

# CT-Pro

*Slutrapport*

Johan Skog  
SP Trä

Olle Hagman  
LTU

## Sammanfattning

Det övergripande syftet med projektet var att utveckla nya produktionsstrategier för sågverksindustrin, baserade på information från snabb datortomografering (CT-skanning) av sågtimmer.

Projektet har gått mycket bra och ledde till ett stort industriellt genombrott i och med att världens första höghastighetstomograf, MiCROTEC CT.Log, lanserades i september 2012. Jobbet med algoritmutveckling prioriterades i enlighet med kartläggningen av industrins behov. Algoritmer för de högst prioriterade stockegenskaperna har tagits fram, nämligen detektion av kvistar, röta, kådlåpor, kärnved, sprickor och diameter under bark. Av de ovan nämnda egenskaperna visade sig rötan vara svårast. Grav röta går bra att finna, men begynnande rötangrepp visade sig vara svåra att skilja från normala variationer i trästrukturen.

Inom arbetet med produktionsstrategier konstaterades att den största potentialen ligger i att använda tomografen för att optimera inläggningen i sågen. För såväl kvalitetssortering enligt Nordiskt trä som visuell hållfasthetssortering enligt INSTA 142 har en värdeökning på omkring 13% på sågad vara kunnat påvisas genom att optimera rundvridningen i första sågen. Om rundvridaren har ett normalfördelat rotationsfel med standardavvikelse på 5° blir värdeökningen dock bara omkring 6%.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Johan Skog	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport delprojekt	Filnamn: TCN Slutrapport CT-Pro.doc	Datum 2013-11-22	Sida: 3(13)

# Innehållsförteckning

## Innehåll

<i>Sammanfattning</i> .....	- 2 -
<i>Innehållsförteckning</i> .....	3
<i>1 Inledning</i> .....	4
1.1 Bakgrund .....	4
1.2 Syfte och mål.....	5
<i>2 Metoder och genomförande</i> .....	5
<i>3 Resultat, slutsatser</i> .....	5
<i>4 Publikationer från projektet</i> .....	8
<i>5 Annan resultat- och kunskapsförmedling</i> .....	10
<i>Kontaktinformation</i> .....	10
<i>Bilaga 1: Slutrapport för delprojektet “WP2, Industrial demands on high-speed CT scanning” (endast den svenska delen, ledd av TCN)</i> .....	11
CT-Pro Work Package 2: Industrial demands on high-speed CT Scanning .....	11
Swedish priorities .....	11



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Johan Skog	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport delprojekt	Filnamn: TCN Slutrapport CT-Pro.doc	Datum 2013-11-22	Sida: 4(13)

## 1 Inledning

Projektet CT-Pro är ett internationellt samarbetsprojekt som pågick under tre års tid (okt 2010 – sep 2013). Projektet finansierades huvudsakligen genom WoodWisdom-programmet, där den svenska finansieringen kom från Vinnova.

### Forskningsutförare var:

SP Trä, Sverige (projektkoordinator Johan Skog)

Luleå Tekniska Universitet, Sverige

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Tyskland

### Industripartners var:

MiCROTEC GmbH, Italien

Träcentrum Norr, Sverige

SCA Timber AB, Sverige

Dold Holzwerke GmbH, Tyskland

TCN deltog i projektet på två sätt, dels som industripartner och kravställare (TCN-projekt 802) och dels som industriell medfinansierare genom att delfinansiera den forskning som utfördes av LTU (TCN-projekt 801).

Inom delprojekt 801 var TCN:s insats 544 485 kr, vilket huvudsakligen utgjordes av Olle Hagmans arbete med att sammanställa den svenska industrins krav på en industriell CT-skanner. Inom delprojekt 802 var TCN:s insats 870 000 kr. Dessa pengar användes som delfinansiering av LTU:s arbete med CT-baserade produktionsstrategier.

