TRÄ OCH TRÄBEARBETNING

21.0 INNEHÅLLSFÖRTECKNING OCH FÖRORD

21.1 TRÄ OCH TRÄETS EGENSKAPER
21.1.1 Allmänt
21.1.2 Träslag
21.1.3 Flygplanvirke, sågning och hantering
21.1.4 Träets fuktkvot
21.1.5 Normer för furu (MT 1)
21.1.6 Normer för spruce A (MT 2)
21.1.7 Normer för ask (MT 4)
21.1.8 Normer för träprovning (MA 191)
21.1.9 EAA:s tryckprovning av trä

21.2 FÖRÄDLAT TRÄ, PLYWOOD OCH SKIKTTRÄ
21.2.1 Plywood
21.2.2 Framställning av plywood
21.2.3 Plywood för flygbruk
21.2.4 Lagring
21.2.5 Klassning av plywood
21.2.6 Klassning enligt Germanische Lloyd
21.2.7 Klassning enligt Bureau Veritas
21.2.8 Ersättning klassad plywood
21.2.9 Skiktträ av björk
21.2.10 Skiktträ av komprimerad bok
21.2.11 Normer för kryssfanér (MT 22)

21.3 TRÄBEARBETNING, HJÄLPMEDEL OCH METODER
21.3.1 Verktyg allmänt
21.3.2 Riktbräda
21.3.3 Limverktyg
21.3.4 Limpress
21.3.5 Specialpress
21.3.6 Tvingar
21.3.7 Fjäderklämmor
21.3.8 Spännband
21.3.9 Formklossar
21.3.10 Spik- eller häftklamlister
21.3.11 Tyngder
21.3.12 Remmar
21.3.13 Snören, rep
21.3.14 Maskiner
21.3.15 Laskslipare
21.3.16 Kopierslip
21.3.17 Elastisk böjning
21.3.18 Böjning av sågat virke
21.3.19 Basning
21.3.20 Böjning av plywood
21.3.21 Böjning av våtvarm plywood

21.4 KRAFTUPPTAGNING OCH TRÄETS STYRKA
21.4.1 Styrkans beroende av fiberriktningen
21.4.2 Plywoodbeklädnad av vingbalk
21.4.3 Plywoodbeklädnad av torsionsupptagande vingframkant
21.4.4 Allmänna råd

21.5 SAMMANFOGNING AV KONSTRUKTIONSDETALJER
21.5.1 DEMONTERBARA FÖRBAND
21.5.1.1 Bult- och skruvförband
21.5.1.2 Överföring av krafter i demonterbara förband
21.5.1.3 Passning, förborrning
21.5.1.4 Bussningar
21.5.1.5 Ytbehandling
21.5.1.6 Kilar, dymlingar, spik
21.5.2 PERMANENTA FÖRBAND
21.5.2.1 Limning
21.5.2.2 Stumfog
21.5.2.3 Överlappning
21.5.2.4 Enkellask
21.5.2.5 Dubbellask
21.5.2.6 Snedlask
21.5.2.7 Snedlask av delar med olika tjocklek
21.5.2.8 Limningens kemi och teori
21.5.2.9 Förberedelse av limfogar
21.5.2.10 Limkrav
21.5.2.11 Limtyper
21.5.2.12 Resorcin-Fenollim 1711
21.5.2.13 Limning av svårlimmade träslag
21.5.2.14 Limning av fanér
21.5.2.15 Driftskontroll vid limning
21.5.2.16 Undersökningsvätska för träets limbarhet
21.5.2.17 Limförfarande
21.5.2.18 Presstryck

21.6 ALLMÄNNA RÅD OCH ANVISNINGAR
21.6.1 Byggarens limprov
21.6.2 Urluftning och dränering
21.6.3 Invändig ytbehandling

FÖRORD

Allmänt.

I de första bräckliga flygmaskinerna, både med och utan motor, utgjorde trä ett självklart material för bärande konstruktioner eftersom det hade ringa vikt och var lätt att bearbeta och reparera. Den sistnämnda egenskapen var säkert inte den minst värdesatta under denna första tid.

Under 1:a världskriget utvecklades flyget enormt och skogen blev den stora leverantören av flygmaterial.
Ännu under 2:a världskriget byggdes tusentals flygplan där trä var huvudbeståndsdelen.
Fortfarande används trä av de mindre flygplantillverkarna eftersom detta material lämpar sig för framställning av flygplan i små serier.

Vid den absolut blygsammaste formen av serietillverkning - amatörbygge - har man god användning av trä.
Överslagsmässigt är ungefär hälften av alla amatörbyggda flygplan tillverkade av trä. Det finns därför ingen orsak att "rynka på näsan" åt träflygplan.

Ta en titt in i vingen på en KZ, Auster, Jodel eller Turbulent. Trävirket kan, om flygplanet varit förvarat under gynnsamma förhållanden, vara helt perfekt efter 50 år eller mer.

Du kan helt tryggt bygga ett träflygplan. Det håller i många, många år.

Bygglokal.

Bygglokalen skall vara godkänd av luftfartsinspektionen vilket sker efter besiktning och rekommendation av EAA (se kap 10.10).

För att få bygglokalen godkänd skall den uppfylla vissa krav. Dessa krav innebär att den skall vara tillräckligt stor för det bygge som avses (man kan börja med en mindre lokal för att sedan flytta till en större då bygget fortskrider). Bygglokalen skall vara uppvärmd till lämplig temperatur som skall kunna mätas och regleras. Luftfuktigheten skall vara lämplig för träarbeten samt kunna mätas och regleras. Belysningen skall vara god, både allmänbelysning och direkt arbetsljus. Lokalen skall dessutom enbart vara avsedd för flygplanbyggnad. Där får således inte samtidigt förekomma reparation av bilar, hushållsmaskiner etc. Där får heller inte finnas material som skapar olämplig miljö för träarbeten, t.ex. spridda samlingar oljiga motordelar eller dylikt.

Arbetsbänk

En kraftig arbetsbänk är ett hjälpmedel som man knappast kan vara utan. Den bör vara så stor att alla spantstorlekar får plats att tillverkas på bänken. Ett bra riktvärde på arbetsbänkens längd är att man skall kunna tillverka stabilisatorns balkar utan att dessa sticker ut över kanten. 2.5 x 1,2 meter är en bra storlek. Detta är standardmått för en vanlig spånskiva som också utgör ett bra arbetsunderlag. Den är lämplig att spika i och lätt att rita på. Limfläckar är lätta att slipa bort, den är naturligt rak och plan och den slår sig inte under normala betingelser.
En 19 mm spånskiva är lämplig då den, förutom att vara "stryktålig", också är så tung att den bidrar till att stabilisera arbetsbänken. Se till att staga upp bänken ordentligt med krysstag och andra förstärkningar och glöm inte att förankra den i golvet.
Bänkens höjd bör vara ca 1 meter - inte lägre.

Allmänt.

Trä är ett, i förhållande till sin vikt, starkt konstruktionsmaterial. Trä är också förhållandevis okänsligt för pulserande belastningar och vibrationer samt utmattas inte som aluminium. Övriga fördelar är:

- det är lätt att bearbeta
- relativt lätt att anskaffa överallt även i flygkvalité
- gynnsamt förhållande mellan styrka/vikt
- genom limning i lameller och laskskarvning kan man få trävirke i nästan vilka dimensioner som helst
- ett specifierat träslag kan ofta bytas ut mot ett annat som är lättare åtkomligt

Nackdelarna är få men viktiga och måste beaktas.

Trä är ett organiskt material och kan, som sådant, angripas av svamp och röta. Under inverkan av växlande fuktighet sväller och krymper trä avsevärt varvid form och tjocklek kommer att variera på ett för konstruktionen ogynnsamt sätt.

De ovan nämnda begränsningarna kan dock förhindras effektivt genom noggrann luftfuktighetskontroll av bygglokalen och riktigt genomförd ytbehandling, en väl genomförd dukning och målning, samt riktigt placerade och utförda dräneringar och luftningshål.
Känsligheten för röta skall dock inte överdrivas. Stål och aluminium har lika stora problem med korrosion särskilt vid nitskarvar och inuti rör.

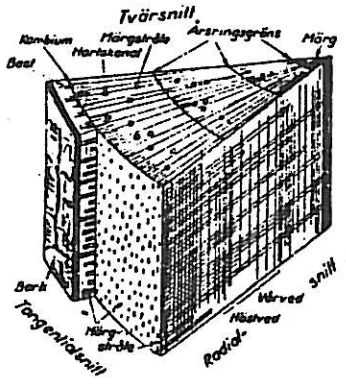
Nedan lämnas en orientering för trämaterialets fysiologiska-kemiska-tekniska egenskaper och provning. Beskrivningar över olika aktuella träslag lämnas under pkt 21.1. 2.

ALLMÄNNA EGENSKAPER

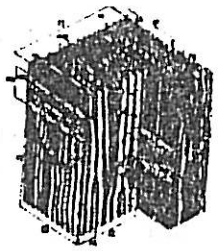
Vedens uppbyggnad.

Den levande trädstammens tillväxt sker genom kambiets verksamhet. I ett av kambiets skikt, initialskiktet, sker delningen av cellerna genom att tangentiellt ställda väggar utbildas såväl utåt som inåt. Alla celler, som avges inåt, ingå i veden, de som avges utåt bildar barken.
Genom de av klimatet förorsakade årsväxlingarna i trädets levnadsbetingelser uppkommer årsringar. Ett inre, lösare parti, vilket bildas under våren och försommaren kallas vårved och ett tätare parti bildat mot slutet av sommaren kallas höstved. Årsringarna kan inte alltid urskiljas tydligt, och hos vissa tropiska träslag saknas de alldeles.
Vedens anatomi företer hos barrträden en betydligt enklare typ än hos lövträden. De senare ha en mera komplicerad vedbyggnad med ett större antal celltyper och en mycket växlande storlek och form hos de enskilda cellerna (se fig. 2 och 3).

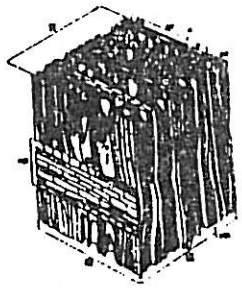
1. Hos barrträslag utgöres vedens döda cellelement av en enda celltyp, nämligen trakeiderna. Dessa få därför såväl en näringsledande som en mekanisk uppgift. Barrträdens trakeider nå i genomsnitt en betydligt större längd (upp till 9 mm) än lövträdens, hos vilka senare de i regel icke mycket överskrida 1 mm i längd. Trakeidernas stora längd är en av orsakerna till att barrvirke särskilt lämpar sig för framställning av cellulosaprodukter.
På trakeidernas radiella väggytor finns s.k. ringporer, vilka ombesörja vattentransporten i horisontalriktningen. Hos vissa barrträdssläkten finner man ringporer även på trakeidernas tangentiella väggytor. Vedens levande celler bilda dels en horisontell parenkymvävnad i form av märgstrålar och dels en vertikal parenkymvävnad, vilken dock vanligen är mycket sparsamt förekommande. Hos barrträden förekomma två olika slags märgstrålar; enskiktade och flerskiktade. De flerskiktade märgstrålarna innehålla alltid hartsgångar. Hos vissa barrträd ha en eller flera rader i märgstrålarnas över- och underkant utbildats som döda ringporförsedda tvärtrakeider, vilka underlätta vattentransport i radiell riktning.



Trä, fig 1. Del av en fyraårig furustam enligt Strassburger.



Trä, fig 2. Anatomiska element hos barrträ: TT tvärsnittsyta, RR radiell snittyta, TG tangentiell snittyta, MR märgstråle, TR trakeid, ML mittlamell, S vårvedtrakeider, SM höstvedtrakeider, AR årssring, FMR flerradig märgstråle med hartsgång, HRD horisontell hartsgång, VRD vertikal hartsgång, SP enkla porer, BP ringporer.



Trä fig 3. Anatomiska element hos lövträ: TT tvärsnittsyta, RR radiell snittyta, TG tangentiell snittyta, MR märgstråle, AR årsring, P trakéer (kärl), F libriformceller (vedceller), S vårvedceller, SM höstvedceller, ML mittlamell, SC trakéernas skiljeväggar (här gallerlika), K väggporer.

2. Hos <u>lövträslagen</u> utgöras de döda cellelementen i veden av trakéer, trakeioder och libriformceller (även kallade vedceller). Trakéer och trakeider kallas även med ett gemensamt namn kärl och har vätskeledning som huvuduppgift; libriformcellerna har en rent mekanisk uppgift. Trakéernas gemensamma horisontella skiljeväggar är mer eller mindre fullständigt resorberande. Reserptionen genomföres på olika sätt, vanligast är den fullständig, och endast runt om längdväggarna kvarstående lister markera cellgränserna. Ett annat typiskt fall är gallerliknande perforering, där av horisontalväggarna kvarstående lister markera cellgränserna, Ett annat typiskt fall är gallerliknande perforering, där av horisontalväggen endast kvarstår fina parallella trådar.
Trakéernas diameter kan vara så stor, att de på tvärsnitt framträda för blotta ögat som hål. I sådant fall betecknas veden som grovporig. Ofta är de grova trakéerna sammanförda i ett skikt i årsringarnas vårved; veden benämnes då bandporig eller ringporig. Fördelningen av de grova trakéerna i veden kan även vara likformig; dylik ved betecknas ströporig. Träslag, vilkas trakéer ha en så ringa diameter, att de ej på tvärsnitt kunna urskiljas med blotta ögat, kallas finporiga. Trakeiderna liknar i stort sett barrträdens, men ha ringporer likformigt fördelade över hela väggen. Libriformcellerna utgöra vanligen vedens huvudmassa och ha ofta kraftigt förtjockade väggar.
Vedens levande celler bilda hos lövträden dels en horisontell parenkymvävnad som framträder som märgstrålar och dels en vertikal parenkymvävnad även kallad vedparenkym. Liksom hos barrträden förekomma enskiktade och flerskiktade märgstrålar. De flerskiktade blir ofta så kraftiga, att de lätt synas med blotta ögat. Hos vissa träslag förekomma breda s.k. falska märgstrålar, vilka på ett tvärsnitt för blotta ögat framträda som radiella stråk, men de består i verkligheten av en knippa varandra närmande, enskiftande märgstrålar, endast åtskilda av ved- och parenkymceller. Vedens vertikala parenkym är betydligt rikligare hos lövträd än hos barrträd. Även vedparenkymets fördelning är mycket olika genomförd hos olika trädarter.
På grund av dessa olikheter i vedanatomiska strukturen hos olika trädarter kan man genom makroskopiska och mikroskopiska undersökningar identifiera virket. För svenska förhållanden är den mest uppskattade identifieringsnyckeln uppställd av T. Lagerberg (kan fås från Kjell Franzén EAA).

<u>Trävävnadens kemiska byggnad</u>

Trävävnad består kemiskt sett av cellulosa (ca 50%), lignin (ca 25%), aska (mindre än 1%), hemicellulosor och olika extraherbara ämnen (ca 25%). På grund av svårigheterna att skilja de olika beståndsdelarna från varandra utan påverkan, är siffrorna över de olika ämnenas procentuella fördelning ungefärliga och varierande.
Före lignificationen bestå cellväggarna huvudsakligen av cellulosa, vars kemiska formel är $(C_6H_{10}O_5)_n$. Senare bildas lignin infiltrerad med cellulosan.
Utförda elementaranalyser på olika träslag, har visat, att sammansättningen är ungefär följande oberoende av träslaget:

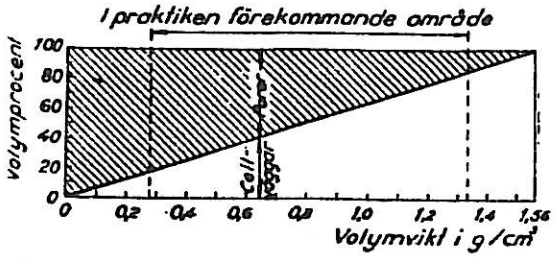
kol	50%
väte	6%
syre	43%
kväve	0,1%
aska	0,5%

EGENSKAPER

<u>Volymvikt.</u>

En bit absolut torrt trä består utom cellulosasubstans av cellhålrum, vilka innehålla luft och obetydliga mängder harts m.m. Då specifika vikten hos cellväggsubstansen är ungefär detsamma hos alla träslag, 1,56 g/cm^3 (± ca 2%), har volymvikten ett direkt samband med porvolymen hos träet (se fig 4). Balsa samt några arter av släktet Bombax,

Leitneria etc kan visa en volymvikt av 0,10 g/cm^3, däremot kan den stiga hos guajakträ (pockenholts) över 1,3.
Hos samma träslag varierar volymvikten med växtförhållandet för olika träd, främst beroende på hur stor den tätare höstvedprocenten är i årsringarna. Även hos samma träd varierar volymvikten såväl i vertikal- som horisontalriktningen.
Största volymvikten finner man vanligen i stammens rotända.



Trä, fig 4. Volymviktens beroende av porvolymen.

Volymvikten har relativt stor praktisk betydelse, då den har ett direkt samband, åtminstone hos ett och samma träslag, med hållfasthetsegenskaper.
Vid jämförelse av volymvikten är det oundvikligt, att mätningarna utföras under samma förhållanden, d.v.s. vid samma fuktighet i träet. De mest använda beteckningarna för volymvikterna är:

$$\gamma_o = \frac{G_o \text{ (vikt i absolut torrt tillstånd)}}{V_o \text{ (volym i absolut torrt tillstånd)}}$$

$$\gamma_u = \frac{G_u \text{ (vikt vid fuktkvoten u)}}{V_u \text{ (volym vid fuktkvoten u)}}$$

$$\gamma_{uo} = \frac{G_o \text{ (vikt i absolut torrt tillstånd)}}{V_u \text{ (volym vid fuktkvoten u)}}$$

Vanligen använda u-värden 12% och 15%.

Träets fuktighet.

Det vatten, som rått trä innehåller, förekommer i två former. Det är dels s.k. bundet vatten eller hydratvatten, vilket lagras i de intermicellära spalterna i cellväggarna dels s.k. fritt vatten, som finnes i cellhåligheterna. Torkas träet försvinner först det fria vattnet och först därefter det bundna.
Vattenmängden i träet betecknas med fuktkvot u. Den räknas på den torra vikten som definieras som:

$$u\ \% = \frac{G_u}{G_o} - G_o * 100$$

Mängden bundet vatten står alltid i en viss relation eller i ett visst jämviktsförhållande till den omgivande luftens relativa fuktighet och temperatur; samtidigt som luftens relativa fuktighet varierar mellan 0 och 100%, strävar träet att antaga en fuktighet mellan 0 och 25 - 30% (se fig. 5). Den största mängd bundet vatten (25 - 30%), som träet därvid upptar, föreligger vid den s.k. fibermättnadspunkten.
I samband med detta måste man vid bestämning av lämplig fuktkvot ta hänsyn till var och vartill virket skall användas. För svenska förhållanden gälla i stort sätt följande fuktkvoter i %:

Möbler, kryssfanér etc i hus med värmeledning	5 - 7
Innerdörrar, inredningar, parkett etc i hus med värmeledning	6 - 8
Möbler, kryssfaner etc i hus med kakelugnsuppvärmning	9 - 12
Innerdörrar, inredningar,parkett etc i hus med kakelugnsuppvärmning	10 - 13
Fönster, ytterdörrar, byggnadsvirke och föremål som endast delvis användes utomhus	12 - 15
Virke och föremål av trä, som ständigt förvaras utomhus	14 - 18

För virke med olika fuktkvot (uttryckt i %) användes allmänt följande beteckningar inom träbranchen:

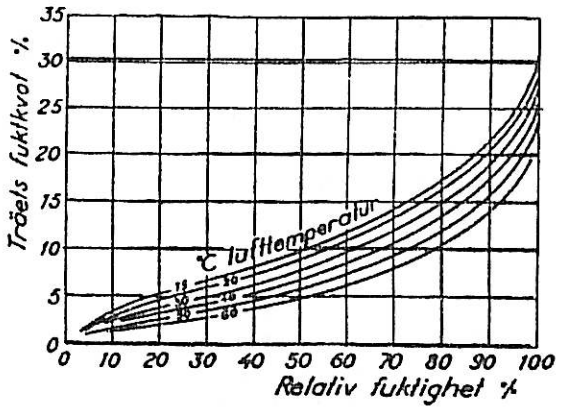
Möbeltorrt, ugnstorrt	6 - 10
Snickeritorrt	10 - 15
Hyvlingstorrt	15 - 19
Lufttorrt	15 - 25
Skeppningstorrt	20 - 25
Fuktigt, skogstorrt	25 - 30
Vått, rått eller färskt	30

Svällning och krympning.

Avlägsnas det s.k. fria vattnet ur träet, ändras ej dess form, men fortsätter torkningen börjar det bundna vattnet att försvinna från de intermicellära spalterna i cellväggarna. Härigenom intaga cellväggarna ett mindre rum, de blir tunnare och smalare - träet krymper. På grund av denna företeelse är all fuktighetsändring hos virke under fibermättningspunkten förbunden med krympning och svällning. Krympning och svällning är därvid väsentligt olika i träets tre huvudriktningar, minst i fiberriktningen, störst i tan-

gentiell led. Följande beteckningar för krympningskoefficient (krympningstal) användas:

α_l ..... i fiberriktningen
α_r ..... i radialriktningen
α_t ..... i tangentialriktningen
α_v ..... i volymen

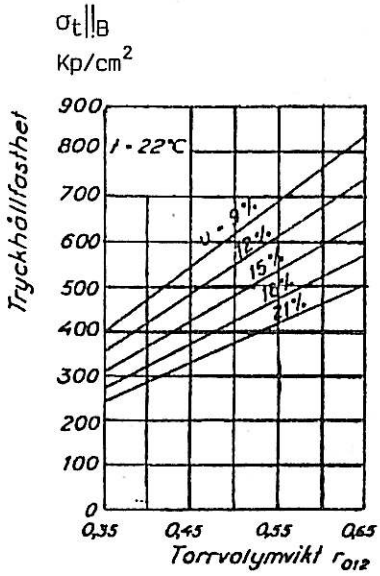


Trä, fig 5. Jämviktskurvor mellan luftens relativa fuktighet och träets fuktkvot vid olika temperaturer.

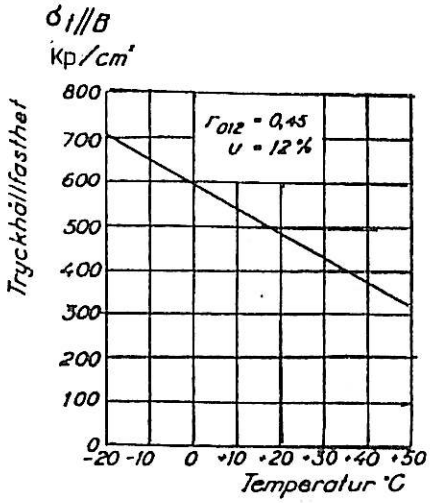
Krympningskoefficienterna räknas i procent från fibermättnadspunkten ner till noll, hänfört till dimensionerna i rått tillstånd.
Motsvarande svällningskoefficienter betecknas med β, och räknas från noll till fibermättnadspunkten, hänfört till dimensionerna i torrt tillstånd.
Krympningskoefficienterna variera avsevärt hos olika träslag; i allmänhet gäller, att tunga träslag krympa och svälla mer än lätta. Som grova medeltal gälla följande värden för krympningskoefficienterna i %:

α_l ..... 0,1 - 0,4
α_r ..... 2,00 - 8,5
α_t ..... 4,0 - 14,0
α_v ..... 7,0 - 21,0

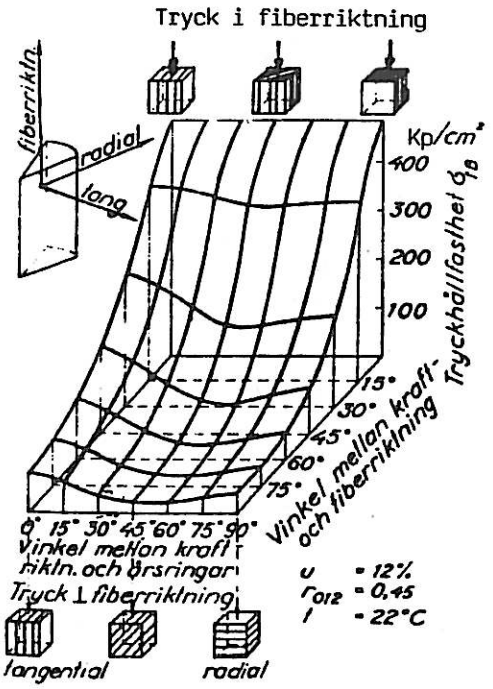
Hållfasthetsegenskaper.
I förhållande till volymvikten är träets hållfasthetsegenskaper mycket goda. Träets hållfasthet beror, utom träslaget, av bland annat volymvikten, fuktkvoten, temperaturen, fiber- och årsringar (se fig 6 och 7). För större dimensioner tillkommer dessutom inverkan av kvistar, växtvridenhet, kådlåpor m.m. Samtliga hållfasthetsegenskaper förbättras med tilltagande volymvikt hos träet.
Fuktighetshalten har ett sänkande inflytande på hållfasthetsegenskaperna; emellertid inverkar endast fuktighetshalten under mättnadspunkten, sedan denna är nådd upphör inverkan av ytterligare ökning av fuktkvoten.
Fiberriktningens inverkan är mycket stor. T.ex. tryckhållfastheten hos furu förhåller sig i fiberriktningen, i tangentiella riktningen och i radiella riktningen som ca 40:87:6 (se fig 8). I en riktning 45° mot årsringarna och vinkelrätt mot fibrerna är hållfasthetsen minst, ungefär en tiondel av hållfastheten i fiberriktningen.
För att fastställa hållfasthetsegenskaperna hos olika trämaterial utföras vissa standardprov, huvudsakligen med felfritt virke, och vissa beteckningar ha införts för att karakterisera olika egenskaper.



Trä, fig 6. Tryckhållfastheten $\sigma_{t||B}$ i fiberriktningen beroende av torrvolymvikten $\gamma_{o\,12}$ och fuktkvot hos mellansvenskt furuvirke.



Trä, fig 7. Tryckhållfasthetens $\sigma_{t||B}$ i fiberriktningen beroende av temperaturen hos mellansvenskt furuvirke.



Trä, fig 8. Fiber och årsringsriktningens inverkan på tryckhållfastheten σ_{tB} hos mellansvenskt furuvirke. (enligt Baumann och Thunell.)

Elasticitetsmodul.

Uppteknas vid belastningen av en kropp av trä ett diagram över sambandet mellan formförändringen och spänningen i densamma, får man en kurva, vilken till en början, där Hookes lag gäller, är en rät linje (se fig 9). Denna anger, att formförändringen är direkt proportionell mot spänningen vilket gäller upp till en viss gräns, den s.k. proportionalitetsgränsen. Därefter fortsätter kurvan något fördröjd i avseende på spänningen och når elasticitetsgränsen. Till dess elasticitetsgränsen nåtts är provkroppen i stånd att vid borttagande av trycket återtaga sina ursprungliga dimensioner. Elasticitetsgränsen kan även ligga lägre än proportionalitetsgränsen och den är i praktiken svårare att fixera, varför vid bestämning av elasticitetsmodulen spännings- och deformationsvärdena uppmätta vid proportionalitetsgränsen användas. Vid fortsatt belastningsstegring uppnår man krypgränsen, där deformationen ökar vid konstanthållen belastning inom en kortare tid. Vid fortsatt belastningsökning uppnås brottgränsen.
Om elasticitetsmodulen bestämmes för olika belastningstillstånd, tryck, böjning och dragning, erhålles i stort sett samma elasticitetsmodul. Vid böjning mätas deformationerna som nedböjningar, ur vilka elasticitetsmodulen kan beräknas.

Följande beteckningar användas: $E_t\|(\perp)$ alt i eller vinkelrätt mot fiberriktningen.

Elasticitetsmodul vid tryck: $E_t\|(\perp) = \frac{P^1}{A} * \frac{1}{\Delta l}$ kp/cm².

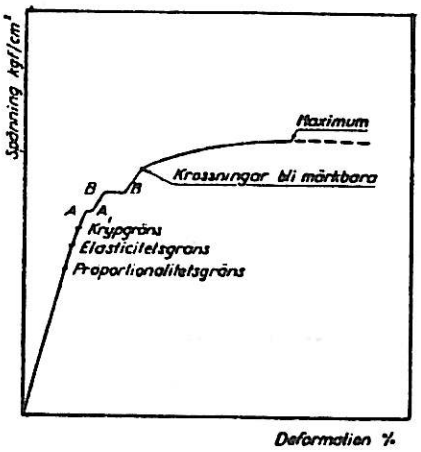
P^1 spänningen under proportionalitetsgränsen i kp
A provkroppsarea i cm²
l provkroppens ursprungliga längd i cm
Δl sammantryckning under proportionalitetsgränsen i cm.

Elasticitetsmodul vid dragning: $= E_d\|(\perp) = \frac{P^1}{A} * \frac{l}{\Delta l}$ kp/cm².

Δl förlängning under proportionalitesgränsen i cm.

Elasticitetsmodul vid böjning: $E_b\|(\perp) = \frac{P^1}{48} * \frac{l^3}{\delta I}$ kp/cm².

P^1 spänning vid proportionalitetsgränsen i kp
l spännvidd i cm
δ nedböjning i cm
I tröghetsmoment i cm⁴.



Trä, fig 9. Principiellt Spännings-defomationsdiagram vid tryckning av trä.

Tryckhållfasthet.

Med tryckhållfasthet $\sigma_t\|(\perp)_B$ menar man brottspänningen i kp räknad per cm² av provkroppens tvärsnittsarea $\frac{P}{A}$.

Tryckhållfastheten vinkelrätt mot fiberriktningen är i stort sett ca 1/10 av hållfastheten i fiberriktningen.

Böjhållfasthet.

Den böjhållfasthet som man vanligtvis anger för trä, är beräknad enligt Navier ur data, som erhållits vid provning av rektangulära sektioner. Emellertid är böjningshållfastheten icke någon primär storhet utan bestämd av det ingående materialets tryck- och draghållfasthet. Då tryckhållfastheten för felfritt trä är avsevärt lägre än draghållfastheten uppstår en förändring av tvärsnittets spänningsdiagram, så snart rand-

spänningen på den tryckta sidan uppnått tryckhållfastheten. För att böjhållfastheten icke skall påverkas av skjuvkrafterna fordras, att provkroppens längd är avsevärt större (14 - 18 ggr) än provkroppens höjd.

Böjhållfasthet $\sigma_{b\parallel(\perp H)B} = \frac{P}{4} * \frac{l}{W}$ kp/cm^2.

(vid belastning i mittpunkten)
P brottbelastning i kp
l stödavstånd i cm
W böjmotstånd i cm^3.

Draghållfasthet.
I stort sett är draghållfastheten i fiberriktningen ca 20 - 30 gånger större än vinkelrätt mot fiberriktningen. $\parallel$ (resp $\perp$)B

Draghållfasthet $\sigma_{d\parallel}$ (resp $\perp)_n = \frac{P}{A}$ kp/cm^2.

P brottbelastningen i kp
A tvärsnittsarea i cm^2.

Skärhållfasthet.
För bestämning av skärhållfasthet användes dels enskäriga, dels tvåskäriga provkroppar, vilka tryckas mellan planparallella tryckytor.

Skärhållfasthet $\tau_{s\parallel B} = \frac{P}{A}$ kp/cm^2.

P brottspänningen i kp
A provkroppsarea utsatt för brott i cm^2.

