



RAPPORT

Boris Hájek

Utrustning för bestämning av träets densitet in-line

Trätetek

Boris Hájek

UTRUSTNING FÖR BESTÄMNING AV TRÄETS DENSITET IN-LINE

Träteknik, Rapport P 0302006

ISSN 1102 – 1071

ISRN TRÄTEK – R – – 03/006 – – SE

Nyckelord

*density
equipment
in-line
lumber
measurement
tomography
wood*

Stockholm februari 2003

Innehållsförteckning

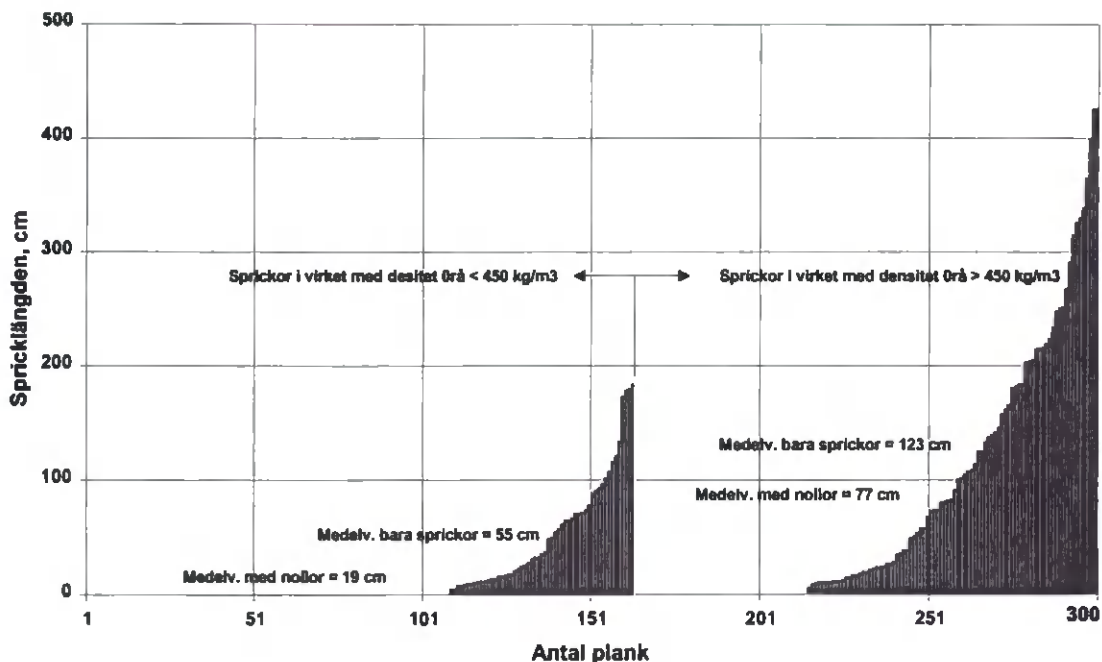
	Sid
Bakgrund	3
Inledning	4
Densitet	4
Existerande densitetsmätare in-line	5
Bestämning av densiteten med hjälp av andelen vår- och sommarved	7
Densitetsmätningar baserade på ljusfenomen	8
Densitetsmätningar baserade på dynamiska egenskaper	8
Kombinerad mätare	8
Densitet som mått på <i>stockars</i> inre egenskaper	8
Tomograf	9
Senaste nytt	9
Slutsats	11
Referenser	13

Bakgrund

Vissa av träets egenskaper, t ex hållfasthet, är beroende av densiteten. Genom att mäta densiteten på torkat virke kan hållfasthetssortering utföras. Men man skulle kunna densitetssortera virke i rått tillstånd direkt efter sågning eller redan på timmerstadiet. Varför ska man såga takstolsvirke med krav på hållfasthet från timmer, som inte innehåller virke av rätt hållfasthet?

Även vid beräkning av torkningsscheman ingår densitet som parameter. Högdensitetsvirke har en tendens att spricka lättare än virke med låg densitet vid för "hårt" torkningsschema.

