

TEMPERATURENS INVERKAN PÅ AKUSTISKA MÄTNINGAR AV SÅGTIMMER Karbenning akustisk studie 3

Jacob Edlund, Håkan Lindström och Fredrik Nilsson

Sammanfattning

Syftet med föreliggande studie var att undersöka temperaturens inverkan på akustiskt bestämd elasticitetsmodul (MOE) på grantimmerstockar.

Från ett timmerlager vid Karl Hedins sågverk i Karbenning togs 223 stockar i diameterklassen 196-206 mm. Efter inledande frekvens- och längdmätningar valdes de 24 stockar som hade lägst respektive högst beräknad MOE. Dessa 24 stockar kapades till ca 3,7 m längd för att få plats och kunna mätas inne i en 11,8 m lång kylcontainer. Stockarna placerades i containern med tre stockar på längden och åtta stockar på bredden. Stockarna konditionerades under ca. en vecka inför varje frekvensmätning. Mätningarna gjordes vid temperaturerna -3°C , -10°C , -15°C , -20°C , $\pm 0^{\circ}\text{C}$, $+3^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}$, och $+15^{\circ}\text{C}$, dvs åtta mätningar inom temperaturlintervall + 15°C tom -20°C .

MOE-värdena ökade med 37,3 % och var tämligen konstanta vid stabila minus- respektive plusgrader. Runt noll grader uppmättes mellanvärden (Tabell 2). Ökningen kan tyckas vara stor men i och med att korrelationen mellan mätvärden på samma stockar är så stark ($0.96 \leq r \leq 0.99$, Tabell 2) bör det gå att korrigera stockens uppmätta MOE vid den aktuella mättemperaturen.

Bakgrund och syfte

I en större akustisk studie (Edlund et al., 2004) påvisades potentialen av att mäta MOE på sågtimmer genom ett starkt samband mellan elasticitetsmodul hos stockar och det sågade utbytets konstruktionsvirkeskvalitet (Anon, 2002). Denna studie antydde stor potential rörande möjligheten att sortera sågtimmer med akustisk teknik. Därefter genomfördes en studie (Edlund et al., 2005.) som belyste effekten av successiv uttorkning av timmer på akustiska mätningar av MOE (obevattnat timmer under sommarförhållanden). Den andra studien visade att det troligtvis går att bestämma MOE, relativt korrekt, på stockar även efter uttorkning under som-

marlagring. Den andra studien bekräftade också det tidigare funna sambandet mellan MOE på stockar och det sågade utbytets konstruktionsvirkeskvalitet (Edlund et al., 2004).

Den föreliggande studien syftade till att belysa eventuella förändringar i MOE hos stockar som konditionerats till olika temperaturer inom intervallet $+15^{\circ}\text{C}$ tom -20°C .

Material och metoder

Mätningar på utvalda stockar

Arbetet påbörjades första veckan i november 2004 då 223 sågtimmerstockar tagna från ett timmerlager med toppdiameterklass 195-205 mm mättes med en Rion-SA77 signalanalysator kopplad till en accelerometer. Baserat på dessa inledande mätvärden valdes 12 stockar med låg MOE och 12 stockar med hög MOE dvs. sammanlagt 24 stockar.

De 24 stockarna kapades till 3,7 m längd för att rymmas i en 11,8 m lång kylcontainer. Stockarna mättes efter uttag av vedtrissor för resonansfrekvens och stocklängd till närmaste centimeter och deras MOE beräknades enligt funktion (1) och (2). Fördelningen av stockarna i MOE-intervall visas i Figur 1.

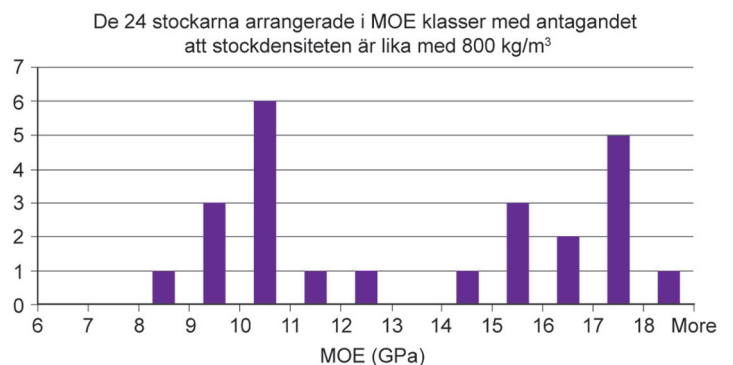


Fig. 1. De utvalda stockarnas fördelning i MOE-intervall (0°C).

