Föreningen Svenska Sågverksmän (FSS), Sverige., Finlands Sågindustrimannaförening (FS), Finland., Treindustriens Tekniske Forening (TTF), Norge. 1994. NORDISKT TRÄ sorteringsregler för sågat virke av furu och gran. "Blå boken".  
ISBN 91-7322-175-9
- [5] Sepúlveda, P. 2003:14. NonDestructive Measurement of Spiral Grain With X-rays in Laboratory and in Industry. SKELLEFTEÅ CAMPUS, Division of Wood Technology, Luleå university of technology.  
ISSN 1402-1544
- [6] Öhman, M. 2001:42. The Measurement of Compression Wood and Other Wood Features and the Prediction of Their Impact on Wood Products. SKELLEFTEÅ CAMPUS, Division of Wood Technology. Luleå university of technology.  
ISSN 1402-1544
- [11] Nyström, J. 2002:37. Automatic measurement of compression wood and spiral grain for the prediction of distortion in sawn wood products. LTU 2002:37.  
ISSN 1402-1544
- [18] Anon, BVi4 Manual C-Cam Technologies
- [19] Åstrand, Erik. 1996. Automatic Inspection of Sawn Wood. Linköping Universitet. ISSN 0345-7524

### Artiklar:

- [2] Hanning, T., Kickingereeder, R., Casasent, D. 2003. Determining the average annual ring width on the front side of lumber. FORWISS, University of Passau, Germany. Carnegie Mellon University, Pittsburgh.  
ISSN 0277-786X



## Mätning av årsringsbredd med laser

- [17] Andreu, J., Rinnhofer, A. 2002. Enhancement of annual rings on industrial CT images of logs. JOANNEUM RESEARCH, Institute of Digital Image Processing, Austria  
ISSN: 1051-4651
- [20] Simonaho, S.-P., Silvennoinen, R. 2006. Sensing of wood density by laser light scattering pattern and diffractive optical element based sensor. Journal of Optical Technology, vol. 73, no. 3, p. 170-174.

## Produktblad

- [7] Produktnyheter från RemaControl 2006. RemaControl Sweden AB. Pilgatan 21, 721 30 Västerås, Sweden.

## Internet

- [8] [http://www.rema.se/frameset\\_se.asp](http://www.rema.se/frameset_se.asp) (060508)
- [10] <http://www.microtec.org/valueshop/microtec.asp?GrpID=C:147748> (060508)
- [13] Laser avslöjar vänstervridet propellervirke  
[http://forskning.se/servlet/GetDoc?meta\\_id=2534&template=news\\_print](http://forskning.se/servlet/GetDoc?meta_id=2534&template=news_print)  
(060404)
- [14] <http://www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/median.html> (060322)
- [15] CT-scanning/Datortomografi-värt att veta.  
<http://netdoktor.passagen.se/?lngItemID=3444> (060512)

## Personliga referenser

- [9] Muntliga referenser, SAWTEC dagarna i Umeå 10-11 maj 2006, L.O.A.B, RemaControl.
- [12] Forskare, Johan Oja, SP Träteknik
- [16] Tekniker, Birger Marklund, Luleå Tekniska Universitet institutionen i Skellefteå.