### 1.1 Bakgrund

Vid LTU och SP Trä har det under 30 års tid bedrivits forskning kring CT-skanning av timmer. Bland de främsta resultaten märks den svenska furustambanken och den europeiska granstambanken, stora databaser med tomograferade stockar som varit värdefulla verktyg i många forskningsprojekt. Forskningen har också lett fram till utvecklingen av den röntgenmättram som idag marknadsförs av RemaSawco och används för att optimera produktionen vid 13 sågverk.

Röntgenbaserad datortomografi har dock alltid varit för långsam för att kunna användas industriellt. År 2010 hade dock den tekniska utvecklingen nått så långt att drömmen om en industriell datortomograf började verka alltmer realistisk. Detta blev grunden för det treåriga forskningsprojektet CT-Pro.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Johan Skog	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport delprojekt	Filnamn: TCN Slutrapport CT-Pro.doc	Datum 2013-11-22	Sida: 5(13)

## 1.2 Syfte och mål

Det övergripande **syftet** med projektet var att utveckla nya produktionsstrategier för sågverksindustrin, baserade på information från snabb datortomografering (CT-skanning) av sågtimmer. **Hypotesen** var att det genom effektivare råmaterialanvändning och bättre kundanpassning ska vara möjligt att öka det totala värdet av de sågade produkterna med 10 %.

De huvudsakliga **målen** var att utveckla (1) en prototypskanner kapabel att tomografera sågtimmer med en hastighet av 2 m/s; (2) bildanalysalgoritmer för att extrahera relevant information från denna typ av CT-bilder; (3) produktionsstrategier som nyttjar denna information för att optimera sågverksprocessen.

På så sätt bidrar projektet till omformningen av sågverksindustrin från råvaruintensiv till kunskapsintensiv och hjälper till att förbättra lönsamheten i branschen.

## 2 Metoder och genomförande

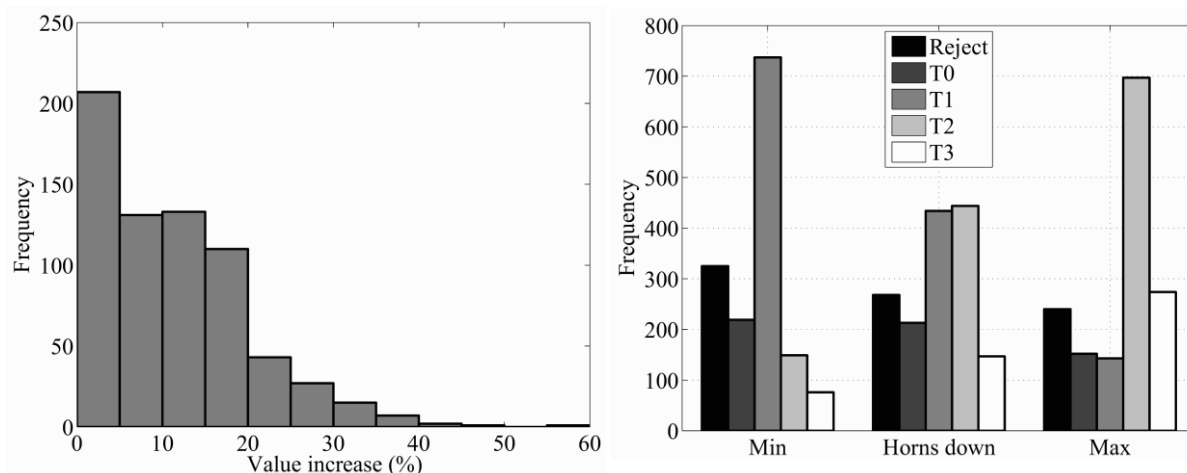
Det av TCN ledda arbetet med att sammanställa industrins prioriteringar och krav på en CT-skanner skedde huvudsakligen genom enkätsvar och intervju med industrirepresentanter. Resultaten redovisas i Bilaga 1. Olle Hagman närvarade också på samtliga projektmöten inom CT-Pro för att bevaka den svenska industrins intressen.