Med kunskap om densitet skulle man kunna sortera virke i olika grupper för att sedan, om möjligt, torka med olika torkningsscheman, antingen i olika torkar eller genom att placera virke med olika densiteter på olika ställen i en kammartork i blåsriktningen räknat.



Figur 1. Sprickor efter torkning av 75 x 150 mm furu. Medeldensitet för partiet 0rå = 450 kg/m³.

Man skulle kunna uppnå jämnare torkning, d v s mindre spridning i fuktkvot. Man skulle lättare kunna torka till en viss medelfuktkvot och slippa övertorka för att vara på den "säkra sidan".

Om torkningstiden kan förkortas med 10 % behöver var 10:e kammartork inte byggas (en kammartork kostar ca 2-3 Mkr). Torkningskapaciteten kan ökas i motsvarande grad.

Virke som levereras med fuktkvot inom ett förutbestämt intervall ökar förtroendet för trävaror hos kunderna, vilket är av stor och ovärderlig betydelse för sågverksindustrin.

Inledning

Sågverken är vid vissa tillfällen intresserade av att bestämma träets densitet. Densiteten är en faktor som påverkar olika egenskaper hos trä. Utrustning för bestämning av träets densitet i torrt tillstånd existerar. Det skulle dock vara intressant att bestämma densiteten redan i rått tillstånd, t o m på stock innan delning. Den kunskapen skulle kunna utnyttjas både vid hållfasthets-sortering och torkning av virke. Bestämning av densiteten måste självklart ske in-line.

Existerar utrustning som klarar av detta redan idag eller finns det möjligheter att anpassa existerande mätsätt till industrins behov?

Detta förprojekt skulle ge svar på dessa frågor.

Densitet

Träets densitet är dess vikt per dess volym. Träets fuktkvot (vatteninnehåll) påverkar både vikt och volym. Det är därför nödvändigt att ange fuktkvoten när densiteten bestämdes (t ex som index – dens_{0,12}). Det går att räkna om densiteten mellan de olika fuktkvoterna för att få en gemensam nämnare vid jämförelsen. Det är en och samma furuplanka med densiteten 512 kg/m³ vid 8 % fuktkvot som 540 kg/m³ vid 20 % fuktkvot eller ca 800 kg/m³ (beroende på kärnvedsandelen) i rått tillstånd.

Det vanligaste uttrycket för densitet i *torkningssammanhang* är densiteten bestämd så att vikten av träbiten bestäms i torrt tillstånd och träbitens volym bestäms i rått tillstånd. Den kallas därför torr-, rådensitet och betecknas $\rho_{0,rå}$. På furu i Sverige är den i medeltal 430 kg/m³, på granvirke 385 kg/m³.

Som framgår av ovanstående är detta med densitet inte så entydigt. Vatteninnehållet och träets volymförändringar komplicerar bestämningen av densiteten.

Det är kanske därför samtliga industriellt använda densitetsmätare bestämmer densiteten på torkat virke. Noggrannheten ökar med liten variation i fuktkvot, men fuktkvoten måste mätas och är i sin tur beroende av densiteten (fuktkvot = mängd vatten i virket i förhållande till virkets torra vikt).

De fel som begås vid bestämning av densiteten genom att inte kunna bestämma fuktkvoten "exakt" eller inte alls, accepteras. Säkerheten vid t ex dimensionering av träkonstruktioner som använder densitet vid sortering av virke är flerfaldig.

För att kunna bestämma densiteten på rått virke måste man också känna till fuktkvoten. Denna går inte att mäta med elfuktkvotsmätare av motståndstyp, utan andra mätsätt måste användas. Det hela kompliceras av att splintveden har hög fuktkvot (100-130 %) och kärnveden låg fuktkvot (30-40 %).

Densiteten på furusplint i rått tillstånd är drygt 1000 kg/m³ och för kärnan bara 600 kg/m³. Här gäller det att kunna skilja på vatten och träsubstans för att räkna ut torr-rådensiteten.

