

TräteknikCentrum

Biblioteket

**SVENSKA TRÄFORSKNINGSINSTITUTET**



**Torkning och luftkonditionering inom möbel-  
och snickeriindustrin**

**Tage Elers**

**MEDDELANDE**

**SERIE B**

**NR 77**

**TT B:19**

**SVENSKA TRÄFORSKNINGSINSTITUTET**



**Torkning och luftkonditionering inom möbel-  
och snickeriindustrin**

**Tage Elers**

**MEDDELANDE**

**SERIE B**

**NR 77**

**TT B:19**

# Innehållsförteckning

	Sid
Inledning	5
Torrhet i fabrikslokarna ett nytt problem?	8
Vilken fuktkvot skall man eftersträva?	10
Hur kan man hålla verkets fuktkvot konstant?	15
Flera problem kan lösas med luftkonditionering	17
Luftkonditionering	19
Vattenmängden	22
Lagring med värme men utan fukt	28
Slutkommentar	34

## Inledning

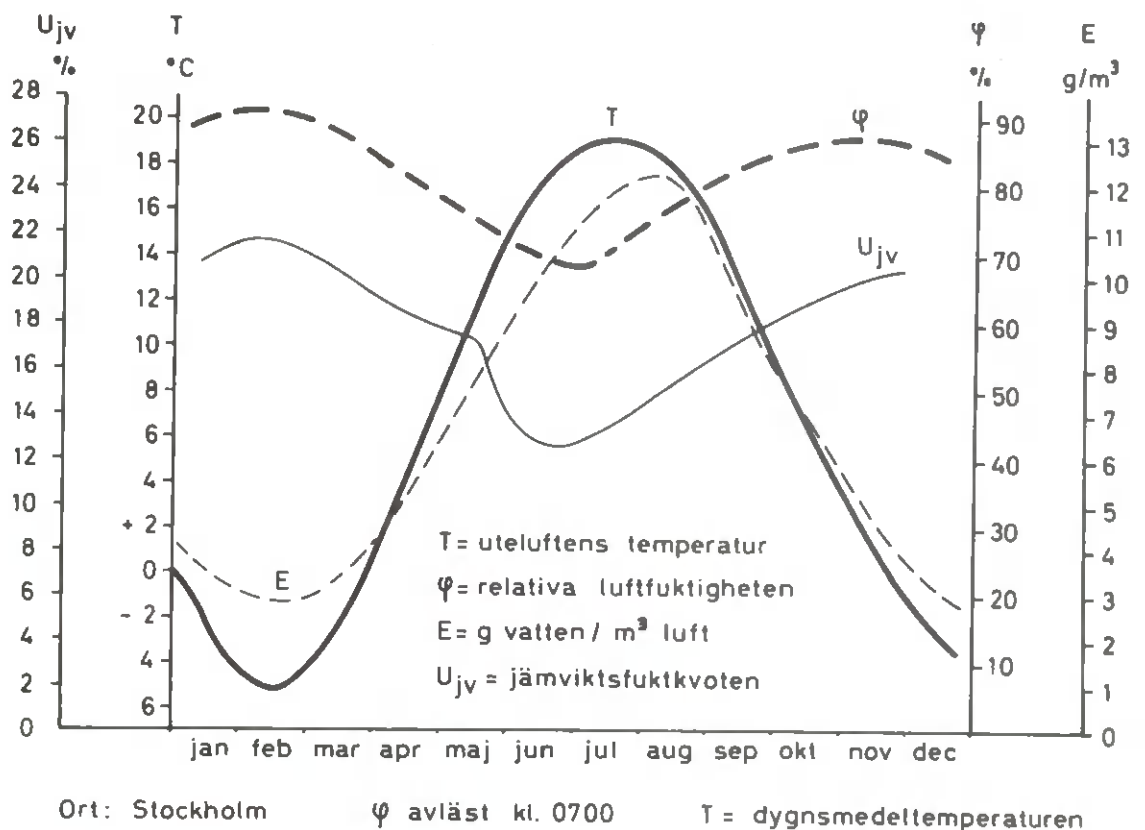
Det primära syftet med torkningsprocessen är att ge virket ett fuktkvotsvärde som gör att fuktvandringen mellan den färdiga träprodukten och den omgivande luften är i balans. Detta betyder att färdigvaran varken skall krympa eller svälla, när den har installerats i det rum och i det klimat där den skall användas. Om man godkänner detta syftemål, och det bör i alla fall gälla för snickeri- och möbelindustrierna, så måste man också konstatera att torkningen är långt ifrån avslutad i och med att virkespaketet rullar ut ur torkkammaren. Torkningen omfattar sålunda även kontroll och korrigerande av träets fuktkvot under den efterföljande lagringen, vidareförädlingen och transportperioderna.

### Låt oss först klara av en del begrepp

Trä är ett hygroskopiskt material, d v s det avger och tar upp fuktighet till dess att det har uppnått balans med den omgivande luften. Den mängd vatten som träet innehåller är beroende av luftens relativa luftfuktighet och temperatur. Med relativ luftfuktighet menar man den vattenmängd som luften för ögonblicket innehåller i jämförelse med den maximala vattenmängd som luften kan hålla vid den aktuella temperaturen. Den mängd vatten som träet innehåller för givna förhållanden av temperatur och relativ luftfuktighet har benämnts träets jämviktsfuktkvot. Med andra ord, för varje kombination av relativ luftfuktighet och temperatur intager träet en individuell jämviktsfuktkvot.

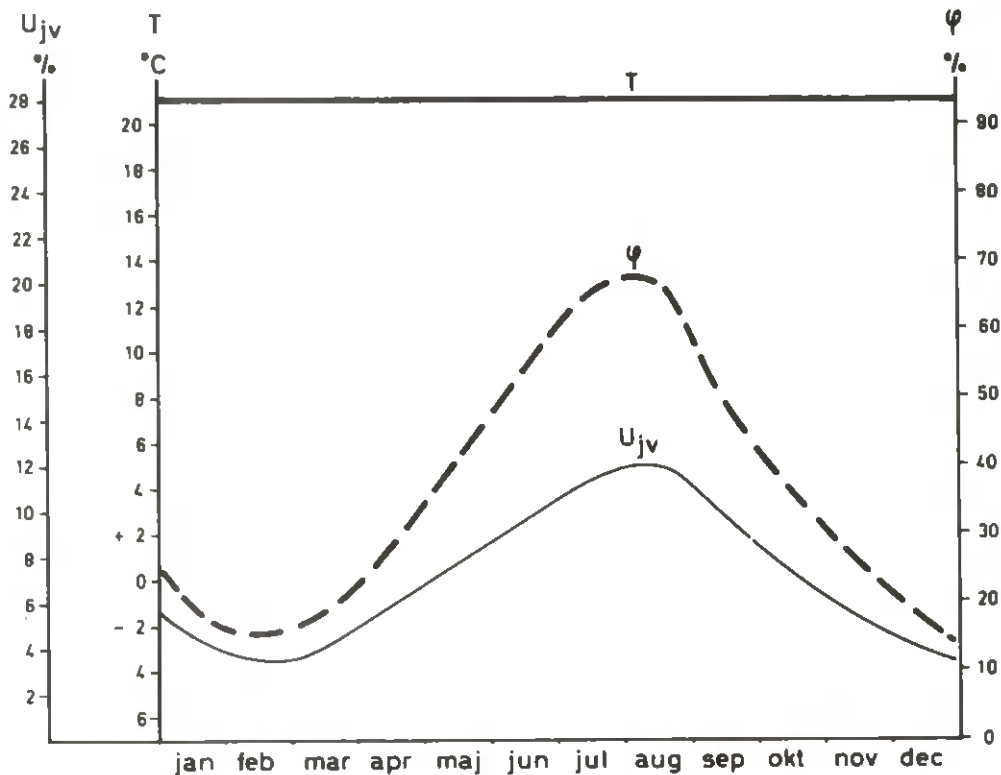
Temperaturen i en snickeri- eller möbelfabrik är tämligen konstant under årstiderna, men den relativa luftfuktigheten varierar betydligt.

