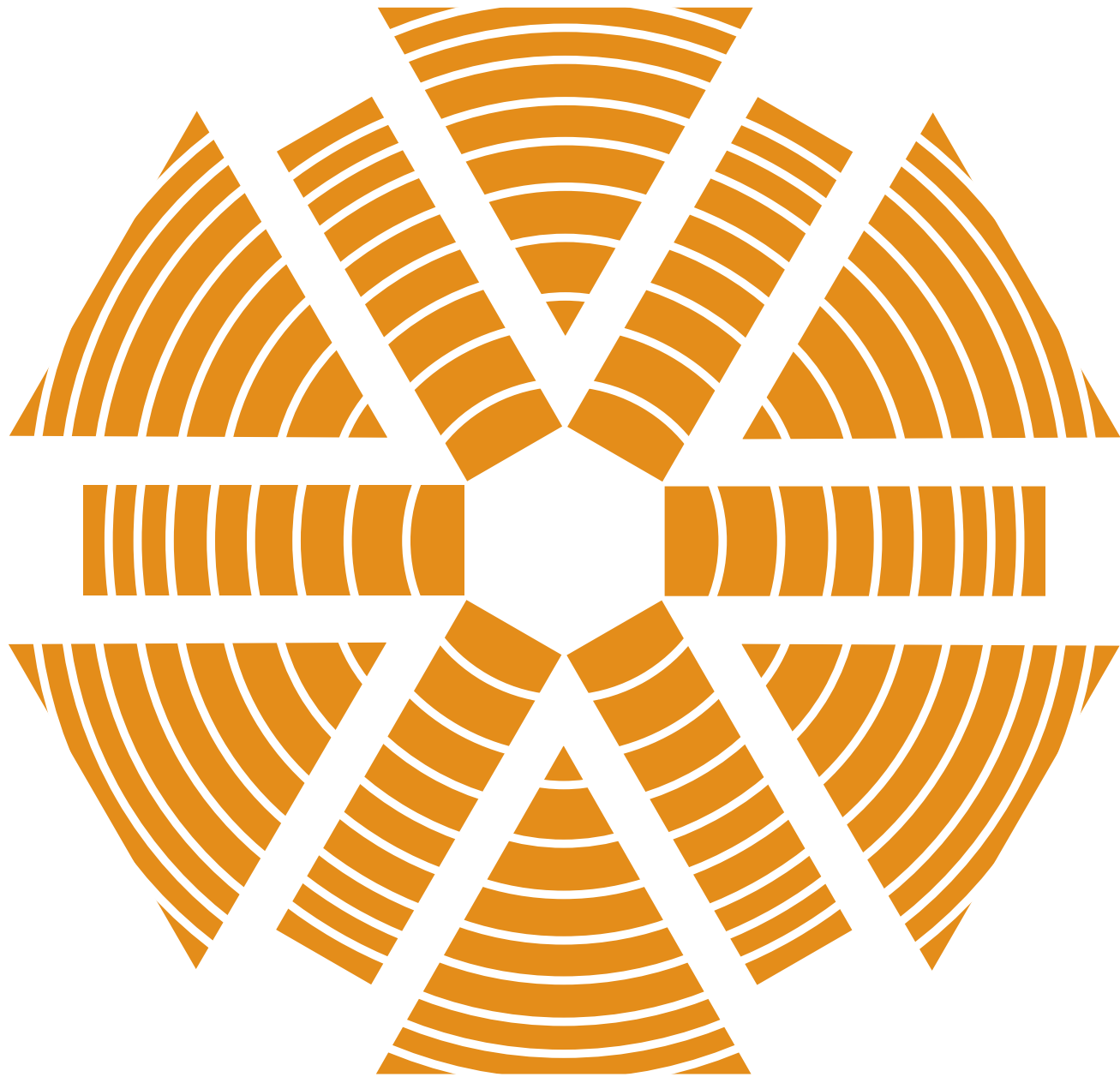


Stjärnsägning





Stjärnsågning



*Den skrift som du nu har framför dig är
en komprimerad sammanfattning av
en doktorsavhandling från KTH-Trä.*





Ledstjärnan för svensk träindustri

Kungl Tekniska Högskolan, KTH, svarar för en tredjedel av Sveriges kapacitet av teknisk forskning och ingenjörutbildning på högskolenivå. Här verkar ca 11000 helårsstudenter, över 1300 aktiva forskarstuderande och 2900 anställda. Utbildningen och forskningen är av hög internationell klass och täcker ett brett område – från naturvetenskap till alla grenar inom tekniken samt arkitektur, industriell ekonomi, samhällsplanering, arbetsvetenskap och miljöteknik.



Förord

En doktorsexamen är resultatet av omkring fem års intensivt arbete inom ett specialområde, som i mitt fall är träteknologi. De forskningsresultat som framkommer under dessa år presenteras i form av en avhandling.

Avhandlingar är tyvärr ofta skrivna för lika-sinnade, det vill säga av forskare för forskare och med ett detaljrikt och svärbegripligt språk. Detta resulterar i att väldigt få personer läser dessa trots att innehållet mycket väl kan vara av värde för en bredare läsekrets.

Jag har dock under hela min forskartid ansett att det är viktigt att forskningsresultaten kan tillgodogöras av människor i branschen.

Detta häfte är ett försök att kortfattat beskriva de väsentligaste resultaten som presenteras i min doktorsavhandling. Dessutom vill jag belysa mer eller mindre glömd kunskap om årsringsorienteringen i virke.

Det övergripande syftet är att försöka underlätta kommunikationen mellan träforskningen och industrin för att få ett effektivt utnyttjande av forskningsresultaten.

Avhandlingens originaltitel är:

Value Activation with vertical annual rings
– material, production, products

Den lille fyra och ett halvt år gamle Dick satt häromdan sysselsatt med sin favorithobby med spik hammare och några brädlappar. Plötsligt tittar han upp och säger:

- Mamma! Va tror du att jag blir när jag blir stor? Tror du att jag blir mamma eller pappa?
- Jag tror säkert att du blir pappa.
- Då tror jag också, mamma, för jag är så j-la bra att snickra

Ur Söderhamns Kuriren 1971

Jag föddes i Söderhamn den 8 maj 1967 och är bosatt i Stockholm sedan 10 år. Efter utbildning till gymnasieingenjör inom elektronik studerade jag till maskiningenjör vid KTH, där jag specialiserade mig inom ämnet träteknologi.

I början av 1991 startades forskningsprogrammet Värdeaktivering av professor Martin Wiklund vid KTH-Trä och det blev jag tidigt involverad i. Intresset för trä tilltog och jag fortsatte efter civilingenjörsexamen med forskarstudier vid KTH-Trä.

I mitt forskningsarbete har jag framförallt belyst årsringsorienteringens samt märengens och ungdomsvedens betydelse för olika egenskaper hos furu och gran.

Jag har aktivt medverkat i uppförandet av pilotanläggningarna för stjärnsågning och PrimWood Prisma i Arjeplog respektive Södertälje.

1994 avknoppades bolaget PrimWood AB från KTH-Trä och sedan starten har jag suttit med i bolagets styrelse och nära kunnat följa industrialiseringsfasen av PrimWood-metoden.

Nu, hösten 1998, kan jag konstatera att arbeta med trä är att *leva med trä*.

Dick Sandberg



Kjell Wiklund och jag delar ett block limmat av trekanter vid den pilotanläggning för PrimWood Prisma som uppförts på Åke Lundqvists gård Heda utanför Södertälje. Bakom kameran Åke själv.

Innehåll

Den svenska skogen	6
Alla dessa träd	8
Träets egenskaper	10
Trä utomhus	12
Träets utseende	14
Traditionell sågning	16
Traditionell limfog	18
Värdeaktivering	20
Stjärnsågning	28
Mer att läsa	40

*S*kogen stod tät kring människans första boningar. Trädens skönhet, väldighet och livskraft ingav över allt den grubblande människan föreställningen, att ingenting kunde bättre symbolisera Livet än ett skyhögt växande träd, med rötterna i den dunkla underjorden och kronan omstrålad av himlens ljus.



Sverige är ett skogsland. Mer än halva Sveriges yta täcks av skog. Halva skogsarealen ägs av 360 000 privata skogsägare, aktiebolag äger fyrtio procent och övriga ägare, däribland kyrkan, staten och kommuner, resterande tio procent.

I Sverige växer det mer skog än det avverkas. Varje år avverkas ca 8 m³ skog per svensk. Tillväxten är ca 12 m³.

Tillväxten har ökat sedan den första riksskogstaxeringen. Ökningen beror på bättre skogstillstånd med mer välslutna bestånd och ett högre totalt förråd. Även kvävenedfallet antas orsaka ökad produktion. Totalt uppskattas Sveriges virkestillgångar till 2695 miljoner skogskubikmeter eller drygt 300 m³ per svensk. Virkesförrådet har ökat i stort sett linjärt från den första riksskogstaxeringen år 1923-29, då det var ca 1750 miljoner skogskubikmeter.