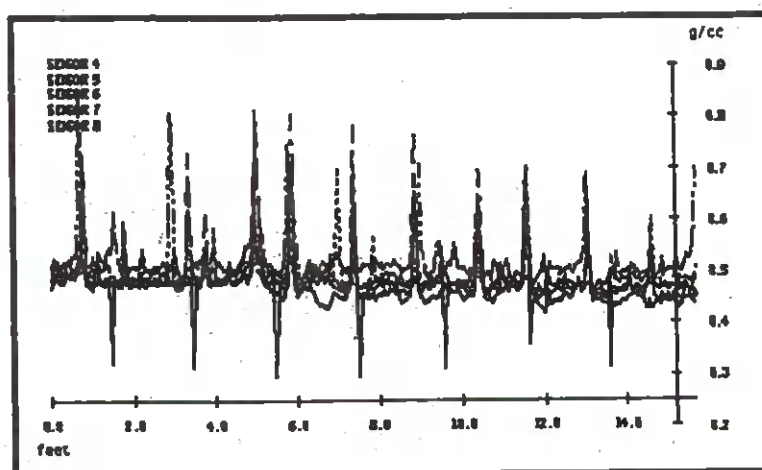
Existerande densitetsmätare in-line

De densitetsmätare som idag finns på marknaden används huvudsakligen för hållfasthets-sortering av virke. Dessa sorteringsmaskiner sorterar torkat virke, d v s virke med en fuktkvot under 18 %.

Som regel används någon slags strålning för bestämning av densiteten i virke och i kvistar. Eftersom skillnaden i densitet mellan virke och kvist är betydlig, kan kvisten på detta sätt bli "synlig" för utrustningen. Virket sorteras sedan med hänsyn till kvistens storlek och läge. Maskiner av detta slag kan presentera densitetsdata i tabeller eller grafiskt.

Se nedan exempel från en Newnes-maskin. Utrustningen arbetar med röntgenstrålar. Enligt uppgift erfordras det uppgift om fuktkvoten för att få "rätt densitetsvärde". Ingen verifiering av mätnoggrannheten har utförts av Träteck.

page 1 of 7		SUMMARY DIAGNOSTICS RAW DATA										page 10	
file name: c0000.dat						current time: 21-Jul-95 15:35:50						collected time: 19-Jul-95 15:24:10	
SAMPLE	SENSOR 4		SENSOR 5		SENSOR 6		SENSOR 7		SENSOR 8				
	REF	DEN	REF	DEN	REF	DEN	REF	DEN	REF	DEN	REF	DEN	
	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	g/cc*1000	
1	479	467	478	481	455	485	484	486	509	508			
2	479	479	478	480	455	489	484	490	509	515			
3	479	479	478	490	455	524	484	479	509	504			
4	479	490	478	495	455	515	484	489	509	512			
5	479	501	478	482	455	584	484	481	509	520			
6	479	490	478	477	455	485	484	478	509	502			
7	479	501	478	489	455	497	484	492	509	510			
8	479	474	478	475	455	485	484	479	509	518			
9	479	490	478	484	455	500	484	485	509	504			
10	479	493	478	495	455	491	484	501	509	515			
11	479	494	478	480	455	492	484	491	509	521			
.	
.	
.	