Slaghållfasthet.
Med slaghållfasthet menar man den för provkroppens avbrytande erforderliga energin vid dynamisk böjprovning. Den kallas även absorberande slagenergin $\alpha_{s\parallel B}$.
För slaghållfasthetsbestämning användes tre principiellt olika metoder. I USA och andra länder brukas den s.k. Hatt-Turner apparaten, där provkroppen upplägges på två stöd och en vikt får falla från allt större höjd, till dess provkroppen brister. Enligt en annan metod, det s.k. Izodprovet, förses provkroppen med en skåra och fästes i ena änden av apparaten. Slaget med en fallhammare anbringas på en viss punkt i den fria änden. Mest användes nu en tredje metod där en pendel slår på mitten av en rent prismatisk provkropp, upplagd på två stöd.

Absorberande slagenergi $\alpha_{s\parallel B} = \frac{W}{A}$ kpm/cm^2.

W av provkroppen absorberad energi i kpm
A tvärsnittsarean i cm^2.

Hårdhet.
Vid bestämning av hårdhet tryckes en stålkula in i träet, varvid kraftens storlek mätes. Två olika hårdhetsprov användas oftast för trä.

Hårdhetsprov enligt Janka
En halvsfärisk kula med en yta av 1 cm^2(diameter 1,128 cm) tryckes in i träet, varvid hårdhetstalet H$\parallel$(resp $\perp$) direkt avläses på kraftskalan i kp och med avseende på kulytan uttryckes i kp/cm^2.

Hårdhetsprov enligt Brinell
En kula med en diameter av 1 cm tryckes in i träet med användande av en viss kraft (50 eller 100 kp). Medeldiametern av den intryckta kalotten mätes.

$$H\parallel(\text{resp }\perp) = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad \text{kp/mm}^2$$

P kulans kraft i kp
D kulans diameter i mm
d medeldiameter av intryckta kalotten i mm

Hårdheten tilltager med volymvikten och torrheten för alla träslag. En klassificering av träslagen med avseende på hårdheten finnes i nedanstående tabell. (Hårdhetstal enligt Janka).
I Mycket mjuka träslag: hårdhetstal < 350 kp/cm^2.
II Mjuka träslag: hårdhetstal 350-500 kp/cm^2.
III Medelhårda träslag: hårdhetstal 500-600 kp/cm^2
IV Hårda träslag: hårdhetstal 600-1000 kp/cm^2.
V Mycket hårda träslag: hårdhetstal 1000- 1500 kp/cm^2.
VI Benhårda träslag: hårdhetstal >1500 kp/cm^2.

Klyvhållfasthet.
Detta utföres för att konstatera hållfastheten mot klyvning.

Klyvhållfasthet $\sigma_{k\perp B} = \frac{P}{A}$ kp/cm^2.

Träets värmeegenskaper.
Träet besitter synnerligen värdefulla värmetekniska egenskaper. På grund av sitt förhållandevis låga värmeledningstal och höga specifika värme har trä i olika former fått stor användning som isolermaterial inom byggnadstekniken.

Värmeledningsförmåga.
Värmeledningstalet är avhängigt av värmeflödets riktning, träets volymvikt, temperatur och fuktkvot. Generellt gäller, att värmeledningstalet stiger med volymvikten och fuktkvoten.

Specifikt värme.
Trä besitter i förhållande till metaller ett rel. högt spec. värmevärde. Vid en given värmemängd kommer alltså trä att upphettas mindre än ämnen med lägre specifikt värme.
Spec. värmevärdet är praktiskt taget oberoende av träets volymvikt. Däremot har träets fuktkvot en viss inverkan.

TRÄSLAG

Allmänt.

Av jordens tiotusentals olika träslag användes endast ett fåtal för tillverkning av flygplan. Av dessa är endast två dominerande; spruce som massivt trä och björk i form av plywood. Dessa träslag samt några ytterligare, som kan vara av intresse för flygplantillverkning, beskrivs nedan.
De flygvapennormer som nämns nedan är formellt upphävda eftersom flygvapnet inte längre använder trä som material för sina flygplan.

Spruce (Picea).

Vanligen hör man att spruce är flygplanvirket framför alla andra träslag. "Spruce" är dock endast det engelska namnet för gran där det finns en mängd olika arter, både inom och utom Nordamerika, som har detta namn och däribland en del arter som är helt oanvändbara i sammanhanget. För flygbruk användes främst arterna Sitka (P.Engelmanni). Mest känt är Sitka (P.Sitchensis), Red (Picea Rubra), Kanada (P.Canadencia) och Engelmann (P.Engelmanni). Vanligast är Sitka Spruce som växer utefter hela den nordamerikanska västkusten från norra Kalifornien till Alaskas sydkust. Sitka är dock inplanterad på många andra håll bl.a. i Sverige där vi dock ännu inte kommit över något sågat virke eftersom det närmast är avsett som massaved.
Sitka Spruce är ett stort träd som normalt kan nå en höjd av upp till 30 meter och med en diameter av 0,9 till 1,2 meter vilket gör det möjligt att erhålla ansenliga dimensioner kvistfritt virke.
Allt handelsvirke av Sitka är inte bra utan endast sorteringsgrad 1, eller i någon mån 2 kan användas. Detta liksom växtplatsen, gör virket mycket dyrt (över 10000 kr/m^3 1983). Men det går i gengäld att använda det mesta av det köpta virket.

Veden i Sitka är ljust brun till rödbrun (Red), mycket mjuk, relativt elastisk, glänsande och lätt att klyva. Årsringarna är väl markerade och är vanligen glesa. Virke av sorteringsgrad 1 har rak och jämn växt.
Virket har, om det är vinterhugget, låg kådhalt och är lätt att bearbeta och limma. Kådfickor (kådlåpor) kan dock förekomma vilket måste beaktas eftersom sådana inte får finnas och kan döljas i kraftigare konstruktionselement. Kådlåpor uppträder dock vanligen inte ensamma utan finner man en så finns det säkert flera utefter samma årsring. Varaktigheten är ungefär som för svensk gran d.v.s. sämre än furu och sämre i fuktig atmosfär.
Det finns ett fåtal importörer av spruce här i Sverige och de tar endast in småpartier oregelbundet. Från flygmaterialleverantörer i USA och Kanada kan man dock alltid erhålla spruce i flygkvalité men detta blir oftast dyrt. Bättre är om någon vill satsa på att beställa en hel container vilket ger avsevärt lägre pris än för svensk furu.

Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,38 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,42 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid 15% fuktkvot ..... ca 400 kp/cm^2

Flygvapnets norm MT 2 behandlar Spruce A (se 21.1.6) samt FAA AC 43.13-1.

Björk (Betula).

Två arter är aktuella, glasbjörk och vårtbjörk. Veden är rödaktig eller brunaktigt vit, mörkfärgad kärna saknas. Porerna är osynliga för blotta ögat och årsringarna vanligen oskarpa. Längdsnittytorna är glänsande. Vresighet kan förekomma vilket ger flammighet åt ytan. Veden är relativt mjuk men elastisk och har goda hållfasthetsegenskaper. Lätt att bearbeta och mycket böjlig särskilt efter ångbasning. Svår att klyva. Varaktig vid torr användning men angrips svårt av röta och svamp vid kontakt med fukt.
Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,61 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,65 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid 15% fuktkvot ..... ca 430 kp/cm^2
Används i flygsammanhang främst som plywood och för tillverkning av propellrar.

Furu (Pinus).

Det finns flera svenska furuarter men den art som lämpar sig bäst som flygplanvirke är den resliga höga arten med utpräglad krona (P.Silvestris). Denna furuart finnes i de nordiska länderna, Polen och Tyskland samt i delar av norra Sovjet.

Splintveden är gulvit och kärnveden rödbrun. Den har skarp kontrast mellan vårved och höstved vilket ger markerade årsringar. Hartsgångarna är synliga för blotta ögat. Veden är mjuk, framför allt splinten, föga elastisk och lätt att klyva. Kärnveden har stor varaktighet, splintved och snabbvuxet virke är mindre varaktigt och angrips lätt av blånadssvamp. Lätt att torka samt krymper och sväller måttligt.

Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,49 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,52 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid 15% fuktkvot ..... ca 470 kp/cm^2

Användes mest för longeronger, balkar och lister till spryglar, spant m.m.

Att välja furu för användning som flygplanvirke är ganska svårt. Det finns in- och utländska klassificeringar för byggnadsvirke men dessa normer ger inte tillräckligt bra material för vårt ändamål. Att välja bästa byggvirke, T-30 enligt svensk byggnorm, ger dock ett bra utgångsmaterial för att leta flygplanvirke. Bättre ändå är om man kan få kontakt med någon snickerifabrik som tillverkar fönsterbågar, dörrfoder, dekorlister m.m. De använder vanligen utvalt virke som nästan alltid fyller kraven enligt flygnormerna. Ett absolut krav beträffande furu är att det skall vara hugget på vintern för att hålla låg kådhalt. Snickerikvalitén fyller detta krav. Annars syns det på att tryckprovet ger dåligt värde. När man fått ut den användbara furun ur ett inköpt parti så är priset nästan samma som för spruce.
De flygnormer vi har för furu är flygvapnets MT 1 (se 21.1.5 samt FAA AC 43.13 - 1).

Svensk gran (Picea Exelsa).
Denna granart växer i Europa utom i syd- och västdelen. Även detta virke kallas spruce i engelskspråkiga länder. Veden är gulvit och glänsande med synliga hartsgångar på längdsnittytorna. Veden är mycket mjuk, relativt elastisk, lättkluven och lätt att bearbeta. Krymper och sväller måttligt. Mindre varaktigt än furu, ej varaktigt i fukt.

Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,43 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,47 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid 15% fuktkvot ..... ca 430 kp/cm^2

"Svensk gran" är vanligen mycket kvistig och det är därför svårt att få ut några större längder som fyller kvalitétskraven. Flygvapnet har ej utfärdat några normer för svensk gran men såväl vikt- som hållfasthetsegenskaper är mycket lika Sitka spruce varför virket kan användas som ersättning för Sitka spruce om det fyller de allmänna kvalitétskriterierna enligt AC 43.13-1 eller normerna MT 1 eller MT 2 samt hållfasthetsvärdena för spruce.

Ask (Fraxinus Exelsior).
Ask växer i nästan hela Europa utom längst i söder och norr om en linje genom Hälsingland. Veden har gulvit splint och gråbrun kärna. Gränserna mellan årsringarna framträder tydligt genom en anhopning av grova porer i vårveden. I höstveden är porerna smala och spridda. Virket är hårt, medeltungt, elastiskt, någorlunda rakvuxet, svårkluvet, relativt lätt att bearbeta. Ångbasat virke är lätt att böja. Varaktigt inomhus och vid torr användning, mindre varaktighet vid fukt och utomhus. OBS att amerikansk ask har lägre kvalité och hållfasthet. Ask användes till högt påkända delar som spant, longeronger, skidor, underlag vid beslag, samt där materialet skall böjas vid exempelvis vingspetsar. I flygets "barndom" var ask det förhärskande flygvirket som användes i flygkroppen för Bleriot. I Tummelisa användes ask för såväl longeronger som för stöttor.

Balsa (Ochroma Lagopus).
Balsa växer i tropiska delarna av Amerika. Balsaträ är det lättaste och mjukaste av alla kommersiella träslag. Veden är vit med rödbrun nyans som blir ljusare vid lagring. Porer och märgstrålar är synliga för blotta ögat. Årsringarna är synliga på vissa kvalitéer. Längdsnittet är glänsande. Veden är ytterst ovaraktig utan impregnering.

Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,13 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,16 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid 15% fuktkvot är ..... ca 80 kp/cm^2

I förhållande till sin vikt har balsa goda hållfasthetsegenskaper och användes mest som distansmaterial i sandvichkonstruktioner t.ex. i kombination med aluminiumplåt, plywood eller glasfiberarmerad plast. Balsa kan också med fördel användas som fyllnadsmaterial för formgivande detaljer.

Bok (Fagus Silvatica).
Vanlig bok, rödbok, växer i södra Sverige och i nästan hela centraleuropa. Veden är tung, hård och mycket motståndskraftig mot nötning. Lätt att bearbeta och klyva samt lätt att böja efter ångbasning. Svällningen är stor. Bok är varaktigt inomhus och under vatten men ovaraktig om den är oskyddad utomhus.

Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,68 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,72 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid fuktkvot 15% ..... ca 530 kp/cm^2
Bok kan med fördel användas till delar som är utsatta för nötning, t.ex. genomföringar, stopp, golvlister, slitlister på skidor, flottörbottnar m.m. Sådana lister kan göras mycket tunna utan att spricka vilket kompenserar den höga volymvikten.
Komprimerat lamellträ av bok används i Tyskland som balkmaterial och den kände propellertillverkaren Hoffmann använder komprimerad bok i sin propellertillverkning. För större propellrar används bok i navet och gran i själva bladen.

Mahogny (Swietenia Mahogani).
Äkta mahogny är ett stort träd som växer bl.a. i

Västindien, Honduras, Columbia och södra Florida. Andra träslag med liknande utseende t.ex. okumé eller gaboon har så ofta benämnts mahogny att den riktiga mahognyn numera måste kallas äkta mahogny. Däremot finns det en annan art mahogny i centralamerika med nästan samma egenskaper men något lättare. Mahognyns splitved är vit eller ljusgul och kärnveden vanligen rödbrun med silkesglans. Porerna är små, jämt fördelade och innehåller vanligen en vit substans. Årsringarna är smala och märgstrålarna knappt synliga för blotta ögat. Veden är relativt tung, hård, mycket varaktig och svår att klyva. En mycket vacker och slät yta erhålles efter polering. Sväller och krymper obetydligt.

Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,55 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,60 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid 15% fuktkvot ..... ca 560 kp/cm^2

Användningsområdet är främst till propellrar och inredningar.
Flygvapnet har utgivit ett normblad för äkta mahogny, MA 6, som kan erhållas från EAA:s kansli.

Okumé (Ancoumea Klaineana).
Okumé, som i engelskspråkiga länder ofta kallas gaboon, förekommer i tropiska Västafrika. Trädet är mycket snabbväxande och blir stort, ca 2 meter i diameter. Träslaget kallas ofta helt felaktigt mahogny trots att egenskaperna är helt motsatta den äkta mahognyns. Medan denna är hård och hållbar är okuméns ved lätt, mjuk och relativt ovaraktig. Färgen är svagt rosa till ljusröd och glänsande. Porerna är osynliga för blotta ögat medan märgstrålarna är synliga. Veden är lätt att bearbeta men svår att klyva.

Volymvikt - fuktkvot ..... ca 0,42 kg/dm^3 vid 0%
..... ca 0,46 " vid 15%
Tryckhållfasthet i fiberriktningen vid 15% fuktkvot ..... ca 340 kp/cm^2

Användningen är för olika slag av finare förpackningar - cigarrlådor - samt i flygsammanhang som plywood. Sådan plywood användes t.ex. i konstruktionen för Jodel.

Lärk (Larix Decidua).
Det europeiska lärkträdet växer vilt i alperna och österut men odlas på många håll bl.a. i Sverige sedan 1700-talet. Trädet blir oftast större än tallen. Virket är mycket likt furu både i utseende och egenskaper. Såväl egenskaper som vikt är dock i allmänhet högre hos lärkträ. Egenskaper som elasticitetsmodul, drag- och böjhållfastheten ligger högt över furu och bör därför kunna ersätta detta i de flesta fall. Framför allt kärnveden är mycket varaktig även om den är utsatt för fukt, vatten och humusämnen. Lärkträ skulle alltså passa för longeronger i flottörer, amfibiebottnar etc.

Nordamerikanska arter.
Det finns en rad Nordamerikanska barrträdsarter som ofta används i flygsammanhang. Flera kända tillverkare som Piper och Robin använde resp använder Douglas Fir eller Oregon Pine som det ofta kallas. Även Sparmanjagarna byggdes med balkar av detta material. Andra använda arter är Noble Fir, Western Hemlock, Northern White Pine och Withe Cedar. Dessa träslag är godkända av FAA som ersättning för spruce. I AC 43.13-1 finns en konverteringstabell som måste följas. Dessa träslag är dock i allmänhet starkare än spruce men något tyngre.

Valnöt (Juglans).
Det finns huvudsakligen 3 valnötsarter och några träslag som liknar valnöt och därför säljs under detta namn. Den valnöt som förekommer i flygsammanhang är vanligen den amerikanska J.Nigra som används nästan endast till propellrar. Veden är hård, seg och varaktig samt lätt att bearbeta men relativt tung (något tyngre än bok).

Flygvapennorm MT 5 för valnöt kan erhållas från EAA:s kansli.

Teak (Tectona Grandis).
Teak, som växer i Indien och Indokina, används inte mycket i flygsammanhang. Vedens styrka, hårdhet, seghet, elasticitet och utmärkta varaktighet samt ringa krympning och svällning skulle dock passa i propellersammanhang. Volymvikten är något lägre än för björk. Teak går lätt att få tag på i Sverige till rimliga priser, speciellt som utskott vid fanértillverkning. Teak är dock mycket svårlimmat och sliter hårt på verktygen vid bearbetning p.g.a. fin sand i porerna.

Al, Klibb (Alnus Glutinosa).
Al är ett inhemskt träslag som oftast är förbisett och endast används till sniderier (Döderhultare) samt för träskobottnar. Detta virke är lättare än furu men har betydligt bättre hållfasthetsegenskaper utom vad avser draghållfasthet. Det har mycket bra tryckhållfasthet och stor slagtålighet. Det skulle därför med fördel kunna användas för propellrar med blandad träkonstruktion som ersättning för gran eller spruce eftersom det är ett mycket lätt träslag, lätt att bearbeta men ändå hårt.

AVSIKTLIGT BLANK

FLYGVIRKE

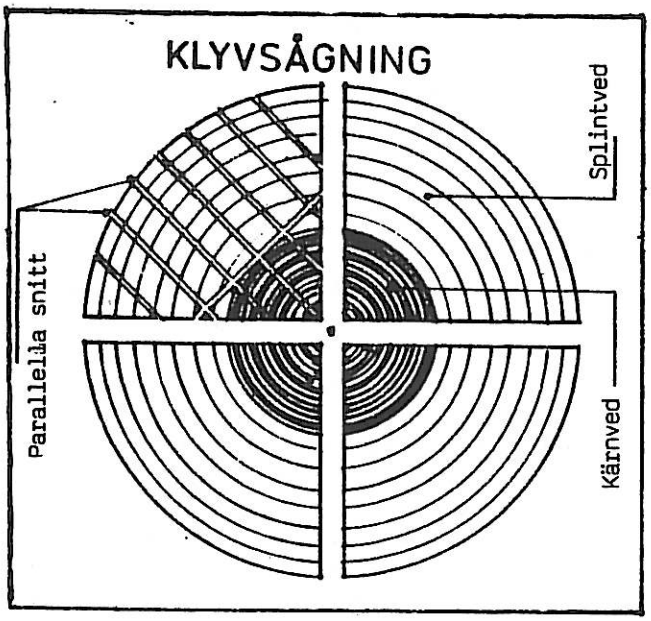
Trä används i flygsammanhang i tre former;

- massivt trä
- skikt- och lamellträ
- plywood (kryssfanér)

Allt trä i en flygkonstruktion skall vara av en jämn kvalité utan sådana felaktigheter som nedsätter hållfastheten, limbarheten eller åldringsbeständigheten. Däremot behöver det inte vara höghållfast eller speciellt tätvuxet. I många fall är det inte ens önskvärt. Ofta önskar man en viss volym för att öka styvheten snarare än en hög hållfasthet. En stötta måste t.ex. ha en viss dimension för att inte böja sig men får därvid en hållfasthet som väsentligt överstiger belastningskraven. Detta är bl.a. en av orsakerna till att ett lätt träslag som Sitka Spruce har fått så stor användning i flygsammanhang.

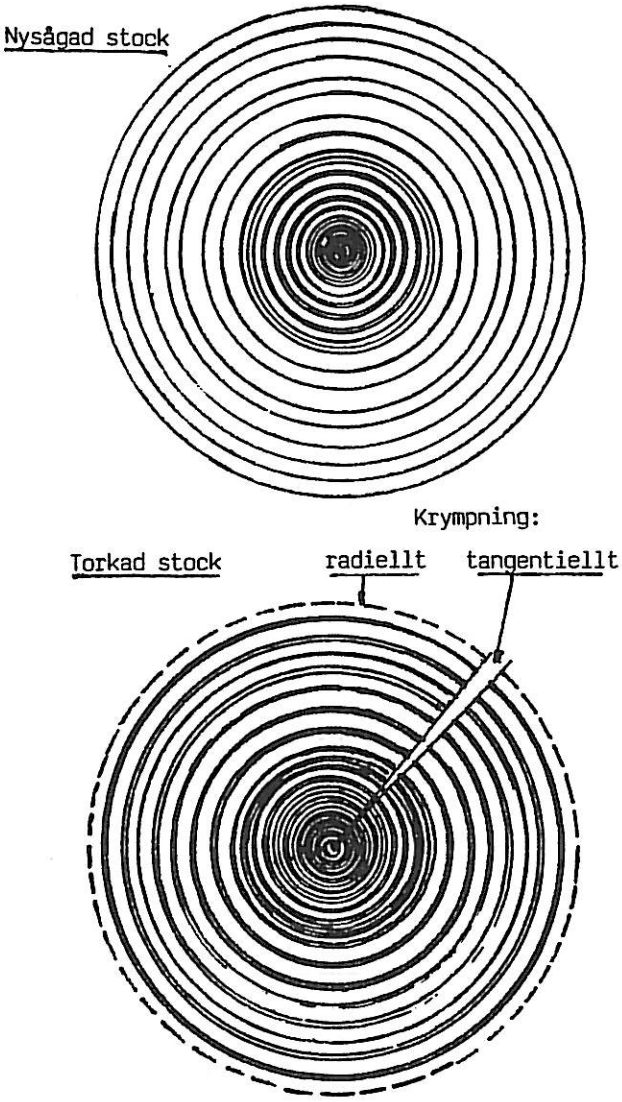
BEREDNING AV VIRKE

Till konstruktionsdetaljer med hög påkänning sågas plankor av minst 50 mm tjocklek. Dessa lufttorkas under 1 år (helst 2 år) så att fuktkvoten sjunker till max 12%. För att få de bästa bitarna ur en stam bör stocken klyvsågas och därefter klyvs varje kvarter enligt bilden nedan. Undvik kärnvirke av furu eftersom denna oftast är bemängd med kådämnen och därför mindre lämpad för limning. Splintveden är den som skall användas.



Genom klyvsågningen kommer årsringarna att vara orienterade åt samma håll, i varje fall i de större plankorna. Detta är eftersträvansvärt på grund av träets olika förmåga att upptaga fuktighet och därmed sammanhörande svällning och krympning. Trä uppvisar stora skillnader mellan de tre riktningarna; längdled, radielled och tangentielled, vad avser fuktupptagning. Svällningen är proportionell mot fuktupptagningen.

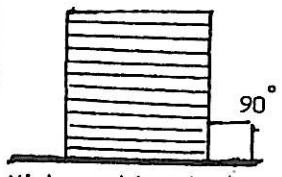
Rörelsen hos trä är störst tangentiellt med årsringarna, därefter radiellt in och ut från kärnan. Rörelsen i längdled, längs med fibrerna, är i det närmast obefintlig (se figuren nedan).



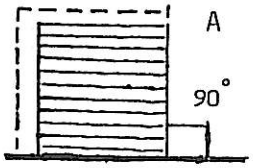
På grund av olika formförändring i träets olika riktningar måste sågning ske på sätt som visats, parallellt och vinkelrätt mot årsringarna. I figuren på nästa sida visas ytterligare exempel på formförändringar vid olika sågningar i förhållande till årsringarna. Bl.a. visas hur en vinkelförändring sker samtidigt med krympningen. Denna kombination är farlig eftersom anslutna delar då också kommer att deformeras.

Om man inte har möjlighet att själv bestämma hur sågningen skall ske, t.ex. genom köp av färdig-

Virke med sidorna parallella och vinkelräta med årsringarna.

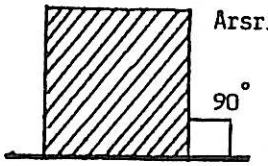


Virke med konstant fuktkvot

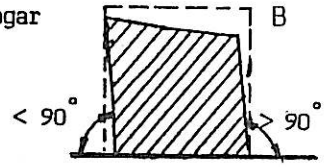


Virke med försänkt fuktkvot

Ribba sågad snett mot årsringarna.

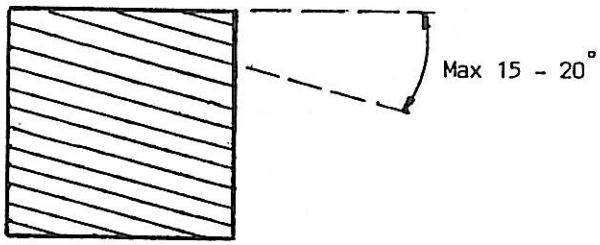


Ribba med konstant fuktkvot



Samma ribba med försänkt fuktkvot (Rörelsen något överdriven)

sågat virke från någon brädgård eller importerat virke, måste man helt enkelt välja det virke som har årsringarna vinkelräta eller i det närmaste vinkelräta mot någon sidoyta. I viss mån kan man kompensera detta vid uppsågningen särskilt om man utgår från grova plankor som skall sågas till tunna lister. Färdigt trämaterial för flygbruk skall ha en vinkel mellan årsringarna och sidoytan som är högst 15 - 20 grader (se figuren nedan).



Rörelse i trä på grund av fukt kan aldrig helt förhindras även om delarna är noggrant ytbehandlade. Rätt utförd ytbehandling reducerar dock rörelsen avsevärt. Är dessutom träet rätt sågat, enligt de visade figurerna, kommer rörelsen att vara symmetrisk och sålunda påverka anslutna delar likformigt och utan deformation.

Följande fel i trämaterialet skall skäras bort:
- kvistar, såväl lösa som fasta
- kådfickor (kådlåpor)
- fiberriktningar som skär snett mot något av planen
- vridna eller vågformiga årsringar
- blåträ
- delar med begynnande röta
- tjurved
- avväxt större än tillåtet i resp norm vid onormerat trä i avväxt större än 1:12

TORKNING

Virke som köps från brädgård är som regel torkat och då oftast vid förhöjd temperatur (ångtorkat). Detta har en ogynnsam inverkan på virkets form. Skeva plankor är vanliga efter ångtorkning. Försök att finna virke som torkats i stabbe (trave) under 1 - 2 år under tak utomhus. Sådant virke blir alltid rakare eftersom plankorna låser varandra med sin egen tyngd och ströning (fördelning). Torktidens längd motverkar också deformation. Virket skall vara torkat till en fuktkvot på 15 - 20% innan det tas in för uppsågning. Låt det sedan torka till ca 15% innan uppsågning. Försök sedan hålla virket vid en fuktkvot på minst 12% då ett färdigt flygplan kommer att hålla 12 - 15% om det förvaras i en normal hangar.

BEHANDLING AV VIRKET.

Sågat virke, inhemskt och importerat, har alltid en krymp- och hyvlingsmån. Den normala hyvlingsmånen för virke med engelskt mått (spruce) är för dimensioner över 2" på tjockleken 1/8" och på bredden 1/4". Observera att en 2" planka blir högst 45 mm då den hyvlats.

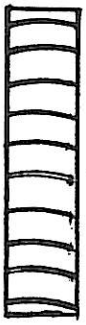
När sågningen utföres av en planka så måste man räkna med att 2 á 3 mm av ytan måste tas bort eftersom den oftast är skadad av mekaniska ojämnheter eller på grund av torkning.

Börja med att grovsåga virket i lämpliga dimensioner. Se till att det finns hyvlingsmån kvar för färdigt mått. Därefter tas virket in i bygglokalen och lagras där i ca 2 till 3 månader. Håll inte för hög temperatur, ca 18 grader är lagom. Relativ fuktighet bör vara 40 till 70%. Vänta med att hyvla. En ribba som är 20 x 20 mm hyvlad, kommer efter en tid att ha måtten 19 x 19,4 mm om den inte har torkat vid hyvlingen. Virket har sedan sågningen krymt ca 3 - 5%, detta trots att virket "var torkat". Värmen i bygglokalen samt den lägre luftfuktigheten driver ut mera fukt ur träet. Eftersom virket är obehandlat i bygget under månader, ja kanske år, skall naturligtvis träet

inte medges röra sig under byggtiden på grund av förändringar som orsakas av ändrat torkningsförhållande. Om detta får ske; kan det uppstå så stora påkänningar i den limmade konstruktionen att detta kan leda till brott.

Vid sågning av virket måste man vara uppmärksam på felaktigheter i träets struktur. En kådlåpa är t.ex. ingen enstaka företeelse. Påträffas en sådan så måste allt virket kasseras längs den årsringen där kådlåpan påträffats om användningen gäller en balk. Vid sågning av tunna lister syns kådlåpor lättare så att det är enkelt att sortera ut felaktigt trä.

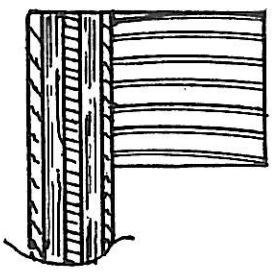
En list eller balk får olika egenskaper beroende på hur årsringarna orienteras. Med årsringar på "tvären" blir listen/balken styvare, på "flatan" böjligare. En balk bör alltså ha årsringarna orienterade som i vänstra figuren nedan. För en sprygellist bär årsringarna vara orienterade som på den högra figuren nedan.





Årsringarnas orientering i en sprygellist.

Årsringarnas orientering i balkmaterial.



Om listen skall limmas till ett livfanér i en balk så bör listen vändas så att årsringarna blir vinkelräta mot limytan enligt den vid stående figuren. Orsaken är att draghållfastheten tvärs fiberriktningen är mycket dålig hos de flesta träslag.

LAMELLERING

Virkets egenskaper kan förbättras avsevärt genom lamellering. Man kan också få ut större felfria dimensioner genom att kunna såga bort felaktigheter och därefter limma det kvarvarande materialet. Virket skäres i skivor eller stavar som stagvändas och limmas samman. Ett virke behandlat på detta sätt får bättre egenskaper än ett obehandlat om limningen utföres korrekt. Stagvändningen medför också att variationer i volymvikt, som är olika i ett träds topp- och rotända, utjämnas vilket är en nödvändighet vid tillverkning av propellrar.

Vid propellertillverkning användes ibland stavar i stället för skivor. Då gäller det att limfogarna måste förskjutas i förhållande till varandra åtminstone längs ena sidan (jämför med stenarnas placering i en murad tegelvägg). Den tyske propellertillverkaren Hoffmann använder stavar med måtten ca 16x16 mm i bladen för sina propellrar.

FÖRÄDLAT TRÄ

Den mest vanliga formen av förädlat trä är plywood eller kryssfanér. Plywood behandlas under pkt 21.2 och 21.4

En annan, i Tyskland och Finland, vanlig form av förädlat trä är komprimerat skiktträ. I Tyskland användes mest bok medan björk är vanligast i Finland.

Det tyska skiktträet betecknas enligt använd limsort (T = Tegofilm, Ph = Phenolharts) och träslaget (Bu). tjockleken av enkelfanéren (7 = 7 lager/cm, 20 = 20 lager/cm etc).

AVSIKTLIGT BLANK

TRÄETS FUKTKVOT

Avskrift av artikel ur CASCOS' tidning "Limspecialisten" Nr 2 1980. Författare av artikeln är Evert Perciwall. (Bearbetad av EAA).

Träets fuktkvot - en viktig faktor för ett gott limningsresultat och ett formstabilt flygplan.

Allt trä innehåller vatten. För att trä skall kunna limmas med gott resultat är det nödvändigt att träet torkas. Lämpligt fuktkvotsområde med hänsyn till limning är 6 - 12 %. Inom detta område får man god limflytning, d.v.s. limmet tränger in i träet, vilket är nödvändigt för att få ett bra limningsresultat. Om limmet inte tränger in i den närmaste träytan utan blir liggande som ett skikt i fogen så blir limförbandets hållfasthet lägre.