Hur påverkar nu dessa begrepp produktionen? Under den kyliga årstiden är vattnets ångtryck lågt och man säger att den kalla luften håller små mängder med vatten, även om den relativa luftfuktigheten är hög. Den kalla utomhusluften kommer in i fabrikslokalerna genom naturlig eller artificiell luftventilation. Väl inne i lokalen värms luften upp och luftens relativa fuktighet blir betydligt lägre än vad den var utomhus. Luften i lokalerna blir med andra ord mycket torr. Det trä som finns lagrat i lokalerna kommer då att avge vatten och torkskadorna visar sig mycket snart. Denna situation uppstår endast om virket har en ingående fuktkvot som är högre än den rådande jämviktsfuktkvoten, vilket dock är troligt. I figur 1 ser man uteluftens temperatur och fuktförhållanden för året 1969 i Stockholmstrakten.



Figur 1. Luftförhållanden i Stockholm 1969.

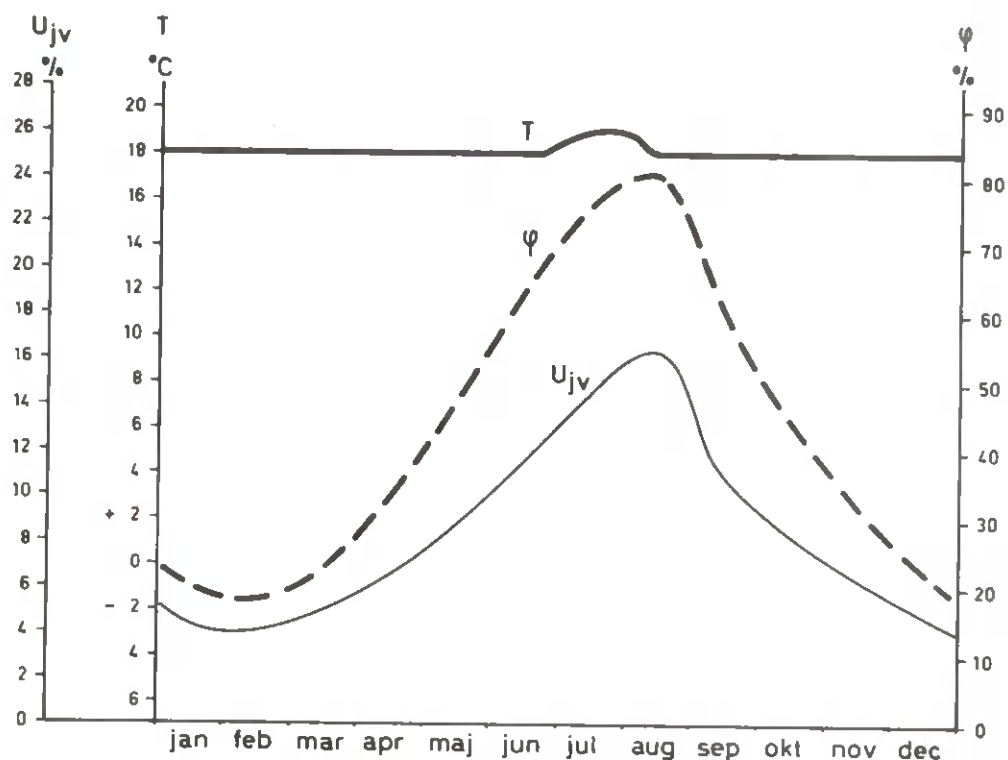
I figur 2 åskådliggörs vad som händer när luften värms upp till en inomhustemperatur av  $+21^{\circ}\text{C}$ .



Figur 2. Uteluften i Stockholm 1969 uppvärmd till  $21^{\circ}\text{C}$  i lokalen utan tillsättande av vatten.

Lägg märke till att verkets jämviktsfuktkvot för inomhusluften är lägst under vintermånaderna och högst under perioden juni-september. Under februari månad är således jämviktsfuktkvoten endast 3,5 %, medan den under augusti månad uppgår till hela 12 %. Den önskvärda fuktkvoten för snickerier och möbler varierar kraftigt, men de största volymerna torde ligga mellan 6-12 %, med ett medelvärde omkring 8-10 %. Det är sällan som man vill ha en så låg fuktkvot som 3,5 %.