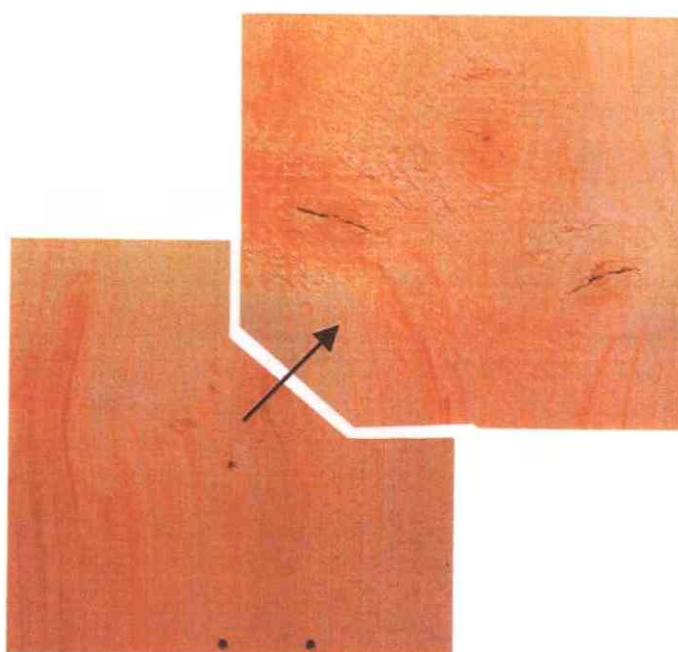


Figur 2. Densiteten anges i tabell eller i diagramform. Bilderna är kopior från instruktionsboken.

En annan sorteringsmaskin som kombinerar mekanisk styvhetsmätning med röntgenstrålar, och som mäter densitet i ändarna på virket där det inte går att böja virket, är en EuroGreComat-maskin.

Som framgår av nedanstående figur 3 är avbildningen av kvistar beroende på att dessa har högre densitet än omgivande virket.

Av figuren framgår också skillnaden i densiteten mellan sommarveden och vårveden. (Kanske en möjlighet till densitetssortering med hjälp av sommarvedsandel? Se sidan 7.) Av tekniska data framgår att träfuktkvoten bör ligga mellan 7-15 %. Temperaturen är angiven till 15-30 °C, detta förmodligen med hänsyn till att styvheten påverkas, ej röntgenmätningen.



Träytans struktur



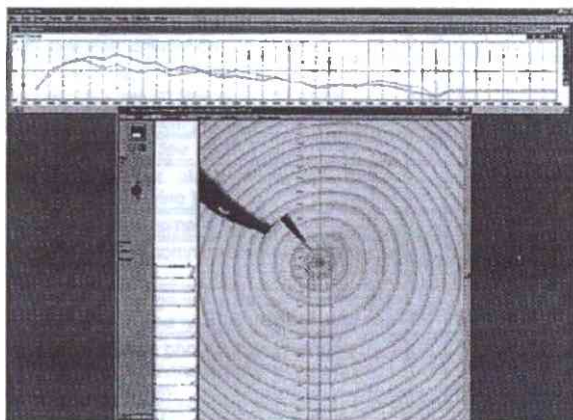
och röntgenbilden av denna

Figur 3. Kvistar i virket. Bilderna är kopior från GreCons "Teknisk information".

Bestämning av densiteten med hjälp av andelen vår- och sommarved

Korrelationen mellan träets densitet och andelen sommarved i en årsring utnyttjas i en optisk mätmetod. WinDENDRO scannar tvärsnitt av en träbit och beräknar densiteten automatiskt. Så vitt vi vet förekommer inte utrustningen in-line.

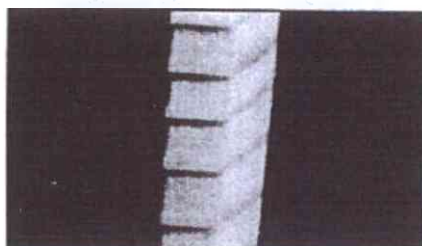
Om mätningar kan utföras på rått virke direkt efter en ändkapning är inte känt. Skillnaderna i färg mellan vår- och sommarved är små, i synnerhet på gran. Bilden nedan är hämtad från internetreklamen och visar mätning av densiteten på en trätrissa.



Figur 4. Mätning av andelen av vår- och sommarveden för beräkning av densiteten.