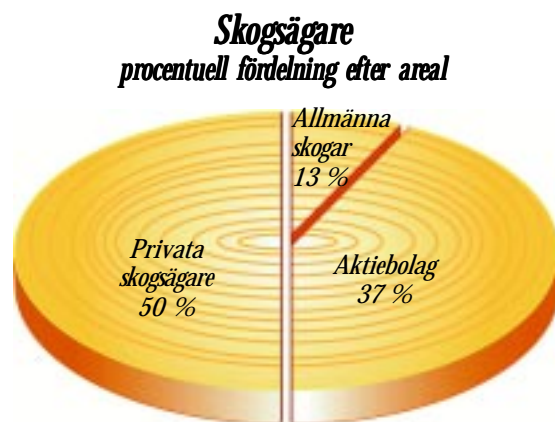
Kring oss finns skogen och skogens alla värden. Den svenska skogen är en unik råvara som vi omsorgsfullt skall förvalta och förädla. Det värdefullaste i vår omgivning skall vi tillverka av trä.

Låt oss nu berätta om en revolutionerande händelse för den svenska skogen

Den svenska skogen

Boniteten, dvs markens naturgivna produktionsförmåga, stiger från norr till söder. I norra Norrland är genomsnittet för tillväxten i virkesförrådet 2,3, i Götaland 6,5 och riksgenomsnittet är 4,2 m³sk/ha/år.

Skogsindustrin är drivkraften i ett industrisystem som ger sysselsättning, investeringar och tillväxt i hela landet. Då skogsindustrin växer ger det positiva effekter i verkstadsföretagen, kemiindustrin, byggbranschen, transportsektorn, databranschen och i övriga delar av näringslivet. Inte minst är det småföretag som gynnas då det går bra för skogen.



Svenska folkets nytta av skogen är stor. År 1995, då skogskonjunkturen var mycket god, beräknades bruttovärdet av virkesskörden till ca 24,5 miljarder kronor. Omkring 26 000 personer är helt eller delvis sysselsatta inom skogsbruket.

Vidareförädlingen av virket till i första hand sågade trävaror, massa och papper bidrar med ytterligare ca 95000 arbetstillfällen. Därtill kommer de branscher som förser industrin med tjänster, t ex transporter. Ungefär en fjärdedel av all lastbilstrafik är knuten till skogsbruket. Förädlingsvärdet i skogsbruket är i runda tal omkring 55 miljarder kronor. 17 procent av Sveriges totala export utgörs av skogsprodukter.

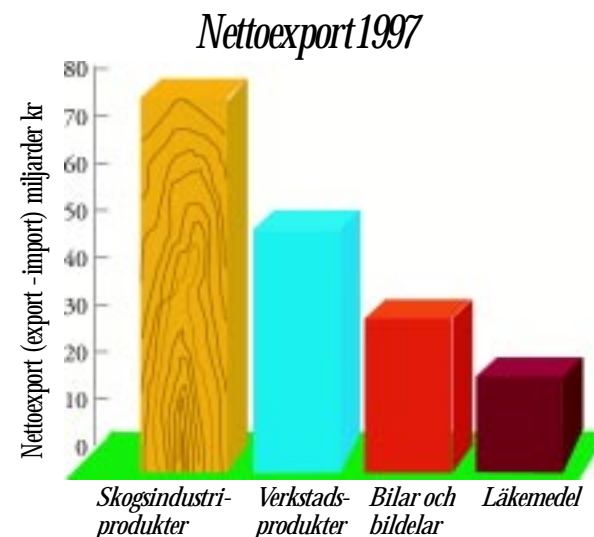
Biobränslen från skogen ger årligen ca 40 TWh energi, vilket motsvarar ungefär halva Sveriges elproduktion med kärnkraft.

Allemansrätten ger människor möjlighet att fritt vistas i naturen samt plocka bär och svamp. Den totala produktionen av bär uppskattas till en miljard liter, varav en knapp tiondel plockas.

Ungefär en halv miljon svenskar sysslar med jakt. Förutom ett stort rekreativvärde genere-

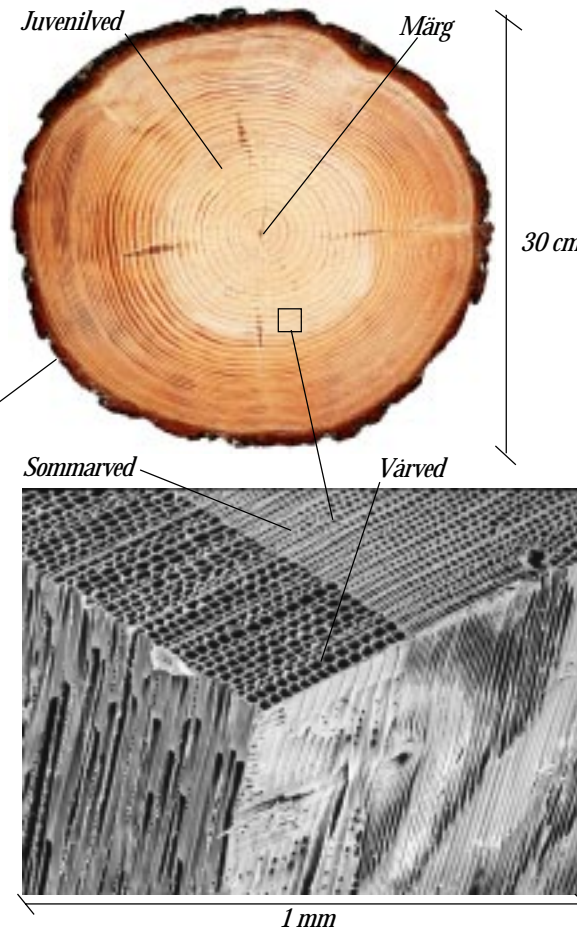
rar jakten kött till ett värde av ca 700 miljoner kr/år. Jaktens betydelse för att locka utländska besökare förväntas öka.

Undersökningar visar att turister i skogsregioner tillskriver upplevelsen av skog och natur halva värdet av sina semesterutlägg. Andra undersökningar visar på samhällsekonomiska vinster i form av minskad sjukfrånvaro då folk har tillgång till stimulerande rekreativmiljö, t ex skog.



Nyttjande

Vårt vanligaste trädslag är gran tätt följt av tall. De utgör 45 respektive 39 procent av skogsvolymen. Lövträd och nyligen döda träd står för de resterande 16 procenten, varav björk utgör två tredjedelar. Ådellövskog, dvs alm, ask, avenbok, bok, ek, fågelbär, lind och lönn, växer på mindre än en procent av skogsmarksarealen.



Furu och gran är våra vanligaste barrträd. Dessa är uppbyggda till 90 % av långsträckta celler, s k trakeider som i det närmaste är orienterade i stammens längdriktning. Cellerna är 2-6 mm långa, spolformade och ihåliga. Vårveden som bildas på våren har stora håligheter i cellerna för att kunna transportera stora mängder vatten. De celler som bildas senare mot sommaren behöver inte transportera så mycket vätska och får därmed mindre håligheter och högre densitet. Dessa celler benämns sommarved och svarar i huvudsak för trädets hållfasthet.

En trädstam består i ett tvärsnitt av märg, ved samt bark. Märgen finns i mitten av stammen och omges först av den s k ungdomsveden eller juvenila veden som i sin tur omges av den mogna veden. Tvärsnittet kan även delas in i splint- och kärnved. I splintveden sker vätske-transporten från roten till kronan, men i kärnveden som hos furu bildas vid 30-40 års ålder har vätske-transport stoppats. Kärnveden hos furu har en naturlig impregnering med extraktivämnen, bl a pinosylviner, som ger kärnan dess färg och motståndskraft mot angrepp av svamp och insekter.

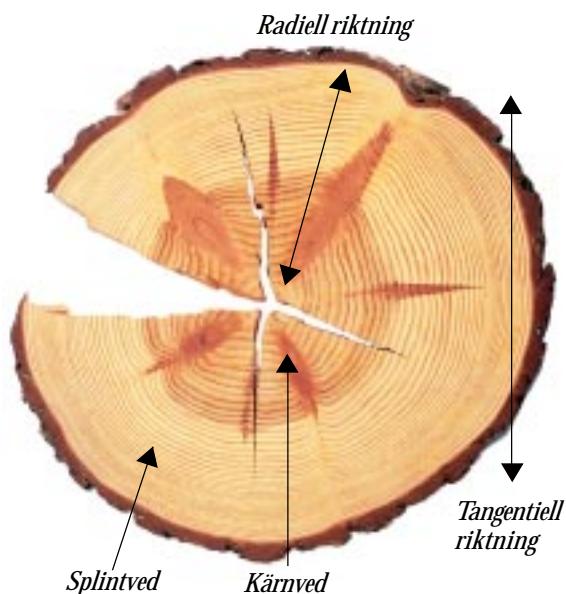
Alla dessa träd

Svenska	Latin
Tall/furu	Pinus silvestris L
Gran	Picea abies Karst
Glasbjörk	Betula pubescens
Vårtbjörk	Betula verrucosa
Ek	Quercus robur

Barrträdsliknande växter har funnits i omkring 300 miljoner år, medan lövträd är betydligt yngre, omkring 100 miljoner år. Strukturmässigt är barrträden enklare uppbyggda än lövträden.