Mätning av årsringsbredd med laser

## 10 Bilaga

### 10.1 Bilaga 1

Mätn.Nr.	Area tot	Area punkt 1	Exentr. Punkt 1	Skalad area Punkt 1	Vinkel Punkt 1	Area punkt 2	Exentr. Punkt 2	Skalad area Punkt 2	Vinkel Punkt 2	Area punkt 3	Exentr. Punkt 3	Skalad area Punkt 3	Vinkel Punkt 3
0	236,5214	124	0,722172	136,335526	3,318889	94	0,329074	97,481758	52,687996	112	0,012754	112	-40,495056
1	236,5214	165	0,973263	181,4142	-1,138848	147	0,645047	152,444885	3,134876	210	0,808841	210	-0,31927
2	236,5214	173	0,6891	190,210052	-0,001351	207	0,927204	214,667282	-1,589188	238	0,664096	238	-1,971165
3	236,5214	184	0,955583	202,304321	0,218883	223	0,7497	231,259918	-0,800007	276	1,048079	276	-3,018093
4	230,4266	183	0,715128	201,204849	2,17813	245	1,092195	254,074799	-2,64908	236	0,61511	236	-0,064352
5	215,7959	196	1,058844	215,498093	-1,06892	213	0,789864	220,889526	-1,629278	211	0,545018	211	1,247217
6	215,0473	163	0,733155	179,21524	2,59831	241	0,886517	249,926636	0,519916	216	0,619804	216	-1,250801
7	202,6152	163	0,747847	179,21524	2,110057	206	0,734896	213,630234	2,259197	215	0,584365	215	2,056587
8	197,1792	159	0,78151	174,817322	1,331083	194	0,650982	201,18576	0,37091	207	0,515767	207	3,652454
9	197,1792	163	0,870624	179,21524	1,139274	181	0,559634	187,704239	1,313258	211	0,615067	211	1,389872
10	197,1792	164	0,706663	180,314728	4,570002	195	0,780057	202,222794	0,698009	209	0,540389	209	2,062291
11	201,2818	166	0,86364	182,513687	0,626089	202	0,681719	209,482086	2,147907	221	0,63843	221	0,668486
12	204,3319	164	0,796672	180,314728	0,886195	213	0,789705	220,889526	0,243609	221	0,572537	221	2,801825
13	204,3319	163	0,710174	179,21524	2,027864	206	0,676819	213,630234	2,088619	211	0,566528	211	1,445913
Osv	Osv	Osv	Osv	Osv	Osv	Osv	osv	Osv	Osv	osv	osv	osv	osv

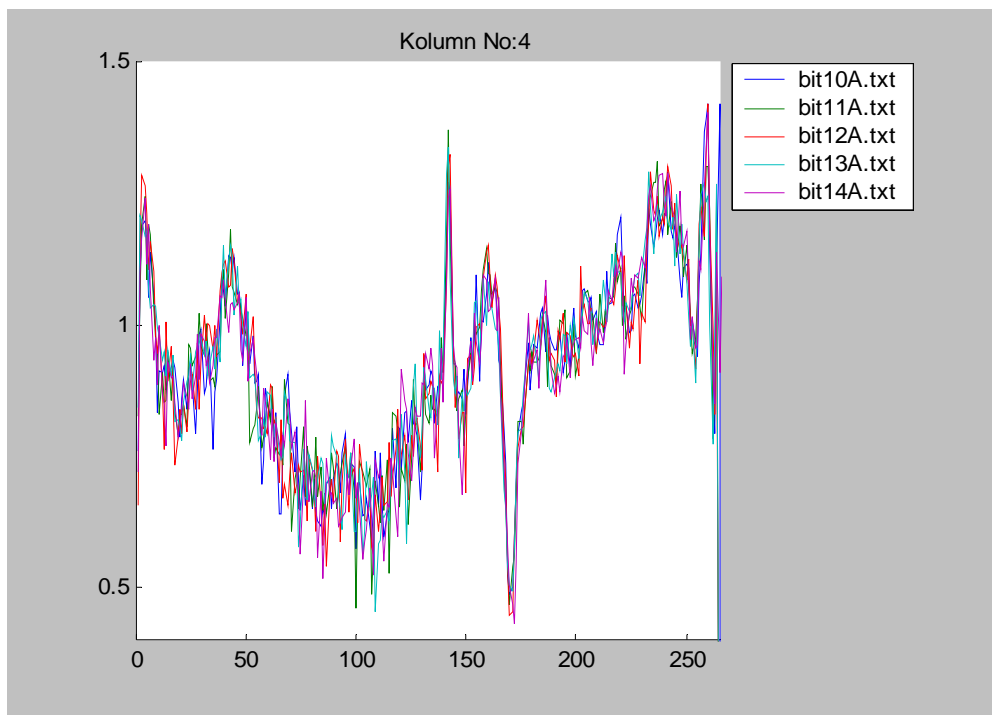
## 10.2 Bilaga 2

```

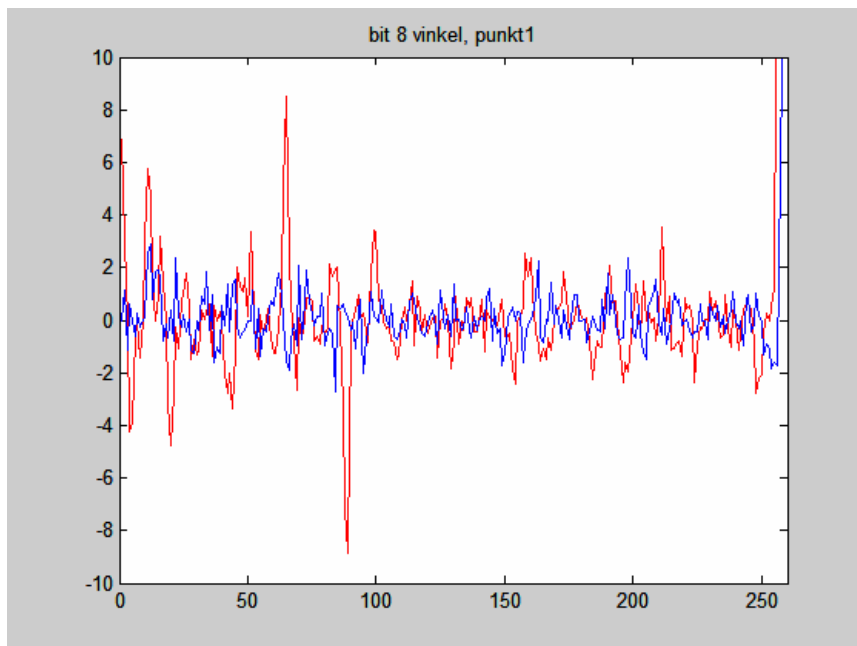
1 function [plotmedian] = JAMFORELSE(indata)
2 %skriva ut plottar som beskriver indata grafen för vinkeldata, median och
3 %differansen mellan indata och medianplottarna.
4
5 indata = 'C:\Documents and Settings\MargaretFe\Skrivbord\Maggan\datafura\bit9\bit43A.txt'
6
7 %plottar punkt 1, excentricitetskurva
8 %A =(indata);
9 figure %tar fram en axel där kurvan sen ritas upp
10 A=laddatextfil(indata); % Denna funktion läser in text-filen med NAMNET/SÖKVÅGEN som sparats i "indata".
11
12 B = medfiltl([A(:,4)],15); %medianfilter med 15 bilder
13
14 C = (A(:,4))-B;
15
16 plot(C) % ritas upp kurvan i figuren
17 title('bit1, excentricitetskurva, nr:43A,punkt 1') %vad som senare kommer att stå som överskrift figuren.
18
19 %plottar punkt 2
20 figure
21 D = medfiltl([A(:,8)],15);
22 E = (A(:,8))-D;
23 plot(E)
24 title('punkt 2')
25
26 %plottar punkt 3
27 figure
28 F = medfiltl([A(:,12)],15);
29 G = (A(:,12))-F;
30 plot(G)
31 title('punkt 3')