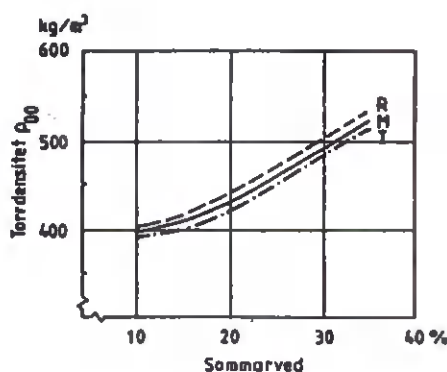
Motsvarande mätning som dock inte är beroende av färgskiftningar mellan vår-sommarveden, och som (om det fungerar) är värt att titta närmare på, är metoden som är framtagen av J Seltman på KTH-Trä och bygger på en UV-laser som emitterar fotoner med så hög energi att kemiska bindningar i trämaterialiet bryts utan att någon nämnvärd uppvärmning sker. "Avverkningen" på träytan går betydligt snabbare i vårved än i sommarved.

"Profilen" man erhåller är densitetsberoende. Med någon sorts avläsning och beräkning kan densiteten bestämmas. Möjlighet finns att laserbehandla även rått virke.



Figur 5. Radiell yta på gran efter "avverkning" med laser.

Sambandet mellan andel sommarved i årsringarna och densiteten framgår nedan.
(SLU-1973, B Ericson, T Johnson, A Persson)



Figur 6. Samband mellan densitet och andel sommarved i rot-, mitt- och toppstock.

Densitetsmätningar baserade på ljusfenomen

I en SP-rapport av Lars Boström "Maskinell hållfasthets-sortering" omnämns möjligheter att hållfasthets-sortera virke, t ex med hjälp av "smarta sensorer".

Tracheideffekten – mätning av spridningen av ljuset i materialet beroende på dess densitet.

NIR-metoden, d v s nära infraröd reflektionspektroskopi. Denna princip arbetar med att reflexer från virket beror på dess egenskaper såsom bl a densitet och fuktkvot.

Ingen av dessa mätare arbetar dock för närvarande in-line på rått virke.

Densitetsmätningar baserade på dynamiska egenskaper

Dynamiska mätningar, d v s mätning av pulshastigheter, vibrationer eller frekvensrespons hos trä. Dessa mätningar är dock enligt uppgift fuktkvotsberoende och lämpar sig bättre för torrt än för rått virke.

Kombinerad mätare

Kombinationen av mikrovågor för mätning av fuktkvot, gammastrålar för mätning av densitet och IR-mätning av temperaturen utnyttjades i en finsk mätare av märke Finnomoist. Utrustningen tillverkas inte längre.

Enligt den undersökning som VTT har gjort var noggrannheten hög på uppmätt fuktkvot mellan 6 och 30 %, bättre än vid mätningar med motståndsmätare, tack vare kompensering för densiteten.

Densitet som mått på stockars inre egenskaper

Flertal metoder på marknaden baserade på densitetsmätning används för oförstörande mätningar av främst stockarnas inre egenskaper. Dess huvudsakliga uppgift är först och främst att kunna bestämma t ex storlek och placering av kvistar, stockdiameter under bark o dyl.

Mätningarna utnyttjar skillnaden i densitet mellan kvist/bark och "rent virke", men storleken på densiteten är inte det primära.

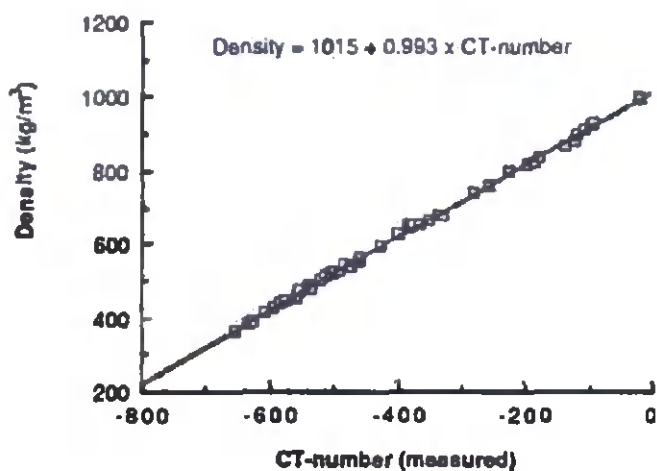
NMR-tekniken används för att bestämma både densitet och fuktkvot. Tekniken är dock, enligt uppgift, fortfarande långsam, men används med fördel i laboratorieskala. Nackdelen för industriell applikation kan vara svårigheter vid mätningar på fruset virke.