Om träet är alltför torrt finns det risk att liminträngningen blir för liten och om fuktkvoten är för hög kan följden bli den motsatta. När man använder kemiskt härdade limtyper som karbamidlim och resorcinollim ska en del av limmets vatten absorberas av träet innan den slutliga härdningen sker. Om en stor del av limvattnet finns kvar i limskiktet när limmet stelnat, som kan ske vid för hög fuktkvot i träet, blir limsubstansen så småningom sprödare och hållfastheten lägre.

Hur limmet flyter och tränger in i träet kan belysas av provlimningar med karbamidlimfilm. En karbamidfilm består av mycket tunnt papper som är helt impregnerat med karbamidlim. Om denna placeras mellan två fanér med låt oss säga 8 - 10% fuktkvot och pressas i varmpress så får man en lagom stor liminträngning och därmed god hållfasthet i förbandet. Om man gör om försöket att använda fanér med 20% fuktkvot, så finner man att det mesta av limmet har trängt in i fanéret. Kvar i fogen är nästan enbart papperet från limfilmen.

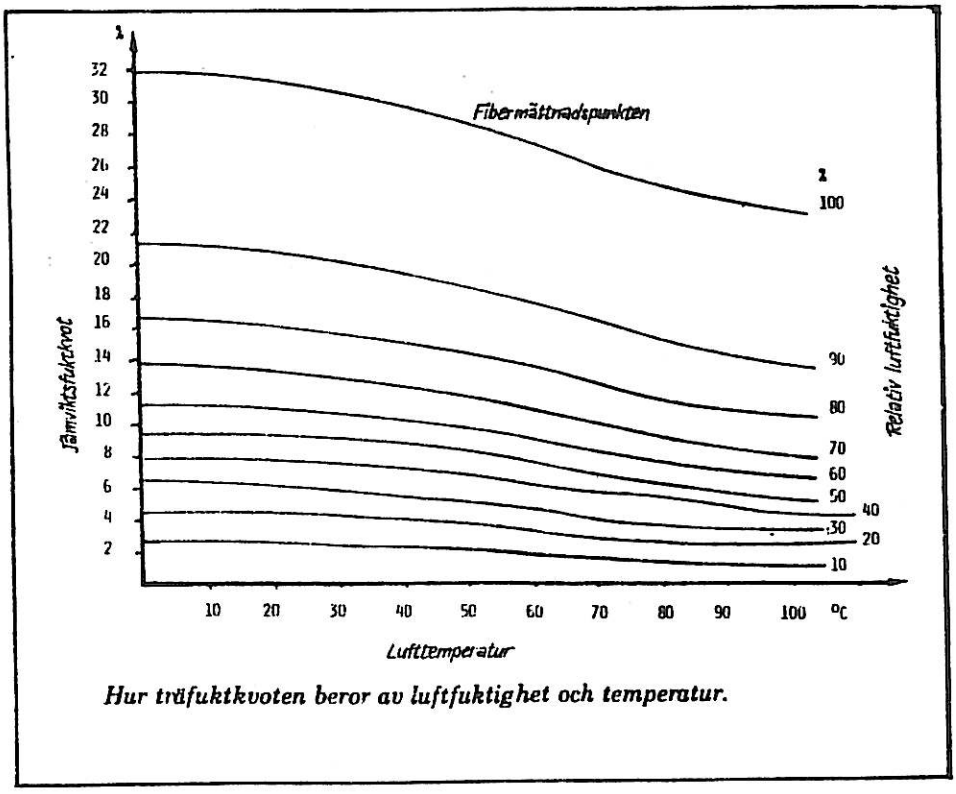
Om vi går den motsatta vägen och limmar fanér, som håller låt oss säga 2 - 3% fuktkvot, kommer limfilmen att ligga kvar mellan fanéren, blank och uthärdad, och limmets inträngning är i det närmaste obefintlig. Förklaringen är att det fattas vatten i träet för att limmet skall kunna flyta.

Inledningsvis nämndes 6 - 12 % som lämpligt fuktkvotområde. I en del fall kan dessa gränser överskridas resp underskridas utan att hållfastheten i limförbandet äventyras. Detta sammanhänger med limtyp, limningsmetod, trämaterial etc. Var gränsen går måste utprovas i varje särskilt fall.

Det är också viktigt att trä limmas vid det fuktkvotsområde som kommer att gälla för den färdiga konstruktionen. I annat fall är det risk att dimensionsförändringar inträffar, som medför att limfogarna utsätts för stora påkänningar. Förutom att sprickor kan uppstå i träet och kring limfogarna kan även skevhet och krokighet inträffa.

Som lämplig fuktkvot brukar man använda 6 - 8% för möbler och inredningar i varma hus. För fönster och ytterdörrar är riktvärdet 12%. Utomhuskonstruktioner som är skyddade från nederbörd bör ha en fuktkvot av ca 15%.

Som exempel kan vi nämna att tillverkaren av Bellanca uppger att de torkar virket för trävingar till en fuktkvot av 8 - 12%.



Hur träfuktkvoten beror av luftfuktighet och temperatur.

I flygplan som förvaras i en normal hangar kommer fuktkvoten att ligga vid upp mot 15%. I en tät plåthangar blir fuktkvoten ännu högre.
För att svällningen inte ska förorsaka problem när flygplanet tas ut (skevhet, bubblor i fanérklädseln, sprängda limfogar etc) måste av denna anledning hög luftfuktighet hållas i bygglokalen.

Avslutningsvis ska vi definiera några vanliga begrepp. Fuktkvoten anger träets vattenmängd i % av virkets torrvikt.

$$\text{Fuktkvot} = \frac{\text{Våtvikt - Torrvikt}}{\text{Torrvikt}} * 100$$

Fibermättnadspunkten är ett tillstånd där träfibrernas cellväggar är mättade med vatten. Fibermättnadspunkten varierar för olika träslag mellan 22 - 35 % fuktkvot. Övrigt vatten i virket förekommer fritt i träets cellhåligheter.

Jämviktsfuktkvoten är den fuktkvot som erhålles i virket när detta antar en vattenmängd som svarar mot vattenmängden i den omgivande luften vid en viss temperatur och relativ fuktighet.

Med hjälp av figuren på förra sidan kan man få fram vilken fuktkvot virket får efter lagring vid en viss temperatur och relativ fuktighet. Av diagrammet framgår att om man, som fallet ofta är under vintern i Norrland, har en relativ fuktighet av 30 % och 18° C inomhus i lokalen får virke som lagras i denna en jämviktsfuktkvot på bara omkring 6,3%.
För att få ett gott limningsresultat är det under sådana omständigheter nödvändigt med uppfuktning av luften.

****

NORMER, FURU

Flygvapnets upphävda norm MT 1 (Bearbetad av EAA).

I. Allmänna leverans- och provningsbestämmelser (MA 5) gälla i tillämpliga delar.

II. Användningsändamål
Materialet har tre användningsformer.

MT 1/1 För alla ändamål, förutom till sådana detaljer, där högvärdigare material föreskrives.

MT 1/1 a Högvärdigt material.

MT 1/2 För högt påkända detaljer.

III. Material

A. Sammansättning.
Normen gäller svensk furu (Pinus Silvestris).

B. Yttre egenskaper.

1. Träet får icke härröra från trädets toppände, skall ej ha mindre än 8 årsringar på 25 mm och helst vara klyvsågat (vinkelrätt mot årsringarna). Virket skall vara hugget och helst sågat under vintern samt barkat.

2. Torkning.
Träet bör vid leverans till ställe, där torkanläggning finnes om möjligt vara nysågat. Vid artificiell torkning skall luftens temperatur och fuktighet bestämmas under torkningens gång samt i övrigt för torkanläggningen givna föreskrifter följas.

3. För övrigt gäller:
   a) Träet skall vara friskt med rak växt och fritt från röta, blåyta, insekter eller därav uppkommen skada, kådlåpor, kvistar, vresighet (rosor) eller vågformig fiberbildning, sprickor, kärnskada och märgstråle.

   b) Träet får ej vara alltför kådrikt.

   c) Växtvridenhet och avväxten får ej överstiga 1 på 12.

C. Hållfasthetsegenskaper.
Vid en fuktighetshalt av 12 % skall följande hållfasthetsvärden uppnås.

	MT 1/1	MT 1/1a	MT 1/2
1. Draghållfasthet min kp/cm²	800	850	1000
2. Tryckhållfasthet min kp/cm²	400	480	480
3. Hållfasthet vid böjning:			
a) Elasticitetsmodul min kp/cm²	100 000	100 000	100 000
b) Böjhållfasthet min kp/cm²	700	850	850

D. Övriga egenskaper.
1) Fuktighetshalten hos torkat virke får ej överstiga 12 %.

2) Volymvikten bör vid en fuktighetshalt av 12 % ej understiga 0,435 och får ej överstiga 0,630 kg/dm^3.

IV. Kontrollbestämmelser

A. Uppgifter för bedömmande av träets kvalitét, såsom fällningstid, tid för uppsågning, torkningsförfarande m.m. införskaffas.

B. Yttre besiktning.
Genom okulärbesiktning kontrolleras träet enligt III B 1 och 3. Växtvridenhet och avväxt kontrolleras enligt MA 191 VI.

C. Hållfasthetsprov
1) Dragprov utföres enligt MA 191 II.
Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användning av virket. Ur för balkar avsedda plankor uttages 1 dragprov i var ände. Om fuktigheten avviker från 12% skall fordran på draghållfastheten för:

material enl MT 1/1 bestämmas ur diagram figur 1
material enl MT 1/1a bestämmas ur diagram figur 2
material enl MT 1/2 bestämmas ur diagram figur 2

2) Tryckprov utföres enligt MA 191 III.
Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Ur för balkar avsedda plankor uttages 1 tryckprov ur var ände. Om fuktighetshalten avviker från 12 %, skall fordran på tryckhållfastheten för:

material enl MT 1/1 bestämmas ur diagram figur 1
material enl MT 1/1a bestämmas ur diagram figur 2
material enl MT 1/2 bestämmas ur diagram figur 2

3) a. Elasticitetsmodulen bestämmes genom böjningsprov enligt MA 191 IV a. Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på elasticitetsmodulen bestämmas ur diagram fig 1 eller fig 2.

b. Böjningshållfastheten bestämmes genom böjningsprov enligt MA 191 IV b. Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på böjningshållfastheten för:

material enl MT 1/1 bestämmas ur diagram fig 1
material enl MT 1/1a bestämmas ur diagram fig 2
material enl MT 1/2 bestämmas ur diagram fig 2

D Övriga prov.
1. Fuktighetsprov utföres enligt MA 191 VII.

Provet utföres på resp drag-, tryck- eller böjningsprovstav. Antal prov bestämmes för varje särskilt fall med hänsyn till fuktighetshaltens variation i virkespartiet.

2. Volymvikten bestämmes enligt MA 191 VIII.

Antal prov är ej föreskrivet. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall gränsvärdena för volymvikten bestämmas ur diagram figur 1 eller figur 2.

E. Provtagning vid leverans

Vid leverans av virke uttages prov endast i tveksamma fall. Trä som uppfyller fordringarna under III B, uppfyller vanligen hållfasthetsfordringarna under III C.

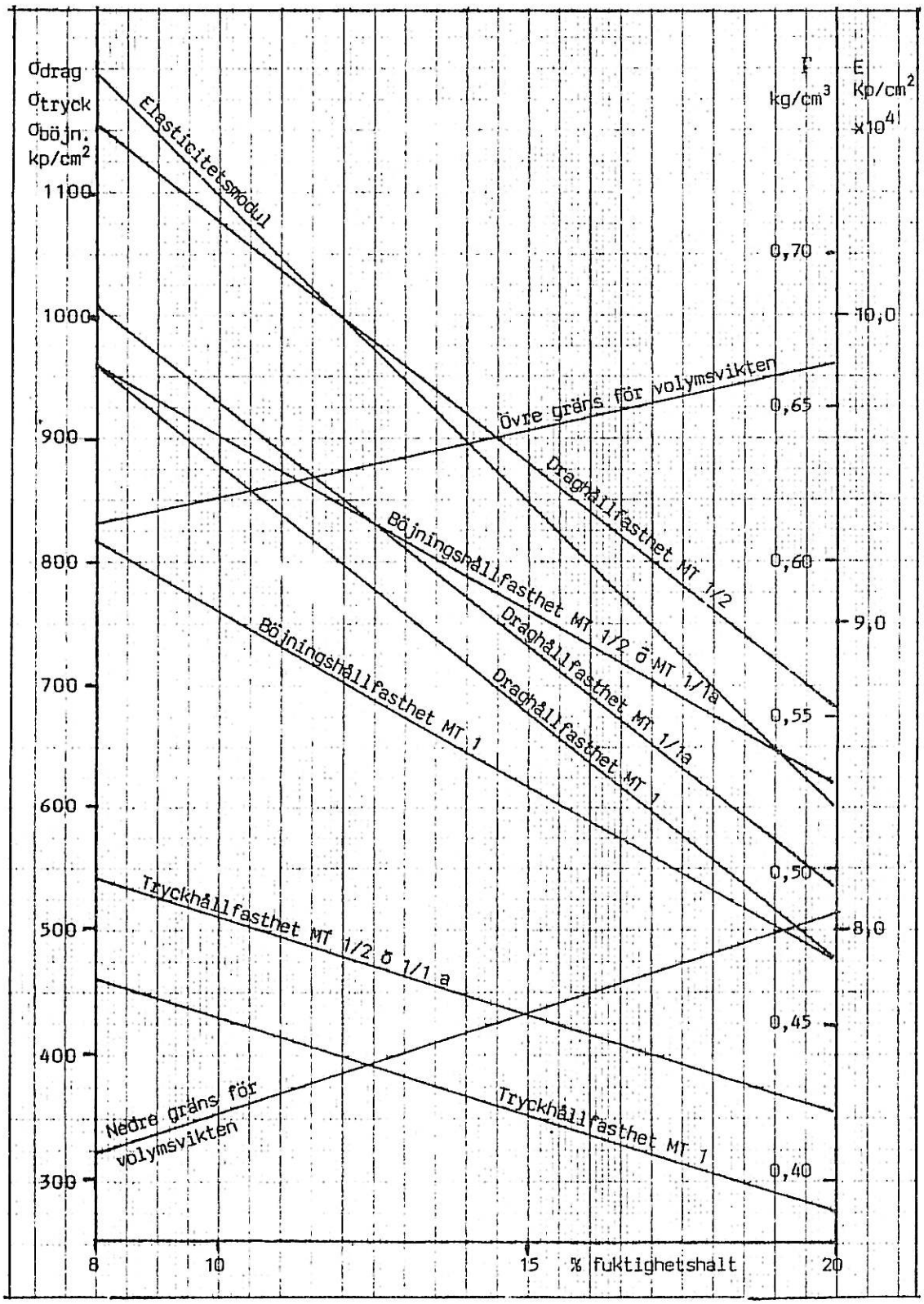
V. Märkning

MT 1/2 Godkänt material färgmärkes grönt på båda ändytorna
MT 1/1a Godkänt material färgmärkes blått på båda ändytorna

När en del av en planka av kvalitet MT 1/1 eller MT 1/2 uttagits, skall innan förnyad märkning utföres, genom okulärbesiktning kontrolleras att den kvarvarande delen ej är behäftad med sådana defekter, att den måste hänföras till lägre kvalitét.

VI EAA kommentarer:

Normalt erfordras endast tryckprov av de i normen angivna hållfasthetsproven. Endast vid högt påkända och marginella konstruktioner kan det vara befogat med fullständiga prov. I tveksamma fall rådfrågas EAA kontrollgrupp.



Draghållfastheten	σ_{drag}	som funktion av fuktighetshalten
Tryckhållfastheten	σ_{tryck}	som funktion av fuktighetshalten
Böjningshållfastheten	$\sigma_{böjning}$	som funktion av fuktighetshalten
Elasticitetsmodulen	E	som funktion av fuktighetshalten
Volymvikten	Γ	som funktion av fuktighetshalten

NORMER, SPRUCE

Flygvapnets norm MT 2 för spruce A (Bearbetad av EAA).

I. Allmänna leverans- och provningsbestämmelser (MA 5) gälla i tillämpliga delar.

II. Användningsändamål.
För balkar, spryglar m.m.

III. Material.

A. Sammansättning.
Normen gäller arterna silverspruce (Picea Sitchensis), West Virginia spruce (Picea Rubens) och Kanada spruce (Picea Canadensia).

B. Yttre egenskaper.

1. Träet får icke härröra från trädets toppända, skall inte ha mindre än 6 årsringar på 25 mm och helst vara klyvsågat (vinkelrätt mot årsringarna) samt barkat.

2. Torkning.
Träet bör helst vara lufttorkat. Vid artificiell torkning skall luftens temperatur och fuktighet bestämmas under torkningens gång samt i övrigt för torkanläggningen givna föreskrifter följas.

3. För övrigt gäller:
   a. Träet skall vara friskt med rak växt och fritt från röta, blåyta, insekter eller därav uppkommen skada, kådlåpor, kvistar, vresighet (rosor) eller vågformig fiberbildning, sprickor, kärnsköra och märgstråle.

   b. Växtvridenhet och avväxten får ej överstiga 1 på 15.

C. Hållfasthetsegenskaper.

1. Draghållfasthet.
Materialet skall vid en fuktighetshalt av 12 % ha en draghållfasthet av min 795 kp/cm^2.

2. Tryckhållfasthet.
Materialet skall vid en fuktighetshalt av 12 % ha en tryckhållfasthet av min 400 kp/cm^2.

3. Hållfasthet vid böjning.
Materialet skall vid en fuktighetshalt av 12 % ha en elasticitetsmodul av min 105 300 kp/cm^2.

4. Slagböjningshållfasthet.
Arbetsupptagningen vid slagprovet bör vara minst ca 1,10 kgm.

D. Övriga egenskaper.

1. Fuktighetshalten hos torkat virke får ej överstiga 12 %

2. Volymvikten bör vid en fuktighetshalt av 12 % ej understiga 0,390 kg/dm^2.

IV. Kontrollbestämmelser.

A. Uppgifter för bedömande av träets kvalitét, såsom växtort, fällningstid, tid för uppsågning, torkningsförfarande m.m, införskaffas om möjligt.

B. Yttre besiktning.
Genom okulärbesiktning kontrolleras träet enligt III B, 1 och 3. För fastställande av snedfibrigheten utföres klyvnings- och märkningsprov enligt MA 191 VI efter bedömande i varje särskilt fall.

C. Hållfasthetsprov.

1. Dragprov utföres enligt MA 191 II.
Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på draghållfastheten bestämmas ur diagram, fig 1.

2. Tryckprov utföres enligt MA 191 III.
Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Vid massiva vingbalkslister skall tryckprov efter uppsågning av ämnet uttagas i båda ändar. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på tryckhållfastheten bestämmas ur diagram, fig 1.

3. Böjningsprov utföres enligt MA 191 IV.
Antal provstavar bestämmas i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på elasticitetsmodulen bestämmas ur diagram, fig 1.

4. Slagprov utföres enligt MA 191 V.
Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket.

D. Övriga prov.

1. Fuktighetsprov utföres enligt MA 191 VII.
Provet utföres för respektive drag-, tryck- eller böjningsprovstav. Antal prov bestämmes för varje särskilt fall med hänsyn till fuktighetshaltens variation i virkespartiet.

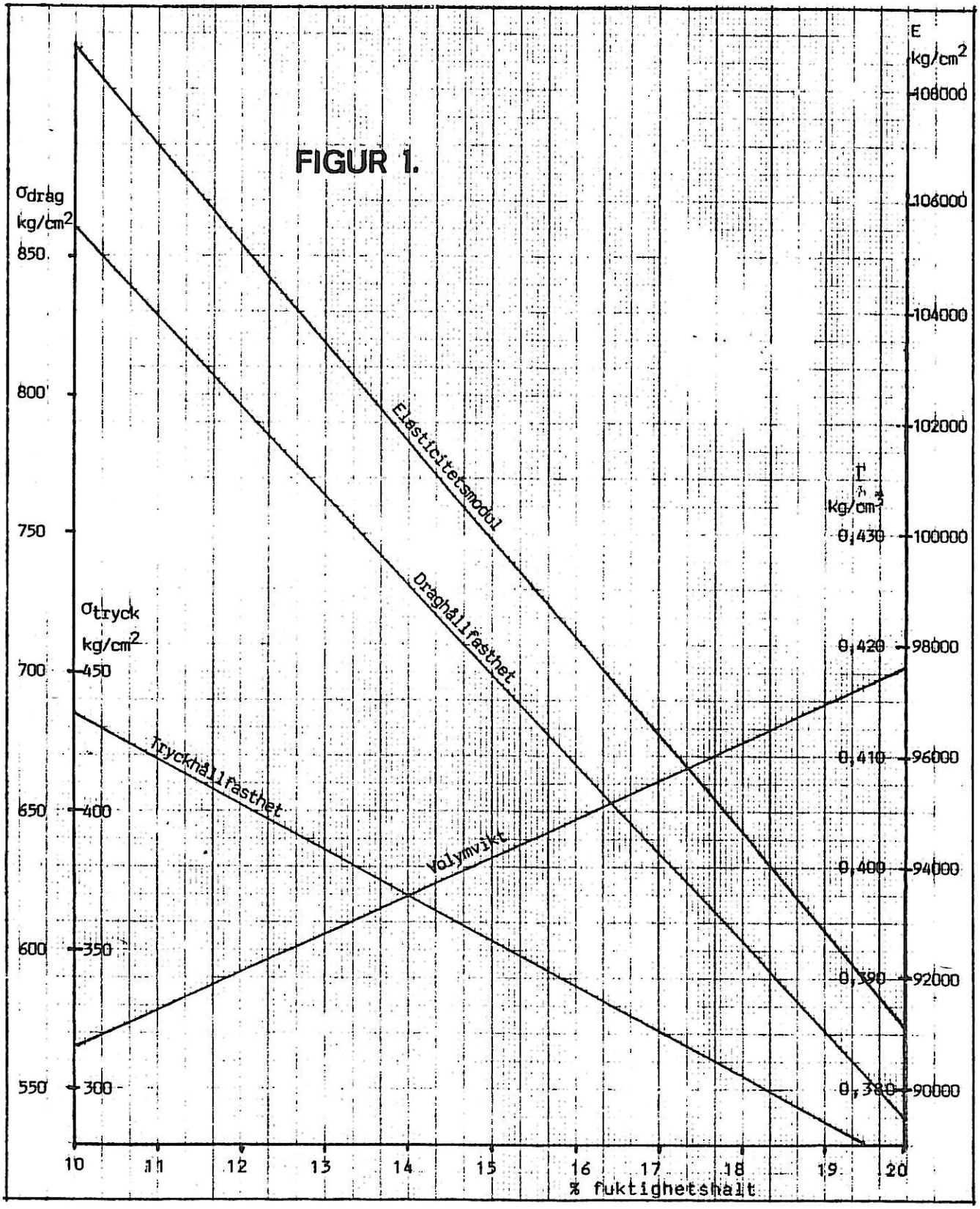
2. Volymsvikten bestämmes enligt MA 191.
Antal prov ej fastställt. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall minimifordran på volymvikten bestämmas ur diagram, fig 1.

V. Märkning.

Godkänt material märkes på båda ändytorna med "A".

VI. EAA Kommentarer:
Normalt erfordras endast tryckprov av de i normen angivna hållfasthetsproven. Endast vid högt påkända och marginella konstruktioner kan det vara befogat med fullständiga prov. I tveksamma fall rådfrågas EAA kontrollgrupp.

FIGUR 1.



Draghållfastheten	σ_{drag}	som funktion av fuktighetshalten
Tryckhållfastheten	σ_{tryck}	som funktion av fuktighetshalten
Elasticitetsmodulen	E	som funktion av fuktighetshalten
Volymvikten	Γ	som funktion av fuktighetshalten

AVSIKTLIGT BLANK

NORMER, ASK

Flygvapnets norm MT 4 för ask (Bearbetad av EAA).

I. Allmänna leverans- och provningsbestämmelser (MA 5) gälla i tillämpliga delar.

II. Användningsändamål.
Materialet har två användningsformer:
MT 4 För spryglar, spant, ramstycken, skidor, såvida ej MT 4/2 föreskrives.
MT 4/2 För speciella ändamål.

III. Material.
A. Sammansättning.
Normen gäller arterna europeisk ask (Fraxinus excelsior) och amerikansk ask (Fraxinus americano).

B. Yttre egenskaper.
1. Träet får icke härröra från trädets toppände, skall ej ha fler än 16 årsringar på 25 mm och helst vara klyvsågat (vinkelrätt mot årsringarna). Virket bör vara avverkat och sågat under vintern samt omedelbart efter sågningen vara försett med sprickskydd av plåt (ej trä) i ändarna, vilka skola kvarsitta tills träet fullständigt torkat.

2. Torkning.
Träet bör helst vara lufttorkat. Vid artificiell torkning skall luftens temperatur och fuktighet bestämmas under torkningens gång samt i övrigt för torkanläggningen givna föreskrifter följas.

3. För övrigt gäller:
a. Träet skall vara friskt med rak växt och fritt från röta, svampbildningar, insekter eller därav uppkommen skada, kvistar, vresighet (rosor) eller masurbildning samt sprickor av varje slag.
b. Växtvridenheten och avväxten får ej överstiga 1 på 12.
Anm Material med ovanligt stora och öppna porer eller porer med glänsande gul avsöndring kan förmodas vara sprött. Ljusare material är i allmänhet bättre än mörkare. Motsvarigheten till blånad hos furu är hos ask, att trädet antager en mörkbrun färg.

C. Hållfasthetsegenskaper.
Vid 12 % fuktighet skall följande hållfasthetsvärden uppnås:

	MT 4	MT 4/2
1. Draghållfasthet min kg/cm^2	1000	1000
2. Tryckhållfasthet min kg/cm^2	470	500
3. Hållfasthet vid böjning:		
a. elasticitetsmodul min kg/cm^2	120 000	120 000
b. böjningshållfasthet min kg/cm^2	800	1000
4. Slagböjningshållfasthet min kgm	1,4	1,4

5. Hållfasthet vid bockning.
En ribba 6,5 mm tjock skall vid 12 % fuktighetshalt kunna bockas runt en halvcirkel med 460 mm diameter utan att brista. Årsringarnas huvudriktning skall vara parallella med bockningsaxeln.

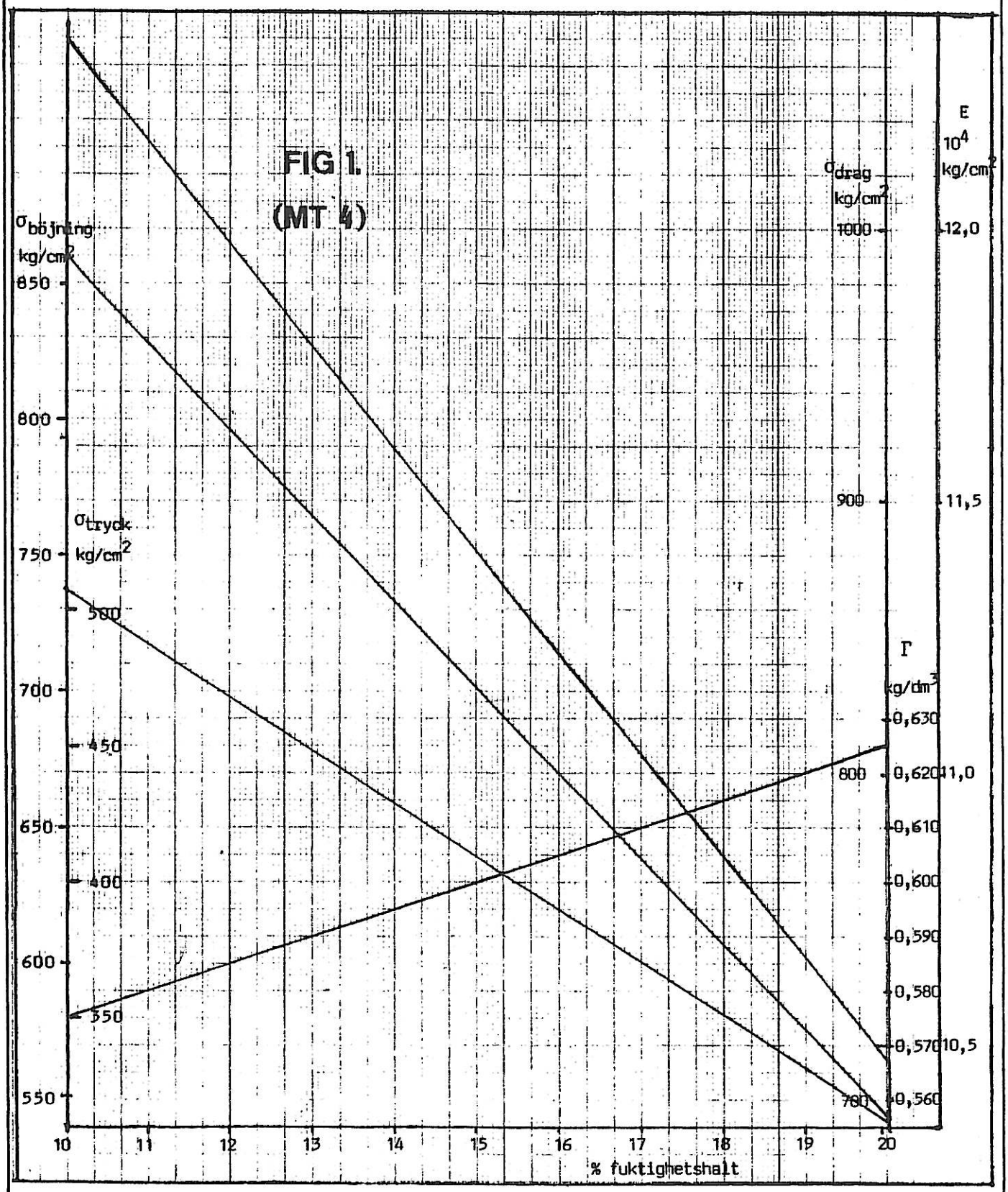
D. Övriga egenskaper.
1. Fuktighetshalten.
a. Bearbetningsträ: Fuktighetshalten får ej överstiga 12 %
b. Trä för riktning eller böjning genom basning:
Fuktighetshalten får ej understiga 25 % och bör helst vara savfuktighet.
Temperaturen vid basning får ej överstiga 100° C.
2. Volymvikten bör ej understiga 0,585 kg/dm^3 vid 12 % fuktighet.

IV. Kontrollbestämmelser.
A. Uppgifter för bedömande av träets kvalitét såsom växtort, fällningstid, tid för sågning, torkningsförfarande m.m. införskaffas om möjligt
B. Yttre besiktning.
Genom okulärbesiktning kontrolleras träet enligt III B, 1 och 3.
Växtvridenhet och avväxt kontrolleras enligt MA 191 VI.
C. Hållfasthetsprov.
1. Dragprov utföres enligt MA 191 II. Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på draghållfastheten bestämmas ur diagram fig 1 eller fig 2.
2. Tryckprov utföres enligt MA 191 III. Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran för tryckhållfastheten för:
material enligt MT 4 bestämmas ur diagram fig 1.
material enligt MT 4/2 bestämmas ur diagram fig 2.
3. a. Elasticitetsmodulen bestämmes genom böjningsprov enligt MA 191 IV a. Antal provstavar bestämmas i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på elasticitetsmodulen bestämmas ur diagram fig 1 eller fig 2.
b. Böjningshållfastheten bestämmes genom böjningsprov enligt MA 191 IV b. Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall fordran på böjningshållfastheten för:
material enligt MT 4 bestämmas ur diagram fig 1.
material enligt MT 4/2 bestämmas ut diagram fig 2.
4. Slagprov utföres enligt MA 191 V. Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket.
5. Bockningsprov utföres enligt III C 5. Antal provstavar bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till användningen av virket.

