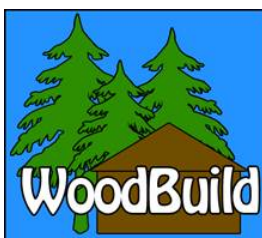




Fuktkvotsvariationen hos virke, levererat från svenska sågverk

Björn Källander, Stora Enso Industrial Components
Gerhard Scheepers, SP Trä

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



SP Trä

SP Rapport 2013:47

Fuktkvotsspridning hos virke vid leverans från svenska sågverk

Björn Källander, Stora Enso Industrial Components
Gerhard Scheepers, SP Trä

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås (huvudkontor)

©2013 SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

SP Rapport 2013:47
ISSN 0284-5172

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Förord	5
Sammanfattning	6
Abstract	8
1 Syfte	10
2 Bakgrund	10
3 Material och metoder	11
3.1 Torkstudie	11
3.2 Justerverksstudie	12
4 Resultat	13
4.1 Fuktkvotsspridning vid 16 % respektive 18 % målfuktkvot	14
4.1.1 Torkstudien	14
4.1.2 Justerverksstudien	15
4.1.3 Samband mellan stiftvärden och torrsviktvärden	17
4.1.4 Effekt av sågverk	23
4.1.4.1 Torkstudien	23
4.1.4.2 Justerverksstudien	24
4.1.5 Effekt av torktyp	26
4.1.5.1 Justerverksstudien	26
4.1.5.2 Torkstudien	26
4.1.6 Centrum- och sidoutbyte	27
4.1.6.1 Justerverksstudien	27
4.1.6.2 Torkstudien	28
4.1.7 Effekt av tjocklek	29
4.1.7.1 Justerverksstudien	29
4.1.7.2 Torkstudien	35
4.1.8 Effekt av träslag	35
4.1.8.1 Justerverksstudien	35
4.1.8.2 Torkstudien	36
4.1.9 Rot/toppände	37
4.1.9.1 Justerverksstudien	37
4.1.9.2 Torkstudien	38
5 Diskussion	39
5.1 Skeppningstorr?	39
5.2 Studiens representativitet	40
5.3 Medelfuktkvot och standardavvikelse	40
5.4 Andelen virke med högre fuktkvot	40
5.5 Spridning per målfuktkvot	41
5.6 Samband mellan stiftvärden och torrsviktvärden	41
5.7 Skillnad mellan olika sågverk	41
5.8 Effekt av torktyp	42
5.9 Effekt av tjocklek	42
5.10 Effekt av centrum/sidobrädor	43
5.11 Effekt av träslag	43
5.12 Rot/toppände	43

6	Felkällor	43
7	Slutsatser	44
	Litteraturförteckning	45

Förord

Studien har initierats av Skogsindustrierna och SP Trä som en spinn off till WoodBuild, ett projekt inom ramen för Branschforskningsprogrammet för skogs- och träindustrin, 2006-2012, för att fastställa vilken fuktkvot konstruktionsvirke har vid leverans från svenska sågverk, uttryckt som virkespartiernas medelfuktkvot och spridning.
Tack för all hjälp!

Vi vill uttrycka vår tacksamhet till Skogsindustrierna för finansieringen av detta projekt, men framför allt tacka alla dem ute på sågverken som gjort mätningarna. Utan deras stora arbetsinsats hade denna rapport inte varit möjlig att skriva.

Falun och Växjö i oktober 2013

Björn Källander och Gerhard Scheepers

Sammanfattning

Fuktkvoten hos virke som levereras från svenska sågverk har undersökts i två studier. En första studie genomfördes med stiftmätningar på virke direkt efter torkning. Stiftmätningarna efter torkning kompletterades senare med en studie på virke i justerverken, där fuktkvoten bestämdes med både stift- och torrviktsmätningar.

Studierna avsåg att fastställa fuktkvotsvariationen hos virke som levereras från svenska sågverk. Resultaten avsågs ge underlag för en bedömning av risken för mögelpåväxt orsakad av fukt i virket vid leverans, samt att ge underlag för rekommendationer om målfuktkvot vid torkningen för att undvika mögel i virket.

Totalt har fuktkvoten mätts på mer än 3600 virkesstycken i 184 torksatser från 13 sågverk. De deltagande sågverkens sammanlagda granproduktion uppgår till 2,9 Mm³/år, eller drygt 1/3 av den svenska produktionen. Sågverken med granproduktion mellan 33 000 m³/år och 450 000 m³/år är lokaliserade från Halland i sydväst till Västerbotten i nordost. Studien kan antas vara representativ för svenskt konstruktionsvirke.

Medelfuktkvot och standardavvikelse för virke torkat till målfuktkvot 16 % respektive 18 % redovisas i nedanstående tabell.

Målfuktkvot (%)	Torrviktsmätningar		Stiftmätningar	
	Medelvärde	Standardavvikelse	Medelvärde	Standardavvikelse
16	14,8	1,6	16,0	2,0
18	15,7	2,1	17,4	2,0

Av de drygt 3600 prover som mättes gjordes 1203 på virke som torkats till 18 % målfuktkvot. Av dessa 1203 mätningar uppvisar fyra (4) enskilda prover fuktkvotsvärden på eller över 24 %, den nivån där biologiska skador traditionellt bedöms kunna uppstå. I studierna var 95%- fraktilen för virke torkat till 18 % målfuktkvot 19,3 % (torrvikt) respektive 20,5 % (stift). Totalt gjordes 1939 mätningar på virke torkat till 16 % målfuktkvot. Inga mätvärden låg över 24 %. Tre mätvärden låg mellan 21 % och 22 %. Provernas 95%- fraktiler var 19,2 % (stift) respektive 17,5 % (torrvikt).

Resultaten tyder på att de deltagande sågverken generellt sett torkar virket till en lägre fuktkvot än den angivna målfuktkvoten. Medelfuktkvoten hos de torksatser som mättes med torrviktsmetoden låg i genomsnitt 2,3 %- enheter under målfuktkvoten vid torkning mot 18 % målfuktkvot. Även de stiftmätta torksatserna uppvisade lägre medelfuktkvot, även utan korrigering för att stift generellt visar högre fuktkvotsvärden än den korrekta torrviktsmätningen.

Resultaten visar att virket från de deltagande sågverken generellt har en lägre fuktkvots-spridning än den som motsvarar kraven i Europeisk standard EN 14298.

Dock visar resultaten att ett antal satser i studien torkats till en alltför låg fuktkvot i förhållande till standardens toleranser. Detta innebär att de inte uppfyller standardens krav, men samtidigt att risken för mögelpåväxt minskar då virket är torrare än målfuktkvoten.

Torrviktsmätningarna kan antas ha gett en säkrare bild av virkets fuktkvot vid leverans än stiftmätningarna. Framför allt gäller det fuktkvotsspridningen där resistansmetodens beroende av faktorer som virkets densitet, temperatur, och mätutrustningens handhavande ger en ökad osäkerhet i mätningen.

Medelfuktkvoten mätt med resistansmetoden var i justerverksstudien generellt sett högre än fuktkvot mätt med torrvikt på exakt samma position i virket. Detta tyder på att

resultaten från stiftmätningarna bör justeras neråt för att spegla verkets sanna medelfuktkvot.

Spridningen av torrviktsfuktkvoterna kunde vara snedfördelad, särskilt vid torkning till 18 % målfuktkvot. Dock var stiftvärdena från torkstudien normalfördelade.

Om torrviktsdata var snedfördelat, var dess motsvarande stiftvärden också snedfördelat, men dock med en större variation. Studierna kan antas ha gett en säkrare bild av medelfuktkvoten hos det studerade materialet än spridningen, både på grund av det relativt ringa antalet mätpunkter i varje sats och stiftmätningarnas större spridning. Det uppmätta sambandet mellan medelfuktkvot mätt med stift och med torrsvikt motsvarar tidigare studier. Resistansmetodens beroende av parametrar som verkets densitet innebär dels att den uppmätta spridningen blir avsevärt mycket större än den sanna fuktkvotsspridningen, dels att enskilda mätvärden ej kan korrigeras. En grov skattning av den verkliga spridningen hos de stiftmätta satserna är möjlig, men har ej gjorts då den bedömdes vara alltför osäker.

Precisionen av stiftmätningarna från justerverksstudien varierade mellan sågverken. Ett sågverks stiftmätningar gav i medelvärde 3,7 % högre fuktkvot än fuktkvoten bestämd med torrsviktmetoden. Motsvarande skillnad på ett annat sågverk var endast 0,6 %.

Abstract

The moisture content variation of timber from Swedish sawmills

The moisture content of timber delivered from Swedish sawmills has been examined in two studies. A first study was carried out with resistance moisture content measurements on the timber right after drying. The resistance measurements after drying were supplemented later with a study on the timber in the grading mill, where the moisture content was determined with both resistance and oven dry weight measurements.

The goal of the study was to determine the moisture content variation of wood delivered from Swedish sawmills. The results were intended to give a basis for an assessment of the risk of mold growth caused by moisture in the wood at the time of delivery, as well as to provide a basis for recommendations on target moisture content during drying to prevent mold growth on the wood.

In total, the moisture content of more than 3600 wood pieces was measured in 184 kiln batches from 13 sawmills. The participating sawmill's total Norway Spruce production was 2.9 Mm³/year, or just over 1/3 of the total Swedish production. The sawmills had a spruce production between 33 000 m³/year and 450 000 m³/year and were localized from Halland in southwest to Västerbotten in the Northeast. The study can be considered representative of Swedish construction timber.

The average moisture content and standard deviation of wood dried to target moisture content 16% and 18% reported in the table below.

Target MC (%)	Dry weight MC		Resistance MC	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
16	14,8	1,6	16,0	2,0
18	15,7	2,1	17,4	2,0

Of the more than 3,600 samples that were measured 1203 were dried to 18% target moisture content. Of these 1203 measurements four (4) individual samples had moisture content values at or above 24%, the level where biological damage traditionally is deemed to arise. In the studies the upper 95% confidence cut-off for lumber dried to target moisture content of 18% was 19.3% (dry weight) or 20.5% (resistance). 1939 measurements were made on wood dried to 16% target moisture content. Of these readings none were above 24%. Three measurement values were between 21% and 22% and the upper 95% confidence cut-off was 19.2% (resistance) and 17.5% (dry weight).

The results suggest that the participating mills generally dry wood to a lower moisture content than the specified target moisture content. The average moisture content of the kiln batches that were measured by the oven dry weight method averaged 2.3% points below the target moisture content when drying to an 18% target moisture content. Even the resistance measurements showed a lower average moisture content than the target moisture content, even these values are generally higher than the correct moisture content according to dry weight measurements.

The results show that timber from the sawmills in general have a lower moisture content distribution than the one corresponding to the requirements of European standard EN 14298. However, the results show that a number of timber categories in the study have been dried to a moisture content too low in relation to the standard tolerances. This

means that they do not meet the standard's requirements, but at the same time it reduces the risk of mold growth when the timber is drier than the target moisture content.

Dry weight measurements can be assumed to have given a more reliable picture of the wood moisture content upon delivery than pin measurements. In particular, the reliability of resistance measurements depends on factors such as the wood density, temperature, and apparatus handling.

Average moisture content measured with the resistance method in the grading mill was generally higher than the moisture content measured by dry weight in exactly the same position in the wood. This indicates that results from resistance measurements should be adjusted down to reflect the true average moisture content.

The statistical distribution of dry weight moisture ratios could be skewed instead of normally distributed, especially during drying to the 18 % target moisture content. However, resistance moisture content values from the dry kiln study were normally distributed. If the dry weight data had a skewed distribution, the corresponding resistance values were also skewed, but with a greater variance.

The studies have provided a clearer picture of the average moisture content of the studied material than the variance, both because of the relatively small number of measurement points in each kiln batch and the resistance measurements' larger variance. The measured correlation between average moisture content measured with the resistance method and with dry weight corresponds to previous studies. The resistance method's dependence on parameters such as wood density means that the measured scattering becomes much larger than the true moisture content distribution and, second, that the individual measured values cannot be corrected. A rough estimation of the real distribution from the resistance measurements are possible, but has not been made because it was judged to be too uncertain.

The precision of the measurements from the Diocese of justerverksstudien varied between sawmills. One sawmill's resistance measurements gave on average a 3.7 % higher moisture content than the moisture content as determined by the dry weight method. The corresponding difference in another sawmill was only 0.6%.

Keywords: Fuktkvot Virke från sågverk. Mögelpåväxt

1 Syfte

Denna rapport avser att ge en bild av hur fuktkvoten varierar i virke när det levereras från svenska sågverk.

Huvudsyftet med de två studier som redovisas i denna rapport har varit att fastställa vilken fuktkvot konstruktionsvirke har vid leverans från svenska sågverk, uttryckt som virkespartiernas medelfuktkvot och spridning. För att ge underlag till en bedömning av risk för mögelpåväxt är partiernas fuktigaste virkesstycken av särskilt intresse.

Speciellt fokus har riktats på virke som torkats till målfuktkvot 16 %, då denna nivå vid projektets initiering var under diskussion för att anges i Hus-AMA som gräns för virke vid inbyggnad.

2 Bakgrund

Boverket har under 2000-talet genomfört en serie av studier av kvaliteten på inomhusluft med avseende på emissioner och hälsoeffekter. Bland annat har skador orsakade av fukt och mögel kartlagts. När Boverket kom ut med den nya utgåvan av sina byggregler (BBR) 2006 framstod det som att fuktkraven skärptes, medan Boverket själva ansåg att de nya kraven fortfarande var desamma. Det nya i reglerna var att begreppet kritiskt fuktillstånd infördes. Det fanns dock brister i definitionen, exempelvis sägs ingenting om varken temperaturförhållanden eller hur länge det har varit fuktigt. Dessa brister i reglerna gav intrycket att det inte längre gick att bygga med trä.

Forskningsprojektet WoodBuild initierades 2008 med målet att öka förståelsen för sambandet mellan klimatexponering och trämateriallets motståndskraft mot biologiska angrepp. Projektet var ett samarbetsprojekt mellan i huvudsak SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut och Lunds Tekniska Högskola. Projektet visade att risken för mögelpåväxt beror inte bara på hur fuktigt det är på virkesytan utan även på temperaturen och hur länge det varit fuktigt.

Under arbetet har frågan ställts om den fukt som redan finns i virket när det levereras från sågverket kan ge upphov till mögelskador, eller om det krävs yttre tillförsel av fukt för att virkets ytor ska bli så fuktiga att mögel kan växa. För att kunna bedöma risken krävs kunskap om den totala mängden fukt i virket likaväl som ytans fuktighet.

Notera att studierna i denna rapport avser fuktkvoten hos hela plankor eller bräder, medan mögel växer på ytor. Virkesytan är alltid avsevärt torrare än virkets medelfuktkvot vid leverans, vilket innebär att de värden som redovisas i rapporten inte omedelbart kan överföras till fukthalter och klimat som påverkar mögelpåväxt.

Studierna har främst varit inriktade på konstruktionsvirke av gran. Vissa mätningar på furu har dock inkluderats i analysen. När det gäller torkningshastighet och fuktkvotsspridning efter torkning skiljer sig inte träslagen furu och gran. Mätningarna från furu kan därmed slås ihop med granmätningarna vid bedömningen av leveransfuktkvot.

Studierna avsåg också ursprungligen ge en bild av hur väl olika sågverk träffar den angivna målfuktkvoten. Detta senare har dock visat sig vara svårt då begreppet målfuktkvot varierar, inte bara mellan olika sågverk utan också mellan olika kunder eller produkter från ett enskilt sågverk.

3 Material och metoder

Två studier har genomförts, en där fuktkvot mättes direkt efter torkning med resistiva givare (stiftmätning), och en där virket fuktkvot mättes med både stift- och torrviktsmätning i justerverken i samband med paketering. Alla mätningar har gjorts av personal vid respektive företag.

Fjorton sågverk med total granproduktion 2,9 Mm³/år deltog i de båda studierna, se Tabell 1.

Tabell 1: Sammanställning av deltagande sågverk i respektive studie.