Elektromagnetiska vågor används, framförallt röntgen och gamma. Vid användning av dessa vågor mäts i princip dämpningen av strålning vid genomlysning av stockar. Principen är lika med mätningar vid hållfasthetsortering av konstruktionsvirke.

Tomograf

CT-scanner (Computed Tomography)

Försök med medicinsk tomograf på små, millimeterstora bitar, visar att densiteten kan mätas med hög noggrannhet även på rått virke, Lindgren 1992.



Figur 7. Samband mellan CT tal och träets densitet. Bilden från Lindgren 1992:111

Senaste nytt

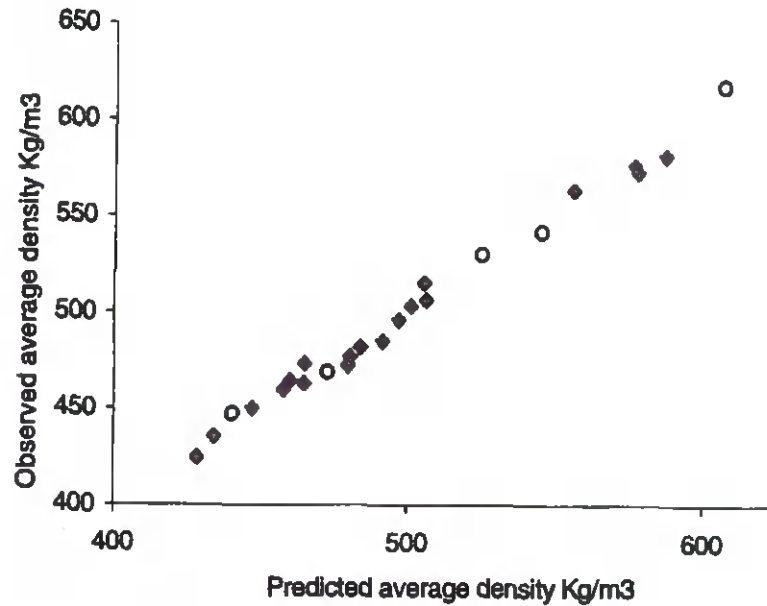
Mikrovågor ($\sim 10^9$ - 10^{11} Hz)

Jan Johansson, Luleå tekniska universitet, institutionen i Skellefteå, beskriver i sitt lic. arbete en utrustning för mätning av både densitet och fuktkvot under och över fibermättnadspunkten med "bara" mikrovågor. Möjligheten att mäta över respektive under fibermättnadspunkten beror på olika beräkningsmodeller.

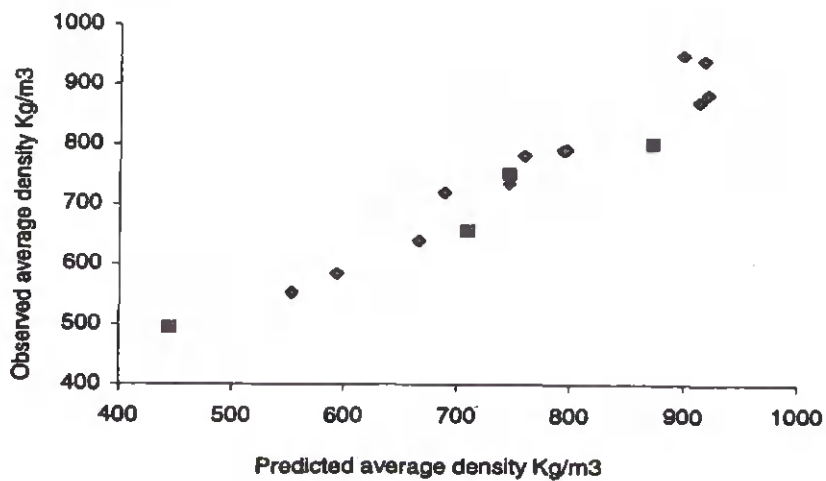
Laboratorieförsöken visar goda resultat på en dimension i furu och i synnerhet vid mätningar under fibermättnadspunkten. Detta gäller både densitet och fuktkvot.