Trä är ett naturmaterial och i det naturliga kretsloppet är trädstammen uppbyggd på ett optimalt sätt. Detta synsätt ger motiv och ibland förklaringar till de olika egenskaper som man kan finna i det anisotropa, hygroskopiska, heterogena, variabla material som trä är.



Det är framförallt fyra principiella förhållanden som karakteriserar trä, nämligen att det är *anisotropt, hygroskopiskt, heterogent och variabelt*. Allt detta sammanhänger med att träet på bästa sätt är uppbyggt för att uppfylla de specifika krav som råder i det levande trädet.

Att trä är anisotropt innebär att träet har olika egenskaper i olika riktningar, t ex styrka, krympning och svällning. Trä har tre så kallade huvudriktningar i vilka egenskaperna är i stort sett lika. Dessa riktningar benämns longitudinell (längd-), radiell och tangentiell riktning.

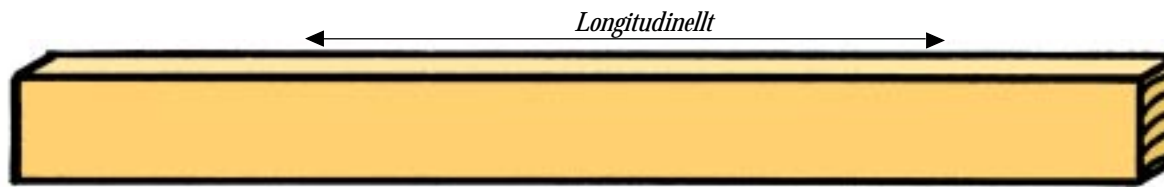
Med hygroskopiskt menar man att träet har en förmåga att ta upp och avge vatten beroende på omgivningens fuktighet. Träets egenskaper är starkt beroende av fukttinnehållet. Fukttinnehållet mäts som fuktkvot.

Trä är ett typiskt heterogent material, det vill säga uppbyggt av olika beståndsdelar. Kvistarna är en naturlig del av trämaterialiet, men dess egenskaper skiljer sig väsentligt från det kvistfria virket och kan vara till både för- och nackdel vid användning.

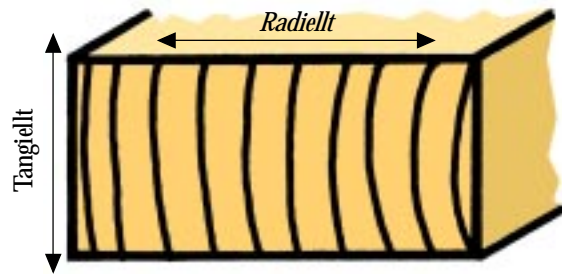
Trä är variabelt. Många egenskaper varierar inom trädet oberoende av huvudriktningarna. Till exempel minskar densiteten från barken in mot centrum och från roten mot toppen.

Träets egenskaper

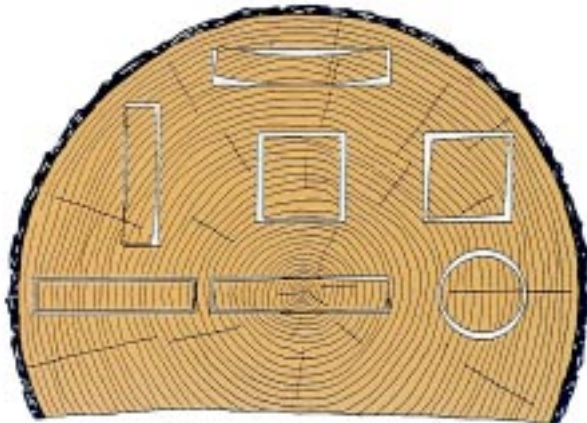
Fuktkvoten är vikten på vattnet som finns i träet dividerat med träets torra vikt.



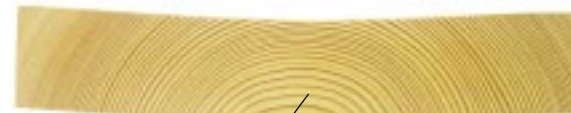
Före torkning: 5,00 m, efter torkning: 4,98 m.



Före torkning: 53 x 103 mm
Efter torkning: 50 x 100 mm



Skillnad i formförändring vid torkning hos virke utsågat med olika årsringsorientering.



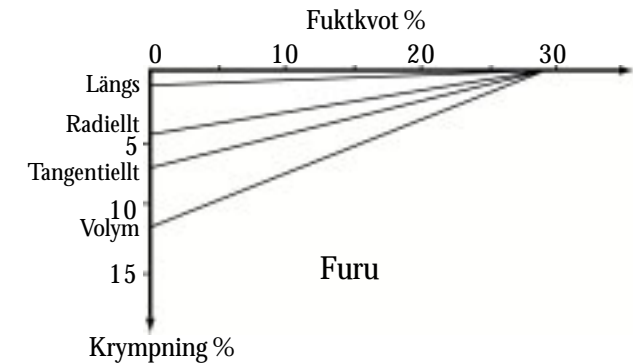
Årsringarna är krökta

Skillnaden i radiell och tangentiell krympning, samt att årsringarna är krökta medför att virket kupas vid torkning.

Trä krymper och sväller dubbelt så mycket tangentiellt som radiellt. I längsled är rörelsen ungefär en tiondel av den radiella.

Beroende på årsringarnas läge i virkets tvärsnitt formförändras virket olika vid torkning såväl som vid uppfuktning.

Virke där årsringarna har en krökt form i tvärsnittet kupar då fukttinnehållet ändras. Virke med årsringarna vinkelräta mot virkets flatsidor behåller sin form vid fuktvariation. Detta virke har stående årsringar. Virket har dessutom minimal rörelse i virkets bredd, vilket i många tillämpningar är önskvärt.



Trä krymper och sväller när fuktkvoten understiger den så kallade fibermättnadspunkten vid 30 % fuktkvot. Trä inomhus har en fuktkvot på ca 8 %.

Krympningen hos furu och gran är omkring 3 % i radiell riktning och 6 % i tangentiell riktning vid torkning från rätt till möbel-torr (ca 8 % fuktkvot).

Att använda synligt trä utomhus utan kemiskt skydd så att det är efter år bibehåller teknisk prestanda och förblir estetiskt tilltalande är mycket svårt. En felaktig konstruktion kan medföra att finaste furukärnved på något år blir obrukbar. En felvänd bräda i trädgårdsmöbelen medför sprickor och ansamlingar av smuts.



Radiell yta

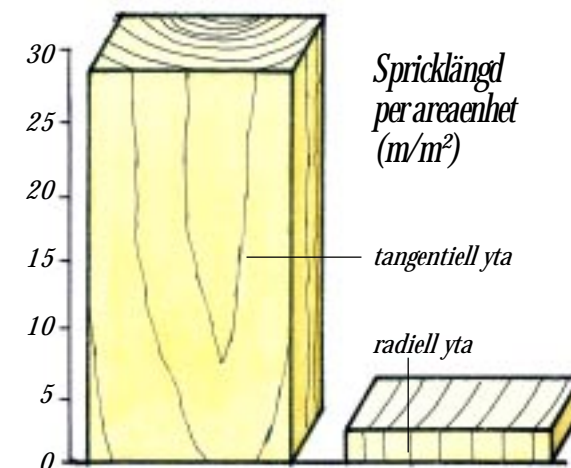
Radiella ytor blir i stort sett sprickfria vid utomhus-exponering.

Tangentiell yta

När trä används utomhus är det ogynnsamt ur sprickhänseende att exponera virkets tangentiella ytor.