```

## 11 Appendix

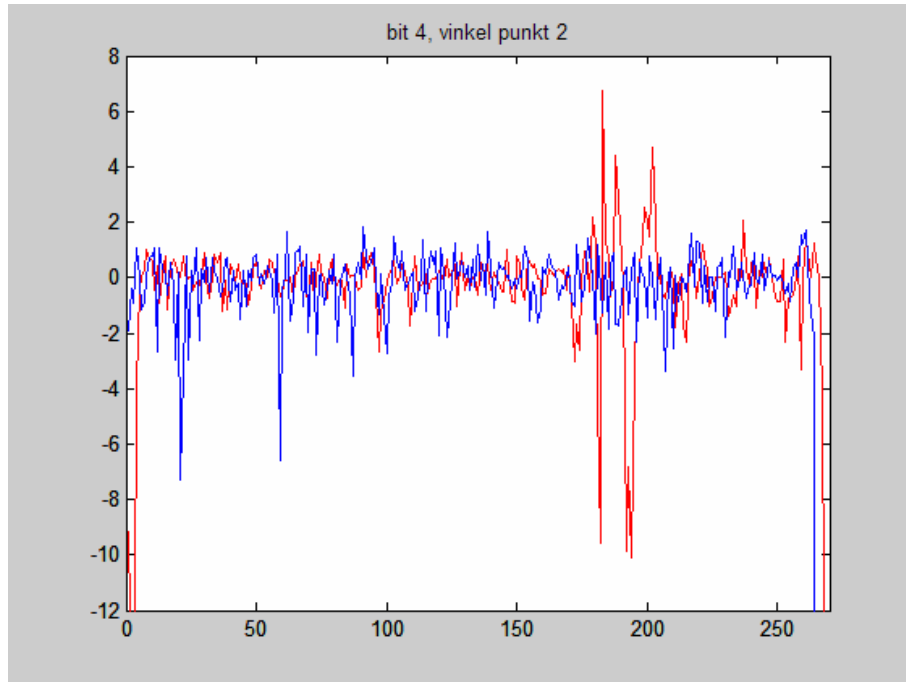


**Figur 33.** Visar excentricitets kurvor, fem stycken från samma hyvlade träbit. Likheten i kurvans mönster är stor och bevisar att kurvan beror på hur träbiten ser ut på ytan och att det inte bara är tillfälligheter som gör att kurvan ser ut på ett visst sätt.