Som det nämns i arbetet "Tekniken kan användas som verktyg att densitets- och fuktkvotssortera virke före torkning"

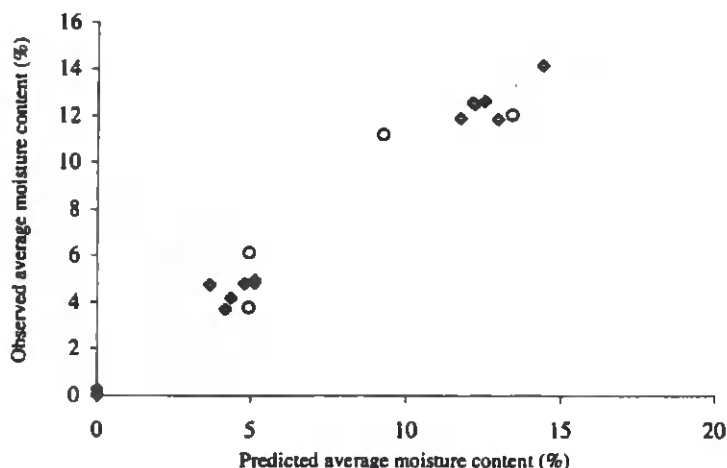
Exempel på uppmätt och verklig *densitet och fuktkvot* under respektive över fibermättnadspunkten framgår nedan.



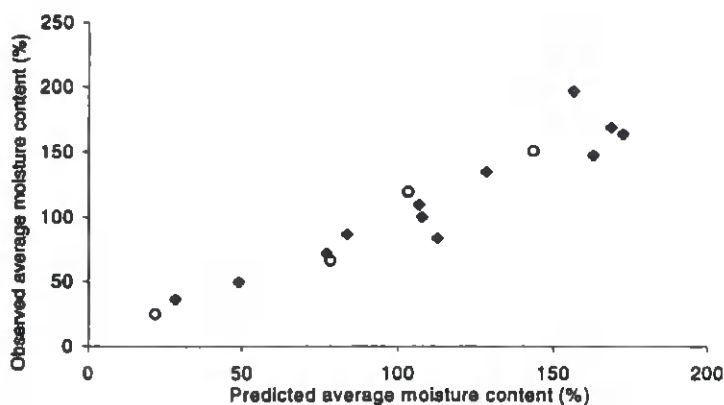
Figur 8. Samband mellan uppmätt och beräknad densitet på virke med fuktkvot under fibermättnad.



Figur 9. Samband mellan uppmätt och beräknad densitet på virke med fuktkvot över fibermättnad.



Figur 10. Samband mellan uppmätt och beräknad fuktkvot under fibermättnadspunkten.



Figur 11. Samband mellan uppmätt och beräknad fuktkvot över fibermättnadspunkten.

Slutsats

Det finns idag system för mätning av densiteten in-line på **torkat virke**. Utrustningarna används huvudsakligen vid sortering av virke.