Sågverk	Årsproduktion gran (m ³ , 2011)	Studie efter tork	Studie i justerverk
Bergkvist Insjön	300 000	x	
Derome sågverk	250 000	x	x
Gällö Timber Gällö såg	280 000	x	x
Setra Heby	255 000	x	
JG Andersson o söner	165 000		x
Moelven Ransbysågen	33 000	x	
Moelven Valåsen	76 000	x	
Moelven Årjäng	36 000	x	
Moelven Norsälven	enbart furu	x	
SCA Rundvik	240 000		x
SCA Tunadal	490 000		x
Stora Enso Ala sågverk	70 000		x
Stora Enso Gruvöns sågverk	350 000	x	x
Södra Timber Mönsterås sågverk	340 000		x
Summa	2 883 000	9 st	8 st

Årsproduktionen gran i de deltagande sågverken motsvarar drygt en tredjedel av den svenska produktionen.

Totalt gjordes 3568 fuktkvotsmätningar med stift och 834 mätningar med torrsvikt på 184 torksatsar. Av torksatsarna var 55 satsar furu och 129 satsar gran, 166 av satsarna var centrumutbyte och 18 satsar sidoutbyte. Av virket hade 74 satsar torkats i kammare och 110 satsar torkats i kanal. Målfuktkvoten för torksatsarna varierade mellan 8 % och 20 %. Merparten av torksatsarna har torkats till målfuktkvoterna 16 % respektive 18 %, se Tabell 2.

Tabell 2: Antal torksatsar torkade till olika målfuktkvoter i studien.

Studie	Mål 8%	12%	15%	16%	16,5%	17%	18%	20%
Torkstudie		2	2	83			47	4
Justerverk	1	3		16	1	2	23	
Totalt	1	5	2	99	1	2	70	4

3.1 Torkstudie

Studien planerades av Thomas Wamming på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut på uppdrag av Skogsindustrierna Produktkommitté trä. Insamling och sammanställning av materialet gjordes av Dennis Johansson på SP Trä. Bearbetning och analys gjordes av Dennis Johansson, Björn Källander från Stora Enso Industrial Components, och Gerhard Scheepers på SP Trä.

De data som använts i torkstudien har samlats in av de deltagande sågverken. Mätningar har utförts på färdigtorkat gran- och furuvirke med olika målfuktkvoter med hjälp av stiftmätare. Antalet mätningar per torksats har valts till 20, och på så sätt återspeglas de metoder som används vid daglig drift. En torksats består ofta av 15-20 paket med vardera 200-400 virkesstycken.

Mätningarna skulle enligt instruktionen utföras när virket konditionerats och bedömts som färdigtorkat. Vid varje mätomgång har 20 stiftmätningar gjorts på ena kanten av plankorna. Stiftmätningarna skulle utföras i enlighet med SS-EN 13183-2. Mätningar skulle göras minst 30 cm från virkets ände och stiften skulle slås in till positionen vid 0,3 gånger tjockleken och 0,3 gånger bredden av varje bräda. I de fall 0,3 gånger bredden överstigit stiftens längd var instruktionen att hela stiften skulle slås in men utan att muttrarna berörde virket. Mätinstruktionerna har även angivit att mätning på områden med kvistar och kådansamlingar skall undvikas samt att inga mätningar skall utföras på virkespaketets översta och understa varv.

Data från 9 sågverk samlades in från totalt 138 torksatser. Torksatserna per sågverk och torksatserna per olika delgrupperingar som hänvisas till i rapporten anges i Tabell 3. Studien har främst varit inriktad på 16 % målfuktkvot, men för att skapa ett större underlag har även satser med målfuktkvot 18 % samt ett mindre antal torksatser med målfuktkvoter 12 %, 15 %, och 20 % studerats.

Tabell 3: Torksatser per sågverk och några delgrupperingar som analyserades i torkstudien.

Sågverk	Torksatser	16 % mål	18 % mål	16 % mål	16 % mål	18 % mål	18 % mål
				19-22 mm tjocklek	32-75 mm tjocklek	22-32 mm tjocklek	32-75 mm tjocklek
1	2	2	0	0	2	0	0
2	4	2	0	0	2	0	0
3	4	1	3	0	1	0	3
4	34	33	1	0	33	0	1
5	17	17	0	9	8	0	0
6	1	1	0	1	0	0	0
7	11	0	11	0	0	0	11
8	25	1	18	0	1	0	18
9	40	26	14	0	26	0	14
Tot satser	138	83	47	10	73	0	47
Tot sågverk	9	8	5	2	7	0	8

Ytterligare data som samlats in för varje uppmätt torkning är sågverk, torktyp, torktillverkare, torktid, virkesdimension samt tillverkningsår för torken. Insamlade data avsågs användas för att utvärdera om dessa parametrar har en påverkan på torkresultatet, men då antalet torksatser varit för ringa har detta bara kunnat genomföras för dimension och torktyp.

3.2 Justerverksstudie

Studien organiserades av Björn Källander på Stora Enso Industrial Components på uppdrag av Skogsindustrierna Produktkommitté trä. Insamling leddes av Gunilla Beyer på Skogsindustrierna och bearbetningen av mätdata gjordes av Björn Källander. Analys gjordes av Björn Källander och Gerhard Scheepers.

Denna uppföljande studie i justerverk initierades sedan resultaten från den inledande studien visade att mätosäkerheten vid stiftmätningar påverkade resultatet i högre grad än väntat. Dessutom uppkom en osäkerhet om huruvida alla torksatser som mätts gått vidare till justering eller om vissa satser torkats om. Mätningarna direkt efter torkning kompletterades därför med en studie där fuktkvoten mättes med torrviktsmetoden i justerverken, på virke som skulle levereras. Fuktkvoten mättes med både torrviktsmetoden och stift för att resultaten skulle kunna kopplas till den tidigare studien.

I justerverksstudien samlades fuktkvotsdata in från 8 sågverk och totalt 46 torksatser. På 33 torksatser gjordes både stift- och torrviktsmätningar och på 13 satser enbart torrviktsmätningar. Tjugo stiftmätningar gjordes på kantsidan av slumpmässigt valda virkesstycken från varje torksats enligt samma metod som i Torkstudien, och

torrviktsfuktkvoten bestämdes sedan på samma position som stiftmätningen gjorts. Studien omfattade totalt 854 torrviktsmätningar varav 660 var parvis matchade med stiftsmätningar. Stiftsmätningarna skulle, som i torkstudien, utföras i enlighet med SS-EN 13183-2. Träslagen kunde vara furu eller gran. Torksatserna per sågverk och torksatserna per olika delgrupperingar som hänvisas till i rapporten anges i Tabell 4.

Tabell 4: Torksats per sågverk och några delgrupperingar som analyserades i justerverksstudien.

Sågverk #	Torksats	16 % mål	18 % mål	16 % mål	16 % mål	18 % mål	18 % mål
				19-22 mm tjocklek	44-75 mm tjocklek	22-32 mm tjocklek	44-75 mm tjocklek
1	5	3	0	0	2	0	0
2	7	7	0	3	4	0	0
3	14	0	14	0	0	3	10
4	7	1	3	0	1	1	0
5	1	1	0	0	1	0	0
6	1	0	0	0	0	0	0
7	4	4	0	0	4	0	0
8	7	1	5	0	1	2	0
Tot. torksats	46	17	22	3	13	6	10
Tot. sågverk	8	6	3	1	6	3	1

4 Resultat

Resultaten från både Torkstudien och Justerverksstudien visar att medelfuktkvoten för konstruktionsvirke från svenska sågverk sett som ett kollektiv ligger under målfuktkvoten vid torkning till 16 % respektive 18 %. Skillnader mellan olika sågverk, dimensioner och torksats innebär att enskilda leveranser uppvisar en mer komplex bild. I följande avsnitt kommer därför sådana parametrar att redovisas och analyseras.

Resultaten från alla individuella mätningar sammanfattas i Tabell 5.

Tabell 5: Översikt av enskilda mätresultat från sågverken.

Mål-fuktkvot	Torkstudien (stiftmätningar)				Justerverksstudien (torrviktsmätningar)			
	Medelvärde (%)	Standardavvikelse (%)	95%-fraktil (%)	Antal värden (N)	Medelvärde (%)	Standardavvikelse (%)	95%-fraktil (%)	Antal värden (N)
16 %	16,0	2,0	19,2	1659	14,8	1,6	17,5	280
18 %	17,4	2,0	20,5	1089	15,7	2,1	19,3	434
Alla 8-20 %	16,6	2,2	19,9	2908	15,0	2,3	18,6	854

Tabellen visar att medelfuktkvoten mätt med stift i Torkstudien ligger 1,6 % högre än medelvärdet för torrviktsmätningarna i Justerverksstudien. Motsvarande skillnad mellan stiftsmätningar och torrvikts-mätningar inom Justerverksstudien är 1,1 % fuktkvot. Resultaten är i linje med tidigare erfarenheter att fuktkvotsmätning med stift generellt sett kan ge högre mätvärden än torrviktsmätningar, se vidare avsnittet "Samband mellan stift- och torrviktsmätning".

Tabell 6 sammanställer resultaten från Torkstudien och Tabell 7 resultaten från Justerverksstudien. Huvuddelen av alla mätningar har gjorts på centrumvirke, 166 torksats av totalt 184.

Båda studierna har visat något lägre genomsnittlig spridning i fuktkvot för virke torkat i kanal jämfört med kammare. Granvirke har något lägre genomsnittlig spridning än furu.

Tabell 6: Sammanställning av fuktkvotsmätningar med stift i Torkstudien.

Kategori	Genomsnittligt medelvärde per sats	Genomsnittlig standardavv. per sats	Antal satser
Alla satser i studien	16,5	1,6	138
Centrumvirke (≥ 32 mm)	16,5	1,6	128
Centrumvirke mål 16 %	15,9	1,5	73
Centrumvirke mål 18 %	17,5	1,8	47
Sidoutbyte (< 32 mm)	16,9	1,3	10
Sidoutbyte mål 16 %	16,9	1,3	10
Sidoutbyte mål 18 %	--	--	0
Torkat i kammare	16,8	1,7	61
Torkat i kanal	16,3	1,5	77
Gran	16,4	1,5	84
Furu	16,7	1,7	54

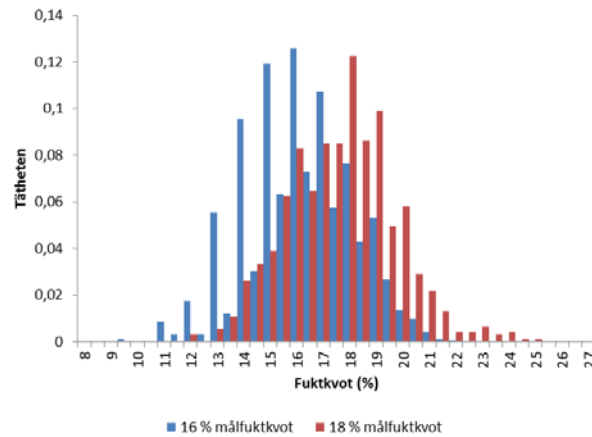
Tabell 7: Sammanställning av fuktkvotsmätningar med torrviktsmetoden i Justerverksstudien.

Kategori	Genomsnittligt medelvärde per sats	Genomsnittlig standardavv. per sats	Antal satser
Alla satser i studien	15,0	1,2	46
Centrumvirke (≥ 32 mm)	15,3	1,2	38
Centrumvirke mål 16 %	15,0	1,2	14
Centrumvirke mål 18 %	16,1	1,1	18
Sidoutbyte (< 32 mm)	13,7	1,2	8
Sidoutbyte mål 16 %	14,5	1,0	3
Sidoutbyte mål 18 %	13,7	1,5	4
Torkat i kammare	14,7	1,4	13
Torkat i kanal	15,1	1,2	33
Gran	15,0	1,2	45
Furu	15,1	1,4	1

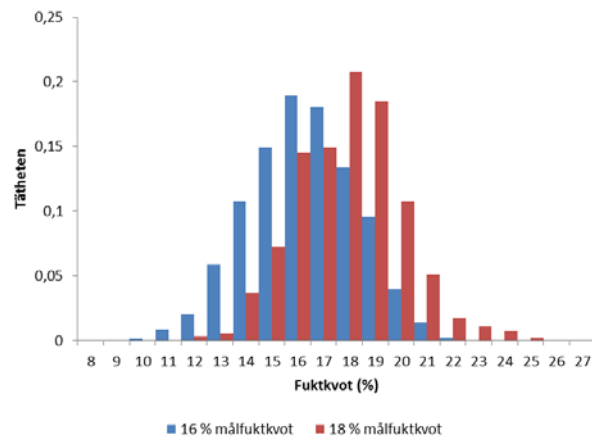
4.1 Fuktkvotsspridning vid 16 % respektive 18 % målfuktkvot

4.1.1 Torkstudien

Fuktkvotsspridningen vid stiftmätning för alla torksatser med 16 % och 18 % målfuktkvot visas i Figur 1. Serien för 16 % målfuktkvot hade ett märkligt mönster där tätheten i varannan 0,5 % fuktkvotsintervall var hög. Vid närmare inspektion visade det sig att ett sågverk bara angav heltal, därför skapades en fackstorlek på 1 % istället (Figur 2). Båda spridningarna beskrivs bäst av en normalfördelning (Figur 5), även om 18 % serien hade en del höga fuktkvotsvärden. Tabell 9 sammanfattar nyckelvärdena från 16 % och 18 % målfuktkvotsserierna.



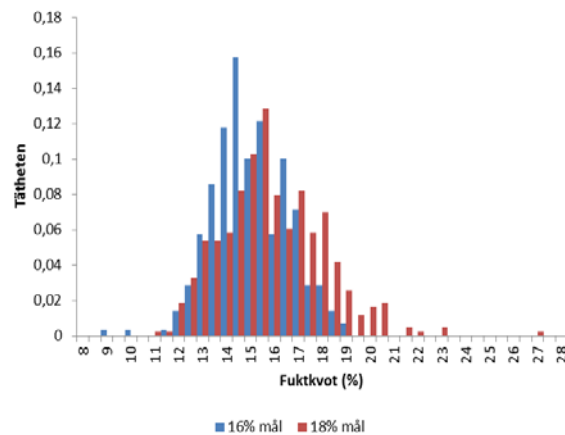
Figur 1: Stiftfuktkvotsfördelningar av torksatsar med 16 % och 18 % som målfuktkvot.



Figur 2: Stiftfuktkvotsfördelningen av torksatsar med 16 % och 18 % som målfuktkvot. Varje fuktkvotsfack har en storlek på 1 % och anges med intervallets högsta siffra, d.v.s. 14 % facket innehåller alla mätvärden inom 13-14 % fuktkvot.

4.1.2 Justerverksstudien

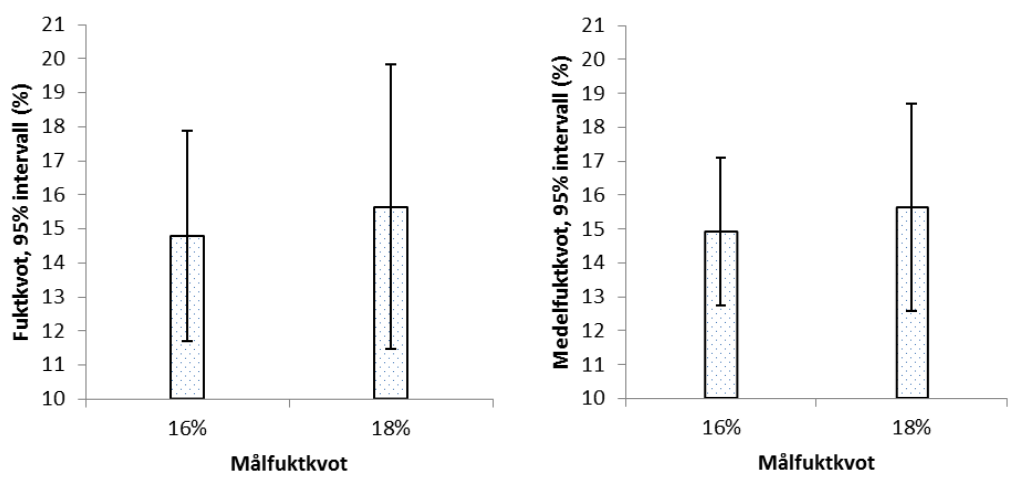
De flesta torksatsar hade 16 % eller 18 % som målfuktkvot och spridningen av mätresultaten för båda målfuktkvoterna verkade normalfördelad (Figur 3), men dock med en större spridning för fuktkvotsresultat i 18 % målfuktkvotsserien.