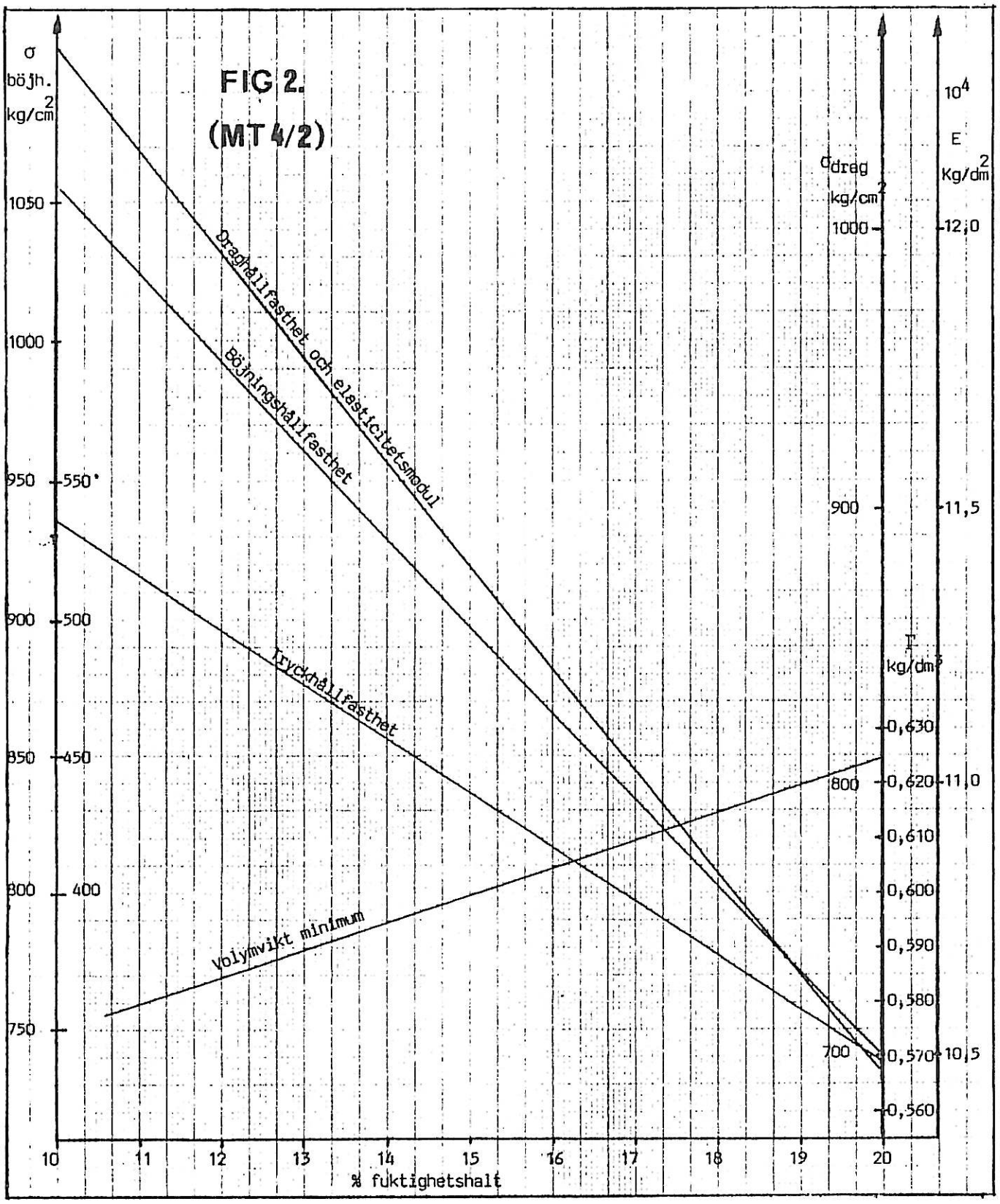
D. Övriga prov.
1. Fuktighetsprov bestämmes enligt MA 191 VII.
Provet utföres på resp drag- eller tryckprovstav. Antal prov bestämmes i varje särskilt fall med hänsyn till fuktighetshaltens variation i virkespartiet.
2. Volymvikten bestämmes enligt MA 191 VIII. Antal prov är ej fastställt. Om fuktighetshalten avviker från 12 % skall minimifordran på volymvikten bestämmas ur diagram fig 1 eller fig 2.

V. Märkning.
MT 4/2 Godkänt material färgmärkes grönt på båda ändytorna. När en del av en planka av kvalitet MT 4/2 uttagits skall innan förnyad märkning utföres genom okulärbesiktning kontrolleras att den kvarvarande delen ej är behäftad med sådana defekter att den måste hänföras till den lägre kvalitéten MT 4.

FIG 1.
(MT 4)



Draghållfastheten	σ_{drag}	som funktion av fuktighetshalten
Tryckhållfastheten	σ_{tryck}	som funktion av fuktighetshalten
Böjningshållfastheten	$\sigma_{böjning}$	som funktion av fuktighetshalten
Elasticitetsmodulen	E	som funktion av fuktighetshalten
Volymvikten	Γ	som funktion av fuktighetshalten



Draghållfastheten	σ_{drag}	som funktion av fuktighetshalten
Tryckhållfastheten	σ_{tryck}	som funktion av fuktighetshalten
Böjningshållfastheten	$\sigma_{böjn}$	som funktion av fuktighetshalten
Elasticitetsmodulen	E	som funktion av fuktighetshalten
Volymvikten	Γ	som funktion av fuktighetshalten

NORM, TRÄPROVNING

Flygvapnets norm MA 191 för träprovning (Bearbetad av EAA).

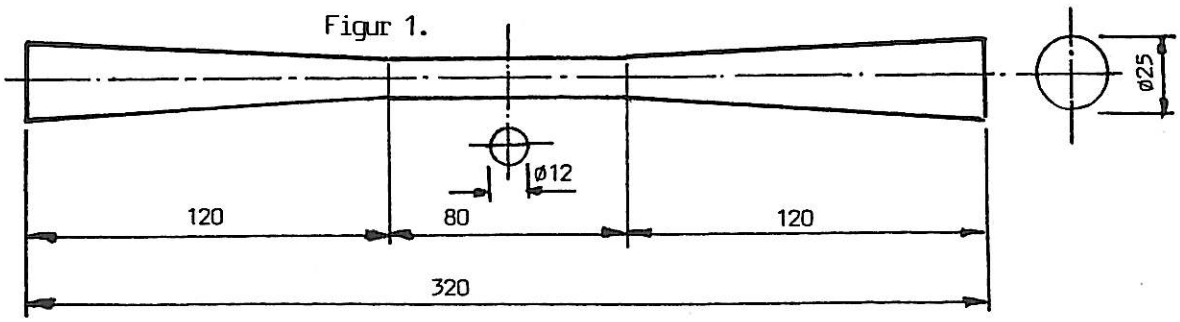
I. Allmänt.

Provning av trä kan ske antingen i fuktigt eller färdigtorkat tillstånd. I båda fallen måste hänsyn tagas till fuktighetshalten vid bedömning av provningsresultaten. Över ca 20 % fuktighet gäller emellertid icke längre sambandet mellan hållfasthet och fuktighet.

II. Dragprov.

Provstaven skall ha de i figur 1 angivna dimensionerna med fibrerna parallella med längdriktningen.

Figur 1.



Provstaven utsättes för långsamt stegrad dragbelastning till brott. Draghastigheten skall vara 1 mm/min.

III. Tryckprov.

Provstaven skall ha dimensionerna 25 x 25 x 50 mm och med fibrerna parallella med längdriktningen.
Tryckprovet utföres så, att kraftens riktning är parallell med fiberriktningen. Av stor vikt är att provstyckets ändytor är plana och parallella samt vinkelräta mot längdriktningen. Belastningsökningen per minut bör ligga mellan 200 och 400 kg/cm^2.

IV. Böjningsprov.

A. Bestämning av elasticitetsmodulen.

Provstaven skall om möjligt ha dimensionerna 25 x 25 x 500 mm med fibrerna parallella med längdriktningen och årsringarna möjligast parallella med belastningen. Om det är svårt att få ut en provstav med bredden b = 25 mm. får detta mått minskas till min 18 mm.
Provstaven placeras enligt figur 2 på två stöd med lika fördelad belastning i tvenne punkter, belägna enligt figuren. Belastningen bör överföras genom små stödplattor, så att lokal krossning av provstaven ej behöver befaras. Axiella krafter elimineras genom stödpunkternas uppläggning å kul- eller rullager.
Materialets elasticitetsmodul erhålles ur sambandet:

$$E = K^1 * \frac{P}{f} \quad kp/cm^2.$$

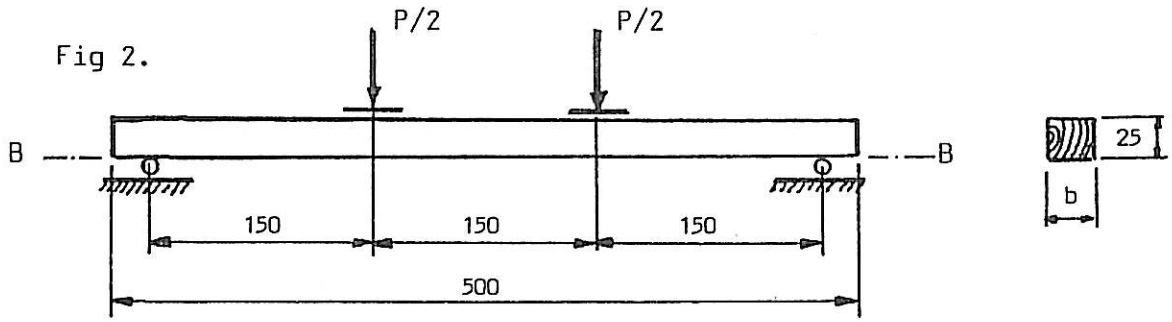
Härvid är:
P = totala belastningen i kp
f = nedböjningen på mitten i cm mätt från baslinjen A - B
K^1 = koeff, som varierar med provstavens bredd b och bestämmes ur diagram figur 3.

B. Bestämning av böjhållfastheten.
Bestämning av böjhållfastheten utföres lämpligen som en direkt fortsättning av prov enl IV A på så sätt att belastningen P stegvis ökas tills brott inträffar. Materialets böjningshållfasthet bestämmes härvid av sambandet

$$\sigma_{böjning} = K_2 * P_{brott}$$

Härvid är: P = totala belastningen i kp
K_2 = koeff, som varierar med provstavens bredd b och och bestämmes ur diagram figur 3.

Fig 2.



V. Slagprov.
Slagprovet utföres i pendelapparat enligt BESA. Provstaven skall ha de i fig 4 angivna dimensionerna 22 x 22 x 125 mm med träets fibrer parallella med längdriktningen och årsringarna enligt fig 4 a.

Fig 4

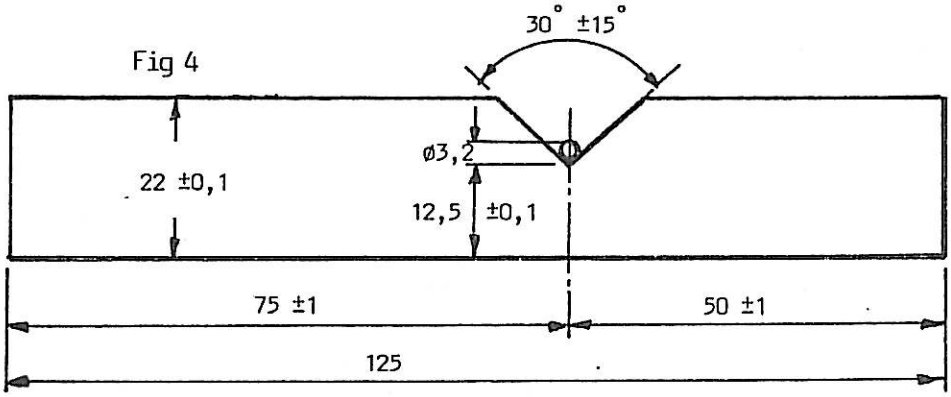
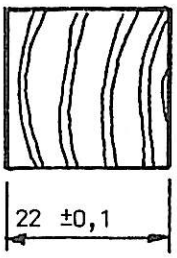


Fig 4 a



VI. Klyvnings- och märkningsprov.
Klyvningsprovet utföres med en bred och trubbig mejsel i såväl radiellt som tangentiellt i förhållande till årsringarna. Provstavens längd bör om möjligt ej understiga 100 mm och sammanfalla med träets längdriktning. Den kluvna bredden bör vara minst 25 mm.
I de fall, då klyvningsprov ej kan utföras, såsom i färdigbearbetade detaljer, undersökes fiberriktningen före hoplimning genom märkning med bläck utspätt med ca 50 % denaturerad sprit, som sprider sig i fiberriktningen. På färdigbearbetade trälister utföres detta prov på betryggande antal ställen.

VII. Fuktighetsprov.

På grund av fuktighetshaltens inverkan på hållfasthetsegenskaperna utföres alltid fuktighetsprov i samband med hållfasthetsprov, på samtliga eller viss del av för dessa prov avsedda provstavarna. Från dragprovstavarna uttages för detta ändamål ett stycke med en vikt av ca 12 - 15 gram från ena fästet.

Provstaven sönderdelas och väges, varefter den uppvärmes i en ugn eller ett kärl till en temperatur av ca 105^{o} C, vilket hålles konstant tills vikten av provstaven ej mera ändras (ca 6 timmar). Detta kontrolleras på så sätt att provstaven uttages och väges två gånger med minst 30 min torktid i ugnen mellan vägningarna. För torkningen har elektrisk ugn visat sig vara lämplig.

Är provstavens ursprungliga vikt = G_v
och slutliga vikt = G_t
blir den procentuella fuktighetshalten räknad på torrt trä

$$= \frac{G_v - G_t}{G_t} * 100$$

VIII. Bestämning av volymvikten.

Volymvikten bestämmes genom vägning av tryckprovstaven omedelbart före tryckprovets utförande och angives alltså vid den fuktighetshalt provet då besitter.

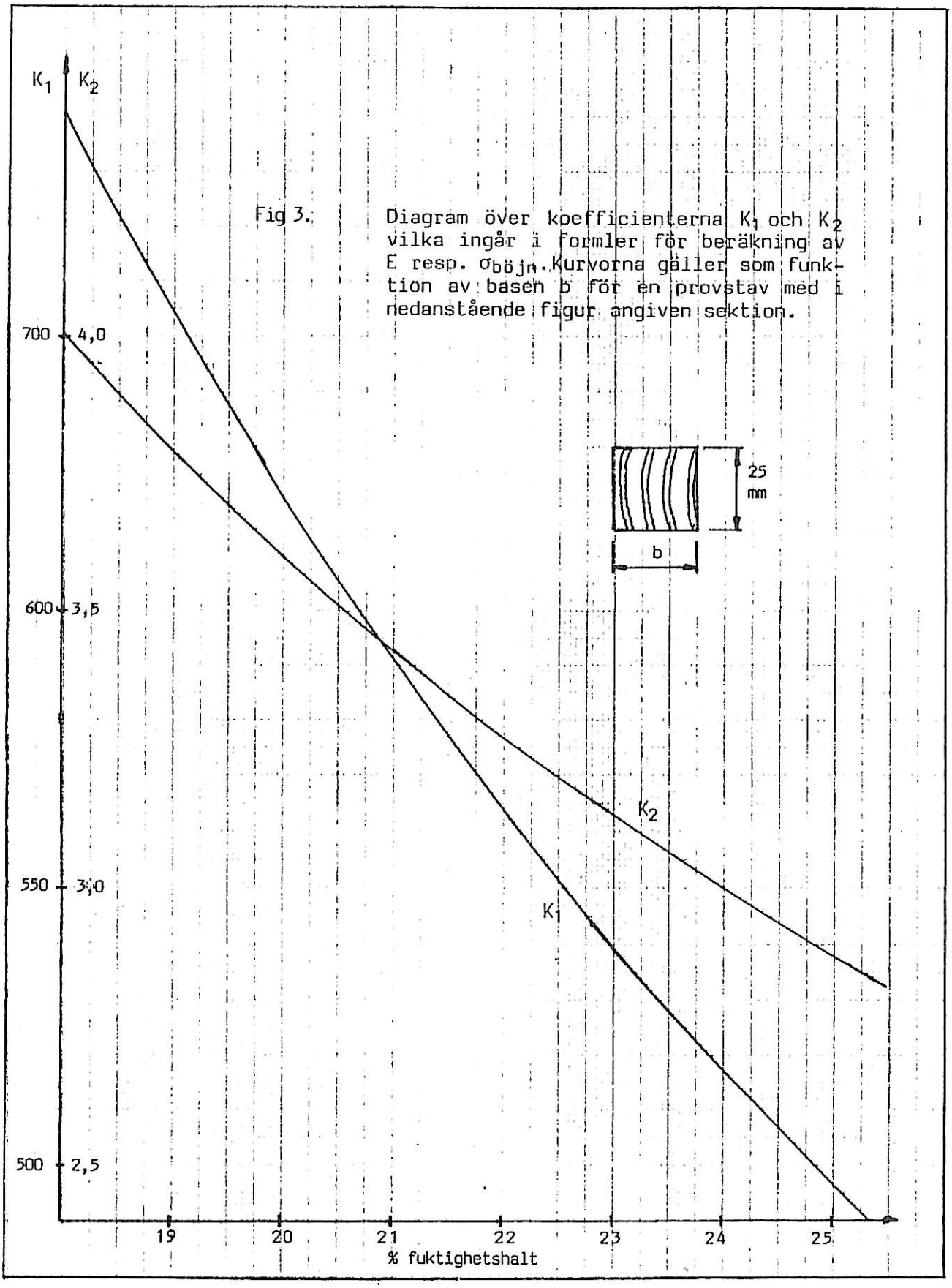


Fig 3. Diagram över koefficienterna K_1 och K_2 vilka ingår i formler för beräkning av E resp. $\sigma_{böjn}$. Kurvorna gäller som funktion av basen b för en provstav med i nedanstående figur angiven sektion.

EAA:s TRYCKPROVNING AV TRÄ

För att erhålla en indikering på att inköpt material fyller kraven, enligt de i avsedd norm angivna minimivärden, skall provning ske.

Ur flygvapnets norm MA 191 för träprovning samt norm MA 40 för skiktträ (den senare kan erhållas från EAA kansli) fås uppgifter om hur provning skall ske.

Tryckprovning kan utföras av EAA med egen utrustning som beskrivits i EAA-Nytt nr 7 1980. En kort beskrivning av utrustningen följer här.

Luft leds från en trycklufttub in i en cylinder med kolv. Trycket från behållaren kan regleras med en ventil.
Trycket överförs hydrauliskt till tryckklockan. Trästaven, som skall tryckprovas, placeras på avsedd plats i provutrustningen och luften släpps på med sakta ökande tryck tills träet "börjar flyta", eller bristningar börjar inträffa i provstaven.
I detta läge avläses lufttrycket som sedan ur tabell kan omvandlas till det tryck i kp/cm^2 som verkat mot provstaven.

Medlemmar i EAA kan lämna provstavar till EAA för tryckprovning.

Måtten på provstavarna skall vara 25 x 25 x 50 mm med parallella sidor. Vid tillverkning av provstavarna skall dessa kapas med övermått och därefter putsas till rätt mått.
Om provstavarna kapas med exakta mått (utan en efterföljande planputsning) kommer träet mellan årsringarna att ha slitits loss (mekaniska skador efter sågtänder etc). Detta ger fel anliggningsyta under provet vilket medför fel mätresultatet.
Sågmärken i provstavarnas ändar måste därför slipas till plan och helt slät yta, vinkelrätt mot sidorna och parallella med varandra.
Samma gäller sidytorna som måste slipas för att bristningarna skall kunna observeras under tryckprovningen.

Årsringarna skall vara parallella med provstavarnas längdriktning (se MA 191 pkt III).

Provstavar som insändas för tryckprov till EAA måste vara väl märkta som identifiering för att protokoll skall kunna upprättas.

AVSIKTLIGT BLANK

FÖRÄDLAT TRÄ, PLYWOOD OCH SKIKTTRÄ

21.2.1 Plywood.

Kännetecknande för plywood är att fiberriktningen mellan två lager fanér är vriden 90 eller 45° till varandra. Vanligast är dock 90°. Antalet fanér i en färdig skiva är nästan alltid udda så att de två yttre fanérens fiber kommer att ligga parallellt med varandra. Den vanligaste flygplansplywooden är björk, men även okumé och poppel kan förekomma.

21.2.2 Framställning av plywood.

Stammen uppskäres (knivskuren fanér), eller svarvas i skivor resp stora flak. Vid knivskuren fanér lägges skivorna parallellt till varandra till önskad bredd. Fanéret skarvas aldrig på längden. Skillnaden mellan knivskuren och svarvad plywood är, att den knivskurna har synliga skarvar mellan fanérskivorna och att dessa har mönster av avskurna årsringar medan den svarvade plywooden har hela fanér som bär mönster av "utrullade årsringar".
Fanérskivorna korsas enligt ovan och limmas samman i en varmpress under ett tryck av ca 25 bar (2500 kPa). Vanligtvis användes ett lim kallat "Tegofilm" som i form av ark lägges mellan fanéren.

Plywood kan fås i många varierande tjocklekar och med olika antal fanérlager.
Vanliga tjocklekar är 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, (tre lager fanér) 2.0, 2.5, 3.0, 3.15 (1/8"), 4.0, (fem lager fanér) 5.0, 6.0, 6.35 (1/4") (sju lager fanér) 7.0, 10.0, 12.0, 12.7 (1/2"), o.s.v. i varierande antal fanér, men oftast fler än 7.
Exempel finns på finsk 19 mm björkplywood med 38 lager fanér.
Olika fabrikat och ibland även samma fabrik tillhandahåller olika antal fanér för samma skivtjocklek. Detta bör uppmärksammas för t.ex. att plywood som skall böjas kraftigt bör ha ett färre antal fanér för att bli smidig.
Volymvikten vid 8 - 10% fuktkvot varierar från björkplywoodens ca 0.8, bok ca 0.7, furu ca 0.6 till okuméplywoodens ca 0,55 kg/dm^2.
Skivstorleken brukar vara kvadratisk i 1200 och 1500 mm. Plywood med 45° fanérvinkel är vanligtvis rektangulär t.ex. 1500 x 750 mm.

21.2.3 Plywood för flygbruk.

Plywood för flygbruk tillverkas vanligen av björk- eller okuméfanér, som "kompositplywood" med björkfanér i ytorna och poppel eller lind som spärrfanér. Okumé i ytterfanéren och poppel eller lind som spärrfanér förekommer också.
Kompositplywooden är amerikansk och tillverkad enligt norm MIL-P-6070. Övrig plywood kan erhållas i Europa, men lämpligast är kanske från Finland som tillverkar björkplywood. Där finns kvalitéer med tillverkningsmetoder avsedda för klassning av den färdiga produkten enligt Germanische Lloyds normer (GL-kvalité).

21.2.4 Lagring.

Lagring av plywood skall ske i rent utrymme med konstant temperatur av ca 15 °C och en relativ fuktighet av 65 %.
Skivorna skall ligga på fast underlag av trä, där varje stapel skall ligga minst 300 mm från golv och vägg. Ovansidan bör skyddas mot damm. Efter maximalt 3 månader skall stapeln travas om och skivorna vändas 180 grader för att luftas.

21.2.5 Klassning av plywood.

I handeln finns plywood med kvalitetsbeteckningar I till IV. Dessa beteckningar skall inte förväxlas med klassning för flygbruk. Handelskvalitéer I och VI AA (lika bra fram- och baksida) skulle antagligen kunna bli godkända som flygkvalité men skillnaden är att flygkvalitéerna tillverkas under opartisk kontroll samt testas.

De färdiga skivorna är vanligtvis märkta med en stämpel Germanische Lloyd (GL) certifikat eller Bureau Veritas (Frankrike) och klassas i kvalitét I, II eller III. Stämplarna garanterar då att skivorna motsvarar de av klassningssällskapen ovan angivna krav. Kvalité I skall användas då plyooden skall brukas till klädsel av vingar och kropp, eller ingå som del i vingbalk och liknande påkända ställen. Vid de fall då plywooden används i mindre bitar så att delar med felaktigheter kan avlägsnas, kan kvalité II användas. Klass I och felfria delar av klass II är lika starka. För att hitta inneliggande kvistar och liknande avvikelser som får förekomma i klass II, kan tunnare tjocklekar genomlysas med en stark lampa varvid kvistens läge kan markeras med blyerts på utsidan. Kvalité III bör endast användas i tunna tjocklekar, genomlysas och användas där påkänningarna är försumbara.

Germanische Lloyd certifikats stämpel är antingen fyrkantig och placerad i ett hörn av plattan med angivelse av limsort, träslag, tjocklek och fabrikat - eller en diagonal rullstämpel innehållande bokstäverna GL och romersk etta eller tvåa samt dessutom tillverkningsdatum. Stämpelfärgen är blå för kvalité I och röd för kvalité II.
Bureau Veritas stämpel är antingen trekantig med uppgift om limsort, träslag, tjocklek och fabrikat

eller fyrkantig med text Bureau Veritas med angivande av kvalité I eller II samt testdatum.
Bureau Veritas stämplar är antingen blåa eller röda med samma betydelse som för Germanische Lloyd's.

Flygvapnet har tagit fram en norm för kryssfanér MT 22 (se 21.2.11). I denna klassas plywooden som klass I eller klass II. Dessa klasser är jämförbara med Germanische Lloyd's och Bureau Veritas' motsvarande klasser.
Stämpling framgår av norm MT 22 i 21.2.11.

21.2.6 Klassning enligt Germanische Lloyd.
Normer kan fås från EAA kansli.

21.2.7 Klassning enligt Bureau Veritas.
Normer finnas inte f.n. hos EAA.

21.2.8 Ersättning för klassad plywood.
Till flygplandelar av plywood som kan vara benägna att buckla sig under last samt för vissa homogena spryglar och spant, kan man använda gaboon- eller okuméplywood. Dessa material är lättare än björk men har lägre hållfasthet. Detta kan kompenseras med större tjocklek varvid man vinner större motstånd mot buckling. Dessa plywoodsorter är i regel inte GL- eller BV-klassade, varför konstruktörens anvisningar angående kvalité och inköpsställen skall följas.

21.2.9 Skiktträ av björk.
Skiktträ består av hoplimmade träskikt (enkelfanér) och levereras i form av plattor. Kan användas som råmaterial vid tillverkning av propellrar varvid flygvapnets förnorm MT 30 skall följas. Provning skall ske enligt flygvapnets norm MA 40. Båda dessa normer kan fås från EAA kansli.

Uppbyggnad, inre och yttre beskaffenhet.
Träskikten skall vara av lämplig björk och av god kvalitét, fria från hål, sprickor, splitter och andra felaktigheter. Fasta kvistar, som är större än 6 mm i diameter, och lösa kvistar får ej förekomma. Små fasta kvistar får icke vara allt för talrika.
Fiberriktningen skall vara jämn och rak samt får icke avvika från riktningen hos en längdkant av skiktet resp plattan med mer än 10° med undantag för vart 10:e skikt, som lägges med fiberriktningen vinkelrätt mot plattans längd- och fiberriktning.
Alla skikt skall vara ungefär lika tjocka, ca 0,3 mm, och skall ha ungefär samma vattenhalt före hopfogningen. Färdiga plattor få icke eftertorkas.
Skikten skall hoplimmas med konsthartslim, t.ex. fenolhartslim, som skall vara likformigt fördelat.

Vid skarvning av skikt skall fogen gå antingen vinkelrätt mot eller parallellt med skiktets fiberriktning. Fogar i andra riktningar tillåtas inte. Fogar få i regel icke förekomma direkt ovanför varandra utan skall vara spridda och på ett avstånd av minst 100 mm. Eventuella fogar, som förekomma direkt efter varandra, skall skiljas genom minst 7 skikt. Fogar skall vara slutna.

Plattorna skall vid framställningen utsättas för ett över hela ytan jämt fördelat tryck. Ojämnhet eller skevhet hos plattan får icke överskrida 5 mm per meter. Plattornas hörn skall vara skarpa och jämna.

Volymvikten blir hög ca 0,95 kg/dm^3.

21.2.10 Skiktträ av komprimerad bok.
Även skiktträ av bok består av hoplimmade skikt av enkelfanér, dock med en tjocklek av ca 0,5 mm. I princip är uppbyggnaden lika som för skiktträ av björk men spärrfanér (vinkelvända 90°) förekommer inte. Limningen sker under mycket högt tryck.

Komprimerad bok används i bladroten på ställbara propellrar och i navet på fasta. Skarvning med lättare trä i själva bladen sker genom "fingerskarvar" (Hoffmanntyp).

Volymvikten blir mycket hög omkring 0,85 kg/dm^3.

EAA disponerar f.n. ej någon norm för skiktträ av komprimerad bok. Vi arbetar dock på att anskaffa en norm. I Tyskland gäller normblad 6.10.07 för 7-lagers och 6.10.20 för 20-lagers skiktträ av bok.

21.2.11 Norm för kryssfaner (MT22).

I. Användningsändamål.

Materialets användningsformer:
MT 22/1 och MT 22d/1 användas i allmänhet.
MT 22/2 och MT 22d/2 användas för högt påkända delar.
MT 22/2 och MT 22d/2 uttagas ur MT 22/1 resp MT 22d/1 genom 100% provning och böra icke användas annat än där så är oundgängligen nödvändigt.
Vid upphandling av MT 22/1 och MT 22d/1 förekomma 2 renhetsgrader med avseende på felaktigheter, nämligen klass I med större renhet och klass II med mindre renhet (se pkt II D-E). MT 22/2 och MT 22d/2 skall ha renhetsgraden klass I.

II Materialbestämmelser.

A. Framställning av enkelfanér.

1. Enkelfanér skall framställas genom rundsvarvning eller planskärning av björkstocken.
2. För enkelfanér tillåtas fogar parallellt med fiberriktningen. Dessa fogar skall vara konsthartslimmade. Fogarna måste sluta tätt, och och limfickor få icke förekomma. Skarvning medelst pappersremsor, metallklämmor eller liknande får icke förekomma.

B. Uppbyggnad av kryssfanér.

1. Kryssfanér skall beträffande tjocklek och fiberriktning vara symmetriskt uppbyggt i förhållande till mittskiktet.
2. Kryssfanér skall, beroende på tjockleken, uppbyggas av nedan angivna antal enkelfanér.

Tjocklek	Antal enkelskikt
< 2 mm	3
= 2 mm	3 eller 5
> 2 - 5 mm	5
> 5 mm	7

3. Kryssfanér kan uppbyggas som:
   a. Parallellfanér, MT 22, d.v.s. kryssfanér, i vilka fiberriktningar i ytterskikten är parallella med varandra och med 2 av plattans kanter.
   b. Diagonalfanér, MT 22d, d.v.s. kryssfanér, i vilka fiberriktningar i ytterskikten är parallella med varandra samt bilda 45 vinkel med plattans kanter.

   I två intill varandra liggande fanérskikt skall både för parallell- och diagonalfanér fiberriktningarna vara vinkelräta mot varandra.
4. Fanérskikten skall sammanlimmas med konsthartslim.
5. Såvida icke annat angives gäller:
   För kryssfanér med bredden </= 1000 mm får endast en fog förekomma i ena ytterskiktet. Det andra ytterskiktet skall vara fritt från fogar.
   För kryssfanér med bredden >1000 mm får en fog förekomma i ena ytterskiktet och två i det andra.
   Avståndet mellan fogarna skall vara i samma ytterskikt >500 mm, i samma mellanskikt >200 mm, i olika snitt med samma fiberriktning >100 mm.

C. Ytbehandling

Enda tillåtna efterbehandling är lätt putsning med sandpapper. Denna behandling får icke förändra den symmetriska uppbyggnaden. En sida skall vara glatt.

D. Otillåtna felaktigheter i enkelfaneren.

Klass I:

Nedanstående felaktigheter få icke förekomma, såvida de icke är belägna <30 mm från plattans kanter.

Klass II:

Nedanstående felaktigheter få icke förekomma inom en sammanhängande rektangulär yta av min 60% av plattans yta men tillåtas på resten av plattan.