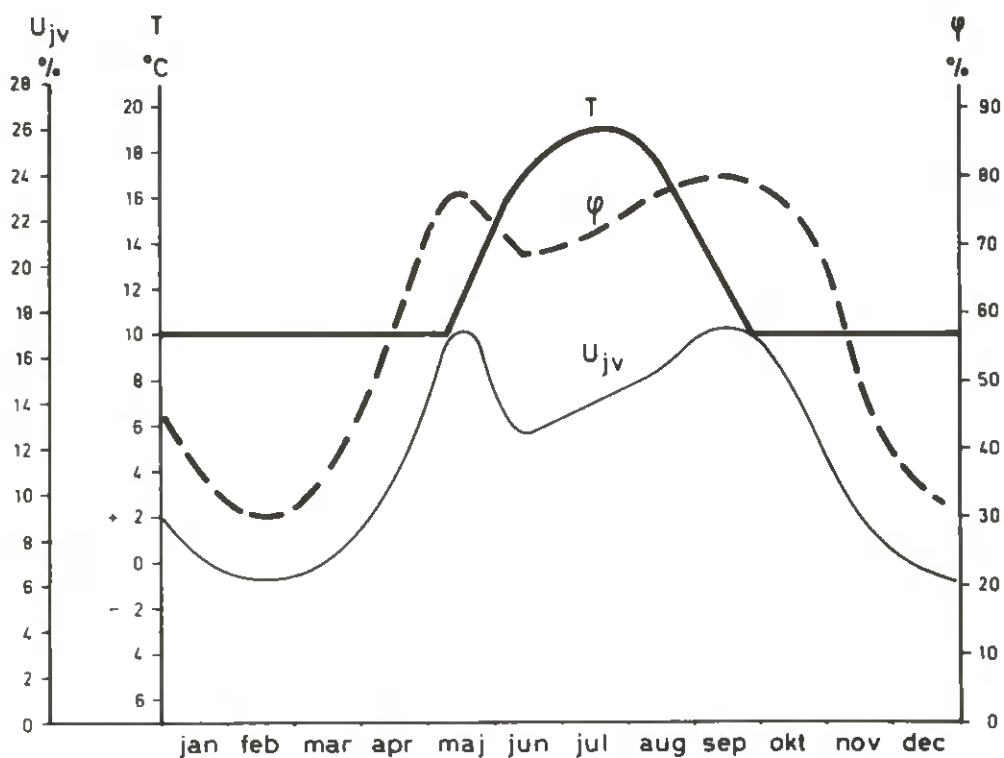
Om luftens temperatur i fabrikslokalerna hålls vid  $18^{\circ}\text{C}$  eller högre när yttertemperaturen överskrider denna temperatur, finner man från figur 3 att jämviktsfuktkvoten under februari månad ökar till 4 %. Samtidigt ökar emellertid jämviktsfuktkvoten under augusti månad till hela 16,5 %.



Figur 3. Uteluften i Stockholm 1969 uppvärmd till  $18^{\circ}\text{C}$  i lokalen utan tillsättande av vatten.

#### Torrhet i fabrikslokalerna ett nytt problem ?

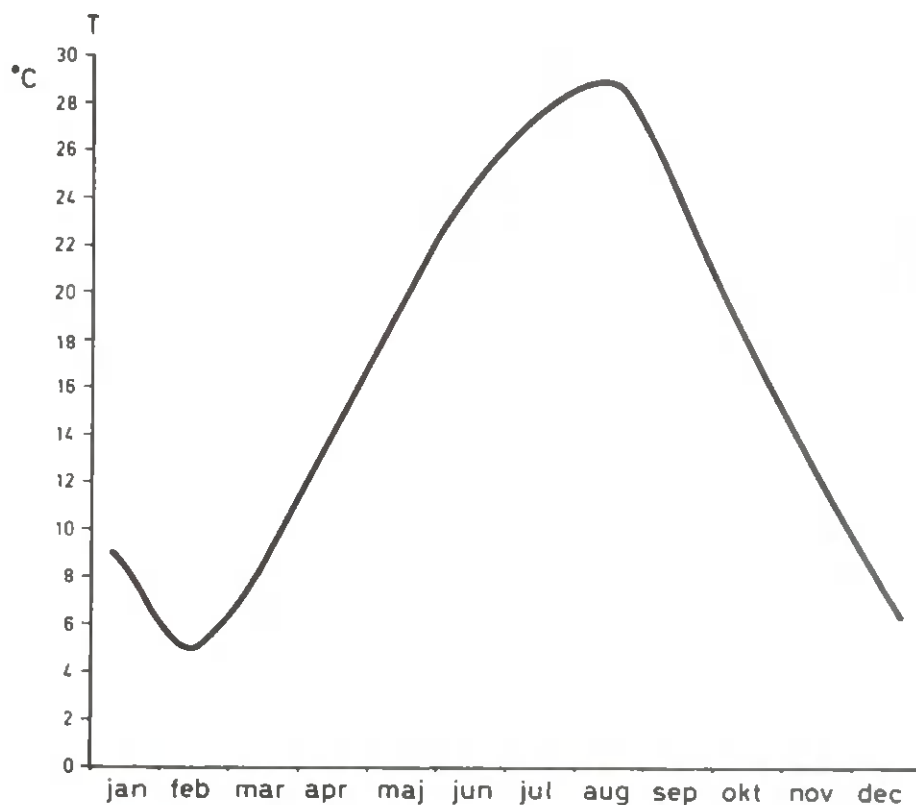
Standardhöjning har medfört torrhet i fabrikslokalen. I figur 4 ser man förhållandena i en äldre fabrikslokal, där man tillåter temperaturen sjunka till  $+10^{\circ}\text{C}$  för att sedan hålla denna temperatur i lokalerna under den kalla perioden.



Figur 4. Uteluften i Stockholm 1969 uppvärmd till 10 °C i lokalen utan tillsättande av vatten.

Vi ser här att jämviktsfuktkvoten under februari månad inte underskrider 6 %, samtidigt som maj- och augustitopparna blir 18 %. Jämviktsfuktkvoten varierar således lika kraftigt i den omoderna fabriken, men den sjunker aldrig till extremt låga värden.

För att få en likartad jämviktsfuktkvot under årets olika perioder bör man således hålla lokalerna kalla under vintern och varma under sommaren. Detta visas i figur 5, som ger den temperatur som man skall ha i lokalerna för att ha en jämviktsfuktkvot av 8 % året runt. Givetvis under förutsättning att man inte tillsätter någon fuktighet till luften i lokalerna.



Figur 5. Nödvändig uppvärmning av uteluften i Stockholm 1969 för att hålla 8% fuktkvot utan tillsättande av vatten.

#### Vilken fuktkvot skall man eftersträva ?

Det primära syftet med att hålla virkets fuktkvot under kontroll är att färdigvaran inte skulle utsättas för större fuktkvotsförändringar när den väl installerats och tagits i bruk.

Ytterligare ett syftemål är t ex att virket skall ha lämplig fuktkvot för de limnings- och ytbehandlingsarbeten som man skall utföra. En annan sak som man bör komma ihåg är att hanteringen av ädelfaner försvåras betydligt om de tunna faneren torkar ut för mycket.

Vilka fuktkvoter skall man nu sträva efter att hålla på sina varor inom snickeri- och möbelindustrierna? Det är mycket svårt, om inte omöjligt, att i detta avseende ge någonting annat än rena riktlinjer.

Den fuktkvot som en träprodukt bör ha vid leveranstillfället varierar nämligen starkt beroende på

- typ av produkt
- nyttjandeortens värderleksförhållanden
- produktens placering inom byggnaden
- lokala värme- och luftkonditioneringsförhållanden
- transportsättets inverkan på produktens fuktkvot.

De fabriker som levererar varor till den lokala marknaden vet mycket snart vilken fuktkvot man skall ha för att nå bästa resultat. De tillverkare som arbetar på exportmarknaden kan emellertid råka ut för obehagliga överraskningar. I en del kontrakt skriver man in den fuktkvot som varorna skall ha vid ankomsten till köparen. Andra kontrakt säger helt enkelt att varorna skall ha en fuktkvot avpassad till de i mottagarlandet rådande förhållandena.