Figur 3: Torr viktsfuktkvotsspridningen för alla torksatsar i justerverksstudien med 16 % och 18 % som målfuktkvot. Varje fuktkvotsfack har en storlek på 0,5 % och anges med intervallets högsta gräns, dvs 12 % facket har intervallet 11,5-12 %.

Figur 4 visar medelvärdet samt 95 % intervallet, eller medelvärde \pm 1,96 standardavvikelser, för enskilda värden och för medelvärdet per torksats. Några torksatser representerades av färre än 20 mätvärden och därför skiljer medelvärdena för enskilda värden och medelvärden sig en aning åt.

Enskilda värden med 16 % målfuktkvot hade ett medelvärde på 14,8 % och standardavvikelse på 1,6 %, medan det var 15,7 % respektive 2,1 % vid 18 % målfuktkvot. Medelvärdena per torksats hade ett medelvärde på 14,9 % och standardavvikelse på 1,1 % vid 16 % målfuktkvot, medan det var 15,6 % respektive 1,5 % vid 18 % målfuktkvot.

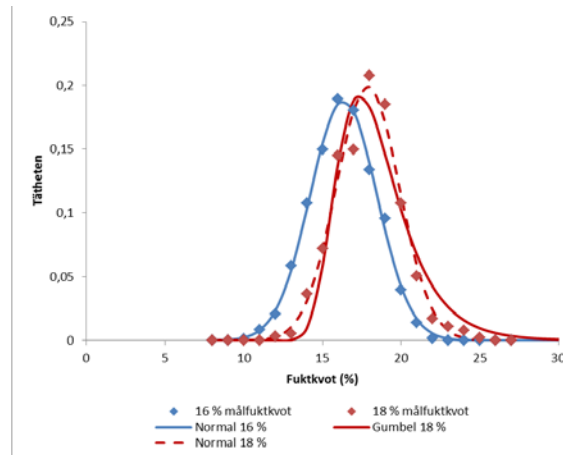


Figur 4: Till vänster, torrviktfuktkvotsmedelvärde och 95 % intervall på enskilda mätvärden med 16 % och 18 % som målfuktkvot. Till höger, medelvärde och spridning av medelvärden på torksatserna.

Tabell 8: Spridningen av torrviktsfuktkvoterna med 16 % och 18 % som målfuktkvot. Spridningen av enskilda värden och torksatsmedlen anges. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004 på spridningen av enskilda värden, medan grönt markerade värden gör det.

Mål	Värden	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel	Stdavv.	Torksatser	Sågverk
16 %	Enskilda värden	11,7-17,9	11,9-17,7	14,8	1,6	22	3
18 %	Enskilda värden	11,5-19,8	11,7-19,6	15,7	2,1	17	6
16 %	Torksatsmedel	12,8-17,1	12,9-16,9	14,9	1,1	22	3
18 %	Torksatsmedel	12,6-18,6	12,8-18,5	15,6	1,5	17	6

Notera att de torksatser som ej uppfyller kraven har för låg fuktkvot. Detta tyder på att sågverken övertorkat virket, men innebär samtidigt att risken för biologiska angrepp minskar.



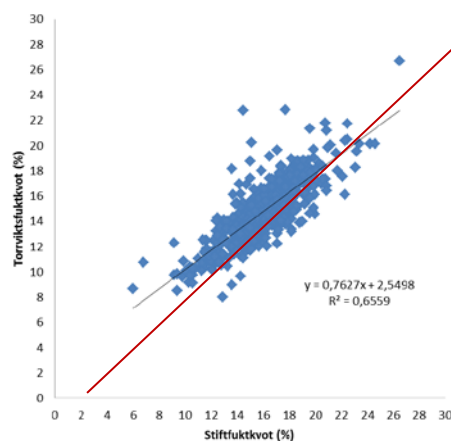
Figur 5: Passningen av olika täthetsfunktioner på 16 % och 18 % målfuktkvotsfördelningarna.

Tabell 9: Spridningen av stiftvärdena av alla torksatsar med 16 % och 18 % som målfuktkvot. Värden beräknade med täthetsfunktionerna. Både spridningarna uppfyller kraven i EN 14298:2004 och markeras därför med grönt.

Målfuktkvot	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel (%)	Stdavv (%)	Torksatsar	Sågverk
16 %	11,7- 20,0	11,9-19,8	15,8	2,1	83	8
18 %	13,4 - 21,3	13,7-21,1	17,4	2,0	47	5

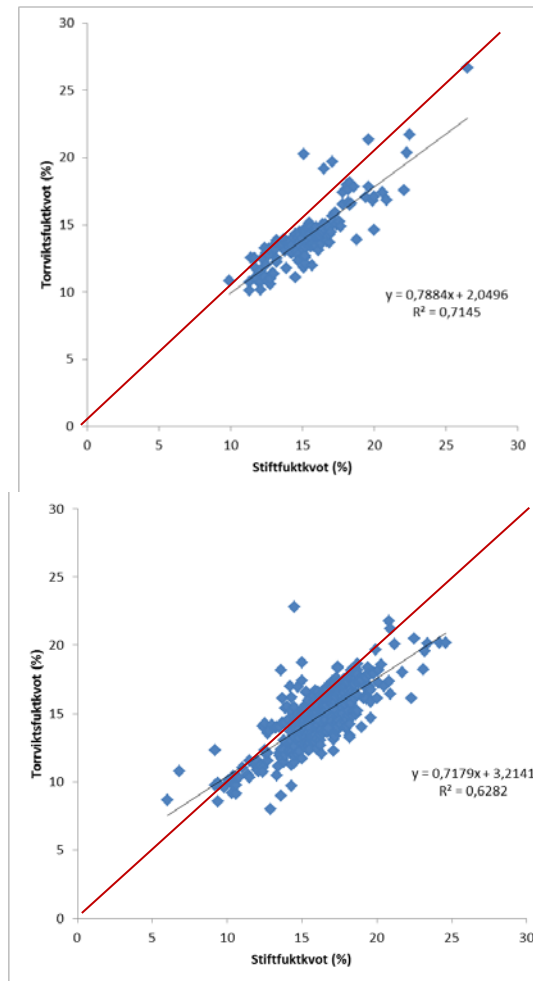
4.1.3 Samband mellan stiftvärden och torrsviktens värden

Enbart justerverksstudien hade både stift- och torrsviktens värden. Sambandet mellan torrsviktens värdena och stiftvärdena kan grovt beskrivas med en linjär relation som ger en R^2 på 0,6559 (Figur 6). Det ska beaktas att relationen är svag och gäller för både tjockt och tunt virke mätt vid låga temperaturer i justerverket.



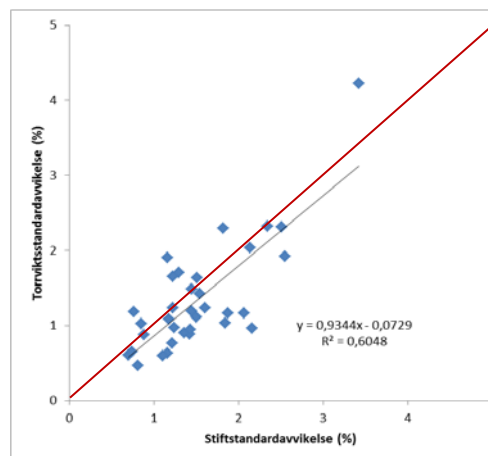
Figur 6: Sambandet mellan torrsviktens värdena och stiftvärdena. Den röda linjen visar en exempelgradient av ett 1:1 förhållande.

Det är intressant att se om det är olika samband för tunnare och tjockare virke. Det är dock inte klart att det finns en skillnad (Figur 7), särskilt eftersom en mindre andel av de tunna brädorna hade en hög torrsviktens fuktkvot.



Figur 7: Sambandet mellan stiftvärdena och torrteffkvoterna hos 19-32 mm tjocka brädor (till vänster), och 44-75 mm brädor (till höger). De röda linjerna visar en exempelgradient av ett 1:1 förhållande.

Spridningen av torrteffkvoterna kan i medeltal vara en aning lägre än sina stiftmotparter (Figur 8). Det linjära sambandet är svagt med $R^2=0,6048$.



Figur 8: Sambandet mellan spridningen av stiftvärden och torrteffkvoterna per torksats. Den röda linjen visar en exempelgradient av ett 1:1 förhållande.

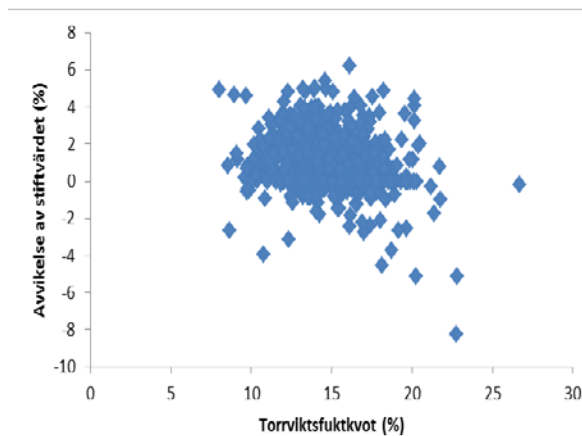
Med många möjliga faktorer som kan påverka stiftvärdena, inkl. virkets tjocklek, stiftlängden, virkets temperatur, mätmetoden och mätinstrumentet, är det intressant att jämföra precisionen av stiftvärdena från sågverk till sågverk.

Avvikelsen av stiftvärdet från sitt motsvarande torrviktsvärde för all data visas i Figur 9. Osäkerheten av värdet verkar vara större ovanför ungefär 18 % torrviktsfuktkvot. Därför väljs intervallet under 18 % fuktkvot för att jämföra precisionen av de olika sågverkens mätresultat.

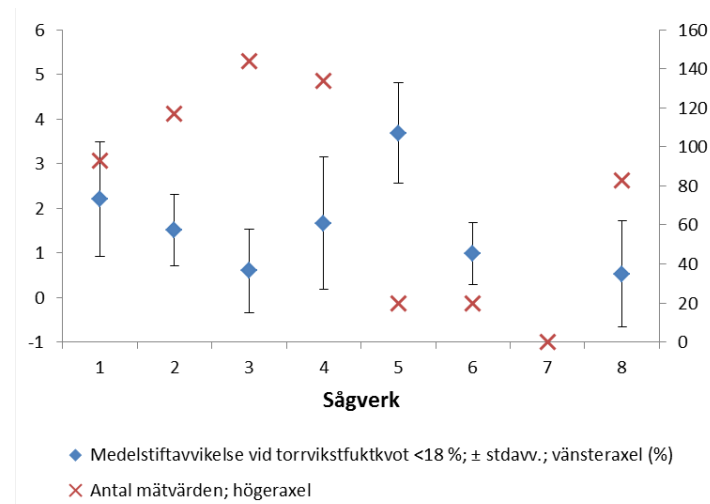
Figur 10 visar att det finns stora skillnader i stiftvärdenas medelavvikelse från torrviktsfuktkvoten. Sågverk 7 gjorde inga stiftmätningar. Datat till Figur 10 presenteras också i Tabell 10, och skillnaden i medelavvikelsen mellan till exempel sågverk 5 och 8 är 3,16 %.

Sågverk 5 och 6 gjorde bara 20 stiftmätningar från en torksats, men det räcker för att ge en bra indikation av ett mätinstrumentets eller mätmetods precision.

Sågverk 5 torkade 47 mm brädor till 16 % målfuktkvot, och sågverkets medelvärde vid stiftmätning var 3,7 % högre än torrviktsfuktkvoten. Resultaten visar att det kan vara stora skillnader mellan sågverkens mätmetoder eller/och mätinstrument.



Figur 9: Avvikelsen av stiftvärdet från sitt överensstämmande torrviktsvärde för alla mätvärden. Figuren visar tydligt att det inte är möjligt att korrigera enskilda mätvärden för skillnaden i nivå mellan stift- och torrviktsmätningar.



Figur 10: Avvikelsen av stiftvärdet från sitt överensstämmande torrsviktavvärde per sågverk. Sågverk 7 gjorde inga stiftmätningar. Avvikelse = fuktkvot stift - fuktkvot torrsvikt.

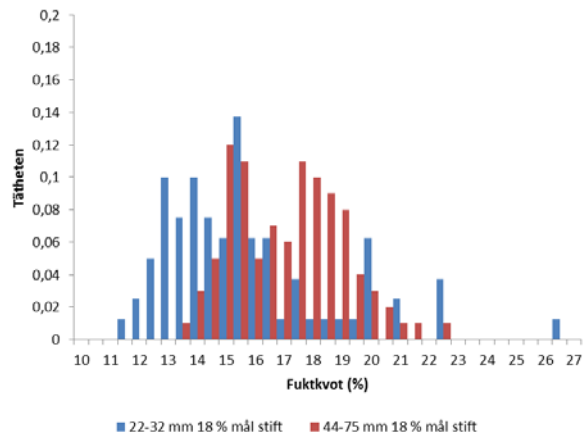
Tabell 10: Datat till Figur 10 i tabellform.

Sågverk	Medelstiftavvikelse (%)	Standardavvikelse (%)	Antal mätvärden
1	2,20	1,29	93
2	1,51	0,80	117
3	0,60	0,94	144
4	1,67	1,49	134
5	3,69	1,12	20
6	0,99	0,69	20
7			0
8	0,53	1,19	83

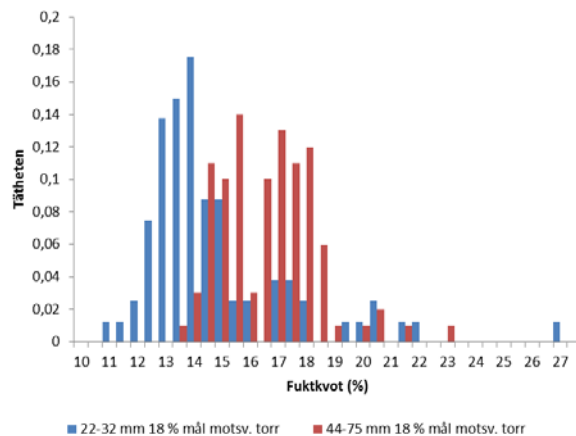
En intressant fråga är om information om formen av en fuktkvotsfördelning går förlorad när stiftmätningar görs. D.v.s. om de snedfördelade torrsviktavvärdena fortfarande skulle bli snedfördelade om stiftmätningar skulle göras på samma bitar, och om avståndet mellan gränserna till 95 % percentilen skulle bli större eller mindre.

Figur 11 och Figur 12 visar spridningen av stiftvärden från justerverket och deras motsvarande torrsviktsfuktkvoter för tunt och tjockt virke torkat till 18 % målfuktkvot. Datat består i samtliga fall av färre mätningar än det till Figur 25, eftersom inga stiftmätningar gjordes på vissa torksatser och det därför fanns färre parade stift- och torrsviktavvärden i de torksatserna.

Det var 80 mätvärden till 22-32 mm serien, och 100 mätvärden till 44-75 mm serien. Det verkar som om stiftmätningarna har "smetat ut" och skapat bredare fördelningar. Däremot verkar det som Gumbelformen på fördelningarna fortfarande är i behåll.



Figur 11: Fördelningen av stiftvärdena från tunt och tjockt virke med 18 % målfuktkvot.

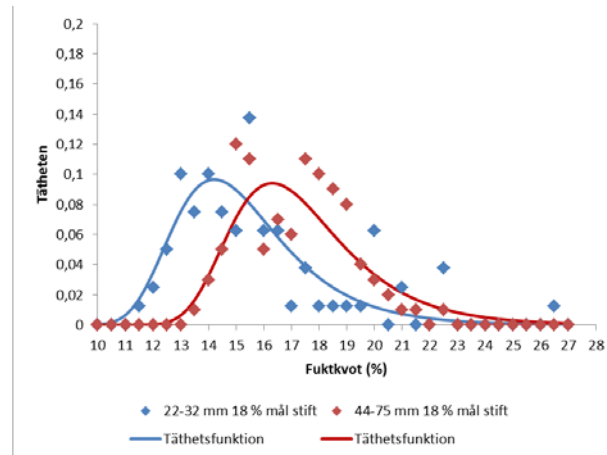


Figur 12: Fördelningen av torrviktsfuktkvoterna som motsvarar stiftvärdena från Figur 11.