Det av LTU ledda arbetet med utveckling och utvärdering av produktionsstrategier skedde huvudsakligen med hjälp av sågsimuleringar i Saw2010, och bland annat utvecklades tillägg för kapning och trimning till sågsimulatoren. För arbetet med hållfasthetsklassning utvecklades beräkningsmetoder i Matlab.

## 3 Resultat, slutsatser

Projektet har gått mycket bra, det mesta har löpt ungefär enligt plan. Projektet inleddes med en kartläggning av industrins behov och krav på en tomograf, utförd i Tyskland och Sverige. Därefter fortskred arbetet med utveckling av prototypskanner, mjukvara och produktionsstrategier.

Den största avvikelserna jämfört med projektplan är att arbetet med att konstruera prototypen och ta fram hårdvaran prioriterades för att bli klart så snabbt som möjligt. Inom ett år hade en fungerande prototyp tagits fram, och därefter fortsatte arbetet med att göra tekniken industriellt användbar. I september 2012, två år in i projektet, lanserades MiCROTEC CT.Log, världens första höghastighetstomograf. Maskinen är kapabel att skanna sågtimmer i hastigheter av upp till 2.5 m/s, vilket innebär att både prestanda och kommersialisering av resultaten är klart över förväntan. Den nya tomografen har rönt stor uppmärksamhet och bland annat utnämnts till en av de hetaste innovationerna under 2012 av European Association of Research and Technology Organisations (EARTO). Under projektets gång hann tre exemplar av utrustningen levereras, för vitt skilda ändamål. Den



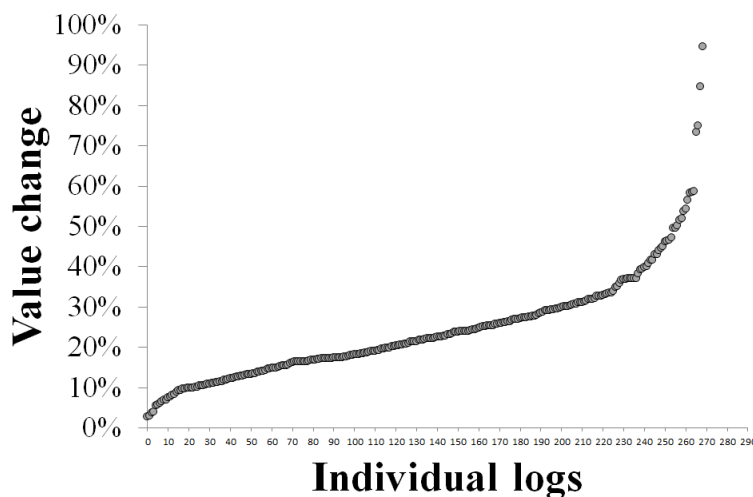
**Figur 1: Visuell hållfasthets-sortering av 677 granstockar enligt INSTA142. (a) Histogram över värdeökningen för enskilda stockar. Medelvärdeökningen är 13 % vid ideal inläggning och 6 % inklusive rotationsfel. (b) Centrumutbytets kvalitetsfördelning vid sämsta rotationsläge, krok upp-läge och bästa rotationsläge.**

första skannern (USA) används för att lägga första snittet rätt vid fanerproduktion. Den andra skannern (Chile) används för att styra timmer till massa, såg eller fanertillverkning. Den tredje skannern (Frankrike) är den applikation som ligger närmast detta projekt. Den används för att optimera apteringen av barrträ, och för detta används de algoritmer utvecklats inom detta projekt.