1. Lösa och döda kvistar samt hål.
2. Fasta kvistar med diam >6 mm.
3. Vid treskiftat kryssfanér; mer än 4 kvistar per m med diam <6 mm i ett och samma skikt och ett avstånd mellan kvistarna <200 mm.
4. Vid femskiktat kryssfanér; mer än 6 kvistar per m med diam <6 mm i ett och samma skikt och ett avstånd mellan kvistarna <150 mm.
5. Övermoget material, vresighet, röta och mögel.
6. Missfärgningar, som kan medföra nedsatt hållfasthet.
7. Andra felaktigheter, vilka kunna medföra nedsatt hållfasthet.

E. Otillåtna felaktigheter uppkomna vid tillverkningen.

Klass I:

Nedanstående felaktigheter få icke förekomma, såvida de icke är belägna <30 cm från plattans kanter.

Klass II:

Nedanstående felaktigheter få icke förekomma inom en sammanhängande rektangulär yta av min 60% av plattans yta men tillåtas på resten av plattan.

1. Sprickor, repor och andra ojämnheter vilka nedsätta kryssfanérets hållfasthet.
2. Vågiga eller krumma kryssfanér.
3. Ställen, där limmet ej tagit.
4. Urstansade kvistar.
5. Veck i kryssfanérets ytterskikt.

F. Standarddimensioner och toleranser.

1.

Nominell tjocklek	Toleranser	Nominell tjocklek	Toleranser
0,6 mm	± 0,06 mm	2,5 mm	± 0,20 mm
0,8 mm	± 0,08 mm	3,0 mm	± 0,20 mm
1,0 mm	± 0,10 mm	4,0 mm	± 0,25 mm
1,2 mm	± 0,12 mm	5,0 mm	± 0,25 mm
1,5 mm	± 0,15 mm	6,0 mm	± 0,30 mm
2,0 mm	± 0,20 mm	8,0 mm	± 0,40 mm

2. Inbördes förhållandet mellan skiktens tjocklek skall för kryssfanér ligga mellan gränserna 1:2:1 etc - 1:1:1 etc.
3. Format angives vid beställning.

G. Hållfasthetsegenskaper.

		MT 22/1 MT 22d/1	MT 22/2 MT 22d/2
1. Draghållfasthet i lufttorrt tillstånd:			
Längs + tvärs ytterskiktens fiberriktning	min kp/cm²	1400	1400
Längs ytterskiktens fiberriktning	min kp/cm²	700	850
Tvärs ytterskiktens fiberriktning	min kp/cm²	450	450
2. Skjuvhållfasthet i limfog.			
Efter blötläggning 48 h	min kp/cm²	20	20

3. Böjbarhet.

Prov uttages längs och tvärs ytterskiktens fiberriktning, skall kunna böjas 180° en gång fram och tillbaka över en cylinder med radien

50 gånger kryssfanérets tjocklek, utan att därvid sprickor uppstå eller limningen släpper.

H. Fuktighetshalt.
Fuktighetshalten skall vara max 12% räknat på det torra träets vikt.

I. Övriga egenskaper.
Kryssfanéren skall kunna användas i basade kontstruktioner med tillfredställande resultat.

III. Kontrollbestämmelser.
Allmänt.
Prov skall uttagas så, att de på riktigaste sätt representerar partiet. Om underkända värden erhålles, utföras omprov i tillräcklig omfattning för att avgöra, huruvida partiet kan godkännas eller icke.

A. Besiktning.
Vid besiktning kontrolleras samtliga kryssfanér enligt IIA, B, C, D och E. Alla punkter II D 1-7 och II E 1-5 angivna felaktigheter, utmärkas med röd begränsningslinje.
Beskaffenhet på kryssfanérens innerskikt kontrolleras medelst genomlysning på kryssfanér t.o.m. 3 mm tjocklek.

B. Standarddimensioner och toleranser.
Dimensionsmätning skall ske i tillräcklig omfattning å samtliga kryssfanér för kontroll av, att föreskrivna dimensioner ligga inom tillåtna toleransgränser.

C. Hållfasthetsprov.
1. Dragprov utföres enligt MA 192 I. Ur var och en av de plattor, som skall provas, uttages en provstav parallellt med och en provstav vinkelrätt mot ytterskiktets fiberriktning. Inom varje dimension av varje leverans skall minst nedanstående antal plattor provas.

Leverans m^2	MT 22/1, MT 22d/1 Antal plattor	Leverans m^2	MT 22/1, MT 22d/1 Antal plattor
0 - 100	4	101 - 200	6
201 - 500	8	501 - 1000	12
> 1000	16		

2. Skjuvprov utföres enligt MA 192 II. Ur var och en av de plattor, som skall provas, uttages en provstav parallellt med ytterskiktets fiberriktning. Provomfattning: se punkt III C 1.
3. Böjprov utföres enl MA 192 III. Provomfattning: se pkt III C 1.

D. Övriga prov.
Fuktighetsprov utföres enl MA 192 IV. Provomfattning: se pkt III C 1.

IV. Märkning.
Godkänt kryssfanér märkes med rullstämpel, angivande normbeteckning, nominell tjocklek samt "rödmärkta ställen får icke användas".
Märkningen skall ske så tätt, att även mindre delar, som uttages, erhålla betryggande märkning. Märkning skall utföras med färg, som icke löses i lacker å olje- eller nitratbasis.
Varje platta märkes dessutom i ett hörn med "Klass I" resp "Klass II".

V. Lagring.

Kryssfanér skall lagras i en väl ventilerad lokal, där temperaturen håller mellan +5 och +25° C. Plattorna skall därvid ligga på plant underlag i horisontella buntar, vilka på översidan skyddas av tjockare kryssfanér, på vilka tyngder placeras. Buntarna få icke ligga närmare golv och väggar än 30 cm för att undvika fuktighetsinverkan.

Kryssfanér skall skyddas för direkt solbestrålning.

TRÄBEARBETNING, HJÄLPMEDEL

21.3.1 Verktyg allmänt.

Till flygplanstillverkning i trä används uteslutande vanliga i handeln förekommande, träbearbetningsmaskiner och handverktyg. Regeln är här som i vilket snickeri som helst att verktygen skall vara hela, skarpa och rena från lim etc på tryckytorna.

En uppsättning vanliga verktyg är följande:

- Såg, fintandad för fanér
- Sandpapper grovt, köpes på rulle
- Sandpapper finare korn, köpes som ark
- Stålskala ca 1 meter eller minimum 60 cm
- Smygvinkel
- Vinkelhake 90 grader
- Ritsmått, strykmått
- Passare
- Radiemall, hålmått
- Tvingar i olika storlekar (stort antal)
- Limklämmor
- Häftpistol för 10 mm klammer
- Rondellslip, fast bordsmonterad

21.3.2 Riktbräda.

Skaffa en ribba, mått ca 10x40x2500 till 3000. Den är oumbärlig då man skall rita upp balkutbredning, såglinjer i plywood eller av annat skäl behöver långa raka linjer.
Ribban skall vara hyvlad, plan parallell och av förstklassigt virke så att den inte slår sig. För att kontrollera rakheten kan man slå i två spikar i var ände av arbetsbänken och lägga riktbrädans ena kant mot de bägge spikarna. Dra därefter en linje mellan dessa utefter riktbrädan. Vänd sedan riktbrädan upp och ner och skjut den mot spikarna igen och dra ytterligare en linje mellan dessa. Kontrollera om det finns någon skillnad mellan linjerna. Halva den eventuella skillnaden utgör brädans avmått från en tänkt rät linje. Anteckna avmåttet på brädan och visa åt vilket håll den tänkta räta linjen ligger. Glöm inte att då och då under byggets gång åter kontrollera riktbrädans rakhet. En snabbkontroll kan ske genom att syfta längs riktbrädan.
"Riktbräda" kan även vara utförd av aluminiumprofil (I- eller fyrkantform).

21.3.3 Limverktyg.

För att uppnå ett fackmässigt utförande av limningar av olika material med avseende på presstryck finns det en mängd olika hjälpmedel.

Några olika typer:

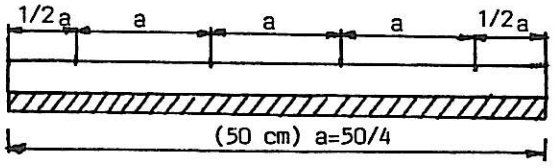
Limpress	Exentertvingar
Specialpress (inte vanlig)	Limknektar
Tvingar	Fjäderklämmor
Spiklister	Häftpistol med skyddslister
Tyngder	Remmar
Snören	

21.3.4 Limpress.

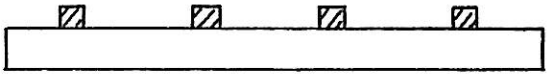
Limpress är inte var mans egendom men brukar finnas på snickerier. Skall man limma en störrre yta, låt oss säga ett heltäckt spant med inneliggande ribbor på olika platser, så är en limpress att föredra. Dels är det omöjligt att nå över spantet med vanliga skruvtvingar och dessutom är det nästan omöjligt att få spantet plant om man inte limmar det mot ett bord eller motsvarande plant underlag. I ett sådant fall bör man låta en limpressägare utföra jobbet. Det behöver inte bli dyrt och arbetet blir förstklassigt.

21.3.5 Specialpress.

Vid limning av långa stycken (som t.ex. vid skarvning av plywood för klädseln) kan man göra på följande sätt om förutsättningar finns.
Lägg upp plywooden på ett stadigt bord. Lägg in laskarna över varandra och justera så att de ligger exakt rätt. Nubba fast plywooden till bordet med två nubb i varje skiva ca 200 mm från laskarna. Mät upp laskens yta. Låt oss anta att den är 200 cm^2 (4 cm bred och 50 cm lång). Erforderligt presstryck enligt limtillverkaren är t.ex. 2 kp/cm^2 för träslag som ingår i fanéret. Det gör ett totalt tryck av 400 kp över hela limningen. Stryk på lim och lägg ihop lasken enl limfabrikantens instruktioner. Lägg över en träbit som är lika stor som lasken, men inte större. Passa in den noga. Dela träbiten i 5 delar varav de yttersta delarna skall vara hälften så långa som var och en av de övriga tre enligt nedan.

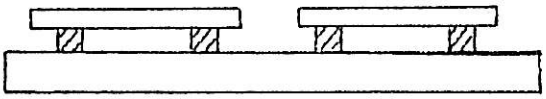


Lägg sedan en träkloss ca 2x2 cm och lika lång som underlaget (träbiten) är bred, mitt emellan varje sådant indelat fält enligt nedan.

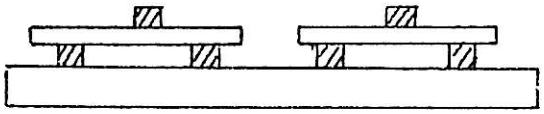


"Broa" sedan över dessa parvis med ca 2,5 cm fyrkant träribbor lika långa som underlaget mot ply-

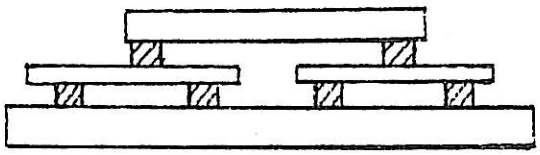
wooden enligt nedan.



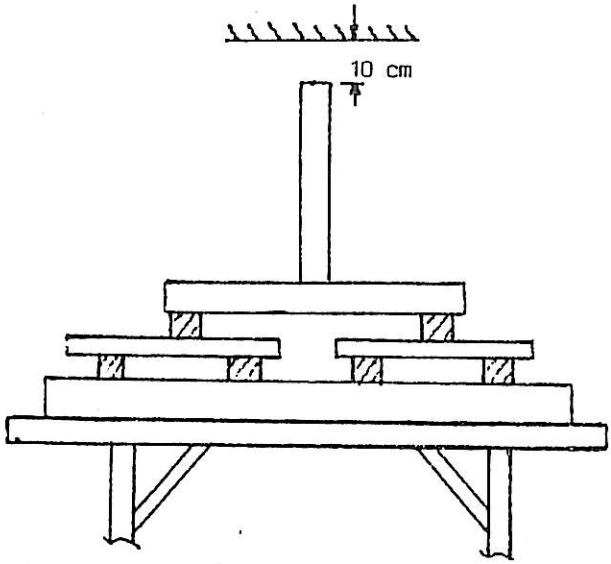
Lägg var sin kloss (ca 2x2 cm) mitt uppe på dessa enligt nedan.



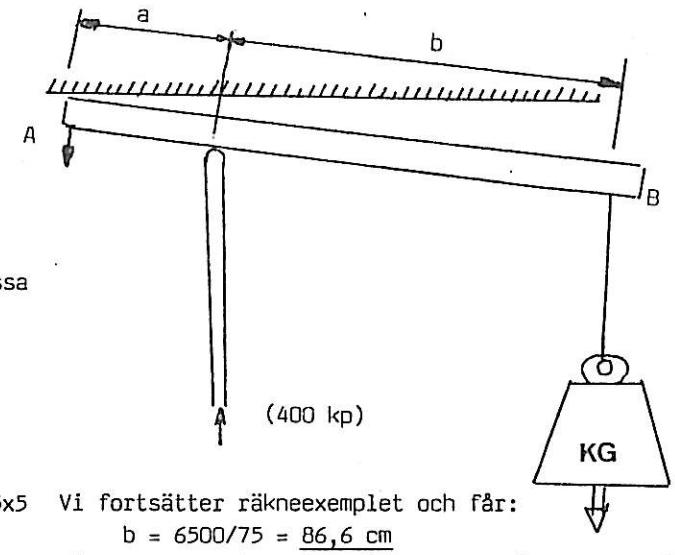
"Broa" mellan dessa med en kraftig träbit (ca 5x5 cm) i tvärsnitt enligt nedan.



Använd nu en regel 5x10 cm som är så lång att den når upp till taket så när som på ca 10 cm. Placera den mitt mellan "broningen" enligt följande.



Placera sedan en regel 5x10 cm som är mellan 1,5 till 2 meter lång mellan taket och den vertikala regeln på så sätt att en lång hävarm erhålles.
Häng sedan i regeln och slå in en kloss mellan denna och taket så är det färdigt för tillfället.
För att veta hur regeln skall anbringas ges här ett litet räkneexempel (se figuren).
Eftersom systemet är i jämvikt kan vi tänka oss följande: Sträckan a x kraften 400 är lika med sträckan a + b gånger kraften i B. Låt oss säga att a = 20 cm och att tillgänglig vikt i B är 75 kg. Då får vi 20 x 400 = 20 + 75b; 8000=1500+75b;



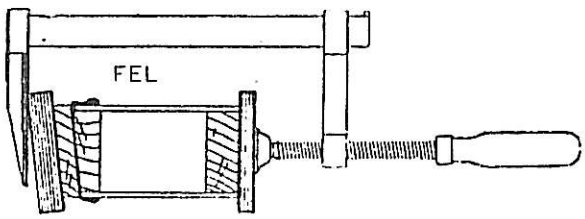
Vi fortsätter räkneexemplet och får:
b = 6500/75 = 86,6 cm
Hävarmen b skall alltså vara ungefär 87 cm. Häng alltså upp en tyngd av 75 kg i läge b. Har man inte tyngder så det räcker till 75 kg kan man göra armen längre. Det är bara att räkna. Gör den inte för lång, den blir då lätt vinglig.

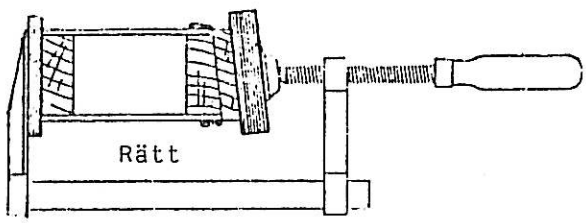
Metoden kan förefalla en smula primitiv men den är enkel och billig och ger ett fullgott resultat.

Vad som krävs är ett kraftigt tak - helst betong eller ett som är lagt på stålbalk. Ett vanligt vävspänt glespanelstak håller inte måttet. Takhöjden bör heller inte vara alltför överdriven.
Många flygplanbyggen sker i källare eller garage som i flesta fall har ett bjälklag ovanför vilket är både tillräckligt kraftigt och lagom lågt.

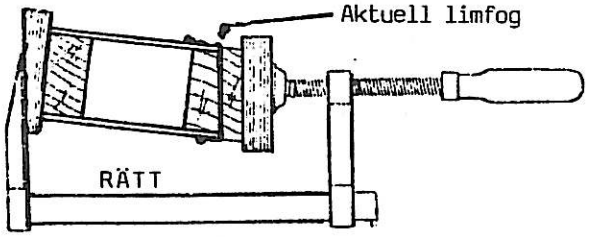
21.3.6 Tvingar.

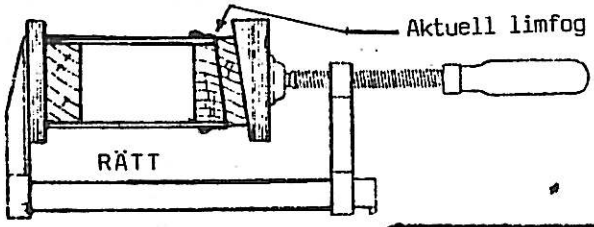
Tvingar är det bästa allroundverktyget. Tvingar ger ett likformigt tryck av 2 till 200 kp alltefter storlek och utförande. Tvingar skall användas tillsammans med ett underlägg som fördelar trycket jämnt över hela limfogen och som

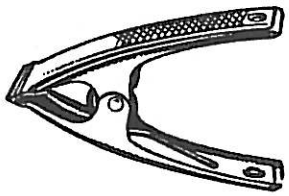




skyddar virket mot skador och märken. Använd tvingar där det går att använda sådana. Moderna tvingar har ofta plastskydd på tryckytorna. Ta bort dessa om du skall ha limtryck under längre tid. Plasten trycks ihop och trycket avtar.



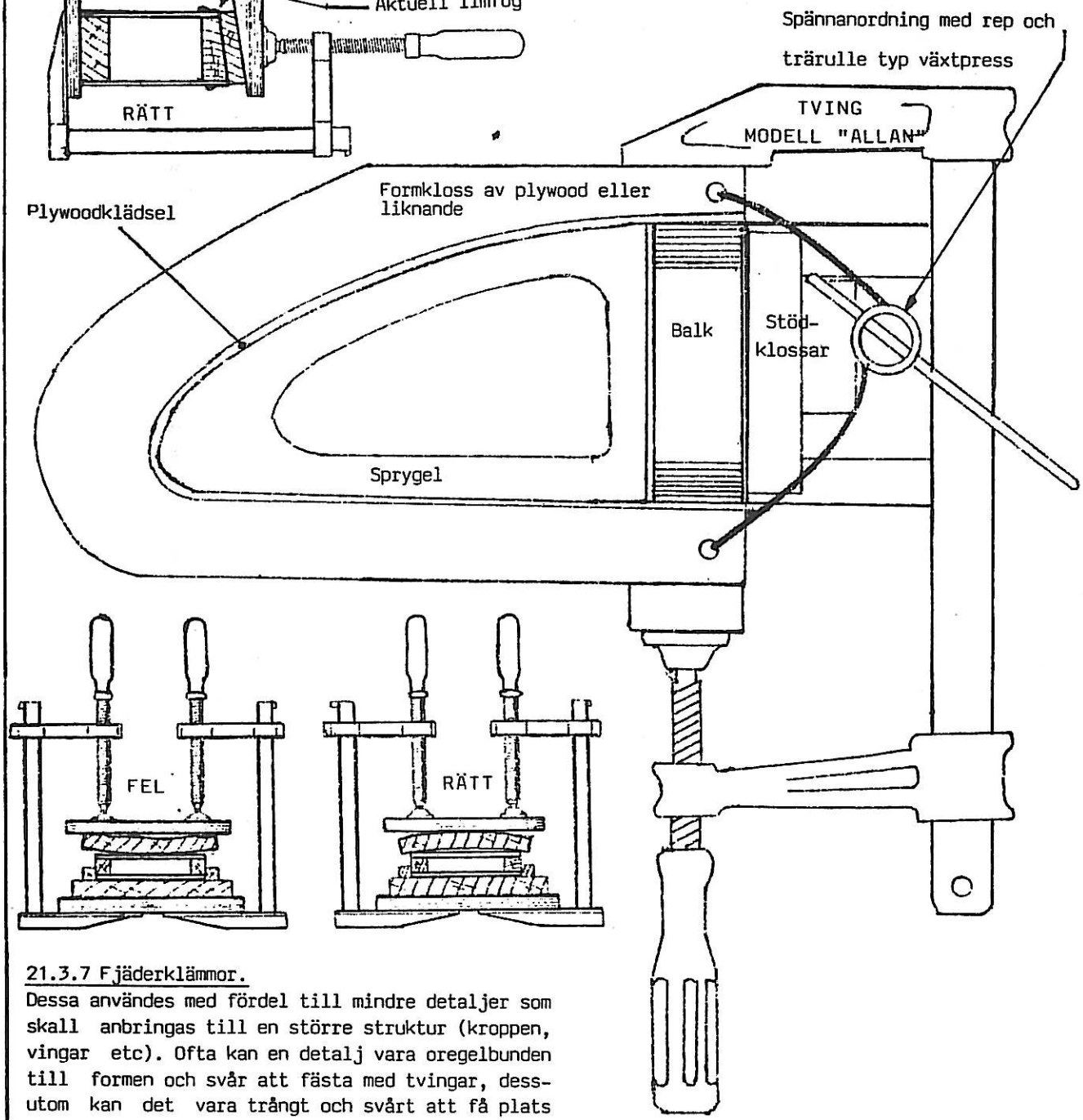




med tving. Tänk bara på att limtrycket blir det rätta, då fjäderklämmor inte ger så stor kraft som tvingar.

21.3.8 Spännband.

Spännband är utmärkta för limning av skalplywood till böjda strukturer. Trycket blir jämnt fördelat och kan uppgå till avsevärd storlek utan att strukturen kollapsar, just genom att belastningen blir likformig runt om. Bästa användningen är vid



21.3.7 Fjäderklämmor.

Dessa användes med fördel till mindre detaljer som skall anbringas till en större struktur (kroppen, vingar etc). Ofta kan en detalj vara oregelbunden till formen och svår att fästa med tvingar, dessutom kan det vara trångt och svårt att få plats

21.3.9 Formklossar.

Ett slags variant av spännband är formklossar. Dessa fördelar trycket jämnt, men över en begränsad yta samtidigt som de ger plywooden samma form som underlaget. Ett typiskt användningsexempel är över plywoodklädda vingframkanter. Här är det dessutom bra med formklossar därför att dessa håller plywooden på plats tills dess att man hunnit spänna ner formklossen med spännband, remmar, tvingar eller snören.

21.3.10 Spik- eller häftklamlister.

Om man anser det för besvärligt att såga till formklossar, eller om dessa inte går att använda av utrymmesskäl kan man istället begagna sig av spiklister eller häftklammer med lister. Listernas tjocklek skall vara 1 - 1,5 mm.

Listerna läggs över plywoodskivan som skall täcka strukturen. På plywooden markeras underliggande struktur genom parallella blyertslinjer, ett på var sida om den del som plywooden skall limmas till. Listerna spikas sedan fast mellan dessa linjer med hjälp av nubb med ca 1 nubb/cm. Nubben får naturligtvis inte vara så grov att underlaget spricker, men heller inte så klen att den inte "drar" tillräckligt.

När sedan limmet har härdat dras nubben ur och listerna avlägsnas.

Spiklister är ett tidsödande arbete även om man för att vinna tid brukar fästa nubben i spiklisten innan man stryker på limmet. Att sedan dra ut alla dessa otaliga spikar är både tröttsamt och besvärligt.

Då går det betydligt raskare med häftpistollister. Prepareringen av plywooden är densamma som för spiklister, men skjutandet av klammer går mycket fortare. Dessutom är det lättare att få bort klammer än nubb. Ett gammalt stämjärn som sätts in under klammern och vrids, lyfter klammern såpass att den sedan kan dras ur med tång. Försök inte att lossa klammern genom att bända upp listen; det ger bara fula märken i plywooden. Skjut heller inte klammern direkt i plywooden; det ger ännu fulare märken och minskar hållfastheten. Ett bra sätt att lossa spiklister, speciellt om man använder häftklammer; lägg ett bomullsband av lämplig bredd (10 - 15 mm) mellan spiklisten och "limningsobjektet". Låt bandet hänga ut ett par dm vid ena änden, så får man ett bra grepp. Sedan limmet härdat, går det bra att dra loss bandet under lämplig vinkel varvid spiklisten lossar. Bandet går att återanvända. I detta sammanhang skall också nämnas lite om var man skall börja fästa nubb och klammer. Vare sig man har en buktig eller plan yta som skall kläs, skall man alltid börja från mitten och gå mot kanterna. Risken är annars stor att man får en bula eller nedsjunkning på mitten av skivan. Består strukturen t.ex. av spant och longeronger skall man börja med att fästa skivan vid det mittersta spantet och sedan vid mitten av de övriga spanten till höger resp till vänster om detta. Därefter arbeta sig uppåt och nedåt till spanten med början på det mittersta. Sist fäster man plywooden till longerongerna. För att få skivan på rätt plats när man startar, kan man ta två tunna spikar, malla in skivan rätt och slå i dessa spikar i varsin kant. Därefter tas skivan loss och limmet påstrykes men spikarna får sitta kvar för att sedan kunna sättas i de gamla hålen. Detta är ett säkert sätt att få skivan på rätt plats utan något större besvär.

21.3.11 Tyngder.

Där inga andra medel hjälper eller räcker, kan man använda tyngder. Men kom ihåg att inte använda för stora vikter. Konstruktionen måste tåla den för limtrycket erforderliga belastningen. Vanligast kommer tyngder till användning då tvingarna är slut eller då andra medel inte går att använda.

21.3.12 Remmar.

Remmar används i princip på samma sätt som spännband.

21.3.13 Snören, rep.

Snören eller klenare rep kan användas då det är långt mellan det som skall limmas och den punkt som kan användas till mothåll.

Ett exempel är då man limmar sågade plywoodspryglar till en lådbalk. Saknar då spryglarna lätthål kan det vara svårt att finna något fäste för en tving. Att sätta en tving mellan sprygelns spets och balkens baksida går för det mesta inte då avståndet är för långt. Dessutom blir limpressen osäker då arrangemanget är ganska vingligt. Bättre är att ta ett kraftigt snöre som går om sprygelns spets eller genom ett mindre hål i sprygelns liv och runt balkens baksida där det knytes till en ring. Trä därefter en pinne i snörets ring så att detta kan snos så att snöret sträcks.

21.3.14 Maskiner.

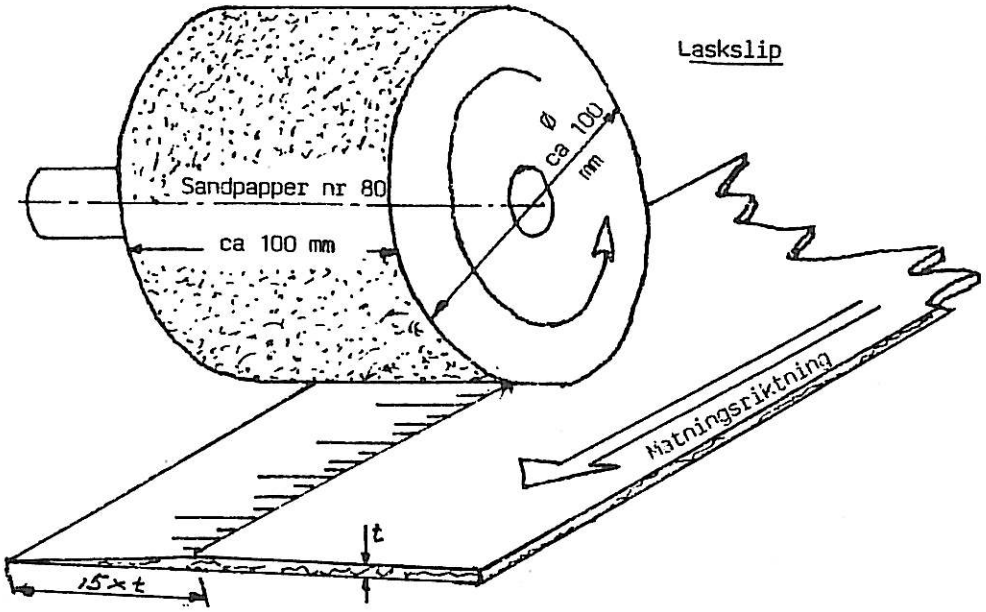
Plan rikthyvel och bandsåg är ingen nödvändig investering. Gå hellre till ett snickeri och få de nödvändiga bitarna gjorda till måttfärdiga råämnen.

21.3.15 Laskslipare.

Ett användbart och billigt verktyg som man kan göra själv är en "laskslipare" för plywood.

En cylinder av lämpligt material Ø ca 100 mm beklädes med sandpapper eller karborundom. Cylindern

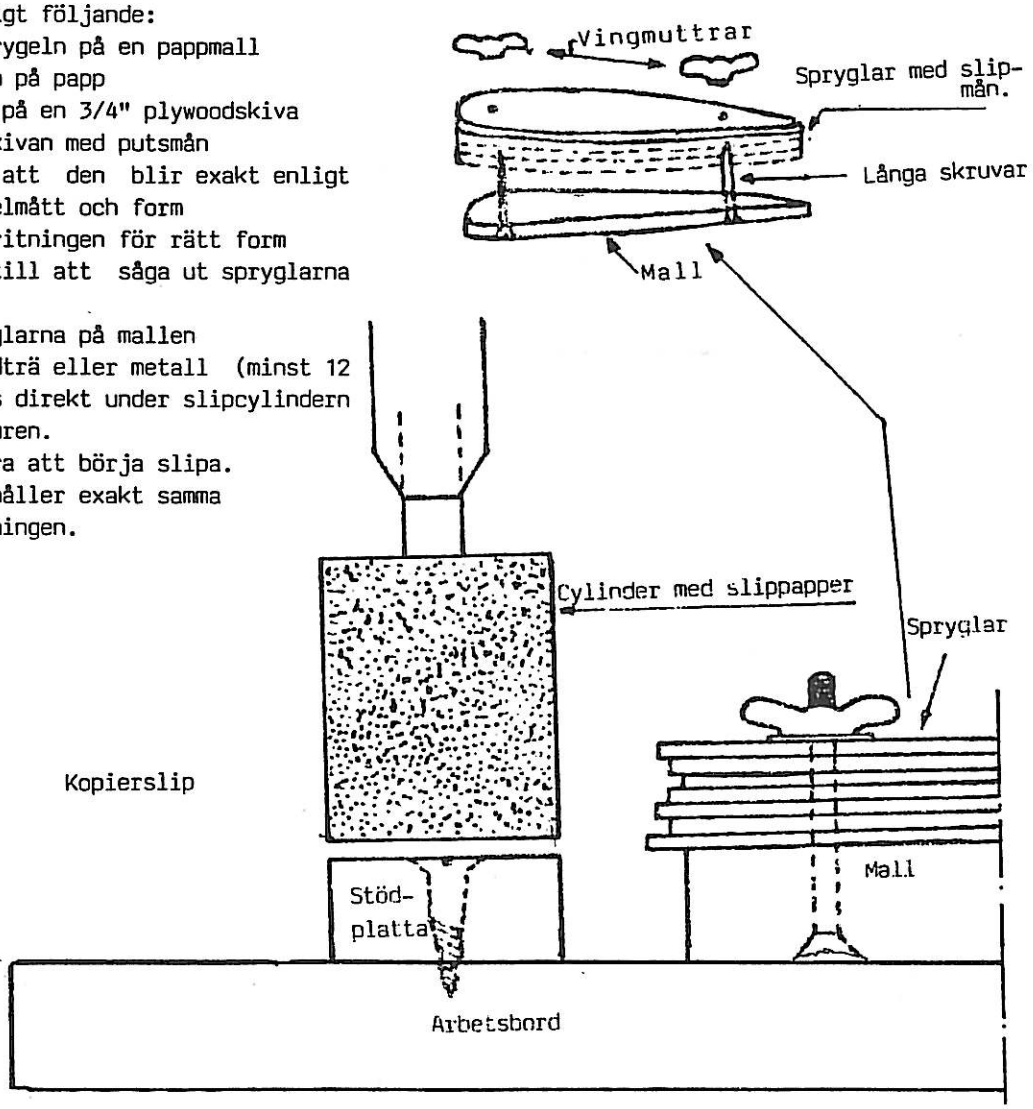
förses med en axel i centrum som sedan kopplas till en borrmaskin som fästes till en skiva eller ett bord så att cylindern får en vinkel ca 5 grader till skivan.
De plywoodskivor som skall förses med lask föres mellan skivan och cylindern. Observera att matningen skall vara motsatt cylinderns rotation eftersom sandpapperet annars kan gripa tag i arbetsstycket och slunga iväg detta.