Stockarna märktes med stocknummer och placerades på golvet i fryscontainern (Figur 2 och 3) så att de inte var i kontakt med varandra och med tre stockar på längden och åtta stockar i bredd (Figur 3). Stockarna konditionerades cirka 1 vecka mellan varje omställning av temperaturnivå, varefter deras resonansfrekvens mättes med en Rion-SA77 signalanalysator vid åtta sekventiellt förvalda temperaturer inom temperaturlintervall +15° tom -20° C:

- 1) - 3° C
- 2) - 10° C
- 3) - 15° C
- 4) - 20° C
- 5) ± 0° C
- 6) + 3° C
- 7) + 10° C
- 8) + 15° C

Valet av mätsekvensen ovan antogs minimera eventuella problem med uttorkning under mätperioden.

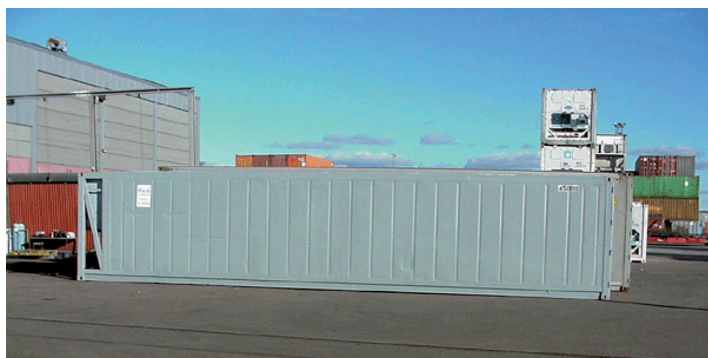


Fig. 2. Vid försöket lades stockarna i en ca 12 m lång fryscontainer.

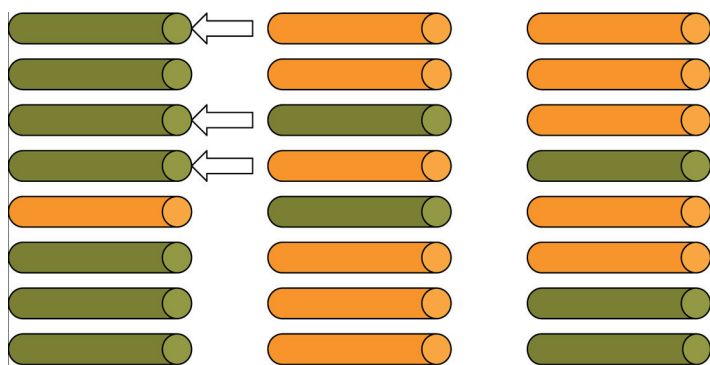


Fig. 3. Placering av stockarna i fryscontainern. Mörka stockar tillhör gruppen med låg MOE och vice versa.

Vid en första analys observerades att tre mätvärden avvek markant vid första mättillfället (-3° C) vilket väckte misstankar om att något inte var korrekt i mätförutsättningarna. Vid närmare granskning av stockarnas placering (Figur 3) noterades att de tre stockar som avvek i

resonansfrekvens vid första mättillfället var placerade närmast dörrarna på containern och kanske därför inte varit helt frusna vid första mättillfället vid -3° C. Därför gjordes en ommätning vid -3° C, denna gång följde mätvärdena den resonansfrekvenskurva som övriga stockar tycktes följa.