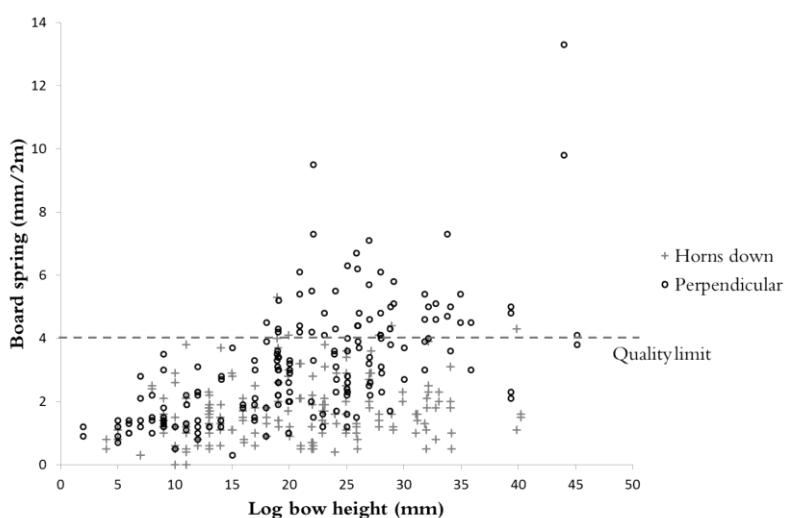
Jobbet med algoritmutveckling prioriterades i enlighet med kartläggningen av industrins behov. Algoritmer för de högst prioriterade stockegenskaperna har tagits fram, nämligen detektion av kvistar, röta, kådlåpor, kärnved, sprickor och diameter under bark. Även algoritmer för årsringarnas ojämnheter har tagits fram, vilket var ett industriönskemål som identifierades senare under projektet. Fokus har varit att göra algoritmerna robusta så att de ska fungera stabilt även under dåliga mätförhållanden. Av de ovan nämnda egenskaperna visade sig rötan vara svårast. Grav röta går bra att finna, men begynnande rötangrepp visade sig vara svåra att skilja från normala variationer i trästrukturen.

Inom arbetet med produktionsstrategier konstaterades att den största potentialen ligger i att använda tomografer för att optimera inläggningen i sågen. Både för kvalitets-sortering enligt Nordiskt trä och visuell hållfasthets-sortering enligt INSTA142 har en värdeökning på 13 % på sågad vara kunnat påvisas genom att optimera rundvridningen i första sågen. Histogram över värdeökningen för INSTA142 visas i Figur 1a och centrumutbytets kvalitetsfördelning visas i Figur 1b. Det tydligaste resultatet av rotationsoptimeringen är en förflyttning från kvalitet T1 till T2. Om både rotationsläge, parallellposition och snedställning av såg optimeras vid sågning ökar potentialen till 21 %, samtliga siffror vid ideal inläggning, se Figur 2.

Felinläggning är en viktig begränsande faktor. Om rundvidaren har ett normalfördelat rotationsfel med standardavvikelse på 5° minskar värdeökningen vid rotationsoptimering från 13 % till omkring 6 %. Detta är ett intressant resultat eftersom det innebär att ett tekniskifte till tomografibaserad inläggning i såg också kommer att påskynda utvecklingen av bättre utrustning för inläggning i sågen.



**Figur 2:** Värdeförändring för den sågade varan från 269 gran- och furustockar, sorterade från lågt till högt. Värdeförändringen baseras på ett optimerat läge för rotation, parallellposition och snedställning av stock vid sågning. Procentandelen är beräknad som skillnaden mellan det förbättrade värdet och värdet vid krok upp/centrerat läge, dividerat med värdet vid krok upp/centrerat. Den genomsnittliga värdeökningen är 21 %.