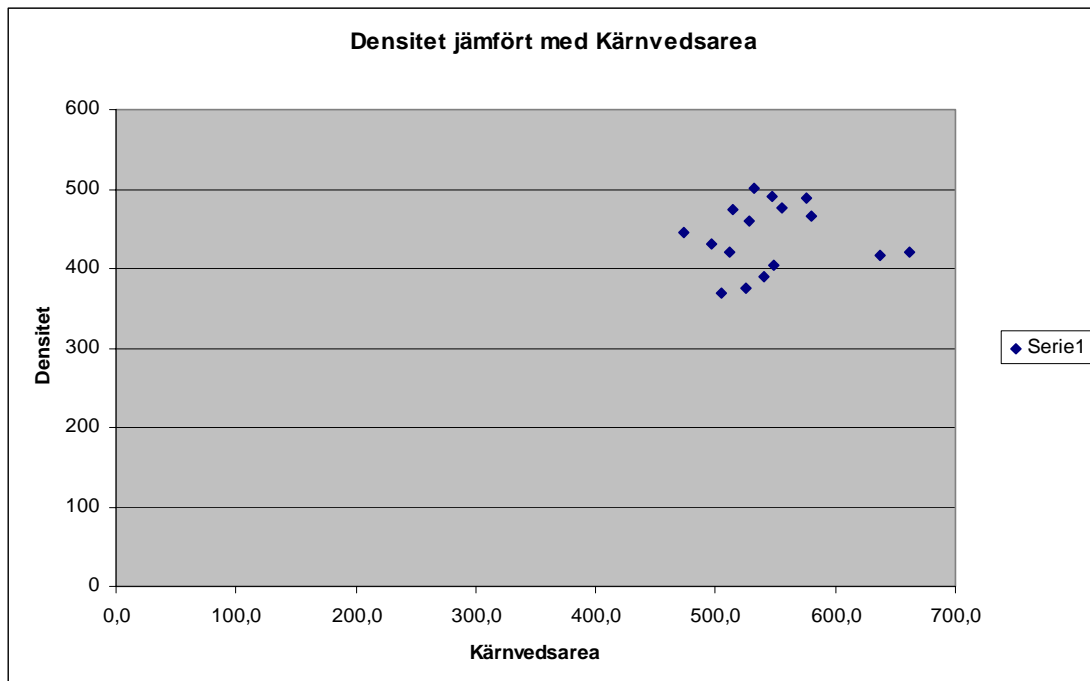


**Figur 34.** Hyvlad och ohyvlad fibervinkelkurva som filtrerats jämförs med varandra. Röd kurva är ohyvlad och blå kurva är hyvlad