Beräkning av MOE

De uppmätta variablerna förklaras i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Förklaring av uppmätta variabler

Variabel, använd förkortning	Förklaring
Rfrekvens1,...,Rfrekvens7	Uppmätt resonansfrekvens vid varje enskilt mättillfälle
Längd (cm)	Stockarnas längd efter trissprovtagning
MOE+15°,..., MOE-20° C	Beräknad elasticitetsmodul vid varje mättillfälle vid en angiven temperatur, antagande att stockens densitet är 800kg/m ³ (dvs ingen korrektion för eventuell uttorkning)

Beräkning av elasticitetsmodul vid varje mättillfälle gjordes med (1) och (2) nedan:

$$(1) \quad V = 2lf$$

$$(2) \quad MOE (Dynamic) = \rho V^2$$

där V är ljudets hastighet genom stocken, l är längden på respektive stock, f är stockens egenfrekvens och ρ representerar stockens rådensitet.

Vid beräkning av MOE ur resonansfrekvensen vid de olika temperaturerna antogs stockarnas densitet vara konstant, 800 kg/m³. Förändringen i MOE inom temperaturintervallet +15° C tom -20° C kan ses i Figur 4.

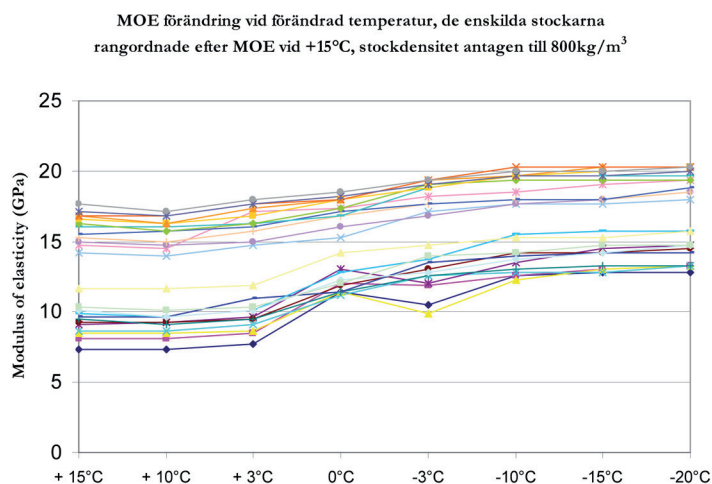


Fig. 4. Förändring i MOE med förändrad temperatur. Varje linje representerar en stock.

Resultatet visar att MOE ökar med sjunkande temperatur, i genomsnitt med 37,3 % inom intervallet + 15 -- -20° C (Figur 4). Resultatet visar också att den inbördes rankingen som stockarna har vid den lägsta temperaturen är mycket lika rankingen vid högre temperaturer, vilket styrks av Tabell 2, där mycket stark korrelation visas mellan MOE uppmätt vid olika temperaturer ($0.96 \leq r \leq 0.99$). Sammantaget tyder resultatet på att det bör vara enkelt att upprätta en korregeringsfunktion för temperaturens inverkan på MOE.

Diskussion och slutsats

Allmänt

För sågverk är det givetvis intressant att kunna identifiera råvara som är direkt dålig, vilket ger negativa förädlingsvärden, och därför inte skall sågas. Ur en annan synvinkel är det lika intressant att kunna identifiera de bästa stockarna i syfte att anrika dem för framställning av specialprodukter med högt försäljningsvärde. Akustiska mätningar och sortering skulle kunna vara ett effektivt verktyg för att mäta och sortera stockar i MOE- och vedegenskapsklasser. Naturligtvis måste akustiska mätmetoder valideras under varierande mätförutsättningar. I denna studie belystes effekten av varierande temperatur på mätningar av grantimmerstockars MOE vilket kan ses som ett av de första stegen i en verifiering av metodens praktiska applicerbarhet.

Studiens huvudresultat

Studien visar att resonansfrekvensen och därmed beräknad MOE på stockar ökar med sjunkande tempera-

tur mellan + 3° och - 3° och är stabilt högre vid kallare temperaturer samt att MOE är stabilt lägre vid högre temperaturer. I Tabell 2 visar det sig att det finns en mycket stark korrelation mellan MOE och temperatur. Med andra ord är mätningarna konsistenta och mäter en faktisk förändring som inträder när temperaturen i vattnet i stockarna sjunker och slutligen fryser vilket kan antas ha en direkt effekt på styvheten av de kollhydrater som bygger upp cellväggen i vedtrakeiderna. Oavsett de komplexa detaljerna i detta förlopp, kan man kanske dra en parallell till vad som händer när man ställer in ett smörpaket som stått i rumstemperatur i ett kylskåp. På samma sätt ökar vedens styvhet (MOE) vid sjunkande temperatur.