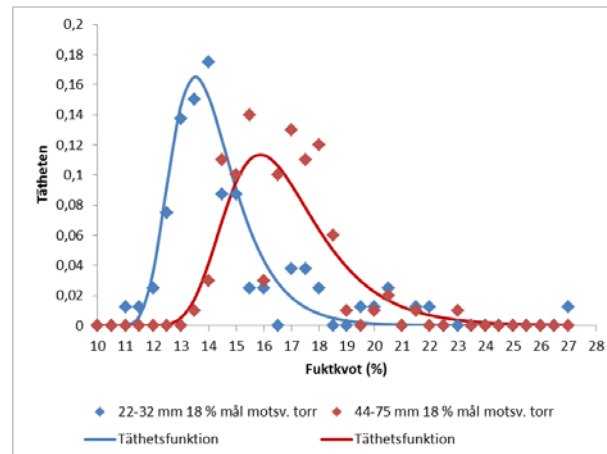
När de bäst passande täthetsfunktionerna genereras till alla fyra serierna i Figur 11 och Figur 12 märks det att spridningen har ökat av stiftvärdena, särskilt i 22-32 mm serien, men den sneda formen av fördelningen verkar vara i behåll.

Nyckelvärdena till de fyra täthetsfunktionerna anges i Tabell 11 och torrviktsvärdena stämmer väl med nyckelvärdena i Tabell 16, även om det är färre mätpunkter, och även om fördelningsfunktionerna avviker från de verkliga fördelningarna vid högre fuktkvoter (Figur 15). Värdena i Tabell 11 visar att det finns en stor skillnad i fördelningen av 22-32 mm serierna, medan 44-75 mm serierna visar bättre överensstämmelse.

Den övre gränsen av 95 % intervallet av 22-32 mm stiftserien är 3,6 % högre, och medelvärdet 1,2 % högre, än torrviktsserien. Det visar att tunnare virke vid stiftmätningar kan uppfattas vara fuktigare än vad de verkligen är med större marginal än för tjockare virke.



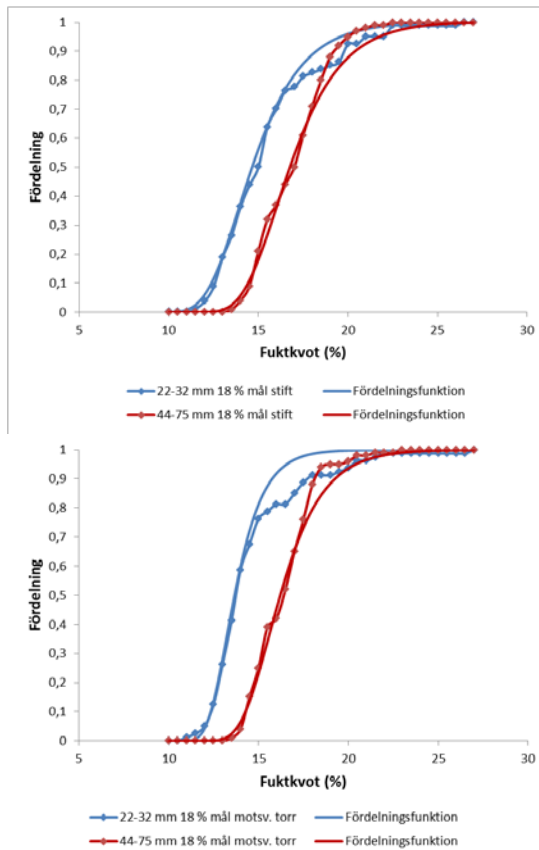
Figur 13: Tähetsfunktionerna till stiftadat i Figur 11.



Figur 14: Tähetsfunktionerna till torrviktsdatat i Figur 12.

Tabell 11: Spridningarna av stiftvärden kontra deras motsvariga torrviktsvärden utifrån tähetsfunktionerna i Figur 13 och Figur 14. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

Mål (%)	Tjocklek (mm)	Mätmetod	Fördelning	R ²	95 % intervall	93,5 % intervall	medel	median	modus (μ)	β
18	22-32	stift	Gumbel	0,74	11,5-21,0	11,6-20,5	15,1	14,7	13,95	1,91
18	44-75	stift	Gumbel	0,80	13,5-23,3	13,6-22,7	17,2	16,8	16,05	1,96
18	22-32	torrvikt	Gumbel	0,89	11,8-17,4	11,9-17,1	13,9	13,7	13,26	1,11
18	44-75	torrvikt	Gumbel	0,76	13,5-21,6	13,6-21,2	16,6	16,2	15,62	1,62

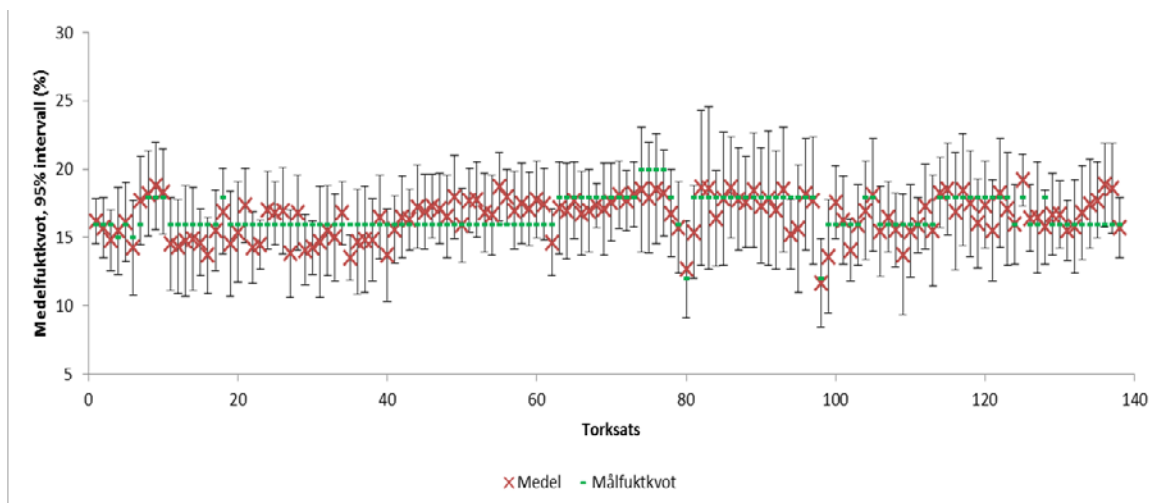


Figur 15: Fördelningsfunktionerna till stift- och torrviktsfördelningarna av 22-32 mm och 44-75 mm tjocklekar med 18 % målfuktkvot.

4.1.4 Effekt av sågverk

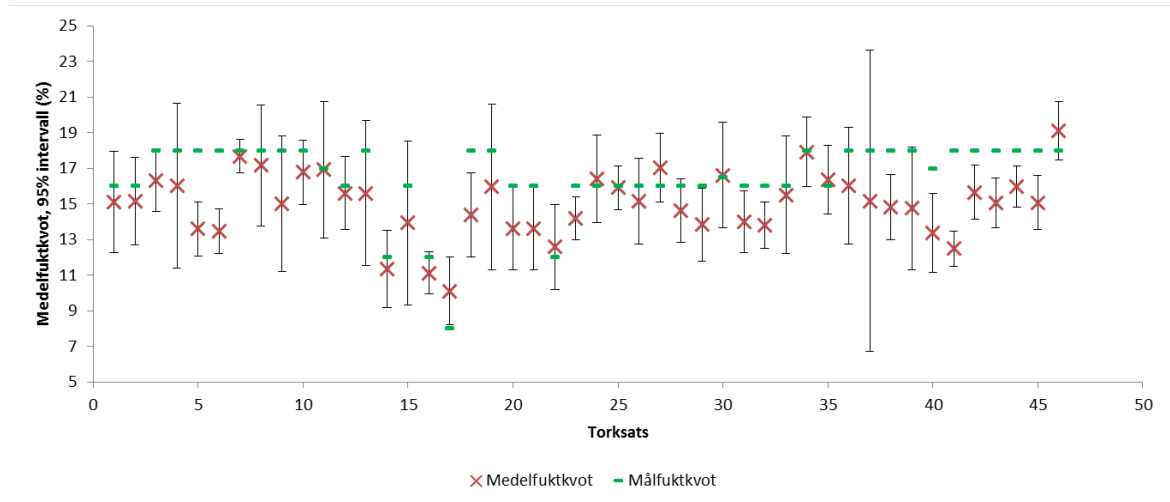
4.1.4.1 Torkstudien

Figur 16 visar fuktkvotsspridningen per torksats i Torkstudien enligt stiftvärdena tagna vid kontrollmätning av fuktkvotsresultaten efter torkning. Värdena är grupperade efter sågverk.



Figur 16: Fuktkvotsspridningen per torksats enligt stiftvärdena från torkstudien.

Motsvarande värden för Justerverksstudien visas *Figur 17* nedan. En torksats, torksats 37, hade en hög spridning jämfört med de övriga orsakad av en enskild 22x125 mm bräda med 26,7 % fuktkvot. Då orsaken till extremvärdet ej kan fastställas har det behållits i analysen.

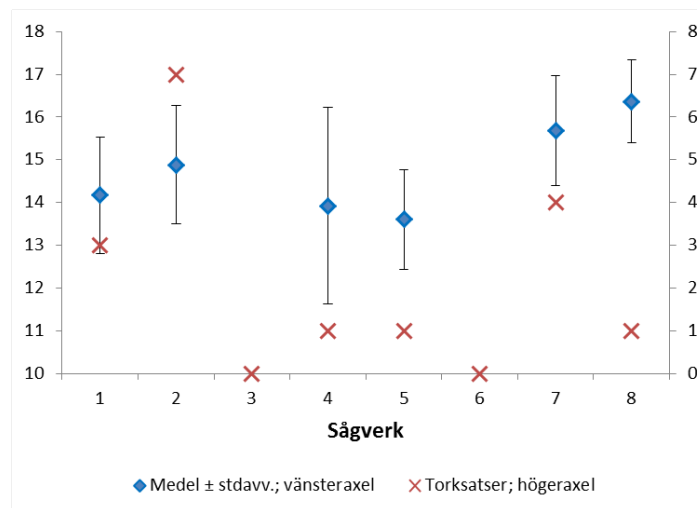


Figur 17: Medelvärde och spridning av torrviktsfuktkvoterna samt målfuktkvot per torksats i justerverksstudien.

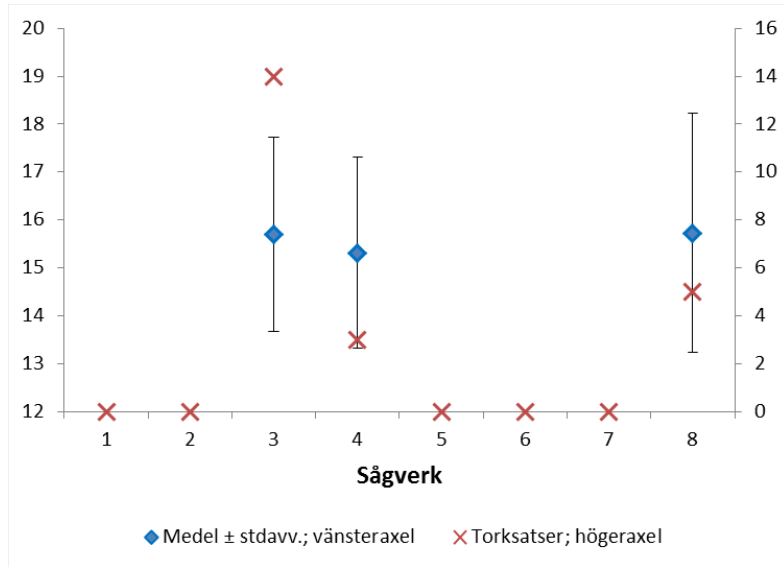
4.1.4.2 Justerverksstudien

Bland sågverken som torkade 3 eller fler torksats mot 16 % målfuktkvot var skillnaden störst mellan sågverk 1 och sågverk 7 där medelvärdet för torrviktsfuktkvoten var omkring 14 % respektive 16 %, vilket var en separation på ungefär en standardavvikelse (*Figur 18*).

De sågverk som torkade mot 18 % målfuktkvot uppnådde likadana torrviktsfuktkvoter, men sågverk 8 producerade en större spridning (*Figur 19*).



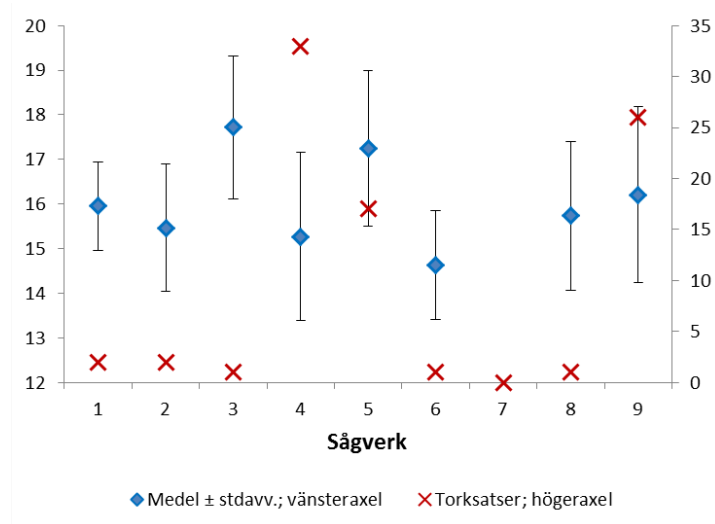
Figur 18: Torr viktsfuktkvoten av virke torkade mot 16 % målfuktkvot av olika sågverk.



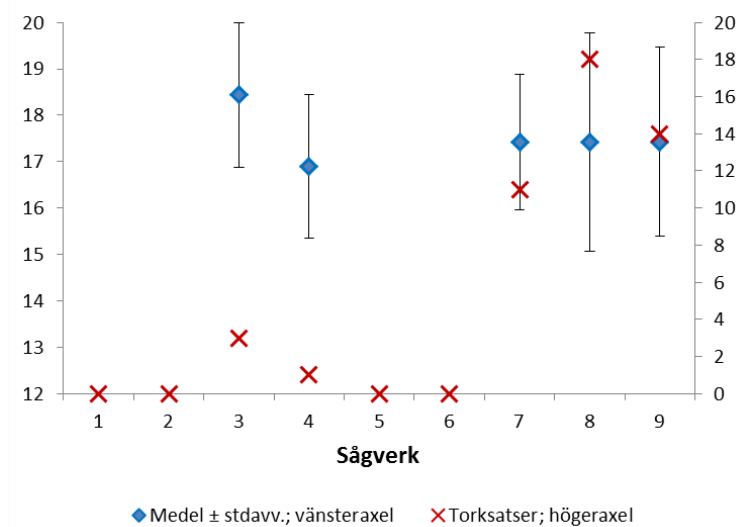
Figur 19: Torr viktsfuktkvoten av virke torkade mot 18 % målfuktkvot av olika sågverk.

Bland sågverken som torkade 3 eller fler torksatser mot 16 % målfuktkvot var skillnaden störst mellan sågverk 4 och sågverk 5 där stiftmätt medelfuktkvot var ca. 15 % respektive 17 %, vilket var en separation på ungefär en standardavvikelse (Figur 20).

De sågverken som torkade mot 18 % målfuktkvot uppnådde medelstiftfuktkvoter mellan 17,5 % och 18,5 %, men sågverk 8 producerade en större spridning än sågverk 7 (Figur 21).



Figur 20: Stiftfuktkvoten av virke torkade mot 16 % målfuktkvot av olika sågverk.



Figur 21: Stiftfuktkvoten av virke torkade mot 18 % målfuktkvot av olika sågverk.

4.1.5 Effekt av torktyp

Virket i studierna har torkats i olika typer av kanaltorkar och kammartorkar. Förutom kanaltorkar av typerna 1-zon, 2-zon, och OTC har virket torkats i kammartorkar med kallvatten-, högtryck- och ångbasning. Då antalet torksatser varit begränsat har det inte varit möjligt att jämföra alla olika varianter av torkar, istället har endast fuktkvotsresultaten från kammare och kanaltorkar jämförts.