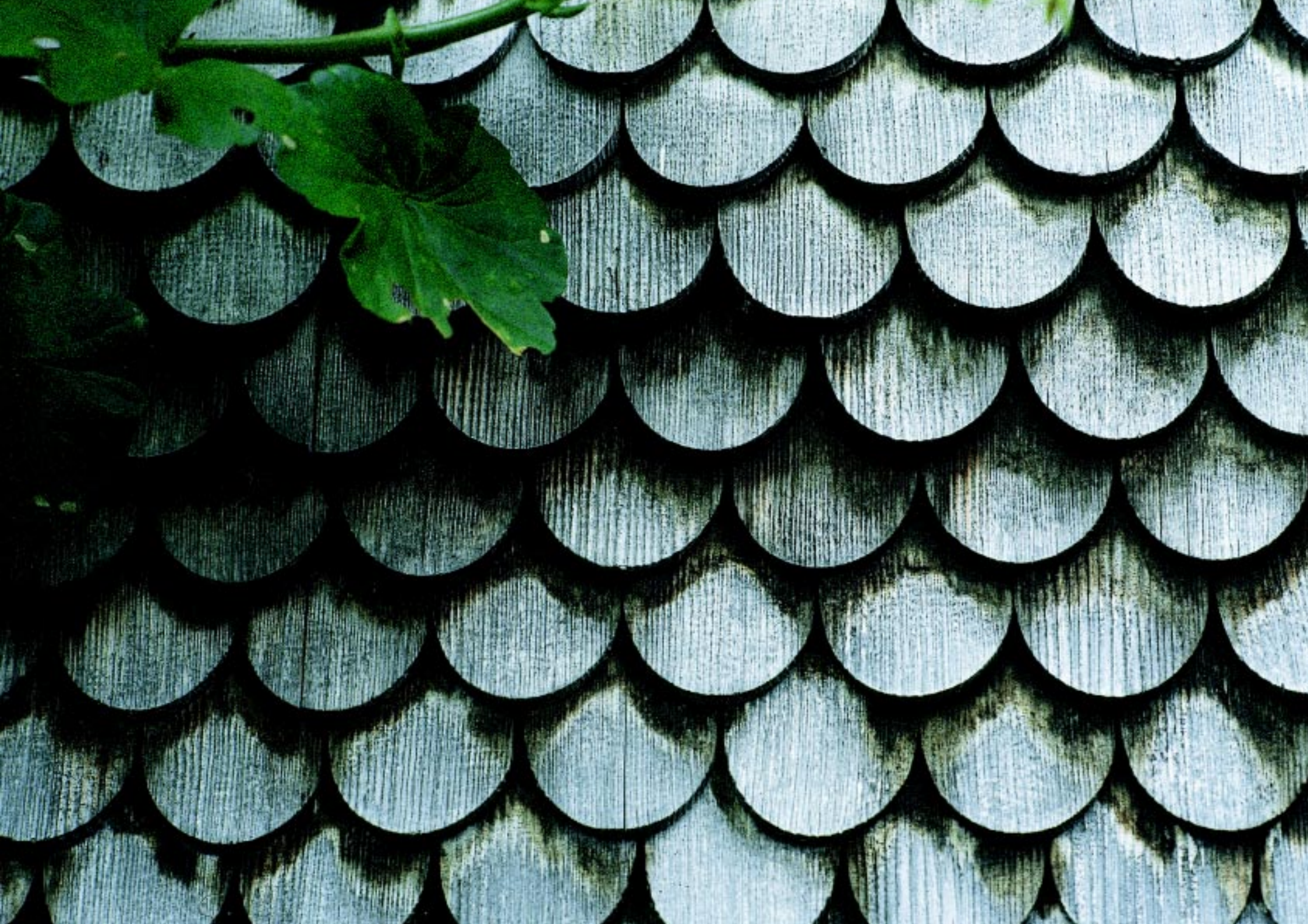
Furu och gran för utomhusbruk skall ha stående årsringar för att minimera sprickbildningen. Virke med stående årsringar har radiella flatsidor. De radiella ytorna är mer motståndskraftiga mot väder och vind än tangentiella ytor.

Årsringsorienteringen i virkets yta är av större betydelse för sprickbildningen än faktorer som virkets densitet, impregneringsbehandling, ytbehandling med linolja, eller om det är furu eller gran.



Radiella ytor har 5-10 gånger mindre spricklängd än tangentiella ytor. Sprickorna på radiella ytor är dessutom mycket små.

Trä utomhus



Naturmaterialen är många, men det som höjer trä över dem alla är dess liv. Trä har olika färger, det doftar och låter, krymper och sväller, överraskar oss ständigt. Det har tusen och åter tusen kombinationer. Det är segt, det är hårt, det är skört som finaste kristall. Man kan aldrig tvinga trä till något, man måste bli vän med trä annars spricker det.



Ramsågad yta



Bandsågad yta

Träets utseende

Struktur

När man talar om träets utseende brukar man skilja mellan träytans struktur och textur.

Träytans struktur är framförallt ett resultat av hur ytan har bearbetats. En ramsågad planka har ofta en grov struktur medan den bandsågade ytan får en finare struktur. För att få en alldeles jämn och slät yta brukar man hyvla och putsa träet.

Struktur – sätt hos yta att vara utformad, särskilt om grov yta.

Svensk ordbok



Stående årsringar – Radiell yta



Liggande årsringar – Tangentiell yta



Textur

Texturen hos trä är materialbetingad, det vill säga texturen beror av träslag och hur träslaget är uppbyggt.

Ett virkesstycke kan uppvisa stor variation i färgton beroende bland annat på träslag, extraktivämneshåll, kärna eller splint, ålder. Kärnveden är till exempel hos furu mörkare än splintveden, medan man hos gran knappt kan skilja mellan kärna och splint.

För de flesta träslag har årsringsorienteringen i virkets tvärsnitt stor betydelse för texturen. Den tangentiella ytan som erhålls med liggande årsringar blir flammig medan den radiella ytan som man får med stående årsringar får en jämn och harmonisk mönsterbild.

Textur – linje- och färgspel i yta betingad av materialets struktur, men även det känsel-
intryck en yta ger vid beröring.

Svensk ordbok

Vid de svenska sågverken sågas årligen nära 2 m³ trävaror per svensk. Detta motsvarar ungefär 4 % av världsproduktionen. Av den totala produktionen svarar lövvirke för drygt 1 % eller 0,2 miljoner m³. Ek står för en tredjedel av denna volym medan björk och bok tillsammans svarar för hälften.



Traditionell sågning

Råvara

Råvaruförsörjningen vid de svenska sågverken skiftar mycket på grund av olika typer av ägande. De skogsägande företagen försörjer till stor del sina industrier med egen råvara. De flesta sågverken saknar dock egen skog, varför huvuddelen av råvaran köps in som leveransvirke. Sågverk utan egna skogsinnehav kallas i branschen för köpsågverk.

Sönderdelningen

Band- och cirkelsågar i kombination med reducerare är idag de vanligast förekommande typerna av sågutrustning. Bandsågen används framförallt som första såg. Cirkelsågar används oftast för klenare timmer och för delning av blocken från den första sågen. Ramsågarna som tidigare var vanligt förekommande har minskat i betydelse.

Torkningen

Drygt 90 % av virkesproduktionen torkas i torkanläggningar, hälften i kammartorkar, hälften i vandringstorkar. I en modern virkestork styrs klimatet; temperatur, fuktighet och luft-hastighet, så att fukten i virket skall vandra ut utan att sprickor uppkommer eller utan att blånad och mögel uppstår. Torkprogrammet anpassas efter träslag, dimension och kärnvedsandel.

Av stockens totala volym under bark får sågverken i genomsnitt ut 48 % sågat och torkat virke.

Hur virkesstycket sågas ur stocken har stor betydelse för torkningen och virkets formändring. Olikheten i krympningsegenskaper i olika riktningar leder bland annat till att virket kupas.

Figurerna här bredvid visar vad som händer vid torkning av vanligt firsågat virke. Centrumutbytets flatsidor får vid denna typ av sågning olika stor breddkrympning. Märksidan får radiell krympning och splintsidan får i stort sett tangentiell krympning. Den tangentiella krympningen är dubbelt så stor som den radiella, vilket vid torkning leder till kraftig kupning.

Kupningen kan minskas genom att virket belastas under torkningen, men om det torkade virket utsätts för fuktvariation kommer kupningen tillbaka.

När virket vidareförädlas medför kupningen stora volymförluster vid t ex hyvling. I färdiga träprodukter kan fuktrörelsen i form av kupning medföra såväl estetiska som funktionella nackdelar.

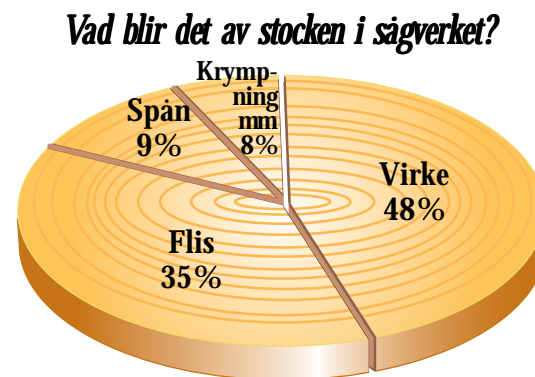


Kvalitetssorteringen

Det torkade virket längdjusteras och indelas i kvalitetsklasser med avseende på utseende. Traditionellt, enligt den så kallade Gröna boken indelas virket i tre huvudklasser; O/S som är det bästa virket, kvinta (V) och utskott (VI). Det blir mer och mer vanligt att virket specialsorteras efter kundens önskemål.

Gröna bokens regler har använts i Sverige i många årtionden men förväntas nu bli ersatt av gemensamma nordiska sorteringsregler, Nordiskt Trä.

För konstruktionsvirke, som skall uppfylla specifika krav på styrka, tillämpas hållfasthets-sortering. Denna sortering kan antingen göras visuellt eller med datoriserade hållfasthets-sorteringsmaskiner.



För att hyvla bort 4 mm kupning på en plank med dimensionen 50 x 150 mm förlorar man omkring 8 % av ursprungsvolymen.

Sverige har ett 30-tal företag som tillverkar limfog av furu. Strukturen i industrin karakteriseras av att de flesta enheter är små eller mycket små. Lönsamheten i branschen är också mycket dålig.