**Figur 3:** Uppmätt kantkrok på plank, plottad mot automatiskt inmätt stockkrök (pilhöjd). Plustecken = plankor sågade med stocken i krok upp-läge. Cirklar = plankor sågade i ett rotationsläge 90° från krok upp. Notera att varje stock sågades till två centrumutbyten, därav de synbart ihopparade observationerna.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Johan Skog	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport delprojekt	Filnamn: TCN Slutrapport CT-Pro.doc	Datum 2013-11-22	Sida: 8(13)

De siffror som presenteras ovan baseras på vankants- och kvistkvalitet. En viktig fråga är också hur ett förändrad rotationsläge inverkar på formfel hos den sågade varan. En provsågning utfördes för att ta reda på hur kantkrok, flatböj och skevhet påverkas av ett förändrat rotationsläge. Det visade sig att endast kantkrok påverkas av inläggningen, och då endast för stockar med båghöjd överstigande omkring 15 mm, se Figur 3. Detta innebär att omkring 75 % av allt skandinaviskt timmer kan roteras med avseende på inre egenskaper utan att riskera problem med ökad kantkrok på den sågade varan.

Slutligen har det också undersökts hur den optimala inläggningspositionen kan beräknas på ett så tidseffektivt sätt som möjligt. Det har dock visat sig svårt snabba upp beräkningarna genom att ta genvägar. Den lösning som MiCROTEC har valt är därför att fördela beräkningarna över ett stort antal datorer. Detta är en framkomlig väg eftersom kostnaden för beräkningsdatorer minskat kraftigt de senaste åren och nu är relativt liten jämfört med övrig utrustningskostnad.

### **Industriengagemang**

Industrins engagemang i projektet har varit högt. Genom SCA:s och TCN:s medverkan i projektet så har större delen av den svenska sågverksindustrin kunnat vara med och ge input om sina prioriteringar och förhoppningar på den nya tekniken, och i ett tidigt skede kunnat ta del av forskningsresultaten. Utrustningsleverantören MiCROTEC har också medverkat i projektet med stort engagemang och jobbat stenhårt med att göra den nya tekniken kommersiellt tillgänglig. Det stora industriengagemanget är en nyckelfaktor till att projektet blivit så framgångsrikt.

När ekonomin sammanställs efter projektslut står det klart att SCA:s ekonomiska insats i projektet blev något mindre än planerat, samtidigt som MiCROTEC gått in med mycket större insatser än ursprungligen planerat. SP har också lagt in en stor egen insats för att kunna utbilda två doktorander inom ramen för projektet. Sammantaget medför detta att in-kind-insatserna i projektet överskrider de ursprungliga planerna med mer än 3 MSEK.

## **4 Publikationer från projektet**

Baumgartner R., Laudon N., Brüchert F., Sauter U.H. (2013). Virtual grading of boards using high-speed CT data compared to visual board grading. In: *Proceedings of the 18th International Symposium on Nondestructive Testing and Evaluation of Wood*, September 24-27, 2013, Madison, USA. FPL-GTR-226: 342-347

Berglund, A. (2013) *Process control and production strategies in the sawmill industry*, Licentiate thesis. Luleå Tekniska Universitet.

Berglund, A., Broman, O., Grönlund, A. & Fredriksson, M. (2013) Improved log rotation using information from a computed tomography scanner. *Computers and Electronics in Agriculture*, 90:152-158, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2012.09.012>





Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Johan Skog	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport delprojekt	Filnamn: TCN Slutrapport CT-Pro.doc	Datum 2013-11-22	Sida: 9(13)

Breinig L., Berglund A., Grönlund G., Brüchert F. & Sauter U.H. (2013) *Effect of knot detection errors when using a computed tomography log scanner for sawing control*. Accepted for publication in Forest Products Journal.

Fredriksson, M. (2012) *Computer simulation in the forestry-wood chain*, Licentiate thesis. Luleå Tekniska Universitet.

Fredriksson, M., Berglund, A. & Johansson, E. (2013). Log Positioning by Aid of Computed Tomography Data. In: *Proceedings of the 21st International Wood Machining Seminar (IWMS21)*, August 4-8, 2013, Tsukuba, Japan.