4.1.5.1 Justerverksstudien

Tabell 12 visar likadana medelvärden och en högre och lägre spridning för kammartorkar vid 16 % respektive 18 % målfuktkvot. Alla spridningar var normalfördelade.

Tabell 12: En jämförelse av torrviktsfuktkvoten från kammartorkar kontra kanaltorkar. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

Målfuktkvot	Torktyp	95% intervall	93,5 % intervall	Medelvärde	Standardavvikelse	Torksatser	Sågverk
16 %	Kanal	11,9- 17,7	12,1- 17,6	14,80	1,49	11	4
16 %	Kammare	11,3- 18,3	11,5- 18,1	14,78	1,78	6	3
18 %	Kanal	11,2- 20,1	11,5- 19,9	15,67	2,28	19	2
18 %	Kammare	11,4- 19,2	11,6- 19,0	15,32	2,00	3	1

4.1.5.2 Torkstudien

Kanaltorkar och kammartorkar producerade likadana fuktkvotsspridningar i torkstudien (Tabell 13). Dock var medelvärdet av virke från kammartorksätser med 16 % som målfuktkvot en aning lägre.

Tabell 13: En jämförelse av stiftfuktkvoten från kammartorkar kontra kanaltorkar i torkstudien. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

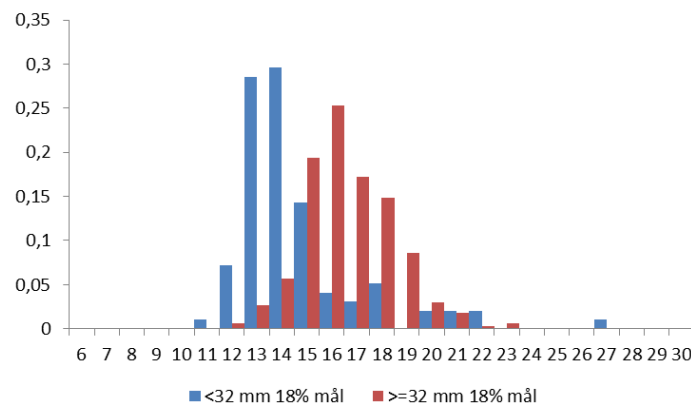
Mål	Torktyp	95% intervall	93,5 % intervall	Medelvärde	Standardavvikelse	Torksats	Sågverk
16 %	Kanal	12,3-20,0	12,5-19,8	16,1	2,0	64	5
16 %	Kammare	12,0-19,3	12,2-19,1	15,7	1,9	19	6
18 %	Kanal	13,3-21,2	13,6-21,0	17,3	2,0	12	1
18 %	Kammare	13,5-21,5	13,8-21,3	17,5	2,0	35	5

4.1.6 Centrum- och sidoutbyte

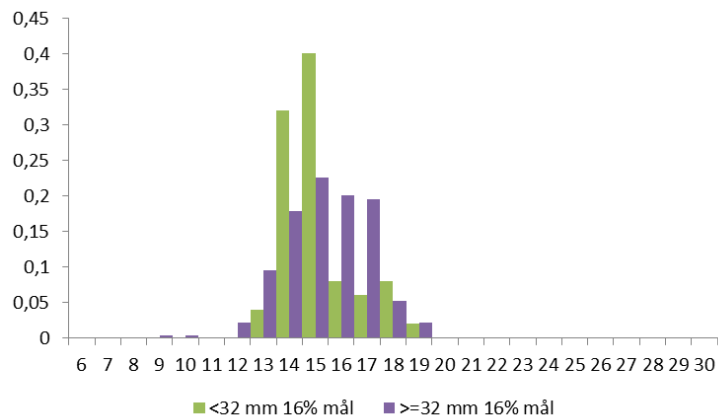
Eftersom centrumutbyte innehåller mer kärnvad än sidobrädor kan det finnas skillnader mellan torksatsen innan torkning som kan påverka torkningsresultatet. Dessa skillnader inkluderar medelfuktkvot, fuktkvotsspridning och permeabilitet liksom effekter av tvärsnitt och årsringsorientering. Därför är det intressant att beakta torkningsresultaten av grövre centrumvirke kontra tunnare virke. I delstudien jämförs virke med tjocklek upp till 32 mm med grövre dimensioner.

4.1.6.1 Justerverksstudien

Spridningen av torrviktslutfuktkvoterna för virke torkat mot 18 % respektive 16 % målfuktkvot anges i *Figur 22*, *Figur 23* och *Tabell 14*. Tunnare virke hade en lägre medelfuktkvot i båda fall.



Figur 22: Torr viktsfuktkvotsspridningen av grövre och tunnare virke från justerverksstudien som var torkade till 18 % målfuktkvot. Tunnare virke hade en lägre slutfuktkvot, medan båda hade en Gumbelfördelning.



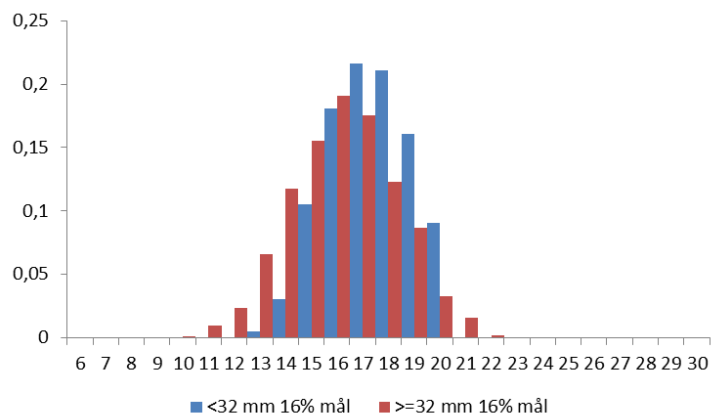
Figur 23: Torr viktsfuktkvotsspridningen av grövre och tunnare virke från justerverksstudien som var torkade till 16 % målfuktkvot. Tunnare virke hade en lägre slutfuktkvot och en Gumbelfördelning, medan grövre virke var normalfördelat.

Tabell 14: Torr viktsfuktkvotsspridningen av centrum och sidobrädor från justerverksstudien efter torkning. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

Må l (%)	Tjockle k (mm)	Fördelnin g	R ²	95 % interval l	93,5 % interval l	mede l	stda v	media n	modu s (μ)	β	torksats e r	sågver k
18	<32	Gumbel	0,97	11,5-17,0	11,6-16,7	13,6	-	13,3	12,93	1,105	5	3
18	>=32	Gumbel	0,98	13,5-21,0	13,6-20,6	16,3	-	16,0	15,43	1,51	17	3
16	<32	Gumbel	0,94	12,9-17,1	13,0-16,9	14,5	-	14,3	14,00	0,84	3	1
16	>=32	Normal	0,98	11,6-18,2	11,8-18,1	14,9	1,70	14,9	14,9	-	14	6

4.1.6.2 Torkstudien

I torkstudien hade sidobrädor torkade mot 16 % målfuktkvot en aning högre medelslutfuktkvot än centrumvirke (Figur 24 och Tabell 15). Det fanns inga sidobrädor bland ämnen torkade med 18 % som målfuktkvot.



Figur 24: Slutfuktkvotsspridningen av sidobrädor torkade mot en 16 % målfuktkvot i torkstudien.

Tabell 15: Stiftfuktkvotsspridningen av centrum och sidobrädor från torkstudien. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

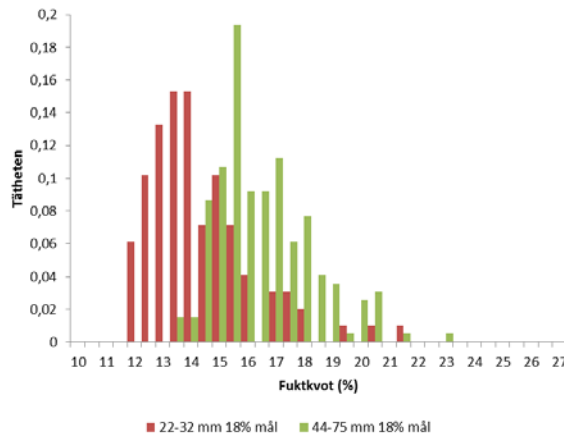
Mål (%)	Tjocklek (mm)	Fördelning	R ²	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel	Stdavv	Torcksatser	Sågverk
16	<32	Normal	0,99	13,4-20,3	13,6-20,1	16,9	1,8	10	2
16	>=32	Normal	0,997	11,5-19,8	11,7-19,6	15,7	2,1	73	7

4.1.7 Effekt av tjocklek

Även om en jämförelse av sido- och centrumutbyte innebär en tjockleksuppdelning, är det också intressant att jämföra tjockare och tunnare ämnen där tunnare virke kan ge högre stiftmättningsvärden för att stiften penetrerar till virkets mitt. Med en sådan tjockleksuppdelning finns då också mer statistisk underlag till det tunnare virket än vad finns i uppdelningen i centrum- och sidoutbyte.

4.1.7.1 Justerverksstudien

Om 18 % serien från Figur 3 delas upp i virke med tunnare tjocklek och tjockare tjocklek, visar det sig att torrviktsfuktkvotsspridningen inte har en normalfördelning (Figur 25). Datat till 22-32 mm serien kom från 6 torcksatser, jämfört med 10 torcksatser i fallet av 44-75 mm serien.



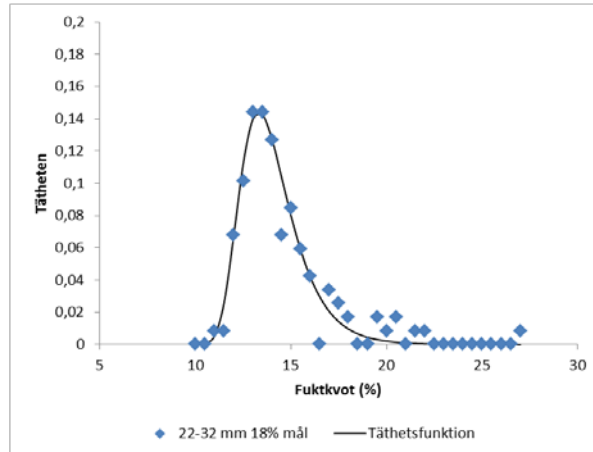
Figur 25: Torrviktsfuktkvotsspridningen av tunnare och tjockare virke med 18 % som målfuktkvot. Enskilda mätvärden.

Spridningen av 22-32 mm serien i Figur 25 kan beskrivas med en Gumbelfördelning (Figur 26) med följande täthetsfunktion:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{\frac{\mu-x}{\beta}} - e^{\frac{\mu-x}{\beta}} \quad (1)$$

Där x = fuktkvot (%); μ = modus eller fuktkvoten som uppstår mest ofta (%); och β är en skalningsparameter.

En täthetsfunktion enligt ekvation 1 med $\mu = 13,05628811$ och $\beta = 1,275973106$ beskriver datat väl (Figur 26) och ger ett R-kvadratvärde lika med 0,942172162.

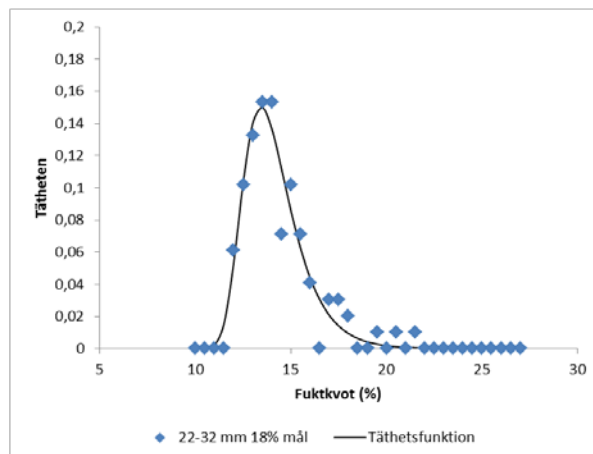


Figur 26: Tätteten, eller andel mätningar, per 0,5 % fuktkvotsintervaller. Virkestjocklek 22-32 mm, målhumktkvot 18 %. Serien från Figur 25 med en Gumbel-tättetsfunktion som ger $R^2=0,942172162$.

Tättetsfunktionen verkar inte beskriva datat vid ungefär 20 % fuktkvot på ett bra sätt. 22-32 mm serien innehåller dock också data från torksats 37, vilket hade en ovanligt stor spridning (Figur 17).

Med datat från torksats 37 borttagna försvinner några av de relativt höga värdena vid ungefär 20 % fuktkvot, och en ny tättetsfunktion med $\mu = 13,17202315$ och $\beta = 1,225068293$ ger en R-kvadrat lika med 0,942126743.

Borttagningen av datat från torksats 37 resulterade också i en bättre beskrivning av fördelningen kring 20 % fuktkvot, Figur 27.

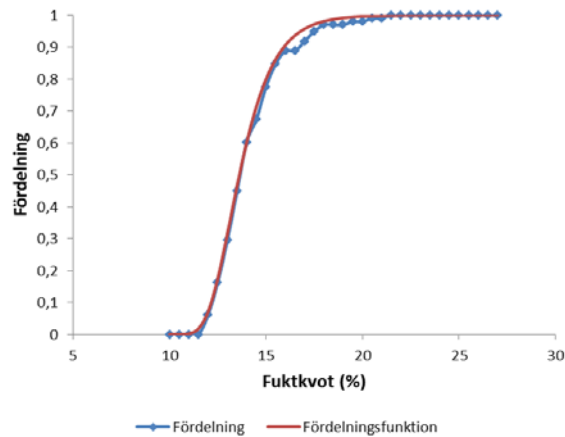


Figur 27: Tätteten av 22-32 mm torrviktsdatat med data från torksats 37 borttaget. Målhumktkvot 18 %.

Med den kumulativa fördelningsfunktionen, vilken är integralen av tättetsfunktionen, kan procentandelen under och över olika fuktkvotsgränsvärden beräknas:

$$\int f(x) dx = e^{-e^{(\mu-x)/\beta}} \quad (2)$$

Fördelningsfunktionen till 22-32 mm serien (Figur 28) predikterar att 2,5 % av alla värden ligger under 11,77 % och 2,5 % över 17,68 % fuktkvot. Fördelningen utifrån datat avviker mest från fördelningsfunktionen vid kring 16-20 % fuktkvot.



Figur 28: Passningen av den kumulativa fördelningsfunktionen till den kumulativa fördelningen av 22-32 mm serien med 18 % målfuktkvot. Data från torksats 37 exkluderade.

Medelvärde kan beräknas på följande sätt:

$$\text{Medel}(f(x)) = \mu + \beta \lambda \quad (3)$$

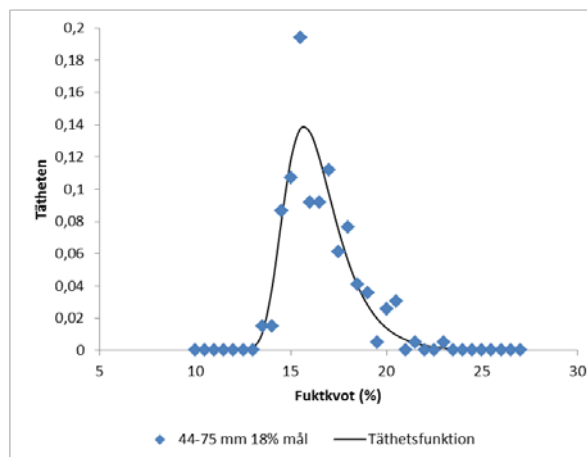
λ är Eulers konstant med ett värde ungefär lika med 0,5772. Medelvärde är då 13,88 %, vilket innebär att tunnare tjocklekar övertorkas en hel del i relation till dess målfuktkvot (18 %). Skulle 22-32 mm serien i Figur 25 ha beskrivits med en normalfördelning, skulle medelvärde exklusive torksats 37 ha varit 14,1 med 95 % intervallet mellan 10,5 % och 17,7 %.

Medianvärdet, eller värdet som skiljer den nedre och övre hälften av populationen, kan beräknas med följande ekvation:

$$\text{Median}(f(x)) = \mu - \beta \ln(\ln(2)) \quad (4)$$

Medianvärdet till täthetsfunktionen i Figur 27 är då en fuktkvot på 13,62 %.