Det är framförallt inom två områden som limfog finner användning, planmöbler och inredningssnickerier. Limfog är en skiva som består av sammanlimmade stavar, vanligen med nära kvadratisk tvärsnitt. Genom att stavarna har små dimensioner, till exempel 25x25 till 25x50 mm, kan de klyvas fram som nästan kvistfria eller med attraktiva kvistar. Större kvistar kan kapas bort varefter stavarna skarvas, normalt genom fingerskarvning.

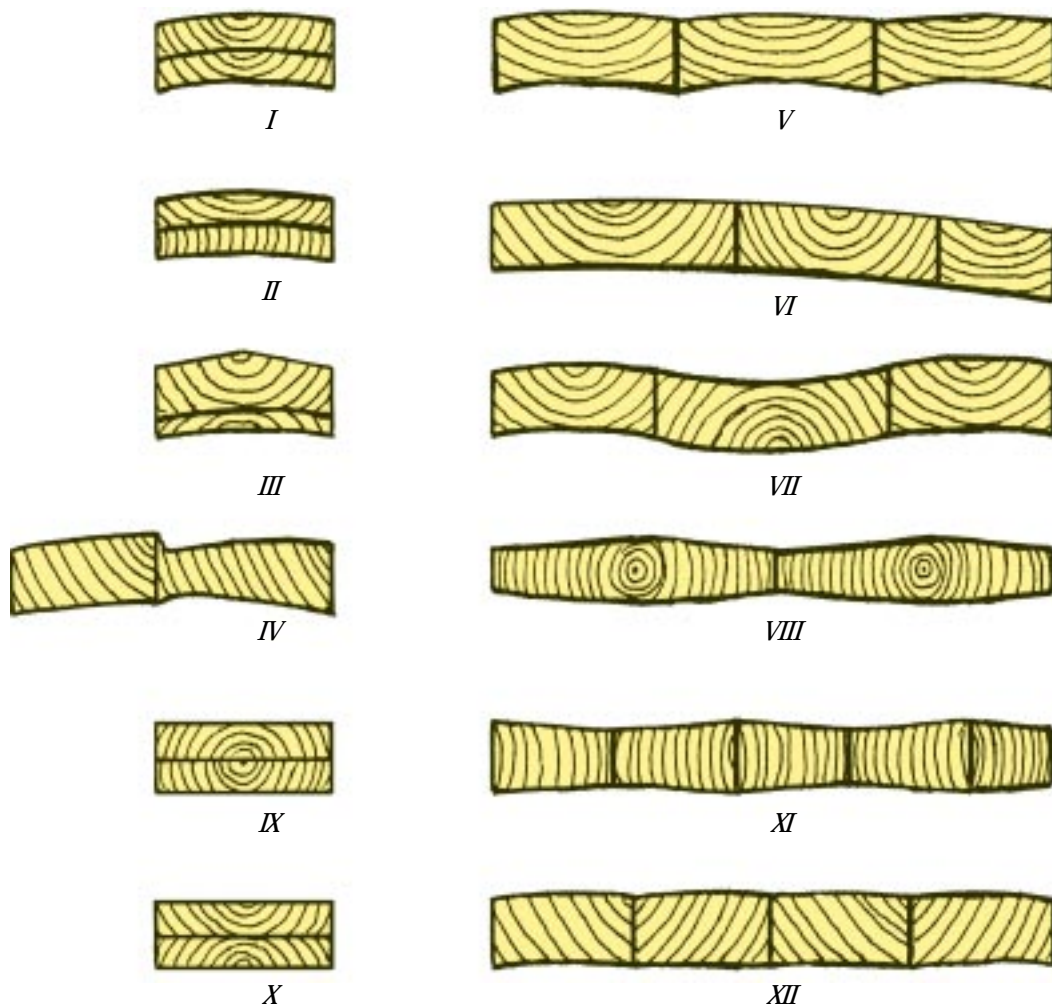
Vid limningen tas sällan hänsyn till årsringsorienteringen i stavarnas tvärsnitt, vilket medför att limfogskivan aldrig kan bli helt plan om fuktkvoten ändras efter tillverkningen. Genom att använda klena dimensioner på stavarna och genom limningen begränsas dock inverkan av träets fuktrörelser.

Volymutbytet från plankor till en limfogskiva med viss kviststruktur är knappt 50 %.

Traditionell limfog-

Limma rätt

Kärnved limmas mot kärnved
Splintved limmas mot splintved
Märgpartiet tas bort
Dimensionssymmetri
Stående årsringar



Även med den bästa fuktighetskontroll kan vissa variationer i fuktkvot inte undvikas, bland annat beroende på årstidsväxlingarna. Detta medför att skivor och liknande konstruktioner måste byggas upp av träelement, som valts så att krympningen och svällningen blir minimala och dessutom sker utan att förstöra produktens användbarhet eller utseende.

De viktigaste faktorerna, till vilka man måste ta hänsyn, är årsringsorienteringen i virkets tvärsnitt och märengens läge.

Figuren här bredvid visar vad som händer med skivor som är sammanlimmade av stavar med olika årsringsorientering när fuktkvoten ändras.

I - IX Felaktig limning av lameller

- I Bräderna kupas i samma riktning vid fuktändring*
- II Radiell yta limmad mot tangentiell yta ger olika fuktrörelser*
- III Ingen symmetri pga av olika tjocklekar*
- IV Splintved limmad mot kärnved*
- V Kupningen sker åt samma håll*
- VI Kupningen sker åt samma håll och olika lamellbredd*
- VII Kupningen i olika riktningar*
- VIII Märgbräder spricker och blir högre kring märengen vid torkningen*

IX-XII Riktig limning av lameller

- IX, X Kärna mot kärna, splint mot splint och kupningen motverkas vid fuktändring*
- XI, XII Märg bortskuren och lamellerna riktigt vända vid limningen. Stående årsringar*

limmad massiv träskiva

Martin Wiklund som tidigare varit VD på industriforskningsinstitutet Trätek tillträdde professuren i träteknik vid institutionen för Träteknologi vid KTH, (KTH-Trä) i mitten av år 1990. En av hans första uppgifter blev att forma institutionens framtida arbetsprogram – Värdeaktivering.



Vid KTH-Trä har man sedan 1991 arbetat med forsknings- och utvecklingsprogrammet "Värdeaktivering". Det är ett långsiktigt FoU-program som successivt ger praktiskt användbara delresultat och är väl sammanhållet.

Namnet antyder en grundläggande syn på trämaterial, nämligen att där finns egenskaper som idag sällan utnyttjas men som med ett annorlunda förfarande skulle kunna komma till användning.

En bärande idé är att i industriell skala och med god lönsamhet kunna producera virke och ämnen med stående årsringar till produkter i vilka man högt värderar till exempel små och kontrollerade fuktrörelser. Det gäller alltså att aktivera värden hos trä som med dagens industriella teknik är slumrande.

Värdeaktivering-

Värdeaktivering = Nyttänkande

Programmets övergripande strategi är att utveckla användning, produkter och produktionssätt där det bästa ur träets egenskapsprofil utnyttjas. Med andra ord strävas det efter att försöka använda trädstammen på ett sådant sätt att de högst värderade egenskaperna i träet också utnyttjas i produkter och konstruktioner.



Träets egenskaper

Biologiska egenskaper

- beständighet mot biologisk nedbrytning
- beständighet mot brand

Fysikaliska egenskaper

- densitet
- hårdhet
- elasticitet
- hållfasthet
- hygroskopicitet
- mekanosorption
- värmeledning
- elektriska
- akustiska

Geometriska egenskaper

- dimension
- måttvariation
- geometrisk distorsion

Estetiska egenskaper

- färg
- lukt
- kviststruktur
- textur
- ytstruktur
- glans

De väsentligaste egenskaperna som krävs av trä för träprodukter som skall tillverkas rationellt, vara funktionella och få ett högt värde kan beskrivas som:

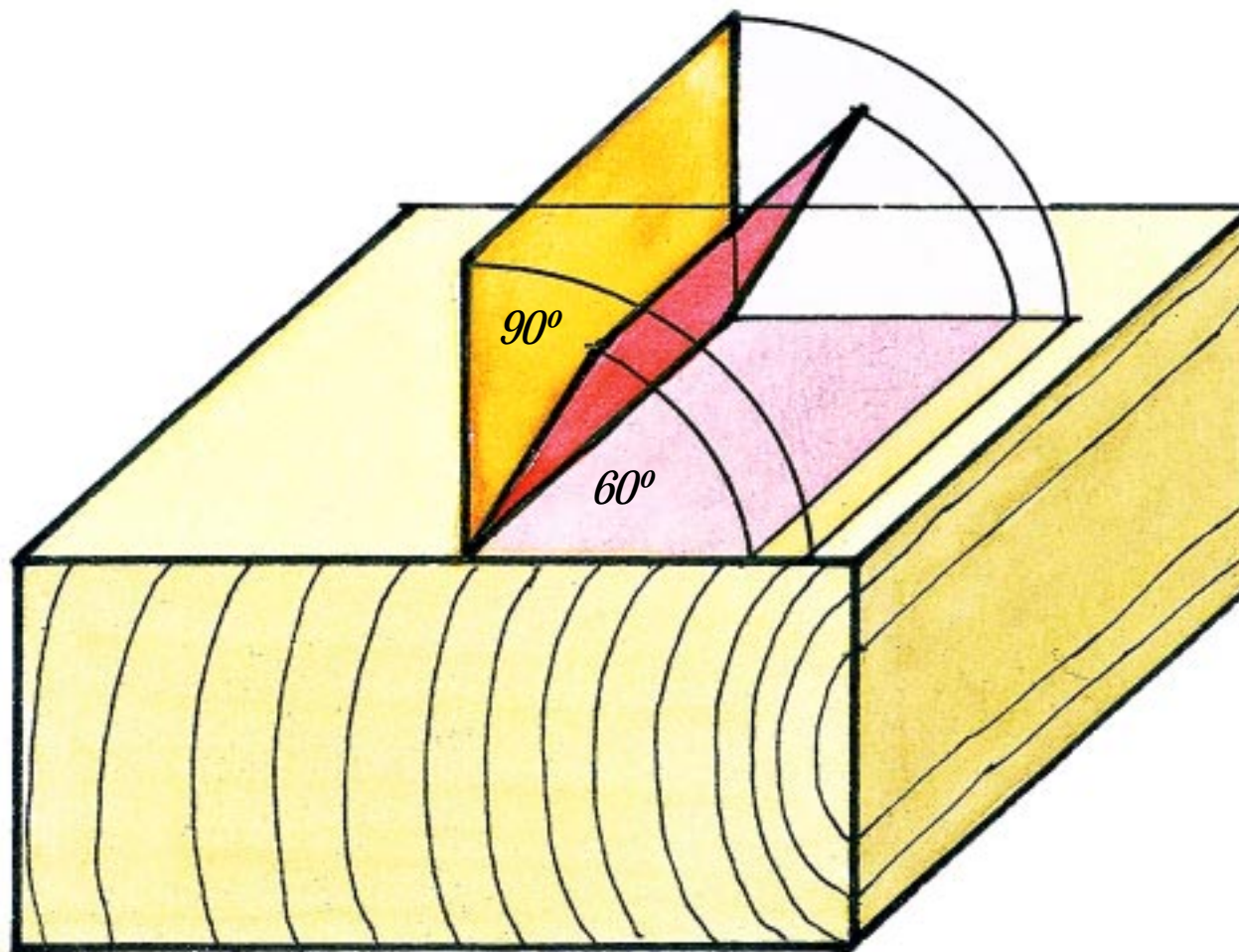
- Noggrannhet i mått och geometri
- Sprickfrihet
- Kontrollerad rörelse vid ändrad fukt
- Hållfasthet och hårdhet
- Estetiska och taktila faktorer

Inom Värdeaktivering har man genom flera års forskning kunnat visa att dessa egenskaper uppfylls bäst om virke sågas fram med stående årsringar och fritt från märe och juvenil ved.

En idé som tidigt växte fram inom Värdeaktivering var att såga ut virkestycken med rektangulärt och triangulärt tvärsnitt i ett mönster som ger ett bra virkesutbyte. Metoden som ger virke med stående årsringar benämns stjärnsågning.

trätradition med ny teknik

Stående årsringar har genom tiderna varit en av grundförutsättningarna för högkvalitativa träprodukter. Detta har suttit i ryggmärgen hos skickliga timmermän. När en ny europeisk standard för trä togs fram fastslogs också en definition av stående årsringar, för att bevara kvalitetsbegreppet.



Stående årsringar får virket om det sågas radiellt ur stocken.

För att virke skall uppvisa små och kontrollerbara fuktrörelser måste stocken sågas så att virket får stående årsringar. Med stående årsringar är krympningen och svällningen i virkets bredd minimala och kupningen som följd av anisotropin är helt eliminerad. När årsringsriktningen i virket ändras från fullt stående årsringar kommer fuktrörelsen i virkets bredd att öka.

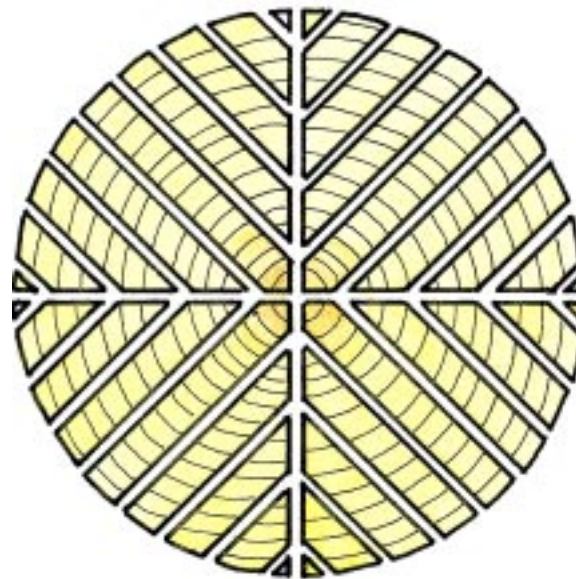
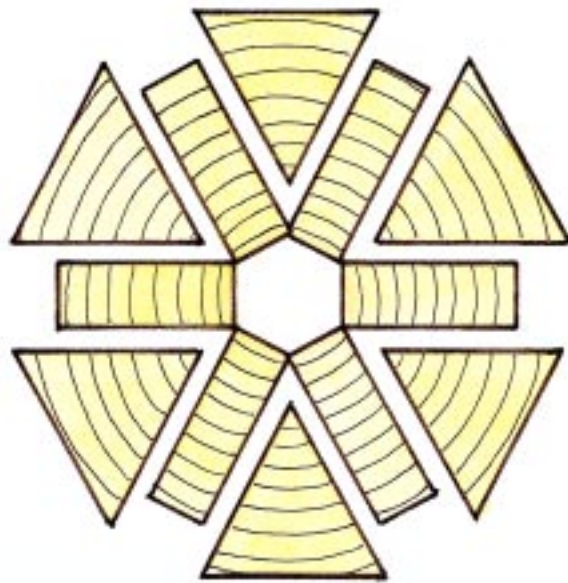
Definitionen av stående årsring säger att vinkeln mellan virkets flatsida och årsringen i flatsidans yta skall vara mellan 60 och 90 grader. När årsringslutningen minskar från 90 till 60 grader ökar krympningen och svällningen i virkets bredd med ca 10 %.

En konsekvens av definitionen av årsringslutningen är att mörgen och större delen av den juvenila veden måste tas bort för att virket skall ha stående årsringar.

När årsringslutningen är mellan 80 och 90 grader brukar man säga att man har helt stående årsringar.

Värdeaktivering-

Engelska
Quarter sawn timber: 60 - 90°
Fully quarter sawn timber: 80 - 90°



Det finns ett flertal olika sågmönster för att framställa virke med stående årsringar. Stjärnsågning är en metod.

Kvartersågning är den vanligaste av de traditionella metoderna för att framställa virke med stående årsringar. I boken Träbyggnadskonst från 1938 kan man läsa följande om kvartersågning:

”Kvartersågning användes, som tidigare nämnts, endast för ädlare träslag; stockarna klyvs då först i två mot varandra vinkelräta snitt och uppsågas sedan i 45^o vinkel mot de första snittytorna. Fördelarna härmed äro dels en jämn och i brädornas tvärlid ringa krympning, dels stor hårdhet och vackert utseende.

Metoden medför emellertid ganska stort spill och kan användas endast i sådana fall där fordringarna äro mycket höga och man kan påräkna ett bättre pris.”

stående årsringar

Tyska
Rift: 60 - 90^o
Edelrift: 80 - 90^o

Vår förhistoria brukar delas in i tidsperioder som fått namn efter de olika material som kännetecknar perioden, t ex sten, brons och järn. Indelningen grundar sig på olika arkeologiska fynd. Trä är sällsynt i sådana sammanhang. Därför glömmes lätt att det också funnits en "träålder". Den inleddes när människan kom till vårt land och pågår än idag.



Georg Bolin

Trä har sedan årtusenden använts av människan för tillverkning av redskap, vapen, bruksföremål, instrument och som byggnadsmaterial. Med många generationers samlade erfarenheter har man i många användningsområden medvetet tagit hänsyn till årsringsorienteringen i virket.

Den så kallade Kalvträskskidan var i bruk för ca 5200 år sedan och har bevarats genom att ligga nerbäddad i en myr. Ämnet till skidan har tagits ut med stående årsringar.

Det har också länge varit känt bland skeppsbyggare att man måste använda virke med stående årsringar för att klara de stränga marina förhållandena.

Ett tidigt exempel på användning av virke med stående årsringar kommer från bordläggningen på de medeltida båtar som man funnit vid utgrävningar på Riddarholmen i Stockholm. Bordläggningen framställdes genom radialspräckning av ekstockar med hjälp av yxa och kilar, en teknik som användes fram till 1500-talet.

Ett annat exempel är spån för tak- och väggbeklädnad som klyvs fram från rakvuxen furu så att spånen får stående årsringar.

Formmässigt stod kanske den skandinaviska träbearbetningen på topp under vikingatiden.