I tabell 1 visas en del fuktkvoter som rekommenderas i Sverige (Källa 1-3) och England (Källa 4). Tabell 2 ger en del rekommenderade fuktkvoter för USA. Tabellen har här återgivits, därför att den är baserad på "fuktkvot vid installationstillfället". De svenska och engelska värdena är däremot årsmedelvärden. Tabell 2 ger dels medelvärden och dels gränsvärden, inom vilka individuella mätningar skall falla. Man påpekar samtidigt att de redovisade medelvärdena är av underordnad betydelse. Om fuktkvotsvärdena från samtliga enheter som ingår i leveransen faller inom gränsvärdena, skall leveransen godkännas med hänsyn till fuktkvot, oberoende av vad medelvärdet är.

Det kan också vara av intresse att se hur verkets fuktkvot varierar med årstiden och platsen i ett hus. Tabell 3 visar en del värden från Sverige och USA. De svenska värdena är mer moderata än de amerikanska. Detta beror dels på de större värderlekssvängningarna i USA och dels på att de svenska värdena är ofullständiga.

Tabell 1 Lämpliga fuktkvotsvärden för olika träföremål

Källa	Ändamål	Fuktkvot %
1.	Möbler och inredningar i vanlig rumstemperatur	6-8
1.	Snickerier, fönster, dörrar	8-10
1.	Båtvirke	8-10
2.	Möbler	8
2.	Inredningar, innerdörrar	10
2.	Fönster, ytterdörrar	14
3.	Möbler, kryssfananer o d i hus med värmeledning	5-7
3.	Innerdörrar, inredningar, parkett o d i hus med värmeledning	6-8
3.	Innerdörrar, inredningar, parkett o d i hus med kakelugnsuppvärmning	10-13
3.	Fönster, ytterdörrar, byggnadsvirke och föremål som endast delvis användes utomhus	12-15
3.	Virke och föremål av trä som ständigt förvaras utomhus men skyddade för nederbörd	14-18
4.	Trä i närhet av värmekälla	9
4.	Trä i rum med centralvärme t ex kontor, sjukhus, affärer	10
4.	Snickerier och annat trä i kontinuerligt varma byggnader	11
4.	Trä i byggnader som uppvärms med jämna mellanrum	12
4.	Sovrumsmöbler i rum som endast är milt uppvärmda	14
4.	Trä för allmänt inre bruk	15
4.	Trädgårdsmöbler	16
4.	Snickerier, utomhus	19
1.	Träindustrins Handbok	
2.	Träindustriell Handbok	
3.	Trä, dess byggnad och felaktigheter	
4.	The moisture content of timber in use. (Enland)	

Tabell 2 Rekommenderade fuktkvotsvärden för varierande träföremål  
vid installationstillfället (USA)

Användningsområde	Fuktkvot %					
	De torra sydvästra staterna		De fuktiga södra staterna		Återstående stater i USA (ej Alaska eller Hawaii)	
	Medel- värde	Indivi- duella prov	Medel- värde	Indivi- duella prov	Medel- värde	Indivi- duella prov
Ytbehandlat trä för inomhusbruk och golvvirke av barrträd	6	4-9	11	8-13	8	5-10
Golvvirke av lövträd	6	5-8	10	9-12	7	6-9
Utomhussnickerier, utomhuspaneler och byggnadsvirke	9	7-12	12	9-14	12	9-14

Tabell 3 Fuktkvotsvariationer beroende på årstid och plats i byggnaden

Ort	Plats	Ändamål	Fuktkvot %			
			Sommar	Höst	Vinter	Vår
USA <sup>1)</sup>						
North Carolina	Källare	Provbit	17	14	7	12
	Vardagsrum	"	11	12	8	9
	Vinden	"	9	11	9	9
Sverige <sup>2)</sup>						
Stockholm	Vardagsrum	Ekparkett	9	11	8	9
		Fönsterkarm	9	11	14	11
		Mellanvägg	9	11	9	9
		Furubänk	11	8	8	10
		Björkstol	9	-	7	8
	Källare	Furutrappa	13	9	10	10
		Inredning	7	6	8	10

<sup>1)</sup> Wood Moisture Content in Homes, Forest Products Journal 1959 s 427-430

<sup>2)</sup> Fuktkvotsvariationer i byggnadselement av trä, Bertil Thunell, Svenska Träforskningsinstitutet, Meddelande 11, 1947.

Att tillverkaren skall kunna taga hänsyn till alla dessa faktorer är nästan uteslutet. Dessutom tillkommer tillverkarens egna fuktkvotsönskemål. Vad som i verkligheten sker är att man torkar till erfarenhetsvärden. För möbler är denna fuktkvot mellan 7-8 %. Vid tillverkning av byggnadssnickerier är fuktkvoten vanligen högre än slutfuktkvoten. Detta beror på att snickerierna i varje fall kommer att taga upp vatten på byggnadsplatsen och omintetgöra en omsorgsfull torkning. Normala fuktkvotsvariationer i en byggnad uppnås först efter en eller två eldningssäsonger.

Hur kan man hålla virkets fuktkvot konstant ?

A. Under lagringsperioden

De fuktkvotsförändringar som äger rum under lagringen kan vara av en betydande storleksordning. Det är emellertid inte säkert att de förändringar som äger rum är av en negativ natur. Om virket är hårt torkat eller torkat till en alltför hög fuktkvot, sker troligen en eftertorkning och fuktkvotsutjämning under lagringen. Tidsfaktorn är här av avgörande betydelse.

Låt oss förutsätta att virket när det kommer ut ur torken har samma fuktkvot som slutprodukten skall ha. Det gäller nu alltså att förvara virket på ett sådant sätt att syftet med torkningen ej går förlorat.

Några praktiska tips om hur man skyddar virket kan kanske vara av intresse.

1. Snickeritorrt virke skall alltid förvaras i slutna och uppvärmda lagringslokaler, där luftens relativa fuktighet kan kontrolleras.
2. Om sådana lokaler inte finns, bör virket förvaras i de övre delarna av ett slutet eller delvis slutet magasin, i vilket man kan hålla en temperatur som är något högre än utomhus-temperaturen.
3. Virket skall förvaras i oströade paket för att förhindra att fuktig luft når de inre delarna av paketet.
4. Eftersom de inre delarna inte tar åt sig vatten så snabbt som de yttre lagren, bör paketen vara så stora som möjligt.
5. Lagret av snickeritorrt virke bör vara så litet som driftsäkerheten medger.
6. Virket skall förvaras på ett sådant sätt att det först torkade paketet användes först.
7. Snickeritorkat virke skall omedelbart efter torkning avströas och förflyttas till lagringslokalen utan avsvälning utomhus. Värmen magasineras då i paketet och hjälper till att hålla fuktigheten nere.
8. Vet man att virket kommer att taga upp fuktighet från luften under lagringsperioden, ligger det nära till hands att torka virket till en lägre fuktkvot än vad som behövs i produkten. En del firmor torkar således virket medvetet till 5 à 6 fuktkvotsprocent för att det sedan efter lagringen skall hålla 8-10 %, vilket kanske är det önskvärda fuktkvotsområdet.
9. Pulserande temperatur och fuktighetsförhållanden skall om möjligt undvikas då fuktigheten lätt kondenserar ut t ex mot taket och droppar ned på virket som på så sätt ökar sin fuktkvot.