För tjocklek 44-75 mm med 18 % målfuktkvot gäller att serien i Figur 25 ger en täthetsfunktion med $\mu=15,426146483655$, $\beta=1,3228054902735$ och $R^2=0,872334913$ (Figur 29).

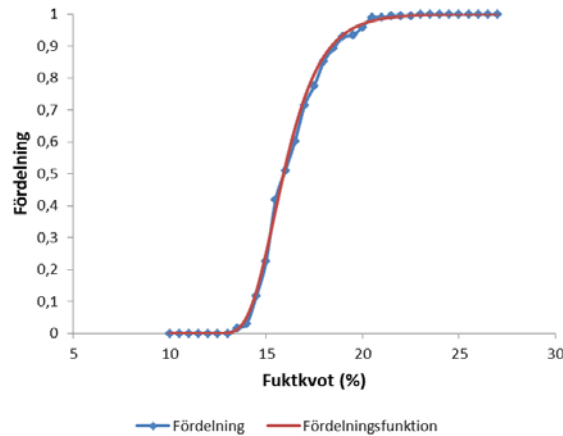


Figur 29: Spridningen av torrviktsfuktkvotsvärden och täthetsfunktionen till 44-75 mm virke med 18 % målfuktkvot.

Fördelningsfunktionen till 44-75 mm serien med 18 % målfuktkvot passade datat väl, både vid lägre och högre fuktkvoter (Figur 30).

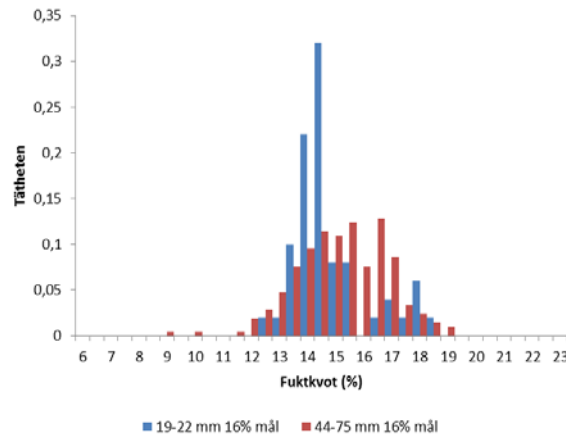
Fördelningsfunktionen ger ett 95 % intervall mellan 13,70 % och 20,29 % fuktkvot, och medianvärdet är 15,91 % och medelvärdet 16,19 %.

Skulle 44-75 mm serien i Figur 25 ha antagits vara normalfördelad, skulle medelvärdet ha varit 16,3 % med 95 % intervallet mellan 12,9 % och 19,7 %.



Figur 30: Passningen av den kumulativa fördelningsfunktionen till den kumulativa fördelningen av 22-32 mm serien med 18 % målfuktkvot.

Om 16 % målfuktkvotsserien i Figur 3 skulle delas upp i tjockare och tunnare ämnen, blir fördelningen som i Figur 31. 44-75 mm serien verkade normalfördelad och 19-22 mm serien verkade snedfördelad.



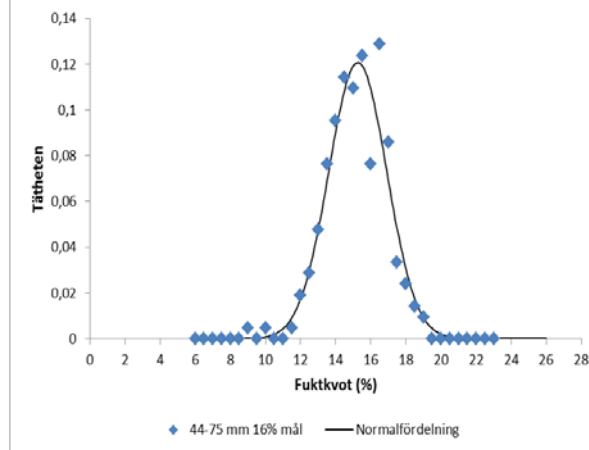
Figur 31: Målfuktkvot 16 %. Serien uppdelad i tjockare och tunnare ämnen.

En normalfördelning passar 44-75 mm serien väl (Figur 32). Målfuktkvoten är 16 %. Det är märkligt att 1 av 4 serier från Figur 25 och Figur 31 har en normalfördelning när de andra har en Gumbelfördelning.

Täthetsfunktionen (Ekvation 5) som passar datat bäst, $R^2 = 0,945404325$, ger ett optimalt medelvärde på 15,00424902 % och en optimal standardavvikelse på 1,6531167 %, vilket ger ett 95 % intervall mellan 11,76 % och 18,24 % (medel $\pm 1,96 \times$ standardavvikelsen). Täthetsfunktionen till normalfördelningar:

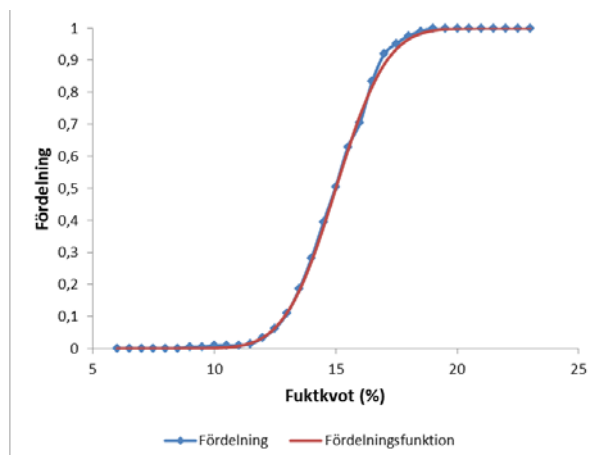
$$f(x) = \frac{e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad (5)$$

där x = fuktkvot (%), μ = medelvärdet, och σ = standardavvikelsen.



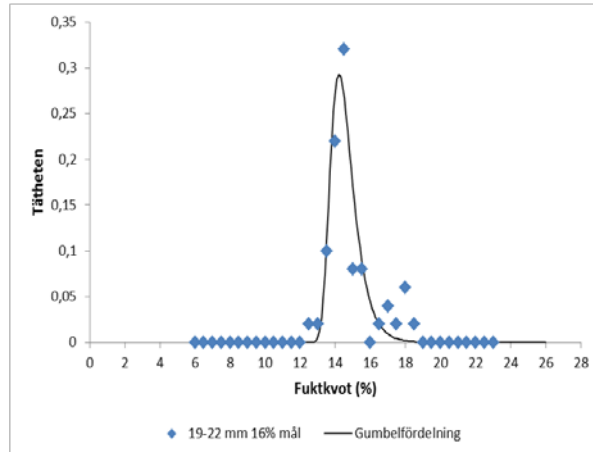
Figur 32: Tjocklek 44-75 mm. Målfuktkvot 16 %. Normalfördelningen beskriver datat väl.

Fördelningsfunktionen till datat från 44-75 mm tjocklek virke med 16 % målfuktkvot beskrev datats fördelningen väl (Figur 33).



Figur 33: Den kumulativa fördelningen och kumulativa fördelningsfunktionen av 44-75 mm tjocklek virke med 16 % målfuktkvot.

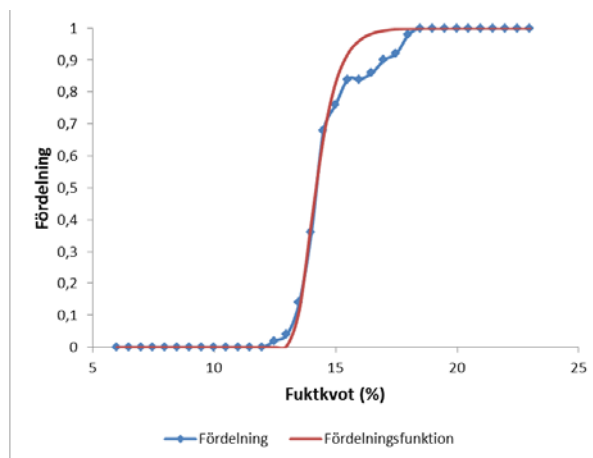
För tjocklek 19-22 mm gäller att serien med alla datapunkter beskrivs bäst av en Gumbelfördelning med $\mu=13,96228478$ och $\beta=0,628433011$, vilket ger $R^2=0,85788216$ (Figur 34).



Figur 34: Gumbeltäthetsfunktionen som beskriver 19-22 mm serien med 16 % målfuktkvot bäst.

Fördelningsfunktionen ger ett medelvärde på 14,33 %, ett 95 % intervall mellan 13,14 % och 16,27 %, och ett medianvärde på 14,19 %. 95 % intervallet är då mycket smalare än för det tjockare virket och gränsen för de övre 2,5 % av datat skiljer sig markant.

Fördelningsfunktionen avviker dock mycket från datats fördelning vid ungefär 15-18 % fuktkvot (Figur 35) och det verkar som det var för få torksatser och mätvärden från den här delgruppen för att dra säkra slutsatser om spridningen.



Figur 35: Den kumulativa torrviktsfuktkvotsfördelningen och kumulativa fördelningsfunktionen av 19-22 mm tjocklek virke med 16 % målfuktkvot.

Den statistiska analysen av datat presenterad i Figur 25 och Figur 31 visar att tunnare virke har en tendens att vara mer nedtorakat är tjockare ämnen, även om målfuktkvoten är den samma. Det gäller särskilt för ämnen med 18 % som målfuktkvot.

De olika spridningarna sammanfattas i Tabell 16. 44-75 mm Tjocklekar med 18 % målfuktkvot representerades dock bara av ett sågverk med 10 torksatser. 19-22 mm Tjocklekar med 16 % målfuktkvot respresenterades också bara av ett sågverk och med bara 3 torksatser.

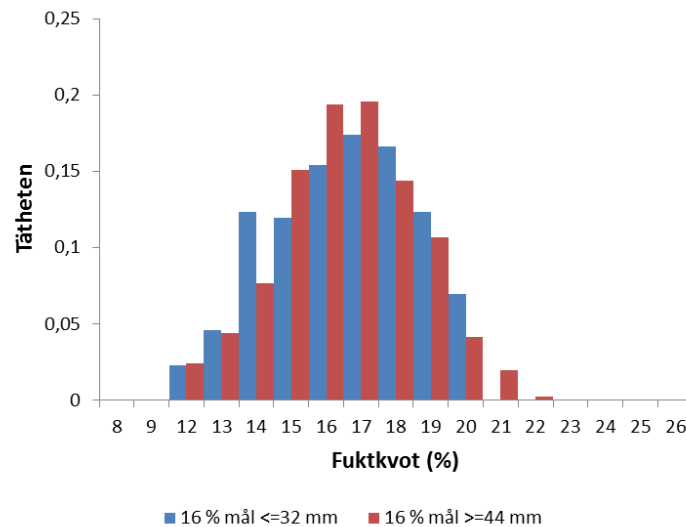
Det är dock intressant att notera att tunt virke torakat med 18 % som målfuktkvot var torrare än tjockt virke torakat med 16 % som målfuktkvot.

Tabell 16: Sammanfattningen av spridningen av torrviktsfuktkvotsmätresultaten för målfuktkvot 16 % och 18 % beräknade med de bäst passande täthetsfunktionerna. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

Mål (%)	Tjocklek (mm)	Fördelning	R ²	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel (%)	Stdavv. (%)	Median	Modus (μ)	β	Torksats	Sågverk
18	22-32	Gumbel	0,94	11,57-17,68	11,7-17,4	13,88	-	13,62	13,17	1,23	6	3
18	44-75	Gumbel	0,87	13,70-20,29	13,8-19,9	16,19	-	15,91	15,43	1,32	10	1
16	19-22	Gumbel	0,86	13,14-16,27	13,2-16,2	14,33	-	14,19	13,96	0,63	3	1
16	44-75	Normal	0,95	11,76-18,24	12,0-18,1	15,00	1,65	15,00	15,00	-	13	6

4.1.7.2 Torkstudien

I torkstudien fanns inga tunna produkter bland virket torkade med 18 % som målfuktkvot. Fuktkvotsfördelningen av tunnare och tjockare produkter torkade till 16 % som målfuktkvot var likadana och normalfördelade (Figur 36 och Tabell 17).



Figur 36: Stiftfuktkvotsfördelningen av tunnare och tjockare ämnen torkade mot 16 % målfuktkvot i torkstudien.

Tabell 17: Stiftfuktkvotsfördelningen av tunnare och tjockare ämnen torkade mot 16 % målfuktkvot i torkstudien. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

Mål (%)	Rot/Topp	Fördelning	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel	Stdavv.	Torksats	Sågverk
16	<=32	Normal	12,4-20,0	12,6-19,8	16,2	1,9	13	3
16	>=44	Normal	12,4-20,0	12,7-19,8	16,2	1,9	58	6

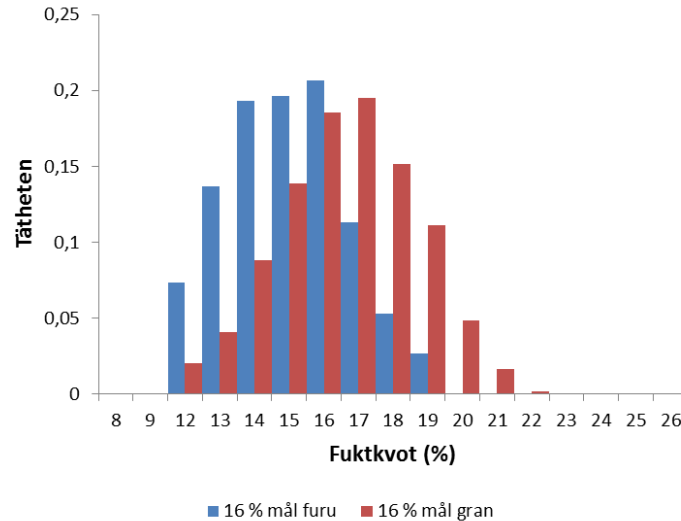
4.1.8 Effekt av träslag

4.1.8.1 Justerverksstudien

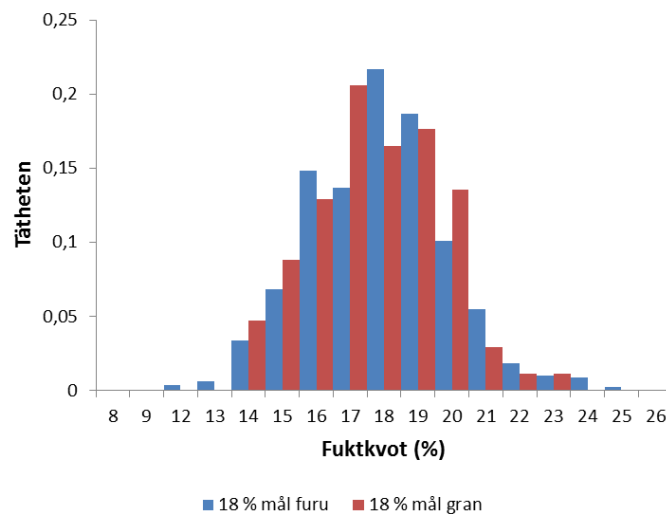
Justerverksstudien innehöll bara en torksats furu medan resten var gran, vilket gör att det inte går att undersöka träslagets påverkan.

4.1.8.2 Torkstudien

Vid torkning med 16 % som målfuktkvot verkade det som det fanns en skillnad i slutfuktkvot mellan furu och gran (Figur 37 och Tabell 18), men furu torkad med 16 % som målfuktkvot producerades bara av ett sågverk, vilket kan förklara den observerade skillnaden. Olika träslag torkade mot 18 % målfuktkvot hade likadana fuktkvotsspridningar (Figur 38 och Tabell 18).



Figur 37: Stiftfuktkvotsspridningen av olika träslag torkade med 16 % som målfuktkvot i torkstudien.



Figur 38: Stiftfuktkvotsspridningen av olika träslag torkade med 18 % som målfuktkvot i torkstudien.