## Mätning av årsringsbredd med laser

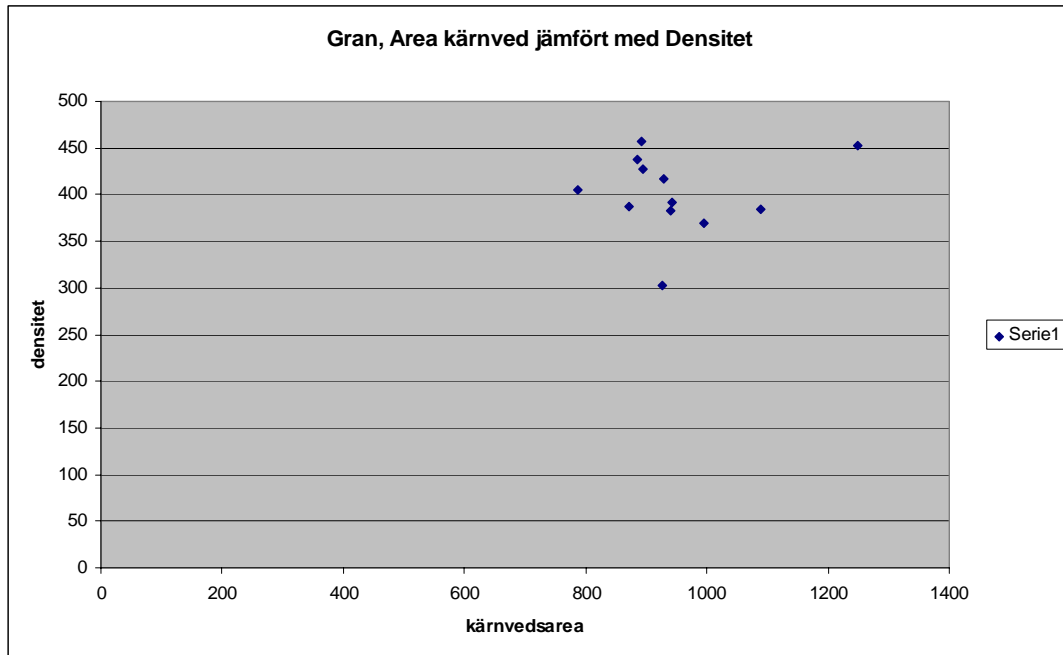


**Figur 35.** *Provbit fyra, fibervinkelkurva som filtrerats, jämförelse hyvlad(blå kurva) mot ohyvlad(röd kurva).*

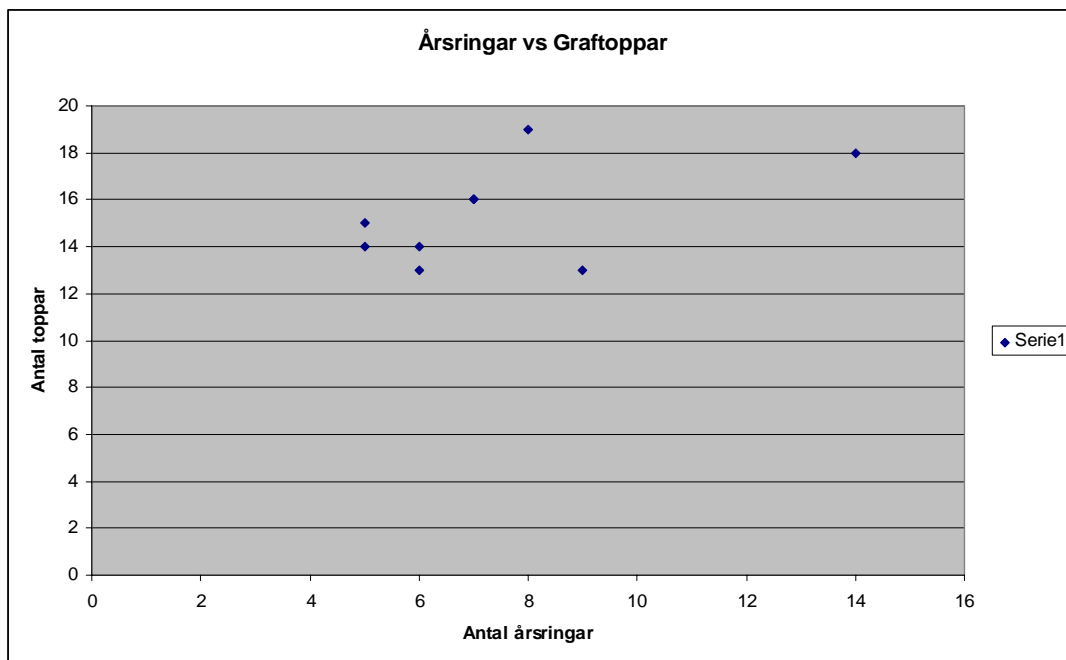


**Figur 36.** *Furu provbitars värden på densitet och kärnvedsarea på de 16 CT-scannade bilder som tagits. Alla värden är väl samlade i en hagelskur detta visar att det inte finns några samband mellan densitet och area.*

## Mätning av årsringsbredd med laser



**Figur 37.** Gran provbitars värden på densitet och kärnveds area på de 12 CT-scannade bilder som tagits. Värdena visar att det inte finns något samband mellan area och densitet. En uteliggare med högt värde på dess area värde finns längst till höger i bilden.



**Figur 38.** Modell som visar antalet årsringar jämfört med antalet toppar i excentricitetkurvan i splintpositionens centrum. Inget mönster går att se denna modell.