## B. Under bearbetningen

Virket är ett ganska tolerant material och rätt torkat kan det förvaras relativt länge under ogynnsamma förhållanden, utan att vi går utanför de fuktkvotsgränser som vi måste arbeta inom. Bräder som har hyvlat, klyvts och kapats upp till möbel- eller snickeriämnen är dock en mindre tolerant vara. Och detta är ganska naturligt om vi tänker efter vad vi gjort.

1. Genom hyvlingen har vi producerat en yta som är mer gynnsam för fuktkvotsförändringar hos virket. Vi har nämligen hyvlat bort det luddiga fiberskikt som täckte ytan och som band ett fuktisolerande lager av stillastående luft.
2. Genom klyvningen har vi ökat den fuktemottagande virkesytan per volymsenhet med 25-100 %.
3. Genom kapning till korta ämnen har vi dessutom ökat antalet ändytor. Då vattnets upptagning eller avdunstning genom ändträet sker minst 10 ggr snabbare än genom ämnets flatsidor eller kanter, är ändträets betydelse mycket stor. Ämnen som skall förvaras en längre tid och då eventuellt i öppna skjul skall om möjligt täckas med pressningar, plast eller annat material. Mycket små ämnen kan med fördel förvaras i t ex plastsäckar.
4. I och med att hyvlingmomentet har utförts har vi gjort oss av med det buffertskikt av trä som först tager upp eller avger vatten, men som inte ingår i det färdigdimensionerade ämnet. De fuktkvotsförändringar som sker efter hyvlingen kommer alltså att åtfölja halvfabrikat genom den resterande tillverkningsprocessen och kommer eventuellt att påverka den slutliga produkten.

Man bör undvika att virket i lokalerna ökar sin fuktkvot genom att;

1. hålla fönster och dörrar stängda under perioder med hög fukthalt hos utomhusluften
2. öka temperaturen i lokalerna under kyliga kvälls- och nattimmar. Detta motverkar den ökning av utomhusluftens fukthalt (och därmed också i lokalerna) som äger rum under kvälls- och nattimmarna. Luftens fukthalt ökar speciellt kraftigt under kyliga sommarkvällar.
3. behandla ämnenas ändytor med vax, paraffin eller något annat fuktavvisande material kan man betydligt reducera riskerna för en ökad fuktkvot hos träet.

Skall man förhindra att virket torkar ur kan följande synpunkter nämnas:

1. Under vintermånaderna när luften i okonditionerade arbetslokaler har en låg fukthalt är det fullt riktigt att sänka temperaturen under kvälls- och nattimmarna. Genom en sänkning av temperaturen åstadkommer man nämligen att luftens fukthalt ökar och uttorkningen av virket stoppas helt eller delvis.
2. Vagnar med virke som förvaras i närheten av diverse värmekällor t ex bör ej stå där någon längre tid.
3. En behandling av ändytorna med ett för fukt svårgenomträngligt material försvårar givetvis även en uttorkning av ämnena.
4. Träskivor utgör i det här sammanhanget ett speciellt svårt problem antingen det gäller limfog, lamellträ, fanerade spånskivor eller andra träbaserade skivmaterial. I många fall förvaras nämligen skivorna eller de färdiga ämnena staplade på varandra utan mellanliggande strön. Detta gör att kanterna snabbt torkar ut, medan ingen som helst torkning sker genom flatsidorna. Detta senare är i och för sig själv önskvärt, men de ojämna torkningsförhållandena gör att kanterna spricker onormalt mycket. Beträffande en skiva kan man säga att ju fortare den kommer att ingå som en färdig komponent i t ex ett bord, ju färre och mindre blir problemen. Som t ex en möbelkomponent är skivan visserligen utsatt för växlande fuktförhållanden men är betydligt bättre utrustad att motstå problemen. Först av allt tenderar själva ytbehandlingen att minska fuktrörelserna, så att de dagliga variationerna i luftens fukthalt inte har någon omedelbar effekt på träets fuktkvot. Dessutom är skivans alla sidor och kanter utsatta för luftens inverkan, varigenom jämnare fuktkvotsförändringar erhålles. I välkonstruerade möbler är dessutom stora skivor fastsatta på ett sätt som gör att de kan röra sig utan att nedsätta möbelns kvalitet. Det bör kanske nämnas att skivorna skall ytbehandlas även på frånsidan för att undvika att fuktkvotsförändringarna sker snabbare genom just denna sida och på så sätt deformeras.

#### Flera problem kan lösas med luftkonditionering

Genom att hålla lämpliga värden för temperatur och relativ luftfuktighet i lager- och fabrikslokaler kan en del problem minskas eller helt undvikas.

1. Bibehållen materialkvalitet

Denna punkt har vi talat om tidigare. Det är självklart att virke som inte tar upp eller avger vatten inte heller sväller och krymper. Genom konstanta förhållanden får man jämnare fuktkvotskvalitet mellan olika virkespartier och mellan olika trämaterial. Bl a underlättas sammansättningen av olika ämnen tillverkade vid olika tidpunkter av skilda träslag och ett flertal underleverantörer.

2. Eld och explosionsfaran minskar

Den dimma av lackeringsämnen som bildas vid sprutbehandling av t ex möbler är i många fall mycket explosiv och kan antändas av små statiska gnistor. En av de större lacktillverkarna rekommenderar att luften i de rum där sprutbåsen är placerade eller där lackeringsämnena blandas, skall ha en relativ luftfuktighet av minst 60 % för att undvika statiska urladdningar. Denna höga relativa luftfuktighet gör att man har en tillräckligt tjock film av fuktighet på föremålen i rummet för att avleda de statiska laddningarna.

3. Högre torktemperaturer kan användas

Efter sprutningen skall lacken torkas och många möbeltillverkare använder allt högre temperaturer i torktunnlarna. Man gör detta för att spara arbete, utrymme och volym av produkter under tillverkning. Torkning med högre temperaturer kräver också hög relativ luftfuktighet för att undvika skador på virket. Efter det att produkten har lämnat torken skall den tillåtas svalna i ett rum där luften har samma relativa fuktighet som i torken.

## Luftkonditionering

Luftkonditionering i sitt mest avancerade steg innebär att luften gives en viss önskad temperatur och fuktighet samt befrias från föroreningar. Detta ernås genom att kombinera inblåsningsfläkten med filter, kylbatteri, värmebatteri och befuktningsanordning, varvid man får ett s k konditioneringsaggregat. <sup>1)</sup>

Luftkonditionering innebär alltså mer än att bara öppna en ångventil så att den sprider ånga i lokalerna under vintermånaderna.