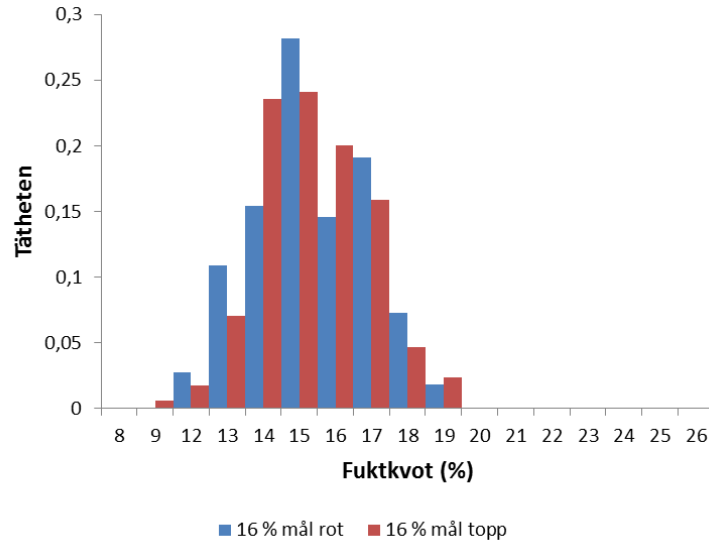
Tabell 18: Stiftfuktkvotsspridningen av furu och gran i torkstudien. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

Mål (%)	Träslag	Fördelning	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel	Stdavv.	Torksatser	Sågverk
16	furu	Normal	11,5-18,5	11,7-18,3	15,0	1,8	15	1
16	gran	Normal	12,4-20,1	12,6-19,9	16,3	2,0	68	8
18	furu	Normal	13,5-21,5	13,7-21,3	17,5	2,1	38	3
18	gran	Normal	13,6-21,1	13,8-20,9	17,4	1,9	9	4

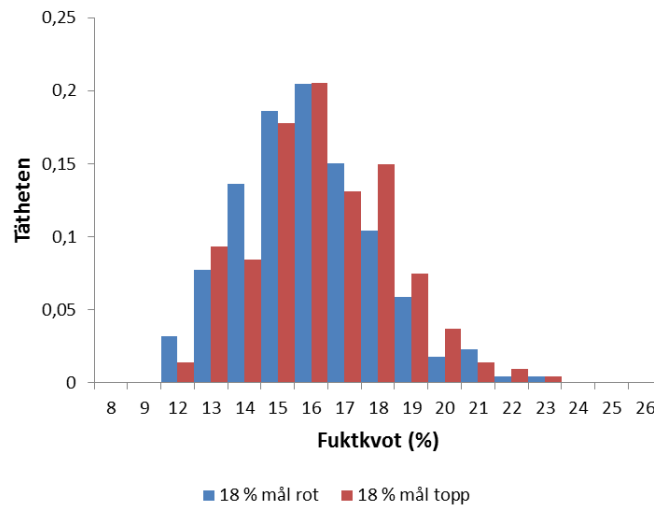
4.1.9 Rot/toppände

4.1.9.1 Justerverksstudien

Rot- och toppvirke torkade med 16 % och 18 % som målfuktkvot i justerverksstudien hade likadana torrviktsfuktkvotsspridningar (Figur 39, Figur 40 och Tabell 19).



Figur 39: Torr viktsfuktkvotsspridningen av rot- och toppvirke torkade mot 16 % målfuktkvot.



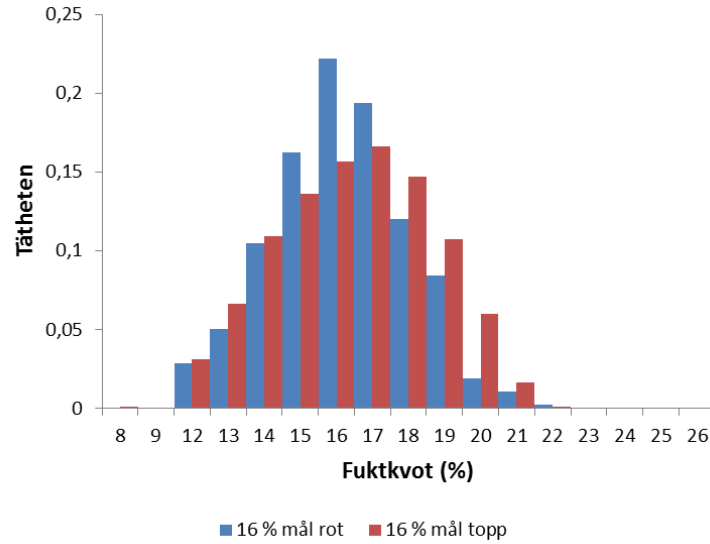
Figur 40: Torr viktsfuktkvotsspridningen av rot- och toppvirke torkade mot 18 % målfuktkvot.

Tabell 19: Torr viktsfuktkvotsspridningen av rot- och toppvirke torkade mot olika målfuktkvoter. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

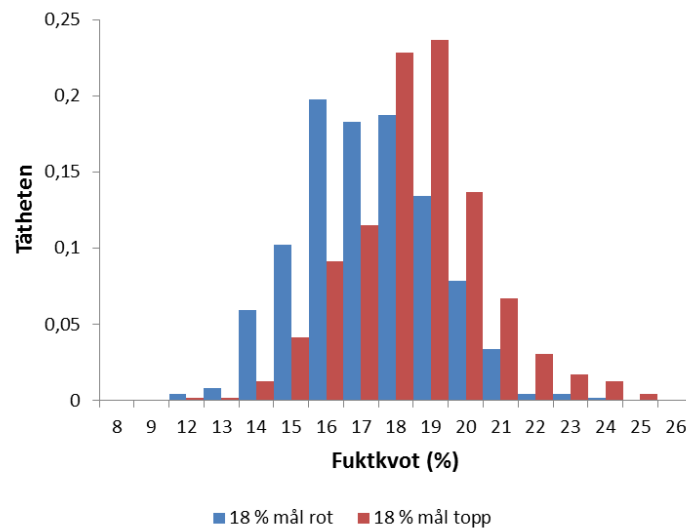
Mål (%)	Rot/Topp	Fördelning	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel	Stdavv.	Torksats	Sågverk
16	Rot	Normal	11,7-17,9	11,9-17,8	14,8	1,6	17	6
16	Topp	Normal	11,7-17,8	11,9-17,7	14,8	1,6	17	6
18	Rot	Normal	11,4-19,5	11,7-19,3	15,5	2,1	22	3
18	Topp	Normal	11,5-20,2	11,8-19,9	15,8	2,2	22	3

4.1.9.2 Torkstudien

Rot- och toppvirke torkade med 16 % som målfuktkvot i justerverksstudien hade likadana stiftfuktkvotsspridningar (*Figur 41* och *Tabell 20*). Däremot verkade rotvirke torkade mot 18 % målfuktkvot torrare än toppvirke (*Figur 42* och *Tabell 20*).



Figur 41: Stiftfuktkvotsspridningen av rot- och toppvirke torkade mot 16 % målfuktkvot.



Figur 42: Stiftfuktkvotsspridningen av rot- och toppvirke torkade mot 18 % målfuktkvot.

Tabell 20: Stiftfuktkvotsspridningen av rot- och toppvirke torkade mot olika målfuktkvoter. Rött markerade värden uppfyller inte kraven i EN 14298:2004, medan grönt markerade värden gör det.

Mål (%)	Rot/Topp	Fördelning	95 % intervall	93,5 % intervall	Medel	Stdavv.	Torksats	Sågverk
16	Rot	Normal	12,3-19,5	12,5-19,3	15,9	1,8	83	8
16	Topp	Normal	11,9-20,3	12,2-20,0	16,1	2,1	83	8
18	Rot	Normal	13,1-20,5	13,4-20,3	16,8	1,9	47	5
18	Topp	Normal	14,3-22,0	14,5-21,8	18,1	2,0	47	5

5 Diskussion

Denna rapport syftar till att fastställa hur fuktkvoten varierar hos virke levererat från svenska sågverk. Förbättrad kunskap om fuktkvoten i virket vid leverans från sågverken kan ge underlag både för fortsatta studier och för insatser riktade mot att förbättra byggnadsindustrins ofta bristfälliga hantering av olika byggmaterial.

Bakgrunden till att rapportens studier genomfördes var de nya regler för fuktkvot i virke vid inbyggnad som införts av Boverket med syfte att minska risken för biologiska angrepp på byggnaden. En huvudfråga var vad fuktkvotsspridningen är av virke torkat till 16 % och 18 % målfuktkvot.

Informationen från den här rapporten skulle ge andra möjligheten att bedöma risken för biologisk angrepp för virke torkat till varje målfuktkvot. Fokus på risken för biologiska angrepp innebär att det främst är fuktigare virke, torkat till 16 % och 18 % målfuktkvot, som behöver kartläggas.

5.1 Skeppningstorr?

Traditionellt har begreppet skeppningstorr använts för virke som är så torrt att det inte riskerar mögel- eller blånadsskador under transport och lagring. Kraven på skeppningstorr virke har förändrats genom historien, och idag används begreppet för virke som torkats till 18 % i enlighet med svensk eller europeisk standard. En etablerad erfarenhetsmässig övre gräns för fuktkvoten i enskilda virkesstycken är 24 % för att undvika påväxt.

Den svenska standarden för terminologi relaterade till trävaror (CEN, 1997) ger ingen exakt definition av skeppningstorr virke. Enligt standarden är skeppningstorr virke:

"virke vars fuktkvot är tillräckligt låg för att under transport missfärgning, mögel och andra svampangrepp inte skall uppstå. Anmärkning: Skeppningstorr virke har normalt en fuktkvot under 25%"

Boken "Nordiskt Trä" (Borg, 1994) säger, utan att använda begreppet skeppningstorr, att 97,7 % av alla torkade virkesstycken ska ha en fuktkvot lägre än 24 %. I denna rapport har därför fuktkvot 24 % använts som övre gränsvärde för enskilda virkesstycken.

Mögel växer dock på ytor, varför det är förhållandena på virkets yta som är avgörande för om mögel uppstår eller inte, snarare än virkets medelfuktkvot. Parametrar som exempelvis ytans fuktkvot, ytans kemi, tidigare biologiska angrepp, omgivande lufts relativa fuktighet, temperaturen och tiden samverkar och avgör om mögel kan växa. Under senare år har också allt mer fokus riktats på att försöka fastställa gränser för mögelpåväxt, avseende inverkan av både omgivande klimat och virkets egenskaper. Dessa frågeställningar behandlas dock inte i denna rapport.

5.2 Studiens representativitet

Studierna omfattar ett mycket stort antal mätningar på sågverk spridda över landet. Mätningarna har gjorts i enlighet med standardmetoder, med ett provtagningsförfarande som följer etablerad praxis i industrin.

Totalt har fuktkvoten mätts på mer än 3600 virkesstycken i 184 torksatser från 13 sågverk. De deltagande sågverkens sammanlagda granproduktion uppgår till 2,9 Mm³/år, eller drygt 1/3 av den svenska produktionen. Sågverken med granproduktion, mellan 33 000 m³/år och 450 000 m³/år, är lokaliserade från Halland i sydväst till Västerbotten i nordost. Sågverken har varit enskilda köpesågverk likaväl som industrisågverk och kombinat, med och utan egen vidareförädling.

Studien kan antas vara representativ för svenskt konstruktionsvirke.

5.3 Medelfuktkvot och standardavvikelse

Studierna avsåg att fastställa medelfuktkvot och spridning hos virke vid leverans från svenska sågverk. Särskild fokus riktades på 16 % målfuktkvot och då på det fuktigaste virket.

Då virke torkat till 18 % utgör en stor del av leveranserna gjordes även en stor mängd mätningar på detta virke. Resultaten för virke torkat till målfuktkvot 16 % respektive 18 % sammanfattas i *Tabell 21*.

Tabell 21: Spridningen av torrvikts- och stiftvärden för 16 % och 18 % målfuktkvot.

Målfuktkvot (%)	Torrviktsmätningar			Stiftmätningar		
	Medelvärde	Standardavvikelse	95%-fraktil	Medelvärde	Standardavvikelse	95%-fraktil
16	14,8	1,6	17,5	16,0	2,0	19,2
18	15,7	2,1	19,3	17,4	2,0	20,5

Tabellen visar att när svenskt virke betraktas som ett kollektiv ligger fuktkvoterna på nivåer med betryggande marginal till fuktkvoter som erfarenhetsmässigt visat sig vara riskabla för mögeltillväxt, både för 16 % och 18 % målfuktkvot.

5.4 Andelen virke med högre fuktkvot

Av de drygt 3600 prover som mättes gjordes 1203 på virke som torkats till 18 % målfuktkvot. Av dessa 1203 mätningar uppvisar fyra (4) enskilda prover fuktkvotsvärden på eller över 24 %, den nivån där biologiska skador erfarenhetsmässigt bedöms kunna uppstå.

Totalt gjordes 1939 mätningar på virke torkat till 16 % målfuktkvot. Inga mätvärden låg över 24 %. Tre mätvärden låg mellan 21 % och 22 %.

De fuktiga virkesstyckena var fördelade på flera olika torksatser vilket innebär att risken att två eller flera fuktiga virkesstycken hamnar intill varandra är mycket låg.

En enskild 22x125 mm bräda med 27 % fuktkvot i Justerverksstudiens torksats 37 uppvisade samma höga fuktkvot både vid stiftmätning och torrviktsmätning. Medelfuktkvoten för torksatsen var 15,2 %, med standardavvikelse 4,2 %. Spridningen var hög även om det höga mätvärdet inte räknades med, standardavvikelse 3,3 %. Orsaken till den höga spridningen har inte kunnat fastställas.

5.5 Spridning per målfuktkvot

Tabell 8 sammanfattar resultaten från justerverksstudien och visar att 2,5 % av virke med 18 % målfuktkvot hade en fuktkvot högre än 19,8 % efter torkning, d.v.s. det övre gränsvärdet för 95 % intervallet.

Med den spridningen skulle bara 0,01 % av alla värden vara över 24 %, vilket är dagens definition av skeppningstorr. I verklighet var 4 av 1203 mätningar eller 0,3 % över 24 % fuktkvot vilket visar att normalfördelningen inte ger en bra uppskattning av spridningens övre gräns.

Medelvärdena från stiftmätningar stämmer väl med önskad målfuktkvot (se *Tabell 9*), detta visar att sågverkspersonalen gör bra ifrån sig i att matcha torkningsresultatet mot målfuktkvoten. Stiftvärdena från torkstudien (*Tabell 9*) visade att 2,5 % av virket skulle vara över 21,3 % i fuktkvot när det mätts med stift. Notera dock att stiftmätningarna i genomsnitt visar högre fuktkvot än torrviktsmätningar på samma virkesstycke, verklig medelfuktkvot för partiet ligger i allmänhet lägre än stiftmätningarnas medelvärde.

5.6 Samband mellan stiftvärden och torrsviktswärden

Stiftvärdena från justerverksstudien angav inte bara en högre medelfuktkvot i justerverksstudien än torrsviktswärdena, men också en mycket bredare fördelning (*Tabell 11*).

Däremot var stiftvärdena också snedfördelade som sina torrsviktsmotparter (*Figur 13* och *Figur 14*). Den likadana spridningen av stiftvärdena i torkstudien för olika tjocklekar (*Figur 36* och *Tabell 17*), och medelvärdenas goda överensstämmelse med målfuktkvoten (*Tabell 9* och *Tabell 17*), visar att sågverkspersonalen gör bra ifrån sig i att matcha stiftvärdena mot målfuktkvoten oavsett tjocklek.

Då stiftmätningarna uppvisar både högre medelvärde och större spridning än de definitionsmässigt korrekta torrsviktswärdena innebär det att stiftmätningarna ger ett resultat på "säkra sidan" när det gäller risk för biologiska angrepp. Virket i den övre fraktilen av fuktkvotsfördelningen kommer sannolikt att ha en lägre fuktkvot än den som en mätning med stiftmätare angett i ett parti.

Samtidigt visar justerverksstudien att det kan vara stora skillnader i precisionen av sågverkens stiftmätningar (*Figur 10*), skillnaden mellan torrsviktswärden och stiftmätningar varierar avsevärt. Detta kan bero både på virkets tjocklek och sågverkets mätmetod. Det gör att sambandet mellan stiftmätvärden och en torksats verkliga fuktkvotsfördelning är okänd. Därför kan torrsviktsfuktkvoter inte uppskattas från stiftvärden från torkstudien med hjälp av det grova sambandet som fanns mellan stift- och torrsviktswärdena från justerverksstudien (*Figur 6*).