Vid de inledande beräkningarna visade det sig att MOE på tre stockar avvek markant från förväntade värden vilket föranledde en ommätning vid - 3° C. Man kan därför misstänka att det var en temperaturgradient i containern med en något högre temperatur vid dörrarna och lägre vid kylelementet. Man borde därför ha haft bättre kontroll på temperaturen i containern med termometrar i containerns fyra hörn. Dessutom borde man haft bättre kontroll på temperaturen i stockarna genom att exempelvis föra in termometrar i centrum av en eller flera stockar.

Man bör komma ihåg att denna studie enbart bygger på 24 stockar. Den statistiska utvärderingen med den mycket starka korrelation som sågs mellan stock-MOE uppmätt vid olika temperaturer antyder dock att det går

Tabell 2. Pearsons's correlation för uppmätt Modulus of elasticity vid olika temperaturer

Variable	MOE + 15° C	MOE + 10° C	MOE + 3° C	MOE ± 0	MOE - 3° C	MOE - 10° C	MOE - 15° C	MOE - 20° C
MOE + 15° C	1	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
MOE + 10° C	0,99	1	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99
MOE + 3° C	0,99	0,99	1	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99
MOE ± 0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96	0,97	0,98	0,98
MOE - 3° C	0,98	0,98	0,98	0,96	1	0,99	0,98	0,98
MOE - 10° C	0,99	0,98	0,98	0,97	0,99	1	0,99	0,99
MOE - 15° C	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	1	0,99
MOE - 20° C	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	1

att mäta stock-MOE vid olika temperaturer och korrigera de uppmätta MOE-värden vid skilda temperaturer med hjälp av en korrigeringsfunktion. Detta skulle möjliggöra direkta MOE-jämförelser även om stockarna har skilda temperaturer.

En sådan korrigeringsfunktion bör baseras på:

- a) aktuell temperatur vid mättilfället
- b) uppmätt MOE vid mättilfället

Denna studie tyder dock på att det kanske inte är helt nödvändigt att använda en korrigeringsfunktion om det bara gäller att identifiera stockarna med lägst MOE som ger upphov till sämre konstruktionsvirke (Figur 3, Edlund et al., 2004). Likadant verkar det vara om man vill identifiera, sortera och anrika stockar med hög MOE. Inte heller här tycks den inbördes rangordningen mellan stockarna förändras nämnvärt (Figur 3).

Givetvis skulle precisionen i MOE-jämförelserna öka ytterligare om också hänsyn kunde tas till varierande stockdensitet. En tidigare studie (Edlund et al., 2005) har påvisat möjligheten att förbättra precisionen av MOE-mätningarna via direkta mätningar av stockdensitet vilket skulle ge mer rättvisande jämförelser av sågtimrets MOE, särskilt ifall det användas sågtimret har stor variation i fukthalt.

Slutsats

I den här studien gör det begränsade ursprungsmaterialet, endast 223 stockar, att generella uttolkningar av resultaten svårligen kan göras. Denna studie visar dock att med sjunkande temperatur ökar stockarnas resonansfrekvens och därmed ökar även beräknad MOE. Även om den förändrade temperaturen inte omöjliggör en indelning av stockarna i låg och hög MOE från ett timmerlager, skulle dock möjligheten att göra rättvisande jämförelser öka om korrigering för temperaturen gjordes.

Litteratur

Anon. 2002. Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section - Part 1-4. European Committee for Standardization. prEN 14081. Bryssel

Edlund, J., H.Lindström, F. Nilsson. 2004. Akustisk sortering av grantimmer med hänsyn till utbytets hållfasthet. Rapport nr 15. SLU, institutionen för skogens produkter och marknader. ISSN 1651-0704. Uppsala

Edlund, J., H.Lindström, F. Nilsson. 2005. Successiv utorkning av stockar – Inverkan på elasticitetsmodul. Rapport nr 19. SLU, institutionen för skogens produkter och marknader. ISSN 1651-0704. Uppsala

R Development Core Team (2003). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-00-3, URL <http://www.R-project.org>