Beträffande befuktningsaggregatet har man minst tre typer att välja på.

- Typ 1 Principen som här användes är en mekanisk sönderdelning av vattnet genom t ex centrifugalkrafter eller genom sprutmunstycken.
- Typ 2 Vattnet finfördelas genom pneumatiska sönderdelare som drivs med tryckluft.
- Typ 3 Utsläpp av ånga i luften, där ångtrycket utgör drivkraften.

Befuktningen av luften kan ske antingen direkt eller indirekt.

Direkt befuktning innebär att apparaturen finns inne i den lokal som skall befuktas och att vattnet sprids i luften för att sedan evaporera.

En indirekt befuktningsutrustning kan vara gemensam för hela anläggningen eller lokaliseras i en enskild lokal. Den blandar fuktighet

<sup>1)</sup>S W Larson och O Poignant, Svenska Fläktfabriken

med luft och blåser in fuktig luft fri från vattenpartiklar i lokalerna. De olika typerna av befuktningsaggregat har givetvis varierande för- och nackdelar. Följande lista gör inga som helst anspråk på att vara komplett eller att ens ge de viktigaste faktorerna. Listan reflekterar däremot min egen begränsade erfarenhet på området.

Väljer man en luftfuktare som gör bruk av centrifugalkrafter använder man som regel tappvatten och normalt vattentryck. En elektrisk fläkt behövs att hjälpa till att sprida fukten. Fläktar drivs med samma motor som centrifugerar vattnet. I vissa fall behövs en frånledning för överflödigt vatten.

Sprides vattnet genom sprutmunstycken behövs extra pumpar för att erhålla tillräckligt högt vattentryck vid direkt befuktning eller för att recirkulera vattnet vid en indirekt befuktningsanläggning. Anläggningen är mer omfattande än den föregående och en separat fläktmotor behövs för luftens cirkulation.

Pneumatiska sönderdelare använder tappvatten av normalt tryck men behöver tryckluft för att sprida vattnet. Vattentrycket får ej understiga kompressortrycket och i orter med lågt vattentryck kan man i vissa fall nödgas installera en vattenpump för att uppnå en fullgod spridning.

Ångbefuktning sker genom förgreningar från huvudledningar. I en del avläggningar är ånga ej tillgänglig året runt. Ångtrycket sprider visserligen ut ångan i lokalen men en separat fläkt behövs för att få en jämnare fördelning av fuktigheten.

Ligger fabriken i ett område med hårt vatten och om man sprider vattnet i dimform får man ett tunt lager av fint damm som är besvärligt, i varje fall inom ytbehandlingsavdelningen. Det är också tänkbart att erhålla små vattendroppar på möblerna om vattnet sprides direkt i lokalen. Dessa problem undvikas genom användandet av ånga men ångan kan å andra sidan ge upphov till obehagliga dofter inom lokalerna.

Många problem undvikas helt och fördelarna med en luftkonditioneringsanläggning kan bäst utnyttjas genom ett samarbete mellan byggare och ventilationstekniker. En byggnad som skall innehålla luft med hög relativ fuktighet bör bland annat ha väl isolerade tak för att undvika att fukten kondenserar ut och droppar ned i virket. Man bör med andra ord undvika så många köldbryggor som möjligt. Fönster och dörrar skall vara täta och välisolerade. Aluminiumbågar i fönstren är inte att rekommendera. Vidare bör väggarna isoleras mot fukten.

Vid installation av en befuktningsanordning i en redan befintlig fabrik eller lagerutrymme bör man först konsultera med en specialist på området för att få fram en realistisk lösning. I många av dessa redan befintliga byggnader kan man inte räkna med att ha en högre relativ fuktighet än 40 % under vintermånaderna. Detta motsvarar en jämviktsfuktkvot av ungefär 7,5 % vid en rumstemperatur av 18-21°C och är därför inte alltför avvikande från vad som vi önskar inom träindustrin.

## Vattenmängden

En intressant fråga i det här sammanhanget är hur mycket vatten som måste sättas till den torra luften. Talar vi gram eller flera kubikmeter av vatten per timme. Frågan kan bäst besvaras genom några belysande räkneexempel.

### Exempel 1

Uteluftens temperatur =  $0^{\circ}\text{C}$

Uteluftens relativa fuktighet = 30 %

Inneluftens temperatur =  $20^{\circ}\text{C}$

Byggnadens volym =  $5000 \text{ m}^3$

Antal luftomsättningar per timme = 2

Önskad jämviktsfuktkvot hos virket = 8 %

Med hjälp av tabell 4 finner man att mättad uteluft innehåller 4,84 gram vatten per kubikmeter luft vid  $0^{\circ}\text{C}$ . Då den relativa luftfuktigheten är 30 % blir det aktuella vatteninnehållet  $4,84 \cdot 0,3 = 1,452 \text{ g/m}^3$ . Från tabell 5, och under en torr temperatur av  $20^{\circ}\text{C}$ , ser man att en relativ luftfuktighet av ungefär 42 % ger en jämviktsfuktkvot av 8 %.

Om vi återgår till tabell 4 och ser under  $20^{\circ}\text{C}$  ser vi att mättad luft innehåller 17,34 gram vatten per kubikmeter. För en relativ fuktighet av 42 % blir vattenmängden  $17,34 \cdot 0,42 = 7,28 \text{ g/m}^3$ . För varje kubikmeter luft som intages i lokalen skall alltså  $7,28 - 1,452 = 5,828 \text{ g}$

vatten tillsätts. Med en byggnadsvolym på  $5000 \text{ m}^3$  och en luftomsättning av 2 blir luftvolymen  $10000 \text{ m}^3/\text{timme}$ . Den totala vattenmängden kan nu beräknas till  $3,41 \text{ g/m}^3 \times 10000 = 34,1 \text{ kg/timme}$ .

### Exempel 2

Uteluftens temperatur =  $-10^\circ\text{C}$

Uteluftens relativa fuktighet = 90 %

Inneluftens temperatur =  $18^\circ\text{C}$

Byggnadens volym =  $5000 \text{ m}^3$

Antal luftomsättningar per timme = 5

Önskad jämviktsfuktkvot hos virket = 8 %

Uteluftens vatteninnehåll =  $2,14 \cdot 0,9 = 1,93 \text{ g/m}^3$

Relativ fuktighet inomhus = 42 %

Inneluftens vatteninnehåll =  $15,41 \cdot 0,42 = 6,47 \text{ g/m}^3$

Vatten som skall tillsättas =  $6,47 - 1,93 = 4,54 \text{ g/m}^3$

Total vattenmängd =  $4,54 \text{ g/m}^3 \cdot 25000 \text{ m}^3/\text{h} = 113,5 \text{ kg/timme}$

De två räkneexemplen visar dels beräkningsgången och dels att det knappast räcker med att sprinkla vatten på golvet eller att hänga vattenkrus på värmeelementen. Antalet luftomsättningar per timme växlar givetvis med omfattningen av utsugningsanordningarna för sprutskåp och spånavfall. Att luften omsättes 2 gånger per timme är dock vanligt även utan några speciella utsugningsanordningar. Även 5 gånger per timme torde vara vanligt i snickerifabriker med utsug. För att förbättra värme och fuktekonomin kan givetvis den utsugna luften från spånledningarna återföras efter det att spånen avskiljts. Betydande vinster kan göras på detta sätt.