Giudiceandrea, F., Ursella, E. & Vicario, E. (2011) A high speed CT scanner for the sawmill industry. In: *Proceedings of the 17th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium*, September 14-16, 2011, Sopron, Hungary.

Giudiceandrea, F., Ursella, E. & Vicario, E. (2012) From research to market: a high speed CT scanner for the sawmill industry. *XXXI Scuola Annuale di Bioingegneria*, September 17-21, 2012, Bressanone, Italy. In: Bonfiglio A., Magenes G., Pietrabissa R., Gabriella M (eds.): *Dalla ricerca al mercato trasformare il risultato della ricerca in un prodotto*. Patron editore, Bologna: 159 -169.

Grönlund, A. & Fredriksson, M. (2011) Fingerjointing Simulation: First Step to Complete Integration. *FDM Asia*, October 2011, pp. 34-37. ISSN: 0218-7663

Johansson, E., Johansson, D., Skog, J. & Fredriksson, M. (2013) Automated knot detection for high speed computer tomography on pine and spruce. Accepted by *Computers and Electronics in Agriculture*.

Johansson, E. (2013) *Computed Tomography of Sawlogs – Knot Detection and Sawing Optimization*. Licentiate thesis, Luleå Tekniska Universitet, Skellefteå.

Laudon N., Baumgartner R., Brüchert F., Sauter U.H. (2013). *Automatic detection of pitch pockets in high speed industrial CT images of Norway spruce*. In: *Proceedings of the 18th International Symposium on Nondestructive Testing and Evaluation of Wood*, September 24-27, 2013, Madison, USA. FPL-GTR-226: 15-21

Skog, J. (2013) *Characterization of sawlogs using industrial X-ray and 3D scanning*. Doctoral thesis, Luleå Tekniska Universitet, Skellefteå.

Skog, J. (2013) *CT-Pro*. In: Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin – Projektkatalog 2013. Vinnova Information VI 2013:01, pp. 140-141.



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Johan Skog	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport delprojekt	Filnamn: TCN Slutrapport CT-Pro.doc	Datum 2013-11-22	Sida: 10(13)

## 5 Annan resultat- och kunskapsförmedling

Projektet har presenterats vid flera vetenskapliga konferenser:

- 17th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, September 14-16, 2011, Sopron, Hungary.
- IUFRO All. Div. 5 conference, July, 8-12, 2012, Lisbon, Portugal
- Tomography of Materials and Structures, Juli 1-5 2013, Ghent, Belgien
- XXXI Scuola Annuale di Bioingegneria, September 17-21, 2012, Bressanone, Italy.
- *21st International Wood Machining Seminar (IWMS21)*, Augusti 4-8, 2013, Tsukuba, Japan.
- *18th International Symposium on Nondestructive Testing and Evaluation of Wood*, September 24-27, 2013, Madison, USA.

Projektet har presenterats på ett antal större mässor och seminarier:

- WoodWisdom-Nets seminarium i Paris, februari 2011
- WoodWisdom-Nets seminarium i Helsingfors, februari 2012.
- WoodWisdom-Nets seminarium i München, februari 2013.
- Lignamässan i Hannover, maj 2011 och maj 2013.
- Sågverksdagarna vid Värö såg (Varberg), maj 2012.
- Trä och teknik (Göteborg), aug 2012.
- Optik & Fotonikdagarna, okt 2012

Resultat från projektet har också förmedlats till den svenska, tyska och franska sågverksindustrin i samband med TCN:s styrgruppsmöten och i samband med kundbesök.