Såväl Gokstadsskeppet med sina inventarier som de tidiga norska stavkyrkorna är konstnärliga mästerverk som vi än idag har svårt att överträffa.

Kunskapen har även utnyttjats i musikens värld. Georg Bolin, vår främste gitarrbyggare valde det finaste träet som fanns att finna till sina instrument. 250 - 300 år gammal gran med stående årsringar, så kallat tonträ.

Så har också vår främste möbelskapare, Carl Malmsten, använt furu med stående årsringar i många av sina möbler.



Carl Malmsten

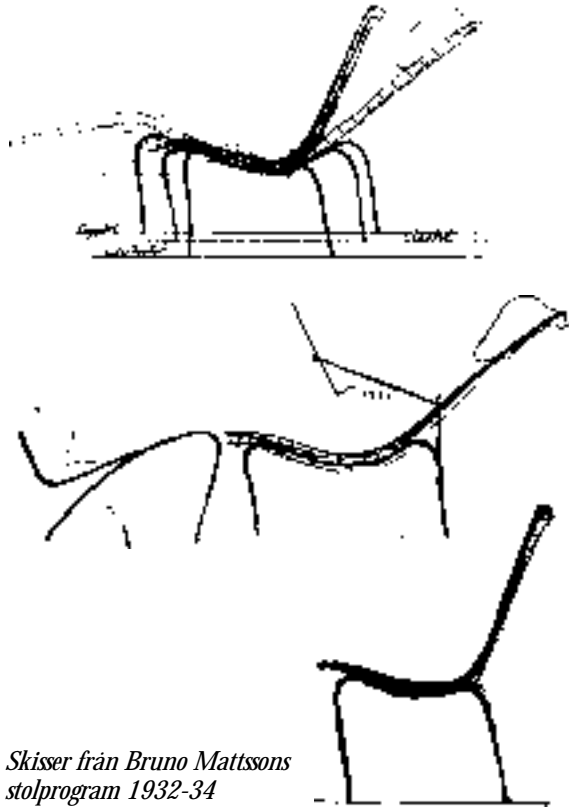
Värdeaktivering-



trätradition sedan 5000 år



Formgivning eller design innebär estetisk utformning av bruksföremål. De krav som formgivaren måste ta hänsyn till vid utformningen av nya produkter innefattar; material, funktion, ergonomi, estetik, harmoni, välgjordhet, teknik och ekonomi.



Skisser från Bruno Mattssons stolprogram 1932-34

Forskning och design i samverkan

Om svensk möbel- och snickeriindustri skall klara av att möta den alltmer krävande framtiden kommer det att behövas betydande insatser av forskning och kompetenshöjning på alla nivåer. Det gäller såväl investeringar i utbildning och maskiner som utveckling av material. Förbättrad produktionsteknik, logistik och marknadsföring. Nyttänkande i design-formgivning kommer att vara en förutsättning för att skapa framtidens produkter. Det kommer att bli svårare och dyrare att tillverka attraktiva produkter som kan säljas på den internationella marknaden.

Tyvärr har Sverige kommit på efterkälken, många länder har gått om oss när det gäller möbelproduktion och design. Detta delvis beroende på en svag bygg- och bostadsutveckling, stor import av billiga möbler samt företagens höga kostnader, skatter och löner.

För svensk träindustri är läget oroande. Länderna i vår närhet kan tillverka billigare produkter. Vår chans är att skapa attraktiva produkter som trots eller tack vare det högre priset, med klokskap kan marknadsföras.

Begåvade ungdomar har inte attraherats av den trätekniska utbildningen eller branschens

framtoning som nog spännande. Orden *design*, *formgivare* lockar men det är svårt att få relevant utbildning. Den spektakulära designen har uppmuntrats i media. Enkla funktionella, välgjorda möbler i ergonomiskt tilltalande estetisk kvalitet, är sällsynta både på marknaden och som resultat av designskolornas utbildning.

Lyckligtvis finns det några framgångsrika svenska företag som håller en hög designkvalitet och lyckats bra på exportmarknaden. Sverige behöver många nyttänkande företag.

Det finns ett stort behov av intelligent design, *charm*, *grace*, *behag*, har dragningskraft på en köpstark publik.

Traditionell limfog

Egendomligt nog är möbelindustrin mycket konservativ. I stora mängder produceras kopior av tunga rustika allmogemöbler. Dessa är sällan anpassade till våra moderna bostäder och den enkla livsstil vi i andra sammanhang eftersträvar.

Märkligt är också materialvalet, limfog. Erfarna fackmän vet hur den skall tillverkas. Trots detta blandas virket; friska kvistar blandas med svarta torra och man vrider och vänder på årsringarna så att limfogen omöjligt kan bli plan.

Det av fackmän omsorgsfullt behandlade träet kan i en industriell produktion förädlas för arkitekter och formgivare att skapa produkter med bestående värde.

Värdeaktivering-

Sommaren 1997 tog jag kontakt med professor Olle Pira som följt KTH-Träs FoU-program under många år och bad honom att ta fram attraktiva furumöbler av det nya materialet PrimWood. En ny värld öppnade sig för mig, med nytt tänkande och ett nytt språk. Möbelserien SOLID FORM blev till. Olle Pira ger på detta uppslag en vägvisare in i nästa sekel.

Stjärnsågning

Intresset för massivt trä med högre kvalitet ökar. Förädlad massivt trä har given plats i såväl möbel- som snickeriindustrin. Med stjärnsågat trä öppnas nya möjligheter att skapa bättre och mer estetiskt tilltalande produkter. Framtidens miljöer, interiörer kommer att präglas av naturmaterial, dekorativa och öppet redovisade konstruktioner, sparsamt ytbehandlade.

För arkitekter och formgivare gives nya möjligheter att skapa produkter med högre värde. Det visade både Carl Malmsten och Bruno Mathsson i sina tidlösa möbler, Alvar Aalto i sin spännande arkitektur och danska arkitekten Hans G Wegner i sina utsökta hantverksmöbler.

Utmana framtiden

Det är hög tid för branschen att satsa för framtiden.

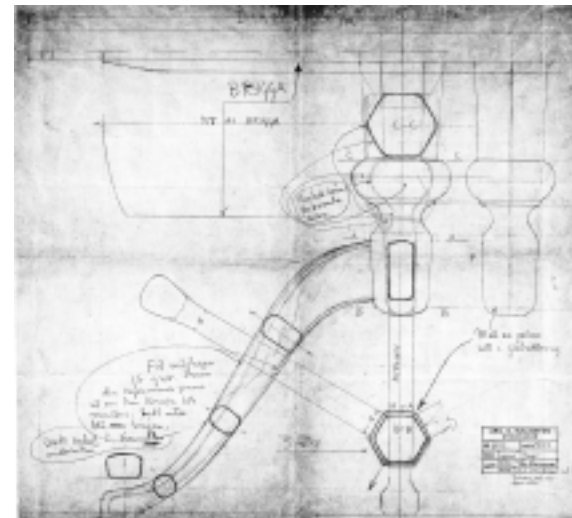
Starta ett visionärt projekt, bjud in ambitiösa studenter från olika högskolor, träteknologer från KTH eller LTU, blivande designers från designhögskolan i Umeå eller industriformgivare från Konstfack i Stockholm och Göteborg.

formgivning

Börja med att under någon termin följa varandras utbildning, lyssna och förstå varandras språk – *formspråket*. I utbytesprojektet bör även någon Handelshögskola delta som delger sina kunskaper om marknadsföring. Även Malmstensskolan med sin unika hantverkskunskap skulle vara en tillgång.

Projektet skall sträva efter att skapa framtidens produkter, samverka, teknologi – design – marknadsföring. Idén förankras väl hos många av landets ledande industrier. På så vis skulle företagen knytas närmare högskolorna och snabbare få del av den tekniska utvecklingen. I utbyte skulle företagen delgiva sin praktiska kompetens.

Projektet förutsätter att företagen tillsammans med fonder och stiftelser finansierar. Exportorganisationer och branschföreträdare skulle efter utvärdering få del av resultatet som skulle kunna bli en verklig spjutspets på mässor och utställningar världen över. En effektiv ledningsgrupp skulle kunna realisera projektet år 2000.