Tabell 4 Absolut luftfuktighet

Luftens temperatur °C	Ångtryck vid mätning mm Hg	Absolut luftfuktighet för mättad luft, E g/m <sup>3</sup>
- 29	0,317	0,3750
- 28	0,351	0,41
- 27	0,389	0,46
- 26	0,430	0,51
- 25	0,476	0,55
- 24	0,526	0,60
- 23	0,580	0,66
- 22	0,640	0,73
- 21	0,705	0,80
- 20	0,776	0,88
- 19	0,854	0,96
- 18	0,939	1,05
- 17	1,031	1,15
- 16	1,132	1,27
- 15	1,241	1,38
- 14	1,361	1,51
- 13	1,490	1,65
- 12	1,632	1,80
- 11	1,785	1,96
- 10	1,950	2,14
- 9	2,131	2,33
- 8	2,326	2,54
- 7	2,537	2,76
- 6	2,765	2,99
- 5	3,013	3,24
- 4	3,280	3,51
- 3	3,568	3,81
- 2	3,880	4,13
- 1	4,217	4,47
± 0	4,579	4,84
+ 1	4,926	5,18
2	5,294	5,55
3	5,685	5,94
4	6,101	6,35
5	6,543	6,76

Tabell 4 forts

Luftens temperatur °C	Ångtryck vid mätning mm Hg	Absolut fuktighet för mättad luft, E g/m <sup>3</sup>
+ 6	7,013	7,35
7	7,513	7,72
8	8,045	8,26
9	8,609	8,80
10	9,209	9,39
11	9,844	10,00
12	10,518	10,66
13	11,231	11,30
14	11,987	12,03
15	12,788	12,79
16	13,634	13,60
17	14,530	14,52
18	15,477	15,41
19	16,477	16,36
20	17,535	17,34
21	18,650	18,38
22	19,827	19,47
23	21,068	20,62
24	22,377	21,82
25	23,756	23,09
26	25,209	24,42
27	26,739	25,81
28	28,349	27,28
29	30,043	28,81
30	31,824	30,37
31	33,695	32,09
32	35,663	33,85
33	37,729	35,70
34	39,898	37,64
35	42,175	39,63
36	44,563	41,75
37	47,067	43,96
38	49,692	46,12
39	52,442	48,66
40	55,324	51,18

Tabell 4 forts

Luftens temperatur °C	Ångtryck vid mättning mm Hg	Absolut fuktighet för mättad luft, E g/m <sup>3</sup>
+ 41	58,34	53,8
42	61,50	56,5
43	64,80	59,4
44	68,26	62,3
45	71,88	65,4
46	75,65	68,7
47	79,60	72,0
48	83,71	75,5
49	88,02	79,2
50	92,51	83,0
51	97,20	86,9
52	102,9	91,0
53	107,20	95,1
54	112,51	99,3
55	118,04	104,1
56	123,80	109,1
57	129,82	114,1
58	136,08	119,2
59	142,60	124,5
60	149,38	130,1
61	156,43	136,1
62	163,77	141,8
63	171,38	147,3
64	179,31	153,5
65	187,54	160,6
66	196,09	168,0
67	204,96	175,1
68	214,17	182,5
69	223,73	190,1
70	233,7	198,0
71	243,9	206,3
72	254,6	214,6
73	265,7	223,4
74	277,2	232,4
75	289,1	241,8

Tabell 4 forts

Luftens temperatur °C	Ångtryck vid mätning mm Hg	Absolut fuktighet för mättad luft, E g/m <sup>3</sup>
+ 76	301,4	251,4
77	314,1	261,4
78	327,3	271,7
79	341,0	282,4
80	355,1	293,3
81	369,7	305,0
82	384,9	316,2
83	400,6	328,3
84	416,8	340,7
85	433,6	353,5
86	450,9	366,7
87	468,7	380,3
88	487,1	394,3
89	506,1	408,7
90	525,76	423,5
91	546,05	438,8
92	566,99	454,5
93	588,60	470,8
94	610,90	487,6
95	633,90	504,8
96	657,62	522,5
97	682,07	540,7
98	707,27	559,3
99	733,24	598,6
100	760,0	598,4

## Lagring av värme men utan fukt

Möjligheten av att enbart använda värme för att reglera virkets fuktkvot har tidigare behandlats i samband med fabrikslokalen. Det visade sig emellertid vara en ganska praktisk metod för själva fabrikslokalerna. För lagerutrymmena är dock metoden att rekommendera om det enda alternativet som man har utgörs av kalla förrådsutrymmen. Följande problem visar typiska lösningar.

### Exempel 3

Uteluftens temperatur =  $5^{\circ}\text{C}$

Uteluftens relativa luftfuktighet = 80 %

Önskad jämviktsfuktkvot hos virket = 8 %

Problem: Vilken temperatur skall man ha i lagerlokalen.

Om man har samma temperatur och luftfuktighet i lagerlokalen som utomhus kommer virket att sträva efter att nå en jämviktsfuktkvot av 16,8 % enligt tabell 5. Under dessa förhållanden innehåller luften  $6,76 \cdot 0,80 = 5,43 \text{ g vatten/m}^3$  luft. Man måste nu fortsätta genom att pröva sig fram med hjälp av tabellerna. Säg att vi värmer upp luften till  $+ 10^{\circ}\text{C}$ . Relativa luftfuktigheten blir då  $5,43/9,39 = 58 \%$  och jämviktsfuktkvoten 10,7 %. Luften måste alltså värmas upp ytterligare några grader för att nå målet 8 %. Säg att vi nu värmer upp luften till  $15^{\circ}\text{C}$ . Relativa luftfuktigheten blir i detta fall  $5,43/12,79 = 42 \%$  och jämviktsfuktkvoten ungefär 8 %.

Exempel 4

Uteluftens temperatur =  $0^{\circ}\text{C}$

Uteluftens relativa luftfuktighet = 90 %

Önskad jämviktsfuktkvot hos virket = 8 %

Problem: Vilken temperatur skall man ha i lagerlokalen ?