21.3.16 Kopierslip.

Ur EAA-Nytt 1981 nr 1 har hämtats en artikel om en sprygelslipare som återges på bilden nederst. Den har bruksanvisning enligt följande:

1. Rita först av sprygeln på en pappmall
2. Limma fast mallen på papp
3. Limma pappmallen på en 3/4" plywoodskiva
4. Såga ut plywoodskivan med putsmån
5. Putsa mallen så att den blir exakt enligt ritningens sprygelmått och form
6. Kontrollera med ritningen för rätt form
7. Använd mallen till att såga ut spryglarna med putsmån
8. Skruva fast spryglarna på mallen
9. En platta av hårdträ eller metall (minst 12 mm tjock) fästes direkt under slipcylindern som visas på figuren.
10. Sedan är det bara att börja slipa. Spryglar etc erhåller exakt samma form efter slipningen.



21.3.17 Elastisk böjning.

Sågat virke kan böjas inom vissa gränser utan att fibrerna knäcks. Det är svårt eller omöjligt att böja trä i "sidled" eftersom årsringarna måste vara parallella med bockningsprofilen.
Om man blötlägger virket i vatten kan man öka bockningen ytterligare. Viktigt är att virket får torka ordentligt efteråt innan fortsatt bearbetning sker, d.v.s. till max 12 % fuktighet.

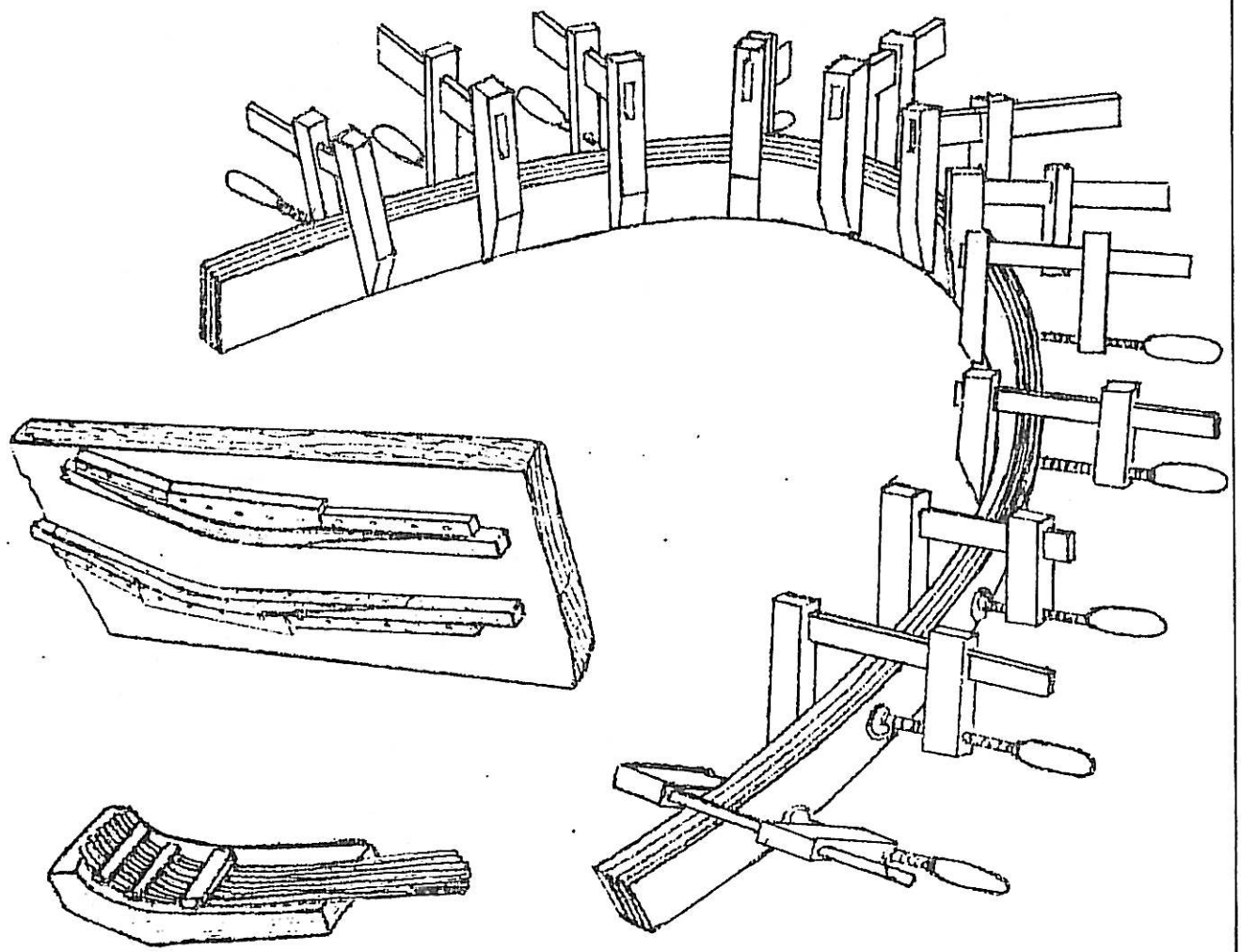
21.3.18 Böjning av sågat virke.

Vid ganska svaga böjningar (som vid över- eller underflänsar i balkar) låter sig detta göras utan vidare.
Vid kraftigare böjningar lamineras ämnet. Tjockleken och antalet lameller avgörs av böjningsradien. Som tumregel kan sägas att minimum tillåten böjningsradie är 80 x tjockleken på lamellen. Vid ännu mindre radier, eller där man inte kan göra tillräckligt tunna lameller måste dessa blötas och förböjas.
Laminerat trä är starkare än motsvarande "helt" trä men det är också något tyngre.

21.3.19 Basning.

Vid formning av mycket krökta ämnen av hela trästycken, eller för vissa laminat, räcker det inte med blötläggning.
Det finns då ytterligare ett sätt som tillåter kraftigare krökningar, denna metod kallas för basning.
Allt av trä kan basas. I flygsammanhang är det för det mesta fråga om lister som är så pass grova att vanlig böjning inte går vare sig med eller utan blötläggning. Lamellering kanske inte heller låter sig göras.

Basning tillgår så att man skaffar en kokplatta, ett kärl med tätslutande och väl fastsatt lock försett med ett genomgående rör Ø ca 10-15 mm. En tryckkokare av köksmodell är utmärkt för tunnare lister 10 x 10 till 15 x 15 mm. För grövre bitar bör röret ha den större dimensionen som nämnts ovan. Anslut en slang av neopren eller butylgummi (armerad), fastsatt med slangklämmor. Slangens andra ända ansluts till en basningstrumma som bör vara av något material som inte rostar.



Basningstrumman skall ha en inre diameter så stor att ämnet som skall basas lätt går att stoppa in. Skall bara en del av ämnet böjas så skall bara denna del basas. Ämnet kan alltså få sticka ut genom basningstrummans bägge ändar om så behövs. Då ämnet är på plats tillsluts basningstrumman med bomulls- eller linnetrasor. Ångdrivaren fylls med vatten och sätts på plattan. Då vattnet börjar koka kommer ångan att strömma in i basningstrumman och värma upp trästycket. Genom att använda ånga kan man få mycket högre temperatur än med varmt vatten. Detta gör att trästycket blir mycket mer smidigt och lättböjt. Förvånansvärt goda resultat kan uppnås. Tiden för basningen varierar, men en tumregel är ca 1 timme/25 mm virke. Detta mått uppmäts över styckets minsta bredd.
När lagom tid förflutit tas biten ur basningstrumman och placeras antingen på plats eller i en fixtur och böjs till mått med hjälp av tvingar.

Det är nödvändigt att använda handskar, virkets temperatur är omkring 100 grader C.

Dessutom måste man handla raskt. Alla verktyg och andra hjälpmedel måste vara helt klara då biten tas ur basningstrumman. Träet är då smidigt så länge det är ordentligt varmt men hårdnar kvickt då temperaturen sjunker. Låt den basade delen sitta i spänn under natten. När den tas ur fixturen kommer den att fjädra tillbaka en aning så man gör klokt i att böja den mer än vad den skall vara när den är på plats.

Om inspänningen av den basade biten är väldigt komplicerad och tar tid kan man göra basningstrumman av en armerad gummislang. Man har då chansen böja biten redan i basningstrumman medan ångan fortfarande är påsatt. Det är klart att man inte kan böja med precision under sådana omständigheter men man kan kompensera detta genom att böja något mer än erforderligt för att sedan justera tillbaka om så behövs.

21.3.20 Böjning av plywood.

Utan att blötas kan fanér och plywood böjas mycket mer än sågat virke. Minsta radien är ca 50 - 60 ggr tjockleken.

I praktiken skall man blöta plywooden då radierna är mindre än 100 ggr tjockleken annars löper man risk att spännkraften i plywooden blir så stor att spiklisten eller häftlisten som tjänar som limpress kommer att släppa. Förböjning av blöt plywood kan göras så att man spänner den torra plywooden över något som ger samma radie eller något mindre än det ställe på vilket det skall limmas. Täck sedan plywooden med blöta trasor och låt sitta i minst 12 timmar.

21.3.21 Böjning av våtvarm plywood.

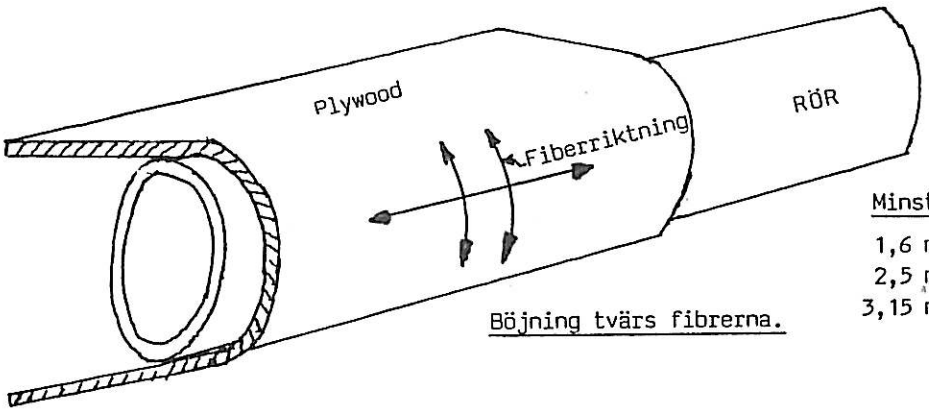
När böjningen är svag som t.ex. på ovansidan av en vinge böjs plywooden i kallt, torrt, tillstånd och limmas direkt till strukturen. När böjningen däremot är kraftig, som runt framkanter på vingar, klaffar, skevroder etc måste plywooden blötas i varmt vatten, åtminstone 20 minuter, och sedan böjas över ett rör med lämplig diameter som förvärms med svets-, gasollåga eller varmluftpistol. Har man inte tillgång till svets, gasol eller varmluftpistol, går det också bra att leda ånga genom röret från en kokare på samma sätt som vid basning där bockningstrumman ersatts med ett rör som form för bockningen.
Placera röret på bockar så vitt isär att man har möjlighet att böja ned plywooden mellan dessa.
Innan man blötlägger plywooden (i t.ex. ett badkar eller dusch) dras en linje utefter vilken böjningen skall ske. Linjen kan användas som syftlinje under böjningen.

Placera den våta och varma plywooden över röret. Rikta in syftlinjen efter röret och tryck ned skivan sakta och mjukt med händerna runt bägge sidor av röret (se figurer på nästa sida). I de flesta fall är det bäst att böja plywooden mer än vad den kommer att vara då den sitter på avsedd plats eftersom den kommer att fjädra tillbaka något då trycket släpper. Dessutom har plywooden en tendens att vilja räta ut sig då den torkar.
För att förvissa sig om att skivan får den rätta radien efter torkningen kan man tejpa ihop kanterna med varandra om böjningen är så stor att detta tillåts. Under alla omständigheter bör man låsa skivan på något sätt under torkningen. Låt plywooden torka i åtminstone 24 timmar, eller helst mer, för att återta normal fuktkvot innan den limmas till strukturen.

Den som aldrig har böjt plywood över ett varmt rör tidigare blir förvånad över hur lätt det går. Det heta röret kommer att ånga upp vatten i skivan och basa denna till önskad form. Det kan bli nödvändigt att blöta skivan med en svamp under proceduren om röret är mycket hett. Plywooden kan spricka i ytan om den inte är fuktig.

Som riktvärde för minsta möjliga böjningsradie kan uppgifterna vid nästa sidas figur vara vägledande.

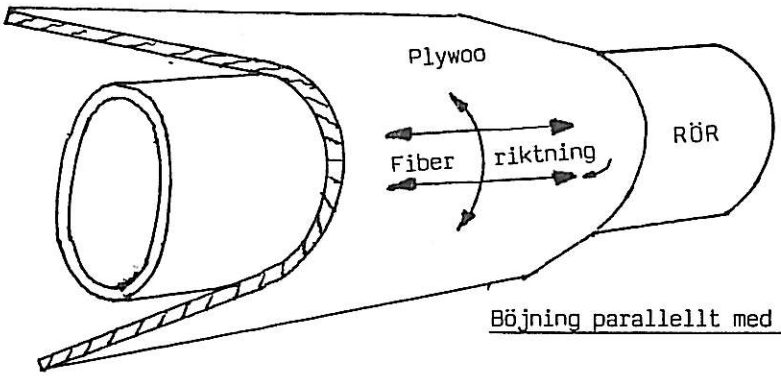
Det förtjänar nämnas att kallbockning av plywood alltid kräver mycket större radie än vid våtvarm böjning - ända upp till åtta ggr större!



Böjning tvärs fibrerna.

Minsta böjradie:

1,6 mm 3-ply okumé	= 19 mm
2,5 mm 3-ply okumé	= 65 mm
3,15 mm 3-ply okumé	= 100 mm



Böjning parallellt med fibrerna

Minsta böjradie:

1,6 mm 3-ply okumé	= 9 mm
2,5 mm 3-ply okumé	= 13 mm
3,15 mm 3-ply okumé	= 30 mm

ANMÄRKNING:
Tyvärr finnes inga värden framtagna för böjning av våtvarm björkplywood då detta skrives. Radierna för böjning av björkplywood bör under alla omständigheter vara större än för okumé.

Om någon vet; informera redaktören om detta!

KRAFTUPPTAGNING OCH TRÄETS STYRKA.

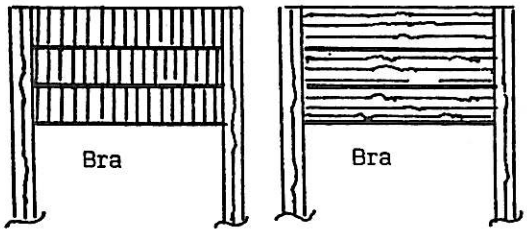
21.4.1 Styrkans beroende av fiberriktningen.

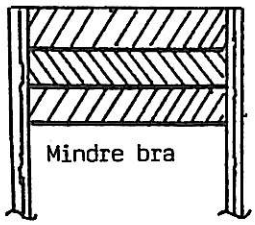
Med hänvisning till vad som tidigare sagts om träets egenskaper i förhållande till fiberriktningen och årsringarna, bör lamellering utföras enligt något av de två översta alternativen i de nedan visade tre figurerna.

I plywood är de kraftupptagande riktningarna parallella eller vinkelräta mot fiberriktningarna i de yttre fanéren. Detta gäller vid plywood med 7 eller flera ingående fanér. Vid färre antal fanér är kraftupptagningens riktning alltid parallell med fiberriktningen i de yttre fanéren.

Under alla omständigheter skall ritningen följas och denna skall ha utsatta riktningar för ytterfanérens fiberriktning.

Figurerna visar tre olika lamelleringstyper.

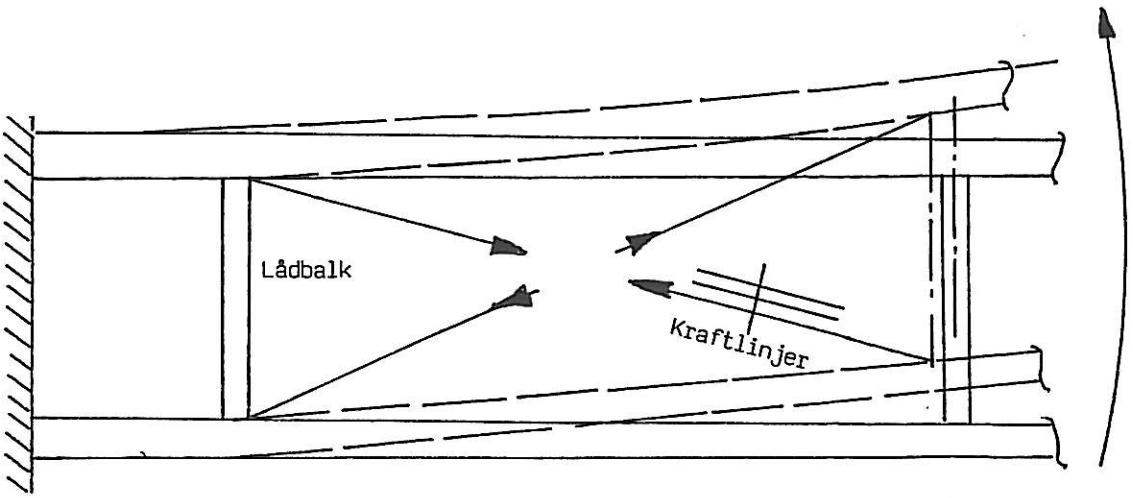




21.4.2 Plywoodbeklädnad av vingbalk.

Den dimensionerande kraften i en vingbalk orsakar ett böjmoment som strävar att deformera balken. I figuren längst ned på sidan visas de skjuvkrafter som uppkommer i plywoodbeklädnaden på en lådbalks fram- och baksida på grund av deformationen. I figuren visas ett snitt mellan över- och underfläns samt två vertikala förstyvningar. I det avbildade kraftfältet visas hur den ena diagonalen är utsatt för tryck och den andra för dragning i plywoodskivans plan.

Plywooden skall i detta fall limmas till balken på så sätt att ytterfanerets fiberriktning är parallell med de diagonalt verkande tryckkrafterna. Detta p.g.a. att trä har ett lägre motstånd mot tryck än mot dragning. Då plywood för det mesta är uppbyggt av ett ojämt antal fanér kommer i detta fall den styvaste delen att ligga i området för tryckpåkänningen och kan därför kompensera för den lägre hållfastheten.

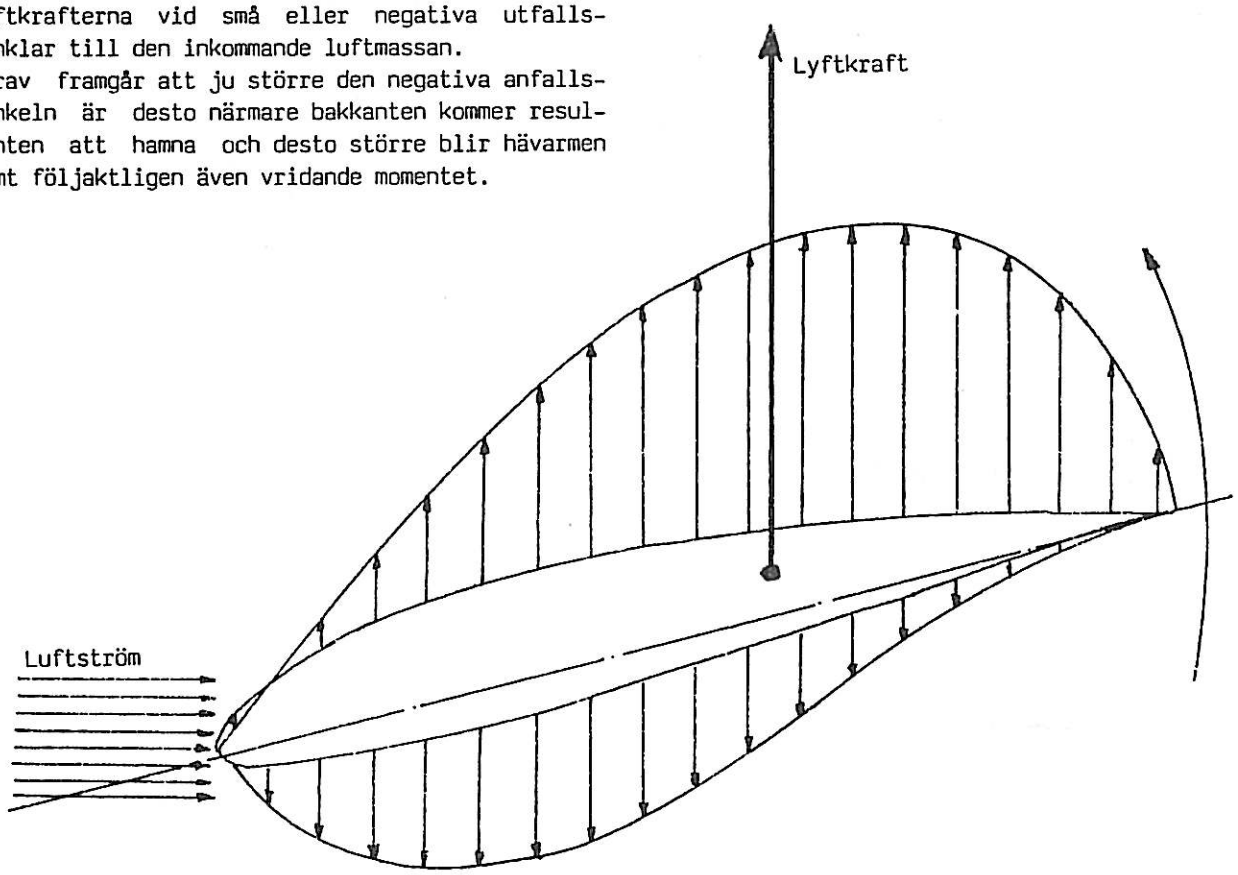


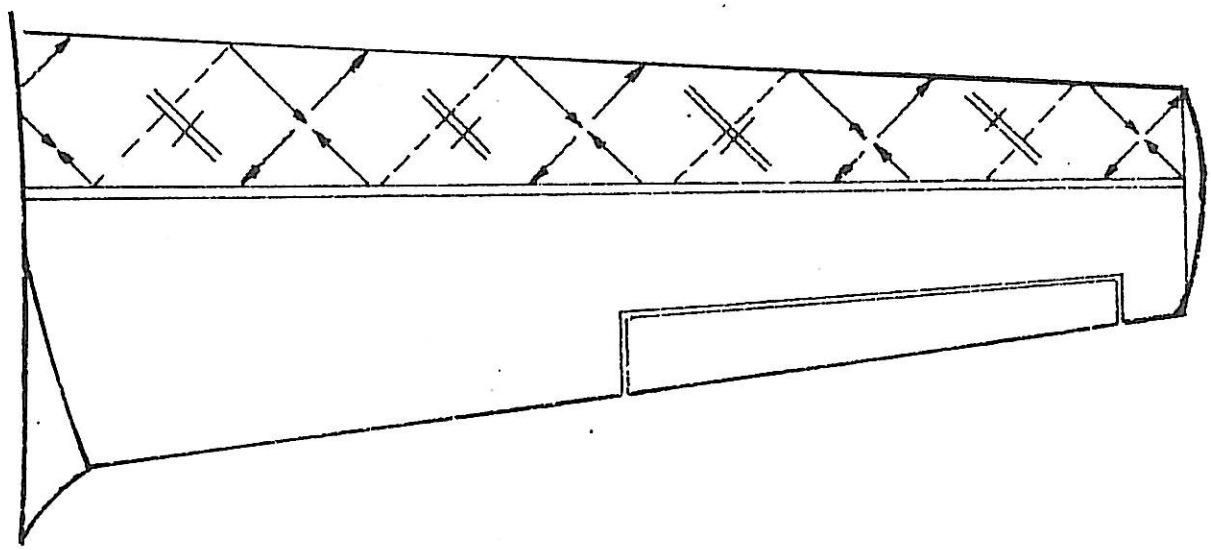
21.4.3 Plywoodbeklädnad av torsionskraftupptagande vingframkant.

Det egentliga torsionskraftupptagande förbandet består här av framkantsinklädnaden och lådbalken i samverkan. Bägge dessa delar skapar var för sig de nödvändiga obrutna "rör" som är den geometri som bäst lämpar sig för upptagande av torsionskrafter.

Den dimensionerande skjuvkraften (vridningen) av vingen, bestäms av resultanten till de samlade lyftkrafterna vid små eller negativa utfallsvinklar till den inkommande luftmassan.
Härav framgår att ju större den negativa anfallsvinkeln är desto närmare bakkanten kommer resultanten att hamna och desto större blir hävarmen samt följaktligen även vridande momentet.

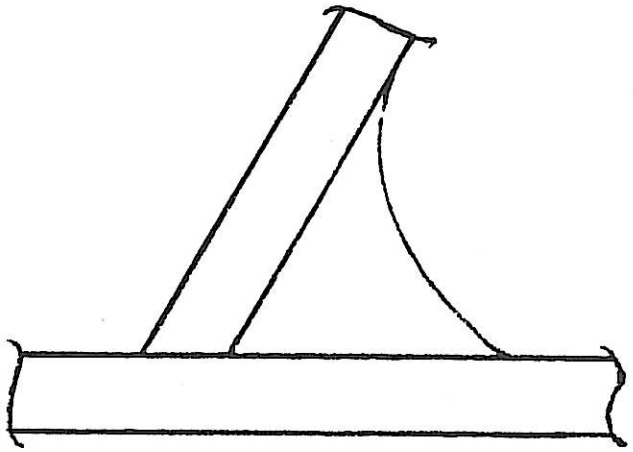
Som det visas på nedersta figuren framgår det att plywooden belastas av både tryck- och dragkrafter som korsar varandra enligt de markerade kraftlinjerna. Analogt med vad som sagts angående vingbalkar skall plywooden även här läggas så att fiberriktningen, hos de i plywoodskivan ingående antal fanér, kommer att vara parallellt med tryckkrafterna.





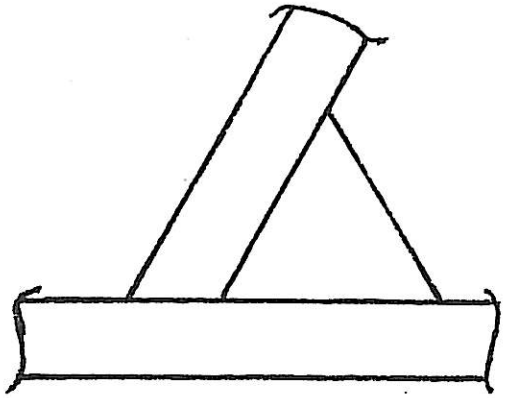
21.4.4 Allmänna råd.

I alla belastade delar av en konstruktion skall man undvika plötsliga förändringar av materialets tvärsnitt. I figuren nedan ser man hur kraftlinjerna löper och i snittet x-x uppkommer den största spänningen - och detta på en betydligt mindre tvärsnittsarea. Spänningen är inte längre jämnt fördelad över snittet och faran för brott i denna punkt är avsevärt större än på andra ställen.
Betraktar vi den andra figuren ser vi att kraftlinjerna i snitt b-b löper samman på ett mycket lugnare sätt och orsakar därför inte samma spänningskoncentration.

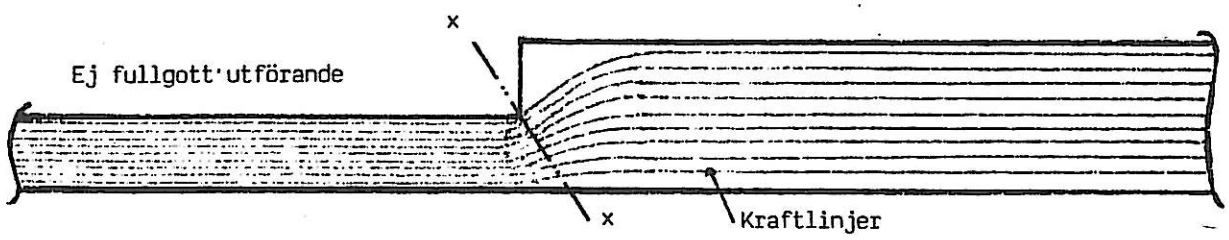


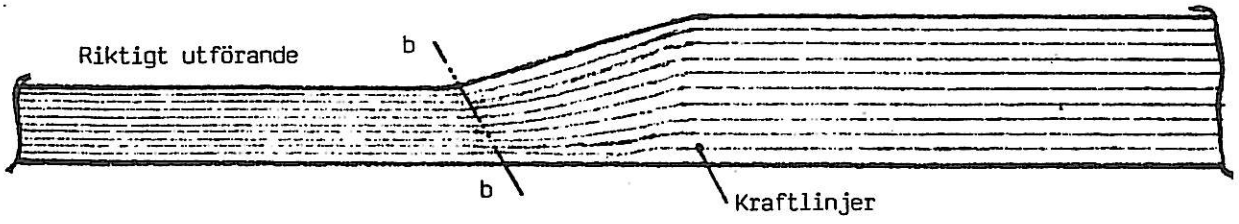
Bra

Fyllnadsklossar - hörnförstärkningar bör av samma skäl utföras med rundade hörn som i högra övre figuren.



Mindre bra





AVSIKTLIGT BLANK

SAMMANFOGNING AV KONSTRUKTIONSDETALJER

21.5.1 Demonterbara förband.

21.5.1.1 Bult- och skruvförband.

Demonterbara förband utgöras av stål- resp lättmetallbeslag som är fästade till träkonstruktioner med antingen skruv och mutter eller träskruv.
Alla delar av trä som skall bära beslag av metall skall först förses med ett lager pålimmad björk- eller bokplatta, ask- eller bokplywood. Detta gäller även om beslaget skall fästas med skruv och mutter.

21.5.1.2 Överföring av krafter i demonterbara förband.

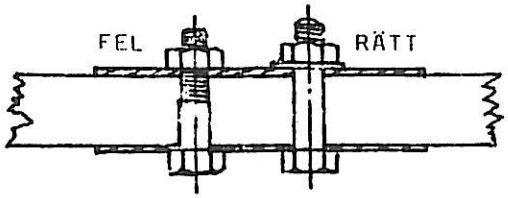
Överföringen av krafterna mellan beslaget och träkonstruktionen kan ske på följande sätt:

- Genom friktion mellan beslaget och trädelen, fastpressat av förbandet (friktionsförband).
- Genom hålkanttryck i beslaget och träkonstuktionen (skjuvförband).
- Genom drag- eller tryckpåkänningar riktade utifrån, eller in mot sammanfogningsytan.

Härav framgår att bult- och skruvförband måste vara så hårt dragna att de kan överföra de aktuella krafterna. Dock inte så hårt att träet krossas, spricker eller stukas vid monteringen.
Hålen för bultar och skruvar skall borras med god passning och skall dessutom vara rena och fria från spån etc vid monteringen.