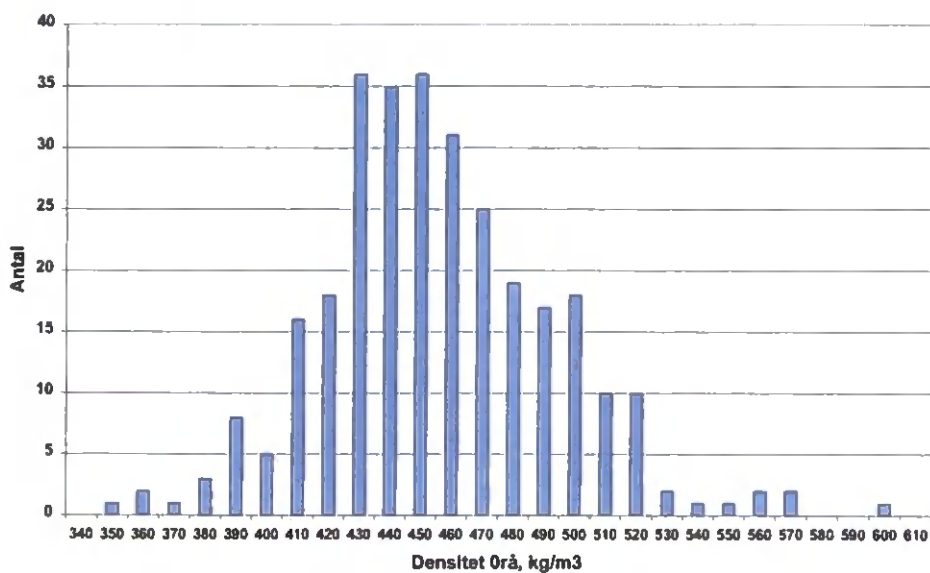
Det saknas dock **industriell** utrustning för mätning av densiteten i **rått tillstånd**.

Forskningen på området visar att möjligheterna finns.

Det kommer att ställas krav på utrustningen. Denna måste klara av att sortera i den hastighet som virke sågas, eller eventuellt ströläggs.

Avvikelsen från den verkliga densiteten får inte vara alltför stora. För torkningsbehov kan en avvikelse på 5% accepteras om mätningen ska göra nytta vid uppdelning i grupper med hänsyn till densitet.

Exempel på fördelning av densiteten i virket i en virkesstapel framgår nedan.



Figur 12. Fördelning av virkesdensiteten i en virkesstapel 300 st 75 x 150 mm furu. Medeldensitet $_{orå} = 450 \text{ kg/m}^3$, $s = 38 \text{ kg/m}^3$.

Anm.:

Det lär i industrin även finnas utrustning som mäter rådensitet in-line. Vi har dock efter kontakt med en tillverkare inte fått tillgång till varken utrustningen eller mätdata från denna.

Referenser

Var och en av nedan angivna referenser hänvisar till flertalet referenser i sin tur i ämnet. Sammanlagt ett hundratal referenser anges i dessa.

Utöver nedan angivna referenser har reklambroschyrer och uppgifter från Internet använts.

Boström L. Maskinell hållfasthetssortering
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Johansson J, 2001. Property Predictions of Wood Using Microwaves
2001:35. ISSN: 1402-1757. ISRN: LTU-LIC- -01/35- -SE

Lindgren O, 1992. Medical CT-Scanners for Non-Destructive Wood Density And Moisture
Content Measurements.
LTU 1992:111 D. Doctoral Thesis. ISSN 0348-8373

Oja J, 1999. X-ray Measurement of Properties of Saw Logs
1999:14. ISSN: 1402-1544. ISRN: LTU-DT- -99/14- -SE

Oja J, 2000. Automatisk bestämning av timmeregenskaper med oförstörande mätteknik
Träteknik Rapport L 0008014

Detta digitala dokument
skapades med anslag från
**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troédssons forskningsfond**

Träte

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-762 18 00
Telefax: 08-762 18 01

Vidéum Science Park, 351 96 VÄXJÖ
Besöksadress: Litskligs plats 1
Telefon: 0470-59 97 00
Telefax: 0470-59 97 01

Skeria 2, 931 77 SKELLEFTEN
Besöksadress: Laboratorgränd 2
Telefon: 0910-28 56 00
Telefax: 0910-28 56 01