Uteluftens vatteninnehåll =  $4,84 \cdot 0,90 = 4,36 \text{ g/m}^3$

Försök 1 Innetemperatur =  $10^{\circ}\text{C}$

Relativ fuktighet =  $4,36/9,39 = 46 \%$

Jämviktsfuktkvot = 8,7 %

Försök 2 Innetemperatur =  $12^{\circ}\text{C}$

Relativ fuktighet =  $4,36/10,66 = 41 \%$

Jämviktsfuktkvot = 7,9 %

Exempel 5

Uteluftens temperatur =  $15^{\circ}\text{C}$

Uteluftens relativa luftfuktighet = 60 %

Önskad jämviktsfuktkvot hos virket = 8 %

Problem: Finn lämplig rumstemperatur.

Uteluftens vatteninnehåll =  $12,79 - 0,60 = 7,67 \text{ g/m}^3$

Försök 1 Innetemperatur =  $25^{\circ}\text{C}$

Relativ fuktighet =  $7,67/23,09 = 33 \%$

Jämviktsfuktkvot = 6,4 %

Försök 2 Innetemperatur =  $21^{\circ}\text{C}$

Relativ fuktighet =  $7,67/18,38 = 42 \%$

Jämviktsfuktkvot = 8,0 %

Det skall i det här sammanhanget påminnas om att värmeförlusterna på grund av transmissionen genom förrådets väggar är proportionell mot temperaturskillnaden mellan ute- och inneluft. Det är därför fullt tänkbart att värmeförlusterna tidvis blir lika stora under sommar- månaderna som under vintermånaderna.





Tabell 5 forts

T		$\phi/u_{jv}$										T	
T-V	11	12	13	14	15	T-V	16	17	18	19	20		
0,2	98/27,7	98/27,9	98/27,8	98/27,7	98/27,7	0,5	95/24,0	95/24,1	95/24,2	95/24,3	96/24,4		
0,4	95/24,9	96/25,0	96/25,0	96/24,9	96/24,9	1,0	90/20,9	90/20,9	91/20,9	91/21,0	91/21,0		
0,6	93/22,7	93/22,8	93/23,0	94/23,1	94/23,2	1,5	85/18,4	86/18,6	86/18,8	87/18,9	87/19,0		
0,8	91/21,2	91/21,4	91/21,6	92/21,0	92/22,0	2,0	81/16,6	81/16,7	82/16,9	82/16,9	83/17,1		
1,0	89/20,1	89/20,3	89/20,5	90/20,7	90/20,9	2,5	76/14,9	76/14,8	77/15,1	78/15,5	78/15,5		
1,2	86/18,9	87/19,1	87/19,3	88/19,5	88/19,7	3,0	71/13,4	72/13,7	73/13,9	74/14,1	74/14,2		
1,4	84/18,1	85/18,3	85/18,5	86/18,7	86/18,9	3,5	67/12,5	68/12,7	69/12,9	70/13,0	70/13,1		
1,6	82/17,1	82/17,3	83/17,5	84/17,7	84/17,9	4,0	63/11,5	64/11,7	65/11,8	65/11,9	66/12,0		
1,8	80/16,3	80/16,5	81/16,7	82/16,9	82/17,1	4,5	58/10,6	60/10,8	61/11,0	62/11,2	63/11,4		
2,0	78/15,5	78/15,7	79/15,9	79/16,1	80/16,3	5,0	54/9,9	55/10,1	57/10,3	58/10,5	59/10,7		
2,2	75/14,9	76/15,1	77/15,3	78/15,5	78/15,7	5,5	50/9,2	51/9,4	53/9,6	54/9,8	55/10,0		
2,4	73/14,2	74/14,4	75/14,6	76/14,8	76/15,0	6,0	46/8,5	47/8,7	49/8,9	50/9,1	51/9,3		
2,6	71/13,6	72/13,8	73/14,0	74/14,2	74/14,4	6,5	42/7,9	43/8,2	45/8,4	46/8,6	48/8,8		
2,8	69/13,0	70/13,3	71/13,5	72/13,8	73/14,0	7,0	38/7,4	40/7,6	41/7,8	43/8,0	44/8,2		
3,0	67/12,5	68/12,8	69/13,0	70/13,2	71/13,4	7,5	34/6,8	36/7,1	38/7,3	39/7,5	41/7,7		
3,2	65/12,0	66/12,3	67/12,5	68/12,7	69/12,9	8,0	30/6,2	32/6,5	34/6,7	36/6,9	37/7,1		
3,4	62/11,6	64/11,9	65/12,1	66/12,3	67/12,5	8,5	26/5,5	28/5,9	30/6,2	32/6,5	34/6,7		
3,6	60/11,1	62/11,4	63/11,6	64/11,8	65/12,0	9,0	23/5,0	25/5,3	27/5,6	29/5,9	31/6,2		
3,8	58/10,7	60/11,0	61/11,2	62/11,4	63/11,6	9,5	19/4,4	21/4,7	23/5,1	26/5,4	28/5,7		
4,0	56/10,5	58/10,7	59/10,8	60/11,0	61/11,1	10,0	15/3,8	18/4,2	20/4,5	22/4,8	24/5,1		
4,5	51/9,6	53/9,8	54/10,0	56/10,2	57/10,4	10,5	12/3,0	14/3,5	17/4,0	19/4,4	21/4,7		
5,0	46/8,7	48/9,0	50/9,3	51/9,5	53/9,7	11,0	8/2,2	11/2,9	14/3,5	16/3,9	18/4,2		
5,5	41/7,9	43/8,2	45/8,5	47/8,7	48/8,9	11,5	5/1,4	8/2,2	10/2,7	13/3,2	15/3,6		
6,0	36/7,3	39/7,6	41/7,8	42/8,0	44/8,2	12,0			7/2,0	10/2,5	12/3,0		
6,5	32/6,5	34/6,8	36/7,1	38/7,4	40/7,7	12,5				7/2,0	9/2,5		
7,0	27/5,7	29/6,1	32/6,5	34/6,8	36/7,1	13,0					6/1,6		
7,5	22/4,9	25/5,4	28/5,8	30/6,1	32/6,4								
8,0	18/4,2	21/4,8	23/5,1	26/5,4	27/5,6								
8,5	13/3,3	16/3,9	19/4,4	22/4,8	24/5,2								
9,0	9/2,5	12/3,1	15/3,7	18/4,2	20/4,6								
9,5	5/1,4	8/2,2	11/2,8	14/3,4	16/3,7								
10,0			7/2,0	10/2,6	13/3,2								
10,5				6/1,7	9/2,5								
11,0					6/1,6								



## Slutkommentar

Såväl producent som konsument tjänar på att en träprodukt levereras med lämplig fuktkvot. För att kunna nå detta mål måste virket först torkas till rätt fuktkvot på rätt sätt. Sedan måste det förvaras i ett klimat som bibehåller det uppnådda resultatet.

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

**Svenska Träforskningsinstitutet**

Telefon 08-22 43 40

Telex 10880 Woodres

**Swedish Forest Products Research Laboratory**

Box 5604

S-114 86 Stockholm 5