21.5.1.3 Passning, förborrning.

Borrhål med mycket stora passningskrav brotschas till mått, detta gäller dock främst vid förband av metall mot metall. För träskruvar gäller även att förborrning skall ske för att motverka sprickbildning. Bultar skall monteras så att gängan kommer utanför grundmaterialet (beslaget-virket). För att då erhålla erforderlig spännkraft lägges en bricka av lämplig storlek under muttern.



21.5.1.4 Bussningar.

Förband som man kan förutse kommer att monteras/demonteras förhållandevis ofta, kan förses med en bussning i trädelens bulthål. Detta för att träet inte skall skadas och hålets storlek öka vid upprepade demonteringar/monteringar. Bussningen skall passa med grepp i träet och ha lätt presspassning för bulten (fingertoppspassning).

21.5.1.5 Ytbehandling.

Vid montering av beslag skall underliggande träet vara väl konserverat mot röta enligt anvisningar i ytbehandlingsbeskrivningen. Ytbehandla även borrhål invändigt. Beslaget självt skall vara rengjort och struket med zinkkromat primer och eventuellt täckmålat. Täckmålning gäller isynnerhet beslag av stål.

21.5.1.6 Kilar, dymlingar, spik, träskruv.

Kilar, dymlingar, spik och träskruvar används inte på belastade och utsatta ställen då dessa förband inte går att utföra med tillräcklig styrka. Spik och träskruv kan spräcka träet och dessutom ökar korrosionsfaran eftersom de korroderar (gäller även mässingsskruv) och ödelägger virket runt om - där så skett får röta ett gott grepp.

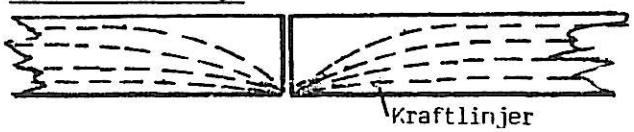
21.5.2 Permanenta förband.

21.5.2.1 Limning.

Den helt överskuggande träbindningen vid flygplantillverkning är limning.
Vid limning är det viktigt att man utför fogarna på sådant sätt att hela limfogen belastas samtidigt och likformigt. Detta förutsätter nästan alltid skjuvning i förbandet, dvs att krafterna uppträder parallellt med limytan.

Nedan följer några exempel på olika limfogar.

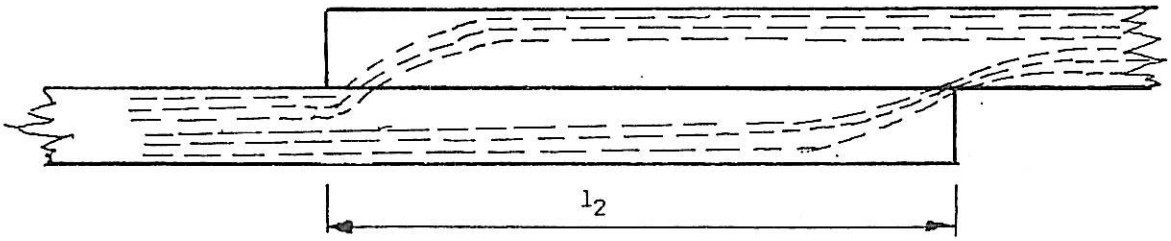
21.5.2.2 Stumfog.



Ett dåligt förband är då krafterna går vinkelrätt mot limytan. Då en limfog är styv och elasticiteten närmast obefintlig kan en limfog inte fördela kraftlinjerna likformigt över limytan utan lokala spänningskoncentrationer uppkommer. Dessa växer med ökad belastning tills de brister. Detta sker följaktligen vid lägre last än vad hela limfogen skulle kunna klara. Vid bristningen överförs krafterna till den kvarvarande delen av limfogytan där nya spänningskoncentrationer uppstår så att hela fogen brister. Allt detta sker i

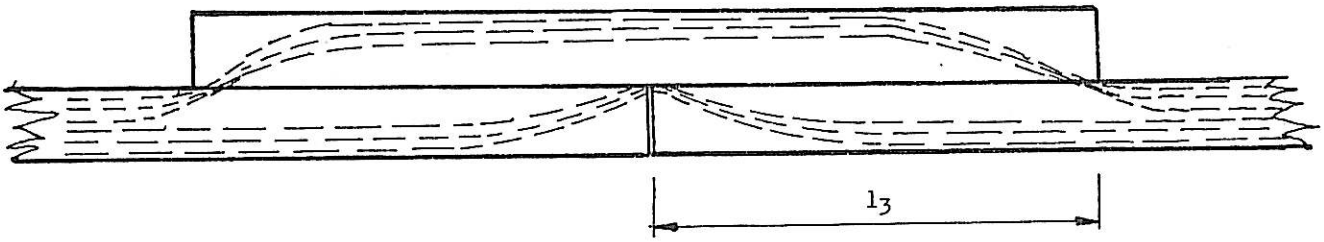
mycket snabb följd och uppfattas av betraktaren som ett totalt och samtidigt brott i hela limfogen

21.5.2.3 Överlappning.



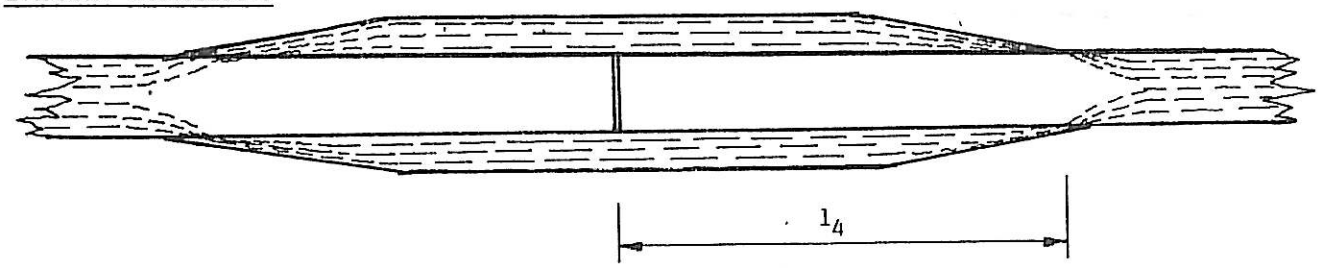
Överlappning skall undvikas. Delarna ligger inte i samma plan. Kraftlinjerna kommer att vinklas av kraftigt vid ändarna vilket medför tendens till vridning. Spänningskoncentrationer uppträder vid övergångarna med risk för brott.

21.5.2.4 Enkellask.



Denna skarvmetod har samma dåliga egenskaper som överlappning. Kraftlinjerna går i krökar och dessutom är skarven utrymmeskrävande samt ger högre vikt.

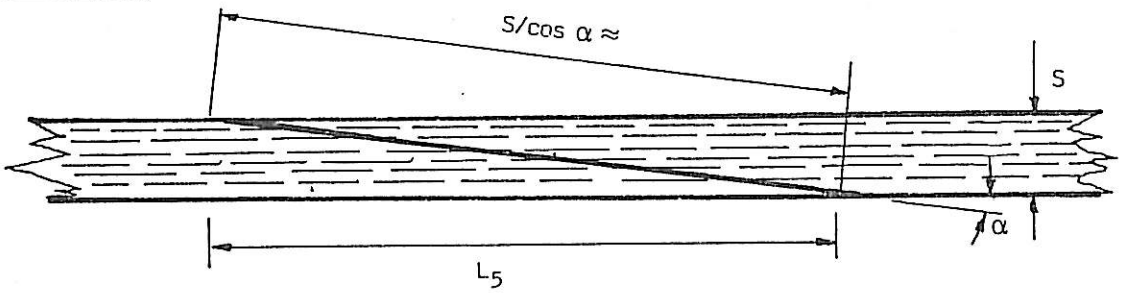
21.5.2.5 Dubbellask.



Här löper kraftlinjerna symmetriskt, men är fortfarande krökta.

Vikten är ofördelaktigt hög samt utrymmesbehovet större än för de tidigare nämnda skarvarna.

21.5.2.6 Snedlask.



Snedlask är bäst av alla skarvningsmetoder för virke i nya konstruktioner. De kräver visserligen mera hantverksskicklighet än övriga nämnda metoder, men å andra sidan är den fri från nackdelar i jämförelse med andra nämnda skarvsätten.

Krafterna löper symmetriskt och utan onödig viktökning. Hela limfogen blir symmetriskt belastad.

För att nyttja virkets tjocklek på bästa sätt, bör snedlasken ha en sådan längd att den har möjlighet överföra aktuella krafter med godtagbar säkerhetsmarginal.

Lasklängder.

Längden av limfogen är avhängig av träets draghållfasthet och limmets skjuvhållfasthet. Ett konstruerat exempel för beräkningen av längden l;

Antag limmets skjuvhållfasthet ... = 5 N/mm^2 och
träets draghållfasthet ..... = 70 N/mm^2

Därav kan vi beräkna ett limförbands minsta skarvlängd l som förhållandet 70/5 = 14/1.

Vid stumlask är l = S (limning ände mot ände). $\tau_1 < \sigma_d$ vilket innebär praktisk taget att ingen kraftöverföring är möjlig.

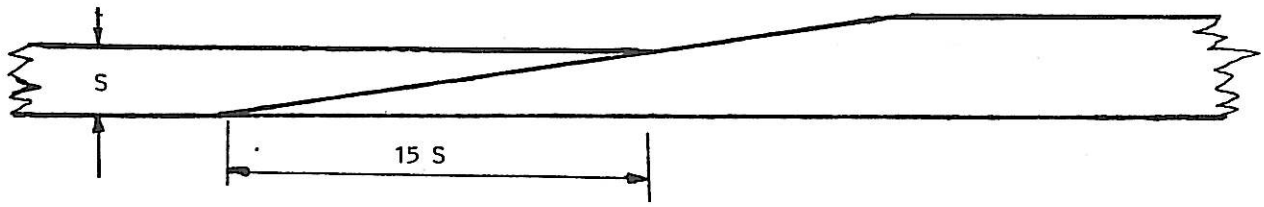
Vid överlappning är $l * \tau_1 = S * \sigma_d$ vilket med i exemplet antagna värden skulle ge l = 14 S. Men här ligger stor osäkerhet eftersom limfogen inte är symmetriskt belastad.

Vid snedlask är $l \approx S/\cos\sigma$. Men eftersom σ är liten och dess siffervärde för $\cos\sigma$ nära 1, kan vi skriva; $l = \sigma_d * S$, eller l = 14 S.
Av ovanstående framgår att vid snedlask kan längden l sättas = 14 S. För större säkerhetsgrad sätter vi; l = 15 S.

Användes ett starkare träslag, men samma lim, skall följaktligen limfogen göras längre för att få ett jämnstarkt förband.

Detta var teorin för den som själv vill beräkna limfogens längd. Normal praxis är, för ospecificerade laskar, att dess längd göres = min 15 S eller max 20 S.

21.5.2.7 Snedlask vid olika tjocklek av delarna.



De i exemplen visade beräkningarna ger siffervärde laskens längd = 15 ggr delarnas tjocklek S.
Vid skarvning kan det ofta förekomma att delarna har olika tjocklek. I sådana fall är det onödigt att skära så lång lask som krävs vid beräkning med hänsyn till den tjockare delen eftersom fogen bör vara jämnstark, d.v.s. draghållfastheten bestämmas av den mindre delens tvärsnitt. Laskens längd beräknas därför med hänsyn till S för den tunnare delen i fogen.

21.5.2.8 Limningens kemi och teori.

Lim är ett organiskt ämne som permanent förenar två eller flera material. Adhesionen mellan limmet och det material som limmats har förklarats bero på två fenomen som vanligtvis uppträder samtidigt:

1. Mekanisk adhesion förekommer hos porösa ytor där limmet fyller ut porerna, stelnar och förankrar sig - liksom med rötter.

2. Specifik adhesion beror på de elektriska intermolekylära krafterna som förekommer såväl i limmet som i det limmade materialet.

Dessa krafter - sekundära valenskrafter - är till art och storlek olika hos olika ämnen. Alla kemiska föreningar kan uppdelas i polära och opolära. Som regel gäller för limning att polära ämnen kan limmas med polära limsorter och tvärtom. Limsorter för blandade material är därför blandningar av polära och opolära limsorter.

För att få en bra limfog gäller det alltså att dels välja rätt lim (i vårt fall använda godkänt lim enligt bruksanvisningen till rätt slags material) dels att förbereda limytan så att även en mekanisk adhesion erhålls, dock utan att materialens hållfasthet nedsätts (överdriven uppruggning av träytorna).

Limning är ett bra sammanfogningsmedel - men bara under förutsättning att rätt lim väljes och att limningen utföres omsorgsfullt.

21.5.2.9 Förberedelse av limfogar.

Limfogarna skall, före limningen, förberedas enligt följande:

- Bäst är en ren, hyvlad yta.

- Fogarna skall passa väl tillsammans. Vid avvändande av normalt presstryck får det inte finnas några glipor i fogen.

- Fogarna skall vara helt rena från damm, lack, fett, handsvett och gamla limrester.

- Limfogen kan bearbetas med putshyvel, stämjärn, sickel eller sandpapper.

- Lösa fibrer får inte förekomma i limfogen.

- Limfogar av plywood skall slipas med sandpapper nr 3 eller 4 längs med och diagonalt med fiberriktningen, varefter dammet avlägsnas.

- Förberedda limytor får icke beröras med händerna.

21.5.2.10 Limkrav.

På alla limsorter som används till flygplankonstruktioner ställs följande krav:

Minsta tillåtna skjuvhållfasthet efter max 7 dagars härdning = 5,5 N/mm^2 - efter nedsänkning i vatten i 24 timmar vid 20 grader C och därpå följande torkning tillåtes 5,0 N/mm^2

De skall vara vattenfasta.

Härdprocessen får inte vara reversibel (ej återgå) under inflytande av värme eller olika lösningsmedel.

Liten krympning vid härdning.

Ingen påverkan på träet av vare sig lim eller härdare.

Elasticiteten skall vara beständig. Limmet får inte bli sprött med tiden.

21.5.2.11 Limtyper

Följande limsorter fyller kraven enligt 21.5.2.8:

a) Kaseinlim
b) Urea-formaldehydharts (Karbamidlim)
c) Resorcin-Formaldehydharts (Resorsinlim)
d) Fenol-formaldehydharts
e) Epoxiharts

a) Kaseinlim är ett gulvitt pulver, vanligast i plåtburk.
Lagring: Kallt och torrt vid 50 - 60% relativ fuktighet i tättslutande förpackning, helst i originalförpackning. Eventuellt kan mindre burkar användas för att minska förhållandet luft - pulver.
Lagringstid 12 månader.

Tillredning: Limmet blandas i en icke metallisk behållare med vatten enligt bruksanvisningen. Limmet påföres bägge ytorna som sättas i press.

Speciella egenskaper: Kaseinlim framställs ur mjölk och är därför ett organiskt material som kan ruttna. Genom att tillsätta alkalier (bas) minskas denna olägenhet som dock inte försvinner helt. Kaseinlimfogar måste därför skyddas med konservering för att erhålla lång hållbarhet.
Fördelar: Draglim som är lätt att arbeta med. Ställer små krav på temperatur i rummet och är billigt.

Nackdelar: Måste skyddas mot röta mycket noga.
Detta lim användes numera inte av amatörbyggare.

b) Urea-formaldehydharts lim (Karbamidlim).
Ljust limpulver i plast- eller plåtburk.
Lagring: 15° C, relativ fuktighet 50 - 60 % i tät behållare.
Lagringstid: Limpulver ca 12 månader, för härdare praktiskt taget obegrnsad.
Handelsnamnet är Aerolite.

Karbamidlimmet är ett värmehärdande lim. Härdningstemperaturen är beroende av använd härdare. För amatörbyggare används endast snabba kallhärdare (temperaturområde 15 - 50° C).

En karbamidlimfog måste vara tunn, d.v.s. fogen fordrar väl bearbetade ämnen. Tjocka limfogar, över 0,2 mm, sönderfaller under inverkan av fukt och värme, speciellt vid kallhärdande limningar.

Härdaren är en flytande syra (vanligen myrsyra) som antingen blandas med limmet, eller strykes på ena fogytan. Härdningen påbörjas inte förrän lim och härdare kommer i kontakt med varandra. Limmet är därför särskilt användbart vid limning av t.ex. lamellerade balkar då limytorna kan hållas isär med trekantlister tills limtryck appliceras.

Flygvapnet har norm för detta lim och härdare.

Fördelar: God styrka. = 7 N/mm^2 Rumstemperaturen har ringa betydelse.

Nackdelar: För exemplevis Aerolite gäller att bruksanvisningen måste uppmärksammas för lagringstid efter tillblandning. I förpackningen kan detta lim lagras 6 månader.
Limmet har en tendens till sprödhet om limfogen är tjockare än 0,2 mm. Kan inte användas vid reparation av tidigare kaseinlimmade fogar. Limmet är även känt under namnet Kauritlim WHK 220 och har använts i Tyskland sedan före kriget, men knappast nu längre. Denna kvalité kan inte rekommenderas.

c) Resinol-formadehydhartslim (Resorsinlim).
Konsistens: Limmassa av rödbrun tjockflytande konsistens ungefär som sirap. Säljes i plast- eller plåtkärl.
Härdaren är ett gul-vitt pulver eller d:o ljust brunt. Säljes i plastburkar.
Lagring: Limmassan håller sig i 12 månader i tätslutande behållare. Förvaras med fördel i kylskåp. Härdaren har nästan obegränsad hållbarhet.

Tillredning: Limmassan skall blandas enligt bruksanvisningen i en icke metallisk behållare. Limmet skall påföras bägge limytorna. Presstryck, tempetatur osv enligt bruksanvisningen. Limmet är fullt uthärdat först efter ca 5 dygn. Därefter är limmet stabilt. Någon åldring inträffar inte.

Speciella egenskaper: Limmet kan användas som skydd mot fukt i området närmast limfogen vid igenlimning av vingar, stabilisator etc. Sista skivan som sluter konstruktionen lackas på insidan före limningen (dock ej limfogarna) varefter limfogarna och ytan närmast fram till lacket bestrykes med lim.

Fördelar: Fullkomligt beständigt mot vatten och fukt. Praktiskt taget beständigt mot svaga alkalier, syror och alla förekommande lösningsmedel, svamp och mikroorganismer. Lättarbetat. Inga långa väntetider. P.g.a. den korta härdningstiden vid uppvärmning lämpar sig limmet särskilt väl för reparationer - även för delar som tidigare limmats med Kaseinlim. Limmet är av fyllnadstyp vilket gör att även tjockare limfogar kan tolereras.

Nackdelar: Temperaturen får aldrig sjunka under den av fabrikanten angivna temperaturen eftersom härdningen då kommer att ske okontrollerat. För vissa fabrikat av denna limtyp är lägsta temperaturen upp mot 17 grader C.
Priset är ganska högt för vissa fabrikat medan Casco's pris är lågt.

Produktnamn: Aerodux 185 B med härdare HRP 150.
Kanresin 440 med härdare 444.
Casco 1711 med härdare 2622.
Bakelit 284 med härdare 186.

En del av ovan nämnda limtyper har använts i många år inom flygindustrin och annorstädes. Erfarenheterna är mycket goda och denna limtyp får anses vara mycket lämpad för flygplanbygge ur alla synpunkter.

d) Fenol-formaldehydharts.
Detta lim tillhör gruppen Tegofilm som uteslutande används för tillverkning av plywood och lamellträ.

e) Epoxilim.
Limmassan har sirapskoncistens, genomskinlig, gulaktig färg och nästan utan lukt.
Härdaren har samma konsistens, mjölkaktig eller färgat, har starkt frånstötande lukt.
Limmassa och härdare säljs i tätslutande plast- eller plåtbehållare.

Lagring: I tillslutna behållare vid 15° C och 50 % relativ fuktighet i mörker. Lagringstiden är ca 6 månader.
Trögflytande. Avskilda, färgförändrade och utkristalliserade partier får inte användas med mindre än att förändringarna återgår till ursprunget vid uppvärmning till 30 grader C.

Tillredning: Epoxilim är mycket lättbearbetat. Dock ställs stora krav på noggrannheten vid uppvägningen av lim/härdare. En typisk blandning är 100 delar limbas och 15 - 60 viktdelar härdare, enligt fabrikantens anvisningar (måste följas). Det finns många olika härdare till samma limbas. Detta innebär stora olikheter i "potlife", öppen och sluten fogtid o.s.v. Vid användandet av limmet i träkonstruktioner är det bästa förfarandet att röra ut limmet med bomullsfibrer då limmet är tunnflytande. Limmet påföres bägge ytorna. Något större presstryck är inte nödvändigt eftersom limmet är mycket inträngningsvilligt i porerna. Synliga limfogar skall undvikas.
Härdtiden är mellan 2 och 24 timmar.

Speciella egenskaper: Limmet är mycket starkt och har mycket god vidhäftning vid alla material. Limmet lämpar sig även för konservering av invändiga ytor så länge inte andra limtyper är använda. Vid invändig lackning bör limmet uppblandas med ca 50 % aceton.

Fördelar: Mycket hög skjuvhållfasthet minimum 30 N/mm^2. Krymper mycket lite vid härdning - bara ca 0,8% och uppblandat med bomullsfibrer ännu mindre.
Lågt erforderligt presstryck.

Nackdelar: Tål ej hög uppvärmning utan att mjukna, vilket bör beaktas i närheten av varma motordelar. Starkt allergiframkallande vilket kräver skyddshandskar och tättslutande kläder samt skyddsglasögon mot stänk. Hudkontakt kräver omedelbar avtvättning med tvål och vatten - VÄNTA INTE.
Allergisymtom kräver sjukhusbesök för cortisonbehandling.
Har man en gång fått epoxiallergi, är den inte reversibel utan ger nya utbrott vid kontakt med epoxi.
Allergikänsligheten är individuell; somliga tål ingenting av detta, andra förefaller opåverkade.
Även den som tror sig vara resistent bör iakttaga största försiktighet eftersom upprepade kontakter kan bryta motståndskraften.

Andra nackdelar är kravet på noggrannheten vid uppvägning bas-härdare.

Produktnamn: Lekutherm, Epikote, Araldit, Rutaflex, Safe-T-Epoxi (lägre allergikänslighet), m.fl.

21.5.2.12 RESORCINOL-FENOLLIM 1711 ERSSÄTTER FENOLLIM 1701.

Artikel ur Cascos tidning Limspecialisten 1/1977.

Fenollim 1701 och härdare 2580 har funnits i många år i Cascos limsortiment och ersättes nu av Resorcinol-Fenollim 1711 med härdare 2622.
Omställningen från Fenollim 1701 till RF-lim 1711 genomfördes för att förbrukarna ska få en ännu starkare och mer åldringsbeständig limfog än med Fenollim 1701.
Användningsområden för 1711/2622 är densamma som för 1701. Båtar, snickerier samt träkonstruktioner där bästa möjliga vatten- och väderbeständighet erfordras, är några av limningsområdena.

Blandningsförhållande

100 viktsdelar Resorcinol-Fenollim 1711, 20 viktsdelar Härdare 2622 (pulverform).
Säkraste sättet att få rätt blandningsförhållande är att lim och härdare vägs. Finns ingen våg tillgänglig kan man i nödfall volymdosera enligt följande:

100 volymdelar RF-lim 1711
50 volymdelar Härdare 2622

Limmängd

300 - 400 g/m^2 vid enkelspridning.

Svårlimmat träslag.

För att få ett säkert limningsresultat på vissa träslag, t.ex. björk, bok, ek och teak, måste limmet spridas på båda ytorna 150 - 200 g/m^2.
Dessutom ska man vänta ca 20 minuter från limspridningen till pressning. Vid sådana limningar är det gynnsamt med så hög presstemperatur som möjligt.

Limapplicering

RF-lim 1711/2622 har en smidig tixotrop konsistens vilket gör limmet lätt att sprida. Konsistensen medför att limmet inte rinner och kladdar som Fenollim 1701.
RF-lim 1711/2622 appliceras med roller, pensel eller spackel. Limfogens färg är redan i appliceringsskedet mörkbrun och blir oföränderlig.

Limningstemperatur och presstid

Resorcinol-Fenollim 1711/2622 används vid limning i kall- och varmpress. Lägsta limningstemperatur + 10° C.
Följande presstider kan tjäna som riktlinje:

Temperatur	10 °C	20 °C	30 °C
Presstid i timmar ca	8	4	2

Limtest hos NTI och OGI.

Resorcinol-Fenollim 1711/2622 har testats hos NTI (Norsk Treteknisk Institutt) och uppfyller med god marginal Nordiska Limtränämndens krav för lim till bärande konstruktioner. Limmet har dessutom testats och godkänts hos Otto-Graf-Institut i Tyskland enligt normer för bärande träkonstruktioner.

Fördelaktiga och viktiga produktegenskaper för 1711/2622

Arbetsredskap och behållare är lätta att rengöra, inga lösningemedel krävs, ljummet vatten är tillräckligt.
Limblandningens brukstid vid 20 °C är ca 75 minuter mot 50 minuter för 1701.
Lagringstid för 1711 och 2622 är minst 6 månader vid rumstemperatur.
Högre kvalitét och åldringsbeständighet än för 1701.

Förpackningar

RF-lim 1711 finns i 5 kg och 20 kg dunk samt i 220 kg fat.
Härdaren finns i dunk innehållande 1 kg och dessutom i 20 kg säck.

Kravet på god arbetsmiljö var tungt vägande när utvecklingsarbetet med 1710 och 1711 startades.
För att åstadkomma påtagliga effekter såväl för bättre miljö som hantering var det viktigt att kunna nå följande fördelar:

Mindre formaldehydlukt från lim/härdarblandningen.

Mindre dammande härdare.

Mindre fria fenolmonomer i limmen.

Limblandningarna skulle vara tixotropa för att passa strängspridning samt för att minska risken för nedsmutsning.

Användning av mindre mängd sprit som lösningsmedel i förhållande till de gamla limmen.

Förbättring av tvättbarheten i jämförelse med de gamla 1752-limmen.

När det gäller miljöfrågor är det framför allt formaldehyden som diskuteras. Härdarna till resorcinollimmen är vanligen pulverformiga och innehåller paraformaldehyd och lämpliga inerta fillermaterial. Det finns flera lämpliga inerta fillermaterial som påverkar den mängd formaldehyd som avgår från en lim/härdarblandning än blandningens innehåll av formalin. Den viktigaste av dessa faktorer är temperaturen hos limblandningen och i lokalen, dels virkets temperatur. Ökas temperaturen på limblandningen, t.ex genom att limmet sprides på varmt virke, så ökar den mängd formaldehyd som avgår från limblandningen och därmed formalinlukten. Som exempel på detta kan nämnas att en ökning av limblandningens temperatur med 15 grader C medför mer än fördubbling av formaldehydavgången.

Till 1711 har vi tagit fram specialhärdare som ger limblandningen längre brukstid.
Nedanstående tabell visar brukstiderna för de olika limblandningarna vid 15 och 20 grader C.

Limblandning	Brukstid timmar 15° C	20° C
1711 + 20% 2620	2 1/4	1 1/4
1711 + 15% 2622	2 1/4	1 1/4
1711 + 20% 2622	1 3/4	1
1711 + 25% 2623	3 1/2	2

Limblandningen 1711 med 20% 2622 klarar låg presstemperatur. Den uppfyller gällande normkrav ned till + 10 °C. Detta har konstaterats av NTI vars föreskrifter dock ej ger möjlighet att använda blandningen vid denna temperatur för tillverkning av konstruktionsvirke.

Officiella godkännanden

För att kunna använda ett resorcinlim i konstruktionsvirke krävs att limblandningen har genomgått officiell normprovning. Denna normprovning görs för Norden av NTI i Oslo och omfattar skjuvprovning enligt ASTM D 905-49, dellamineringsprovning enligt ASTM D 1101-59 samt provning enligt BS 1204 (tjock och tunn limfog).
För Väst-tyskland görs motsvarande normprovning av Otto-Graf Institut i Stuttgart, men provningen görs enligt normen DIN 68141, vilken dels omfattar en undersökning av för användaren viktiga egenskaper, dels omfattar en hållfasthetsundersökning med olika limfogtjocklekar.

Anmärkning: Av de här nämnda limsorter användes endast Casco 1711 med härdare 2622 för flygplanlimning).

21.5.2:13 Limning av svårlimmade träslag.

(Artikel ur CASCO's tidning "Limspecialisten" nr 3/1980).
Med svårlimmade träslag avses i det här fallet trä med hög volymvikt eller trä som innehåller fett och kemikalier. Det finns också träslag som sam-

tidigt är hårda och rika på fett och kemikalier. Med de limtyper som finns idag och med den moderna limningstekniken så kan man i de flesta fall eliminera svårigheterna. Man måste också vara medveten om att limningsegenskaperna variera kraftigt inom samma träslag. Detta kan hänga ihop med att volymvikten kan variera kraftigt. Hos ek kan exempelvis volymvikten variera från 0,4 till 0,9 kg/dm^3 inom samma stam. Det är alltid den tyngre eken som är mest svårlimmad. Nästan lika stora variationer i volymvikt kan man finna hos teak som dessutom kan innehålla fett och kemikalier. Det är den tunga och täta teaksorten som är svårlimmad.

När det gäller limning av hårda träslag finns det några enkla regler som brukar ge gott resultat.
Den första regeln säger att man alltid skall använda nybearbetat virke. Om träet har legat en tid efter bearbetningen blir det betydligt mer svårlimmat. Ytan blir oxiderad vid kontakt med luften och limmet har svårt att väta den med dålig hållfasthet som följd. Gamla ytor bör putsas med sandpapper eller hyvlas om före limningen.
Den andra viktiga regeln säger att limmet bör dubbelspridas, d.v.s. att limmet sprids på båda de ytor som skall sammanbindas.
Enligt den tredje regeln bör limmet få torka några minuter före sammanläggning och pressning. Limmet får naturligtvis inte torka för länge så att det förlorar för mycket av limvattnet. Det måste alltid kännas klibbigt vid pressningen.
En fjärde regel är att det i en del fall är lämpligt att höja temperaturen vid pressningen. Det kan exempelvis vara bättre att använda 40 - 50 grader C temperatur än 20 grader C.
Genom de här reglerna så utnyttjar man limmets egen hållfasthet på bästa möjliga sätt.

* Använd alltid nybearbetade träytor

* Sprid limmet på båda träytorna (dubbelspridning)

* Vänta en stund mellan limspridning och pressning (öppen eller sluten väntetid)

* Använd förhöjd temperatur

Man bör prova ut lämpligaste limtyp och bästa limningsbetingelser för de träslag som är aktuella.

Resorcinollim är lämpligt för hårda och feta träslag. Väntetid och förhöjd temperatur är nödvändig i de flesta fallen.

Träets fuktighetskvot före limning bör ligga mellan 5 och 12%. Fuktkvoten hos hårda, starka träslag, där rörelsespänningarna kan bli mycket stora, bör helst vara lika med eller något lägre än den jämviktsfuktkvot som konstruktionen beräknas få vid användning. Det är dock viktigt att man alltid garderar sig mot misslyckanden i form av stora krymp- och svallningsspänningar genom att anpassa fuktkvoten vid limningen och att utföra den limmade konstruktionen på sådant sätt att inga kritiska spänningar uppstår.
Vid limning av hårda träslag krävs som regel en längre presstid. Detta beror främst på större täthet som medför en lägre vattenabsorptionsförmåga. Förhöjd presstemperatur bör användas där så är möjligt. Detta ger i de flesta fall en bättre fogstyrka.

Vid användande av Cascosinol 1711 är lämpligaste pressningstemperaturen 40 till 120° C. Limningsbetingelserna måste alltid anpassas efter träslaget. De flesta hårda träslag kräver relativt hög presstemperatur, dubbelspridning av limmet och en viss öppen väntetid. Limmet måste också spridas rikligt.

I följande tabell visas några av träslagens karakteristiska egenskaper.