5.7 Skillnad mellan olika sågverk

Medelfuktkvoten och spridningen vid olika målfuktkvoter varierade mellan sågverken, vilket kan ses som ett förväntat resultat eftersom torkningsmetoder och rutiner skiljer sig från sågverk till sågverk.

En förklaring till skillnaderna kan vara att begreppet "målfuktkvot" kan tolkas olika både mellan olika sågverk och för olika kunder till samma sågverk. Målfuktkvot kan då exempelvis i ett fall innebära "önskad medelfuktkvot" medan det i ett annat fall kan innebära "maximal fuktkvot".

Fokus för torkningen kan också variera mellan att undvika reklamationer på grund av för hög fuktkvot till att maximera torkarnas kapacitet. Detta innebär att det inte var möjligt att undersöka hur väl olika sågverk träffar målfuktkvoten.

5.8 Effekt av torktyp

Virket i studierna har torkats i flera olika typer av kanal- och kammartorkar. Samtidigt har ett stort antal dimensioner, målfuktkvoter och produkter ingått i studien. Detta innebär att antalet torksatser av varje variant har varit för lågt för att eventuella skillnader ska kunna studeras i detalj.

Vid jämförelsen mellan kanaltorkar som grupp och kammartorkar som grupp syntes ingen klar skillnad i fuktkvotsspridning.

5.9 Effekt av tjocklek

Vissa av spridningarna i Tabell 16 representerar bara få sågverk eller/och torksatser, vilket är viktigt att ta hänsyn till. Mätvärdena från justerverksstudien för virke torkat till 18 % fuktkvot verkade normalfördelade, men visade sig vara snedfördelade och ha olika medelfuktkvoter och fördelningar när mätvärdena delades upp i tunnare och tjockare tjocklekar.

Det är viktigt att beakta att snedfördelningar kan påverka gränserna till en viss percentil mycket, och det kan ha stora konsekvenser vid bedömningen av torkningsresultatet.

Tunnare virke torkat mot 18 % målfuktkvot hade en medelfuktkvot 2,3 % lägre än det tjockare och 4,1 % under målvärdet (Tabell 16), vilket innebär att det finns en del produktionskapacitet och energi att spara genom att träffa målfuktkvoten. Anledningen till skillnaden i fuktkvotsresultatet mellan tjockt och tunt virke kan ha att göra med hur kontrollmätningarna görs vid torkningsprocessens slut.

Virke av olika tjocklekar torkat mot 16 % målfuktkvot skilde sig inte lika mycket i slutfuktkvot och var närmare målfuktkvoten. Det är intressant att notera i Tabell 16 är att tunna brädor torkade till 18 % målfuktkvot är torrare än tjocka plank torkats till 16 % målfuktkvot, 13,9 % respektive 15,0 %. Torkstudien visade ingen skillnad i slutfuktkvot mellan tunnare och tjockare virke torkade mot 16 % målfuktkvot.

Enligt standarden som beskriver hur stiftmätningar ska göras, EN 13183-2, bör stiften penetrera en tredjedel av brädans tjocklek och vara tagen på flatsidan en tredjedel av bredden från kanten. Om stiftens längd inte anpassas efter materialets dimensioner kan det leda till att stiften kommer närmare eller längre ifrån det mer fuktiga inre, eftersom det oftast finns en fuktkvotsgradient från ytan till mitten av en torkad bräda.

Stiftvärdena från torkstudien och justerverksstudien togs på virkeskanten. Det går då inte att visa med säkerhet utifrån justerverksdatat vad skillnaden i torrviktsfuktkvoten mellan tunna och tjocka brädor torkade till 18 % målfuktkvot berodde på. Det kan bland annat bero på hantering efter tork, eftersom strölagat tunnare virke skulle anpassa sig till klimatet under förvaring mellan tork och justerverk snabbare än tjockare virke.

Stiftmätningarna från justerverksstudien visar, som torrviktsvärdena, en skillnad mellan tjockare och tunnare virke (Tabell 11), vilket demonstrerar att stiftmätningar kan uppvisa verkliga skillnader mellan grupper. Stiftmätningar från torkstudien med 16 % som målfuktkvot (Tabell 17) visar ingen skillnad mellan tjockare och tunnare virke, vilket tyder på att det inte hellre fanns någon skillnad även om torrviktsmetoden skulle användas.

Tyvärn fanns det i torkstudien bara tjockt virke vid en målfuktkvot på 18 %.

Det bör undersökas hur mätresultat påverkas av materialdimensioner vid stiftmätningar på brädkanten, vilket är metoden som oftast användas vid kontrollmätning av slutfuktkvoten av torksatser. Om stiftändarna ska nå den samma relativa positionen i tvärsnittet som beskrivs i EN 13183-2 bör stiften slås in till en tredjedel av tjockleken och penetrera parallellt med flatsidan till en tredjedel av bredden.

Bredden på brädorna från torkstudien varierade mellan 72 mm och 275 mm, vilket skulle kräva ett stiftpenetrationsdjup från 24 mm till 92 mm parallellt med flatsidan. Stift med en längd på 92 mm finns kanske inte ens på marknaden. Det verkar orimligt att kunna positionera stiftändarna med samma precision från kanten som från flatsidan. Det finns stiftmätare som mäter tvärs över, vinkelrätt, fiberriktningen, d.v.s. mätningar på brädkanten kan naturligtvis bara göras med stiftmätare där stiften ska positioneras längs med fiberriktningen.

5.10 Effekt av centrum/sidobrädor

I justerverksstudien hade sidobrädor torkade mot både 16 % och 18 % målfuktkvot en lägre fuktkvot än centrumbrädor. I torkstudien var det dock tvärtom vid torkning mot 16 %. Vid 18 % målfuktkvot i justerverksstudien var det 2,7 % skillnad i medelvärde, vilket kan jämföras med skillnaden på 2,3 % mellan tjockt och tunt virke torkat mot 18 % målfuktkvot (*Tabell 16*).

5.11 Effekt av träslag

I torkstudien var furu torkade mot 16 % målfuktkvot betydligt torrare än gran. Vid torkning till 18 % målfuktkvot var det dock ingen skillnad. Justerverkstudien omfattade bara en sats furuvirke varför det ej gick undersöka en eventuell skillnad.

Orsaken till skillnaden i medelfuktkvot är inte klarlagd. Dock är det uppenbart att både produkt- och kundkrav skiljer mellan furu- och granvirke.

5.12 Rot/toppände

Eftersom rotändan innehåller mer kärnved än toppändan skulle ingångsfuktkvoten likaväl som diffusionshastigheten och permeabiliteten vara lägre, vilket kan påverka slutfuktkvoten. Rotvirke torkat mot 18 % målfuktkvot i torkstudien var betydligt torrare än toppvirke, och i justerverksstudien var det en aning torrare. Grupperna torkade mot 16 % målfuktkvot i både justerverks- och torkstudien visade ringa skillnader.

Resultatet kan spegla torkningsförloppet då fukttransporten ut ur virket främst sker kapillärt i torkningens inledningsskede för att sedan övergå i diffusion. Därmed bör effekten av en högre inledande fuktkvot i toppänden vara mer tydlig vid torkning till högre fuktkvoter. Samtidigt kan stiftmätningarna ha påverkats både av kärnvedsandelens och densiteten, där framför allt furuvirket kan ha en avsevärt högre densitet i rotändan.

De uppmätta skillnaderna understryker vikten av att fuktkvotmätningar inte görs systematiskt i bara en ände av ett virkespaket.

6 Felkällor

Studien har påverkats av ett antal felkällor och osäkerhetsfaktorer.

- Osäkerhet om val av mätstapel och hur valet av mätstapel påverkar resultatet. Yttersta stapeln kan ha lägre fuktkvot än inre i kammartorkar.
- Temperatur vid stiftmätning. Hur lång tid har förflutit mellan portöppning och mätning? Kylning vid olika utetemperatur och tid osäkerhetsfaktorer.
- Handhavande av stiftmätare. Var slår man, hur djupt, hur läser man av.

- Angivande av resultat. En såg angav endast hela procent.
- Osäkerhet i torkstudien om virket gick vidare till justering eller torkades om.
- Vid tagning av justerverksprover skulle de helst tas utspridda från flera paket, men troligen togs virket ibland så snabbt som möjligt, alltså från ett paket. Detta innebär exempelvis att provtagningen kan ha tagits från ett ytterpaket eller från ett innepaket i de fall virket torkats i kammare.
- I dessa kapitel hänvisas det en del till målfuktkvoter, vilket är torksatsernas önskade medelfuktkvoter. I verklighet finns det oftast krav om i vilket fuktkvotsintervall en torksats medelvärde ska ligga och vad den maximala fuktkvotsspridningen får vara i en torksats. Kraven som kan vara från en EN-standard, från vedertagna regler, från speciella kundkrav, eller från sågverkets egna krav. Olika krav definieras nedanför.

Standarden EN 14298 säger att 93,5 % av alla fuktkvotsvärden ska ligga inom 0,7 gånger målvärdet till 1,3 gånger målvärdet, och det gäller fuktkvotsvärden från stiftmätningar. Enligt standarden ska torrviktsmetoden dock användas i fall av tvist, vilket innebär att standarden egentligen baserar sig på torrviktsvärdena.

Det innebär då att 93,5 % av torrviktsvärdena för 16 % målfuktkvot ska ligga mellan 11,2 % och 20,8 %. För 18 % målfuktkvot ska torrviktsvärdena ligga mellan 12,6 % till 23,4 %. Medelvärdet ska också ligga inom -2,5/+2 procentenheter från målvärdet, d.v.s. 13,5-18 % i fallet av ett 16 % målvärde, och 15,5-20 % när målfuktkvoten är 18 %. En vedertagen regel i Sverige är den så kallade 10 %-regeln, vilket säger att medelvärdet till en torksats ska ligga inom 10 % från målvärdet, och standardavvikelsen ska vara max 10 % av målvärdet.

D.v.s. virke med 16 % målfuktkvot ska ha ett medelvärde mellan 14,4 % och 17,6 %, och en standardavvikelse av max 1,6 %. Virke med 18 % målfuktkvot ska ha ett medelvärde mellan 16,2 % och 19,8 % och en max standardavvikelse på 1,8 %. Ett antagande är då att fuktkvotsspridningen är normalfördelad.

Det kan också vara så att vissa torksatser torkas utifrån speciella kundkrav, eller att torksatser i allmänhet torkas utifrån ett sågverks egna krav. I de fallen kan kraven variera.

7 Slutsatser

Medelfuktkvot och fuktkvotsspridning har fastställts för virke levererat från svenska sågverk. Medelfuktkvoten vid torkning till både 16 % och 18 % målfuktkvot ligger i majoriteten av de mätta satserna under målfuktkvoten.

Medelfuktkvoten för målfuktkvot 16 % var 14,8 % mätt med torrsvikt och 16,0 % mätt med resistansmetoden (stift). För målfuktkvot 18 % var motsvarande värden 15,7 % respektive 17,4 %.

Resultaten visar att 95 %- fraktilen för virke torkat till 18 % målfuktkvot är 19,3 % vid torrsviktsmätning och 20,5 % vid mätning med stift. Motsvarande 95 %- fraktiler för virke torkat till 16 % målfuktkvot är 17,5 % respektive 19,2 %.

Av 1203 virkesstycken som torkats till 18 % målfuktkvot uppvisade 4 fuktkvoter över 24 %.

Virket torkat till 16 % målfuktkvot uppvisade inga mätvärden över 24 %. Tre fuktkvotsvärden mätta med stift av totalt 1939 mätvärden låg mellan 21 % och 22 %.

Medelvärdena för fuktkvoter mätta med stift låg över fuktkvoten mätt med torrviktsmetoden. Skillnaden var 1,2 %- enheter vid 16 % målfuktkvot och 1,7 %- enheter vid 18 % målfuktkvot.

Resultaten visar att torkning till 16 % målfuktkvot istället för 15 % målfuktkvot med största sannolikhet inte innebär ökad risk för mögel orsakad av fukt i virket vid leverans. Oftast uppnådde sågverken fuktkvotskraven i EN 14298, även om det inte är uttalat att det var dessa krav som de siktade på att uppfylla. I de fall kraven i standarden inte uppfyllts har det varit på grund av att virket varit för torrt.

Fuktkvotsspridningen kunde vara snedfördelad i justerverksstudien, särskilt vid torkning till 18 % målfuktkvot. Dock var stiftvärdena från torkstudien normalfördelade. Om torrviktsdata var snedfördelat, var dess motsvarande stiftvärden också snedfördelat, men dock med en bredare fördelning.

Det grova sambandet mellan torrvikts- och stiftvärdena i justerverket kan inte användas för att uppskatta torrviktsfuktkvotsspridningen av kammartorksatserna från torkstudien eftersom dessa stiftmätningar gjordes på brädkanter av brädor som var ett paketbredd från de yttersta torraste brädor i torksatserna. Justerverksvärdena kommer från slumpmässiga mätningar på brädkanten av avströade virke vilket kom troligtvis från en liten del av en torksats. Precisionen av stiftmätningarna i justerverksstudien varierade mycket mellan sågverken.

Fuktkvotsresultat kunde variera från sågverk till sågverk.

Det var inga klara skillnader mellan kanaltorkning och kammartorkning.

Rotändan var i vissa fall torrare än toppändan, vilket troligtvis beror på en högre andel kärnved i rotändan.

Tunnare virke hade en lägre slutfuktkvot än tjockare virke, möjligtvis på grund av en större överskattning av fuktkvoten med stiftmätningssmetoden vid fuktkvotkontroller vid slutet av torkningsprocessen.

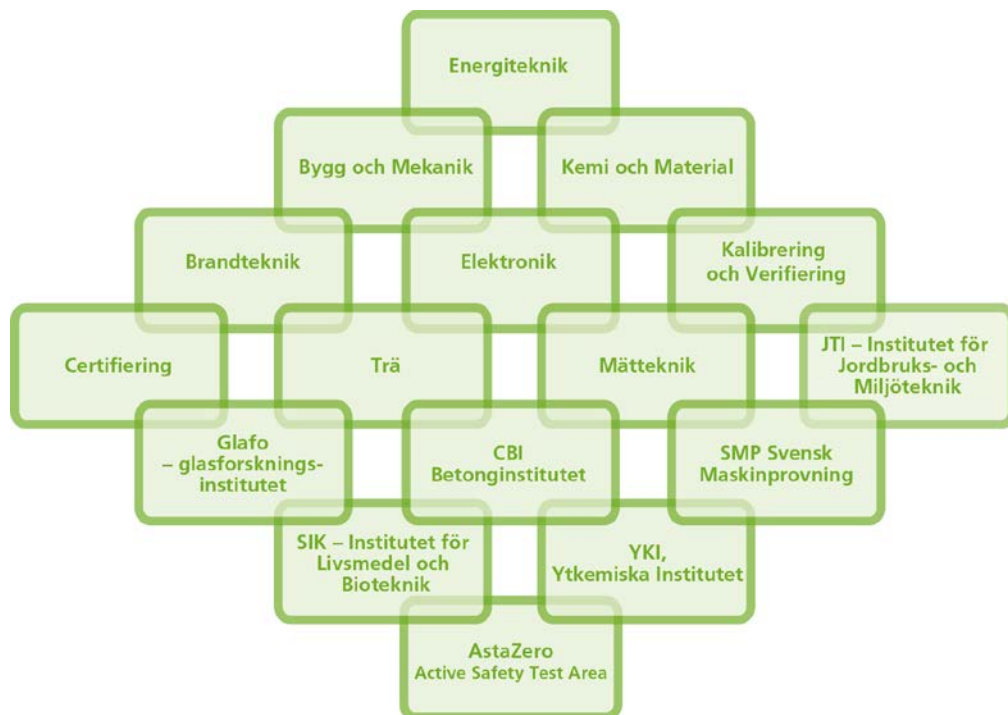
Litteraturförteckning

Borg, O. F. (1994). *Sorteringsregler för sågat virke av furu och gran* (1 uppl.). Föreningen Svenska Sågverksmän, Finlands Sågindustrimannaförening, Treindustriens Tekniske Forening (Norge).

CEN. (den 27 06 1997). SS-EN 844-4. *Rund- och sågat virke - Terminologi - Del 4: Kring trävarors fuktinnehåll*. (SIS, Övers.) CEN.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 10000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

SP Trä

SP Rapport 2013:2013:47

ISBN

ISSN 0284-5172