## Kontaktinformation

### Projektledare:

Johan Skog, SP Trä, Laboratorgränd 2, 931 77 Skellefteå

Tel: 010-516 62 47

E-post: johan.skog@sp.se

### Delprojektledare för TCN:

Olle Hagman, Luleå tekniska universitet, 931 87 Skellefteå

Tel: 070-275 36 54

E-post: olle.hagman@ltu.se



Organisation: TräCentrum Norr	Författare: Johan Skog	Utgåva: 1.0	Status: Klar
Dokumenttyp: Slutrapport delprojekt	Filnamn: TCN Slutrapport CT-Pro.doc	Datum 2013-11-22	Sida: 11(13)

## **Bilaga 1: Slutrapport för delprojektet “WP2, Industrial demands on high-speed CT scanning” (endast den svenska delen, ledd av TCN)**

### **CT-Pro Work Package 2: Industrial demands on high-speed CT Scanning**

An important task in the project is to map the industrial demands on high-speed CT scanning. The first step is to define what type of properties needs to be measured and the accuracy that is required. It is also necessary to define the resolution and scanning speed that is needed. TCN will lead the study that, thanks to the structure of the project consortium, will include forest companies of different types and from both Scandinavia and Central-Europe. The information will give very important input to WP3-WP10. The study will be based on interviews and questionnaires, as well as workshops in connection to the first two physical project meetings.

**WP leader:** TCN

**Partner:** SP Trä, FVA, LTU, MICROTEC, TCN, DOLD, SCA

In TräCentrum Norr (TCN) the leading sawmill companies (40 sawmill production facilities) are acting together to define projects, prioritize and put resources into R&D. The main focus is the sawmill process in field of Metrology and process control systems for client-driven production in sawmills. SCA Timber AB and Dold Holzwerke GmbH put a special interest in this project. Under the umbrella of TCN, a project for developing discrete X-ray systems for the sawmills has been going on for 6 years. The result is result that more than 25 sawmills in Sweden and Finland now use the X-ray logscanning technology for log sorting. When in this project the priorities for feature and property detection are discussed or inquired the steering group is mature and familiar with the technology, potential use and to a certain extent the process impact using a CT scanner in their production. So the question is not looking into the log or not with X-rays more like “Is the potential using an industrial CT-scanner big enough?” and “Position in the process?”.

In Germany and mid part of Europe there is little experience in using X-Rays for log-sorting and hence the task to define needs and prioritize is much harder and need another process. This process includes both explaining/learning activities as well as process and technology knowledge transfer combined with demonstrations.

### **Swedish priorities**

The Swedish priorities reflect two scenarios one for log sorting the other for controlling the sawing process. The first mirrors the need for a sawmill to pre-sort the logs for customer demands to an higher degree than sorting out defects not accepted in the process. This is due to the fact that such defects should be sorted out in the logging process and hence not reaching the sawmill. In Germany the case might be another due to business concepts that’s sets the need for more sorting out of rejected logs. Also a higher demand in detecting and segmenting properties like rot is due to a system that gives a wider variation in logs in to the sawmill.

Defects	Priority summary
<i>Knots</i>	
Position	37
Type	33
Structure, size, direction etc.	32
<i>Rot</i>	34
<i>Splits and checks</i>	27
<i>Reaction wood</i>	25
<i>Damage due to Moose browsing or snowload</i>	24
<i>Resin pockets</i>	23
<i>Non biological artefacts (Rocks, nails..etc.)</i>	20
<i>Pith position</i>	19

Species	
Spruce	34
Pine	35
Hardwoods	9

Properties to detect	
<i>Bark thickness</i>	30
<i>Heartwood</i>	28
<i>Raw density</i>	23
<i>Annual ring with</i>	23
<i>Moisture</i>	14
<i>Fiber-direction, Spiral grain</i>	14

Position in the process	Priority summary
<i>Log sorting</i>	18
<i>Control the sawing process</i>	12
<i>Other use</i>	4

Expected speed needed (m/min)	130	150	160	155	150	180
-------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### **Om TräCentrum Norr**

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

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

*En investering för framtiden*



EUROPEISKA  
UNIONEN  
Europeiska  
regionala  
utvecklingsfonden