	Furu	Teak	Ek	Rödbok	Vitbok	Björk
Volymvikt kg/dm^3	0,52	0,63	0,65	0,65	0,79	0,65
Tryckhållfasthet kp/cm^2	550	720	650	620	820	430
Draghållfasthet kp/cm^2						
∥ fiberriktningen	1040	1190	900	1350	1350	1370
⊥ fiberriktningen	30	40	40	70	-	70
Böjhållfasthet kp/cm^2	1000	1480	1100	1230	1600	1250

Tabell visande olika träslags krympningstal i % av torra längden. a_t = Längdändring tangentiellt
a_r = längdändring radiellt
a_l = längdändring parallellt med fibrerna

	Krympningstal		
	a_t %	a_r %	a_l %
Furu	7,7	4,0	0,4
Teak	5,8	3,0	0,6
Ek	7,8	4,0	0,4
Rödbok	11,8	5,8	0,3
Vitbok	11,5	6,8	0,5
Björk	7,8	5,3	0,6

Vid limning av svårlimmade träslag är, förutom limvalet, även konstruktionens utförande samt ytegenskaperna hos de material som skall limmas av stor betydelse. Genom val av lämplig limnings-

metod, exempelvis genom dubbelspridning, kan man förbättra resultatet. Är man medveten om de olika träslagens karakteristiska egenskaper samt uppmärksammar skillnader i volymvikt mellan de olika träslagen, kan man med en viss vana avgöra vilka åtgärder som är erforderliga för ett gott limningsresultat. I varje fall måste man genom provlimningar övertyga sig om att limfogens kvalitét är tillfredställande, speciellt innan limning av avsedd konstruktion påbörjas. Enklast sker detta genom att limma provblock och slå upp fogarna med stämjärn samt bedömma fiberslitningen i limfogen (se avsnittet om limprovning).

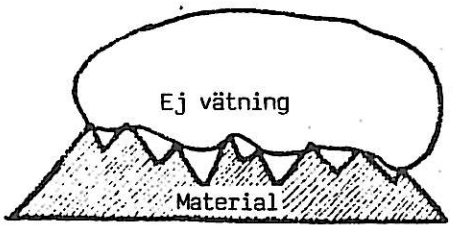
21.5.2.14 Limning av fanér.

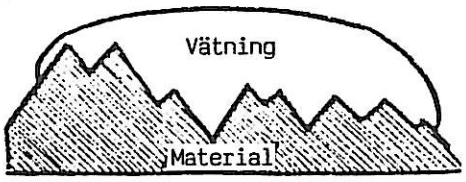
Många som utför fanérlimningar har säkert någon gång misslyckats vid fanéring med t.ex. björk eller furu.

Orsaken till misslyckandet kan vara en mängd olika faktorer som kan vara svåra att utröna. Man kan dock med ganska stor sannolikhet framföra orsaken till vätningsproblematiken av fanéren. Vad kan då dålig vätning bero på?

En orsak kan vara åldern på fanéret. Fanér oxiderar nämligen med tiden samtidigt som en del hartser tränger upp till ytan och därigenom försvårar penetrationen (insugningen) i fanéret.

Ett sätt att kontrollera om fanéren suger dåligt är att använda s.k. putsningsindikator. Finns ingen sådan indikatorlösning, kan en vattendroppe läggas på fanéret. Ligger droppen kvar som en pärla, har fanéret dålig sugförmåga (se figuren nedan). Man kan också putsa ena halvan av ett fanér före limning och prova om en bättre fiberbild erhålles vid knivprov efter pressningen.





Var och en som limmar vet ju att man inte kan putsa fanér i stor skala. Således måste man pröva en del andra knep för att ge fanéret en chans att suga upp limmet. Här har väntetider mellan påläggning av limmet och hopläggning av fogen stor betydelse.

Val av härdare och härdarmängd samt limmets ålder har också betydelse. Ju längre limblandningen får stå, ju tjockare blir koncistensen och ger då en sämre penetration. En del härdare är lämpligare i detta avseende än andra.

Även fuktkvoten bör hållas inom vissa gränser. 7 - 12% är idealiskt och ska avvikelser från gränserna tillåtas, bör man vara extra försiktig vid de lägre fuktkvoterna.

Man kan också med hjälp av olika tillsatser minska ytspänningen hos limmet. Ett sådant medel är Berol 09 från Berol Kemi AB (tfn 0303-850 00). Prov har visat att man med tillsats av 0,1% räknat på limblandningen har fått förbättrade limresultat.

Oavsett vilka åtgärder man vidtar för att försöka öka limbarheten vid svårlimmade fanér, ska man kontinuerligt göra knivprov på limfogarna.

Sådana prov måste göras vid varje ny limblandning och vid varje limningstillfälle (se avsnittet om limprov).

21.5.2.15 Driftskontroll vid limning.

Följande tabell visar vad som behöver kontrolleras vid limning.

* Fuktkvot, temperatur, dimensionstoleranser, ytspänning och årsringarnas orientering hos trämaterialet.

* Blandningsförhållande harts/härdare, viskositet och temperatur hos limmet.

* Limspridning och väntetider.

* Presstemperatur, -tid och -tryck.

* Arbetsmiljö.

* Kvalitét hos den färdiga fogen.

Kontroll av trämaterialet

Fuktkvoten bör vara 12% ±1 á 2%. Säkraste testet av fuktkvoten görs genom torkning till konstant vikt. En snabbare metod är att använda någon form av elektrisk fuktkvotmätare. Det är viktigt att fuktkvoten inte bara ligger på rätt nivå utan också är ungefär lika i de stycken som skall fogas samman. Det kan vara bra att veta att 12% fuktkvot får man vid +20° C i virke som står i jämvikt med luft av 60% relativ fuktighet. Observera också att mätare för relativ fuktighet (hygrometrar) ofta visar fel och måste kontrolleras då och då.

Virkestemperaturen märker man ganska lätt när man tar i virket. Visserligen kan man ta fel eftersom fuktigt virke också känns kallt, men om det är fuktigt konstaterar man ju på annat sätt. Virke som är under 10° C kan ge fellimningar men dess-

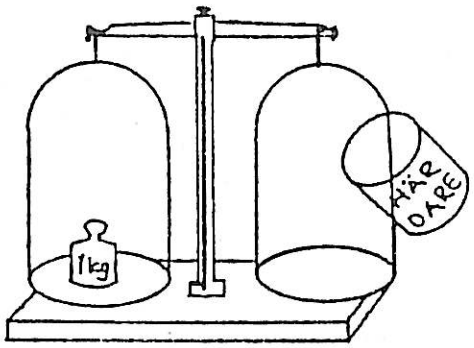
utom gäller att presstiden måste förlängas vid pressning av kallt material.
Måttoleranserna är en annan viktig fråga. Vid ett jämnt tryck av 5 kp/cm^2 på ett 20 mm tjockt furustycke blir kompressionen endast ca 0,02 mm. Man brukar praktiskt räkna med att skevheter och fel i planhet på 0,1 - 0,2 mm kan jämnas ut av presstrycket. Virkestjockleken hos träytan bör därför kontrolleras med skjutmått och planheten med vinkelhake på flera ställen av det kontrollerade trästycket.



Ytspänningen hos träytan är det som gör att en limdroppe kan ligga som en kvicksilverdroppe på ytan utan att sugas in i träet. Att lägga en droppe lim på ytan och se om den sugs in är också det enklaste sättet att konstatera om ytspänningen är tillräckligt låg. Om ytspänningen är för hög kan det bero på att trästycket är för fett eller att för lång tid gått sedan det bearbetades.
Regeln är att alla ytor som ska limmas ska vara nybearbetade. För furu bör ytorna således inte vara äldre än några dagar.
Årsringsorienteringen slutligen, menar fabrikanter av träprodukter, att man av ekonomiska skäl inte kan ta hänsyn till. För flygplan är detta helt felaktigt där årsringarna måste vara orienterade som beskrivits i tidigare avsnitt med hänsyn till de i konstruktionerna verkande krafternas typ och riktning. Här kan påpekas att om årsringarna i fogen är vinkelräta uppkommer stora spänningar i fogen när de olika i denna ingående delarna rör sig på olika sätt. Dessutom blir det lätt brott i den efterföljande ytbehandlingens färgskikt där olika trästycken möts, skevhet i konstruktionen, skador på dukklädsel etc.

Kontroll av limmet.

Det blandningsförhållande mellan harts och härdare som rekommenderas av limleverantören (godkänt för flygplanlimning) skall följas. För mycket härdare ger, beroende på vilken härdare som används, ibland en snabbare men ibland en långsammare blandning. Blandningsförhållandet anges i viktsdelar och komponenterna måste därför normalt vägas. Med hjälp av kännedom om densiteten kan vikten omräknas till liter eller centiliter.



Pulverhärdare måste alltid vägas eftersom densiteten varierar också hos en viss härdare på grund av att den kan packas olika tätt vid hantering, transport etc.
Viskositeten och temperaturen hos limmet märker man enkelt vid hanteringen. Om man önskar få reella siffervärden på viskositeten kan denna mätas i en s.k. Ford-Cup och temperaturen med en vanlig termometer.
Limspridningen kontrolleras vanligen visuellt. Då och då är det emellertid bra att "kalibrera ögat" genom att väga lamellerna före och efter spridningen. Ett noggrannare mått på limspridningen får man om man tejpar fast ett papper på lamellen före limspridningen och endast väger papper och tejp med och utan lim.
Väntetiderna mellan spridning och pressning är mycket viktiga att kontrollera, särskilt den öppna väntetiden före sammanläggningen. Vissa limsorter klarar inte för lång väntetid, andra lim t.ex. resicinollimmen behöver en viss väntetid, särskilt vid kallpressning.



Pressbetingelser.

Presstemperaturen och presstiden hänger ihop. Vid lägre presstemperatur måste presstiden förlängas.

Den temperatur som är avgörande är naturligtvis limfogens, det tar en god stund innan plattornas värme överförs till fogen. Vid högfrekvenslimning gäller att vid exempelvis limning av för fuktigt virke förbrukas en hel del HF-energi för att värma upp träet vilket kan leda till för låg fogtemperatur, som i sin tur innebär förlängning av presstiden (eller effekten). Vid kallpressning bör därför temperaturen mätas i rummet där materialet har förvarats en längre tid (fortfarighetstillstånd).
Presstrycket är beroende av planheten hos ämnena som limmas. För mjuka träslag som spruce eller furu brukar ca 5 kp/cm^2 användas. Viktigt är här att man är observant på att trycket är jämnt fördelat över hela ytan. Vid användande av tvingar, limknektar etc, måste man vara observant på att efter en stund så komprimeras träet och limmet sugs in varvid trycket minskar. Det behövs därför oftast en eftersättning av tvingtrycket.
Arbetsmiljön måste regelbundet kontrollers främst genom att tillse att man undviker onödigt spill och stänk samt damm från limmet eller härdaren.

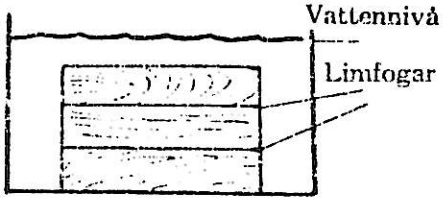


Provtagning.

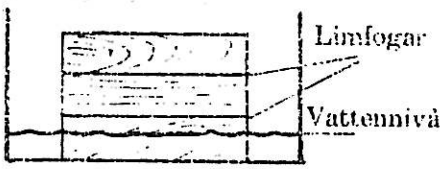
Förutom normal avsyning av limningen, måste vissa prov göras som s.k. förstörande prov. Till synes bra limfogar kan visa sig inte klara kraven då de testas för dragning, skjuvning etc. För flygplanbyggnad föreskrives dessutom att limprov skall göras även för arkivering - för utifall något skulle inträffa under flygplanets livslängd. Sådana prov skall noga märkas och bokföras i byggjournalen.
Provningens primära uppgift är att kontrollera om limningen fyller ställda krav för avsedd konstruktion.

Provning efter fuktbelastning.

Förutom torrt prov kan våtprov utföras. För flygplanbyggaren kan detta vara ett sätt att testa väderbeständigheten hos använt material om så önskas. Något krav för att sådana prov skall utföras föreligger emellertid inte.
För våtprovning finns olika varianter med olika längd på provstyckena (långa provkroppar ger större sväll- och krympspänningar), olika för olika doppningsdjup, torkningsförlopp genom olika val av torkluftens temperatur och fuktighet samt torktiden och slutligen cykliska prov med flera fuktnings och torkningsförlopp. Enligt Statens Planverk förslag till metod för tillverkningskontroll avkapas av de uttagna provningskomponenterna bitar med längden 100 mm. Om sprickor i detta stadium kan observeras i virke med fogar, märkes detta och noteras. Provningen tillgår sedan så att provbitarna blötläggas i vatten vid 30 ±5 °C under 15 till 20 timmar varvid de skall ligga helt under vatten enligt figuren nedan.



Därefter tas de upp och lägges på tork under 8 timmar i luft vid ca 30% relativ fuktighet och en temperatur av 30 - 40 °C. Efter torkningen mäts längden av för ögat synliga sprickor i limfogarna såväl på snittytor som sidoytor. Därvid bortses från kortare sprickor som orsakats av förekommande kvistar. Den sammanlagda fogspricklängden får icke överstiga 5% av totala längden synliga limfogar.
Om spricklängden är mer än 5% göres förnyat prov varvid sprickornas längd inte får överstiga 10% för godkännande.
Enligt en annan, (mildare) provningsmetod, för material som ej utsätts för väderexponering, nedsänkes en 240 mm lång provbit i vatten på så sätt att fogarna inte når vattnet (figuren nedan).



Efter 2 timmar i 20-gradigt vatten tas provbiten upp och torkas i värmeskåp under 3 timmar vid 40 °C. Efter 12 sådana upprepade cykler mäts hur många mm fogöppning som erhållits.

Ytterligare en provningsmetod för våtprov kan användas. Här sänks provbitarna helt ner i vatten med 40 °C och får ligga där under 48 timmar.
Efter fyra sådana cykler placeras de i värmeskåp under 48 timmar vid en temperatur av 40 °C.
Efter fyra sådana cykler mäts fogöppningen.

21.5.2.16 Undersökningsvätska för träets limbarhet.

Nedanstående är en avskrift av rekommendation utarbetad av Tekn lic Torsten Englesson för undersökning av ett träs limbarhet:

1. Undersökningsvätska för träs limbarhet.

Metylenblått (kristalliniskt)	0,07 g
Anilinsulfat	0,5 g
Destillerat vatten	100,0 ml

0,5 g torrt anilinsulfat löses med 0,07 g metylblått i ca 90 ml vatten i en 100 ml mätkolv.
Justera pH-värdet till omkring 3,5 med hjälp av utspädd svavelsyra. Fyll kolven med vatten till 100 ml.
För att undersöka limbarheten droppar man putsningsindikatorn på träytan och iakttar resultatet. Droppen bör inte vara större än 3 mm i diameter.
På sådana ytor som är väl lämpade för limning kommer indikatordroppen att tränga in mer eller mindre fullständigt i ytan och bilda en klart grön zon i mitten med en gul ring runtomkring. Denna reaktion inträder redan efter någon minut på lösa träslag. Om däremot droppen fortsätter att ligga kvar på ytan hela tiden uppvisande den ursprungliga intensivt blåa färgen, då föreligger ythärdning.
Botemedlet mot ythärdning är helt enkelt en lätt putsning med relativt fint sandpapper. Det gäller då endast att ta bort det yttersta, svårtvättbara ytskiktet. Däremot är det inte alls meningen att rugga upp ytan genom grov sandning eller putsning med grovt sandpapper i avsikt att få en bättre mekanisk adhesion.
En allmän regel för god limning är ju att man bör ha plana, släta ytor.

2. Reagens på kärnved hos furuvirke.

Lösning A. 5 g benzidin i 25 g 25%-ig saltsyra och 970 g (ml) vatten.

Lösning B. 100 g natriumnitrit i 900 g vatten.

Lika delar av lösningarna A och B blandas omedelbart före användningen.
Vid bestrykning av virket med blandningen färgas kärnveden blodröd.

21.5.2.17 Limförfarande.

Efter att ha utfört alla nödvändiga förberedelser ser med de delar som skall sammanfogas, vidtager själva limförfarandet. Detta skall ske i enlighet med den bruksanvisning som utgivits av limfabrikanten. Se speciellt till att temperatur och luftfuktighet är inom tillåtna värden.

Kontrollera att tvingar och andra limpressverktyg är framtagna i tillräcklig mängd. Beräkna åtgången av lim så att inte onödigt mycket blandas för limningen. Eller ännu värre, för lite! För lite lim kan medföra att man kommer i tidsnöd samt att limmets sättid (se bruksanvisningen) inte kan hållas med resultat att det blir en sämre eller rent av dålig limning som resultat.

Använd pensel eller tandspackel för påläggning av limmet. Det går mycket bättre och ger bättre resultat än att använda trästickor.

Sprid limmet enligt bruksanvisningen (vanligen på båda limytorna).

Vid sammanpressning skall rekommenderast limtryck följas. Detta kan vara svårt att avgöra för en nybörjare, men under alla omständigheter skall limpärlor tränga fram ur fogen under pressningen.

21.5.2.18 Presstryck.

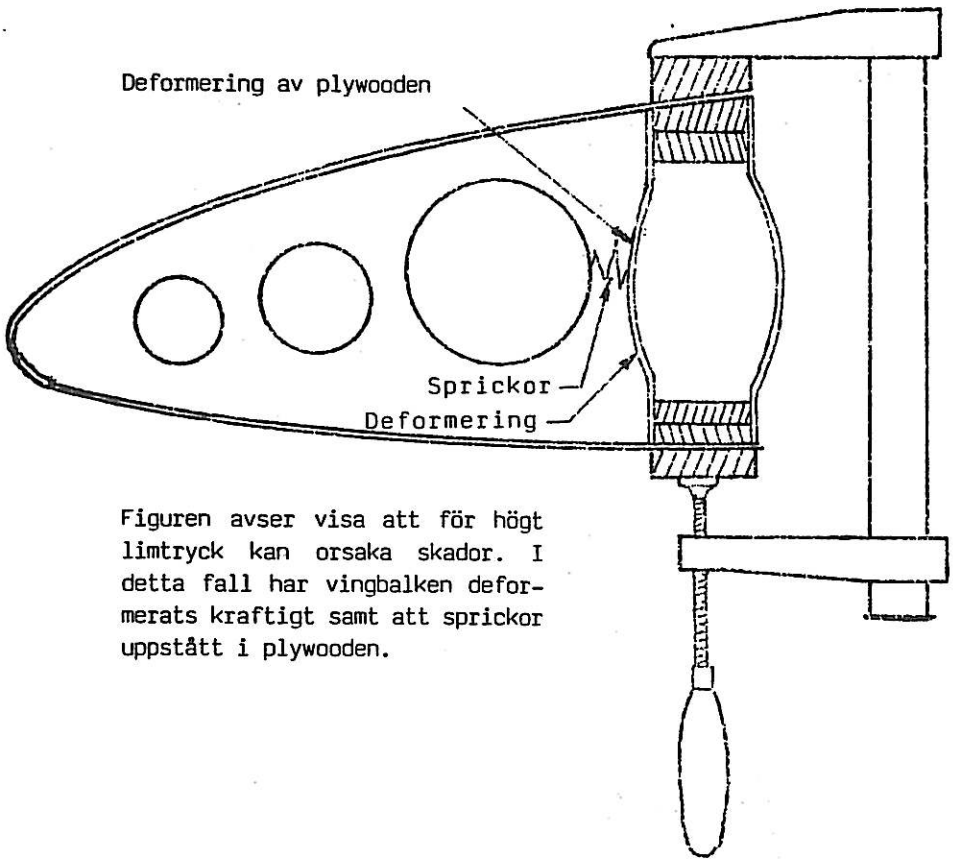
För att vara helt säker på att limmet fördelar sig jämnt och effektivt över porerna skall de limmade bitarna sammanpressas med ett relativt stort tryck. Detta varierar mellan olika träslag och skall vara det som fabrikanten av limmet anger. Storleksordningen brukar vara 0,3 - 0,5 N/mm^2 upp till 1,2 N/mm^2. Då presstrycket sällan låter sig mätas exakt skall i varje fall följande krav gälla.

Ytorna skall kunna läggas mot varandra utan synliga fogar. Överflödslim skall tränga ut mellan fogarna i form av små pärlor.

När nödvändigt tryck inte kan skapas med hjälp av tvingar eller liknande verktyg, får andra metoder komma till bruk. Regeln är dock; träts ådring och fibrer får inte taga skada och konstruktionen får inte deformeras (se figuren nedan).

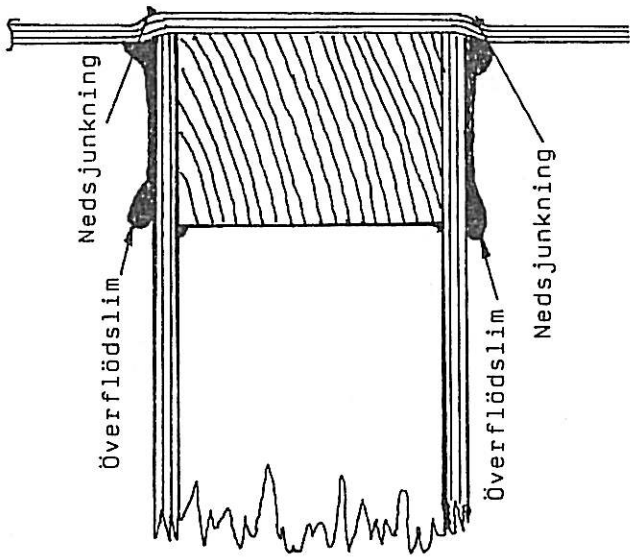
Presstrycket får inte minskas efter att tvingarna är ansatta. Temperaturen skall hållas konstant och inom föreskrivna värden.

De flesta limtyper krymper vid härdningen. Sammandragningen blir följaktligen störst där mest lim är använt t.ex. vid plywoodbeklädnad. Ett exempel visas i figuren på nästa sida. Då limfogen här ligger vinkelrätt mot flygriktningen är det lätt att inse att den aerodynamiska strömningen blir störd. För att undvika detta skall man inte anaanvända mer lim än nödvändigt. Torka bort överöverflödigt lim. Den sista uppmaningen är inte så

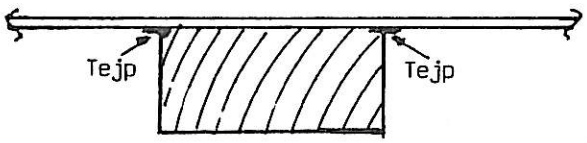


Figuren avser visa att för högt limtryck kan orsaka skador. I detta fall har vingbalken deformerats kraftigt samt att sprickor uppstått i plywooden.

lätt att följa då man sluter ett utrymme med den sista skivan. Genom att lacka skivans insida så nära limytan som möjligt före limningen kan man minska på den limmängd som behövs för att täcka det resterande obehandlade träet som blir kvar utanför fogen. Därigenom undvikes den tjocka limranden som kommer fram vid pressningen och som orsakar deformationen i den tunna plywooden.



Figuren ovan är avsedd visa inverkan av limmets hopdragning under härdningen. För att undvika deformering av denna orsak, kan man fästa en tejpremsa ett par mm in på balken som visas i figuren nedan. Därmed undvikes den limsträng som pressas fram då limningen sätts under tryck vilket innebär minskad derformation.
Denna metod kan också nyttjas vid dukning.



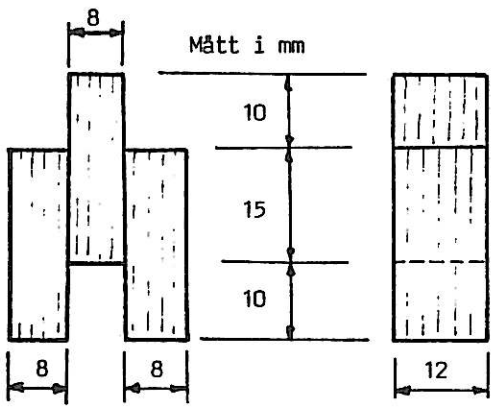
Ytterligare metoder finnas för att undvika deformationer vid limning. Men dessa får bestämmas från fall till fall. Dessa får emellertid inte leda till att limningen blir undermålig. Problemet får inte heller underskattas eftersom detta kan leda till deformationer på sätt som visas på den övre figuren.

21.6.1 Byggarens limprov.

Vid varje limning skall minst två limprov göras ur varje limblandning.

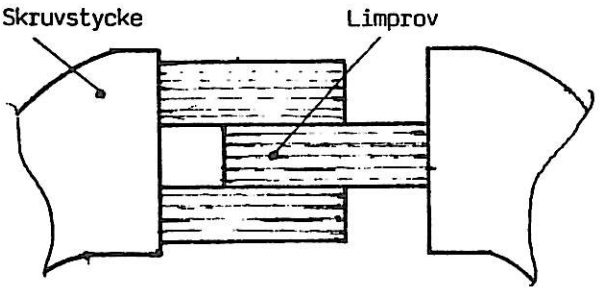
Till limprovet skall material och förfaringssätt så långt möjligt överensstämma med den limfog som skall ingå i flygplanet. Efter ca en vecka skall det ena limprovet brytas. Det andra sparas så länge som flygplanet är aktuellt att flygas.

För att kunna bryta limprovet på ett adekvat sätt, kan tryckprov utföras i ett skruvstycke.
Måttuppgifter på limprovbitarna visas i figuren nedan.

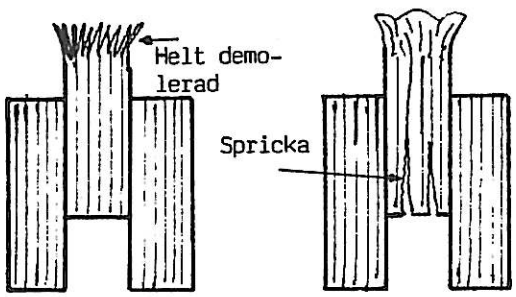


Prov 1. Skjuvningsprov.

Provet som skall testas sätts i ett skruvstycke som pressas ihop tills provet brister.

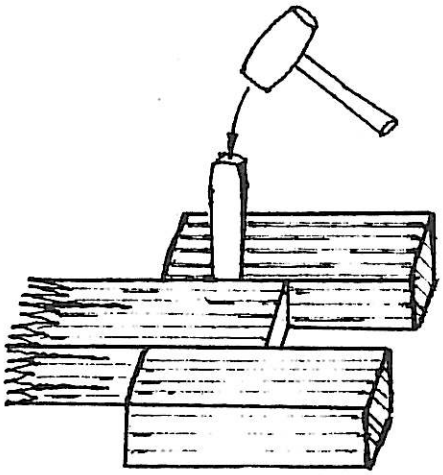


Vid godkänt prov skall trät demoleras. Limfogen skall vara intakt.



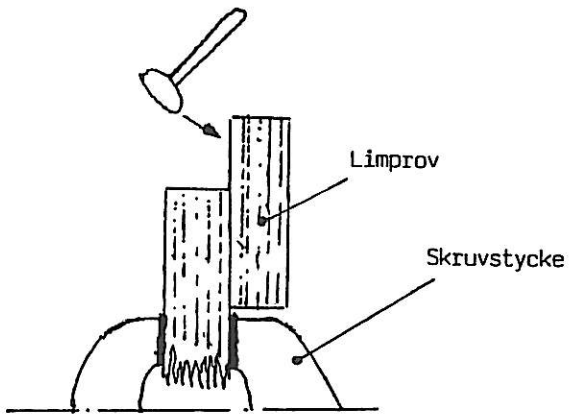
Prov 2. Klyvningsprov.

Vid prov 1 splittras provet som visas på den förra figuren. Nästa prov blir att klyva loss det ena "benet" från provbiten. Detta sker med hjälp av en tjock kniv eller en huggmejsel (kilverkan) som anbringas på sätt som visas i nästa figur.
Verktygets egg placeras i limfogen och klyvning sker medelst hammarslag på verktyget. Brottytan i trät skall vara minst 80% av hela brottytan (max 20% i limfogen).



Prov 3 Fläkprov.

Det efter prov 2 återstående "benet" slås bort med hammare sedan limprovet placerats i ett skruvstycke. Brottytan i trät skall vara minst 80% av hela brottytan (max 20% i limfogen).



Limproven dokumenteras och sparas.

Alla limprov som testas enligt ovan skall noga antecknas i byggjournalen samt sparas och visas för

kontrollgruppen. Varje prov skall vara märkt för den identifiering som anges i byggjournalen.

Prov som inte brytas skall märkas med det identitetsnummer som angivits i byggjournalen. Dessa limprov skall sedan förvaras under hela luftfartygets brukstid tillsammans med byggjournalen.

Observera att första limprov måste göras en vecka före det verkliga limningsarbetet påbörjas. Detta av orsak att träets limbarhet och limmets användbarhet skall kunna testas (härdningstiden för limmet är vanligen ca en vecka) enligt vad som nämnts om limprov 1, 2 och 3 (skjuvningsprov, klyv- och fläkprov). Observera också att en limfog har sin största hållfasthet vid skjuvning samt den lägsta vid fläkning.

21.6.2 Urluftning och dränering.

Då man stiger till högre luftlager sjunker trycket så att tryck i slutna utrymmen inte kan utjämnas. Sådana slutna utrymmen måste därför förses med förbindelse till den omgivande atmosfären.

Konstruktionsdetaljer med hålrum som är större än 150 cm skall vara urluftade för att undvika skjuvspänningar, t.ex. lådbalkar eller spryglar skall urluftas så nära förbindelsedelar eller utfyllandsklossar som möjligt. Med möjlighet för luften att passera genom flygplanets alla skrymslen och vrår, ger man också tillfälle för vattenånga att ta samma väg.

Luftens innehåll av vattenånga är inte konstant och vid sjunkande temperatur ner till daggpunkten kommer övertalig vattenånga att "falla ut" och kondenseras på omkringliggande delar, t.ex. flygplan och dess innanmäten. Detta kondensat måste få möjlighet att rinna ut då det annars samlas och orsakar fuktskador (röta och mögel).

Därför skall alla lågpunkter i konstruktionen vara försedda med dräneringshål, 5-6 mm i diameter räcker. Runda hålens kanter på insidan så att vattnet lätt kan rinna ut. Låt däremot kanterna vara skarpa på utsidan så att kapilärkraften bryts och dropparna "tappar taget". Glöm inte bort att ytbehandla hålen noggrant. Där det finns ändträ sugs vattnet lätt in.

21.6.3 Invändig ytbehandling.

Här skall endast avhandlas invändig ytbehandling av trädetaljer. Utvändig målning etc står att läsa under kapitlet om dukning och dope.

Alla invändiga delar måste ytbehandlas. Till detta används lämpligen någon av de produkter som går under populärbeteckningen "fernissa".

Allra lämpligast torde vara någon av polyuretanlackerna. Dessa ger en mycket stark och vattenavvisande yta. Följ tillverkarens beskrivning. Dock bör man inte lacka så många gånger som om det vore ett båtdäck. Det är inte glansen som är det mest viktiga. Dessutom kommer inte solen åt att bryta ner lacken invändigt. Två lager är dock ett minimum, varav det första bör spädas med förtunning för att få bättre inträngning. Tre lager kan anses som ett maximum. Tänk på att även lack väger.

Det går även bra att använda vanliga enkomponentlacker på syntetbasis. Späd det första lagret som med polyuretanlacken. Här gäller minimum 3 strykningar (kom ihåg att flera tunna strykningar är bättre än få tjocka). Prova dock alltid att inte lacken "reser sig" vid övermålning med den dope som avses användas.
Se till att komma åt i alla skrymslen. Tänk också på att borra hål för beslagmontage etc innan lackningen.
Ytbehandla även bulthål invändigt och borra eller brotscha sedan vid behov till rätt dimension.

Använd skyddsmask vid lackning i slutna eller trånga utrymmen - lämpligen sådana med kolfilter. Isynnerhet polyuretanångorna är mycket intensiva och huvudvärksframkallande.