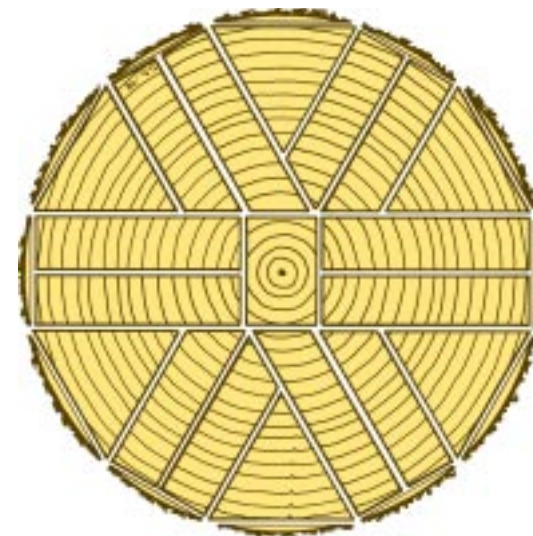
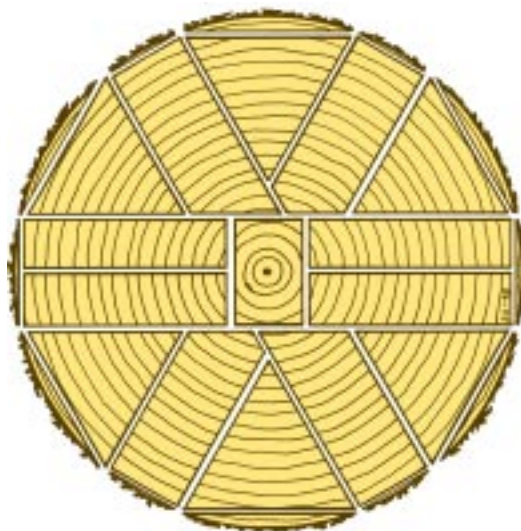
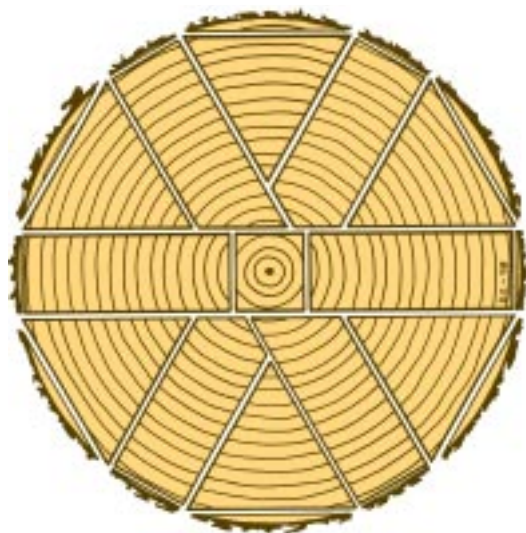


Bord ritat av Carl Malmsten



Olle Pira

Stjärnsågning ger ett nytt trä som kallas PrimWood. PrimWood betecknar ett formstabilt och sprickfritt material av massivt trä som är fritt från kvistar och andra defekter. PrimWood känns igen på den radiella texturen. PrimWood finns i tre utföranden, Rektangel, Trekant och Prisma.



Sågmönstret är väl anpassat till stockens runda form och i grundutförandet erhålls sex trianglar och sex bitar med rektangulärt tvärsnitt. Beroende på önskad virkestjocklek och dimension på trekanterna kan fler rektangulära bitar sågas fram för att bibehålla högt volymutbyte.

Att ta bort mörken och den juvenila veden är mycket viktigt. Mörkens väg i stockens längdriktning är ofta mycket oregelbunden. Toppbrott och andra skador som uppkommer under

trädet växtperiod medför ofta förskjutningar av mörkens läge. Om stocken är krokig kommer mörken att följa denna krokighet samtidigt som mörken blir förskjuten från stocktvärsnittets geometriska centrum. Detta innebär att höga krav måste ställas på inläggningen av stocken.

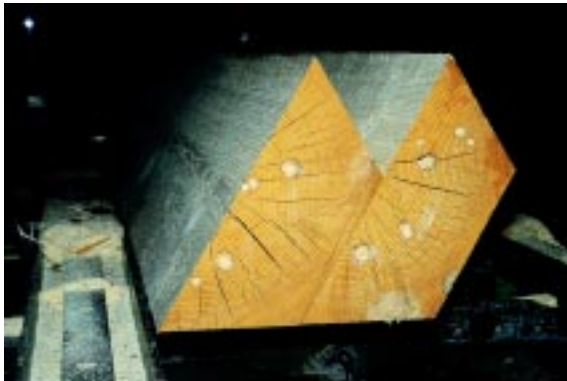
Stjärnsågningsmönstrets utseende medför att virkets bredd blir väsentligt mindre än vid till exempel firsågning, vid samma stockdiameter.

Detta innebär att stjärnsågning är bäst lämpad för grövre stockar där toppdiametern överstiger 25 cm.

Stjärnsågning -

Världens första kommersiella såglinje för stjärnsågning tas i drift i början av 1999 i Tågsjöberg.

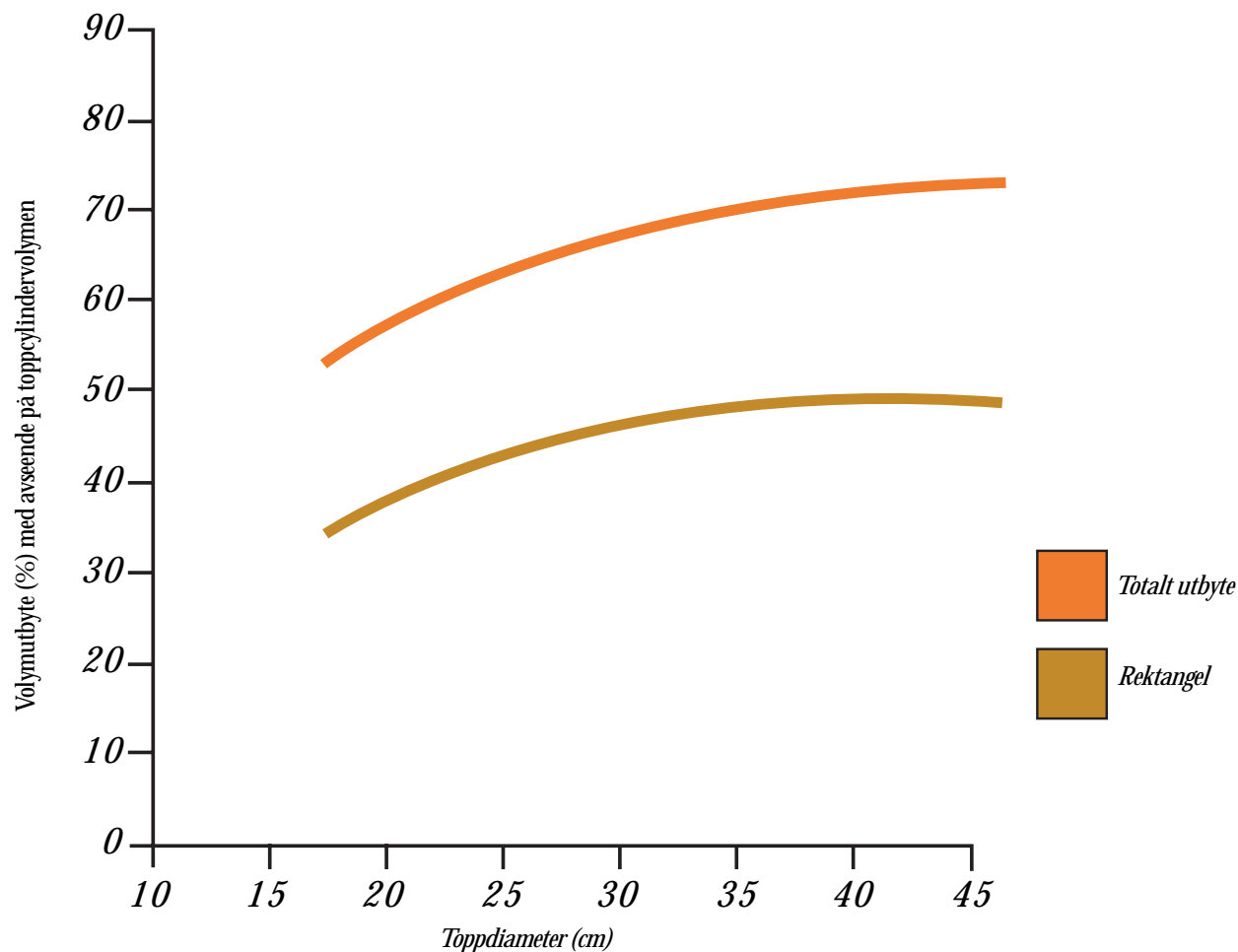
PrimWood-metoden innebär att stocken stjärnsågas för att garantera att virket får stående årsringar samt att mörken och den sämre juvenila veden tas bort. Det rektangulära virket taperkantas så att virket blir rakfibrigt. Korta bitar utan defekter skarvas till långa längder. Kvistfria skivor med radiell textur, Prisma, tillverkas med eller utan skarvar.



Stjärnsågning enligt den metod som användes i pilotanläggningen i Arjeplog.

sågmönster

Volymutbytet vid stjärnsågning är ca 15 % högre än medelvärdet för utbytet från de svenska sågverken. Om man endast jämför utbytet grova timret blir skillnaden i utbyte mindre. Stjärnsågning ger mer virke men också ett virke av högre kvalitet.



De simuleringar och provsågningar som har genomförts visar att utbytet vid stjärnsågning är betydligt högre än för traditionella sågsätt, till exempel genomsågning, firsågning och kvartersågning.

Det totala volymutbytet med avseende på toppcylindervolymen är omkring 70 %, vilket motsvarar ca 58 % topprotmätt volym.

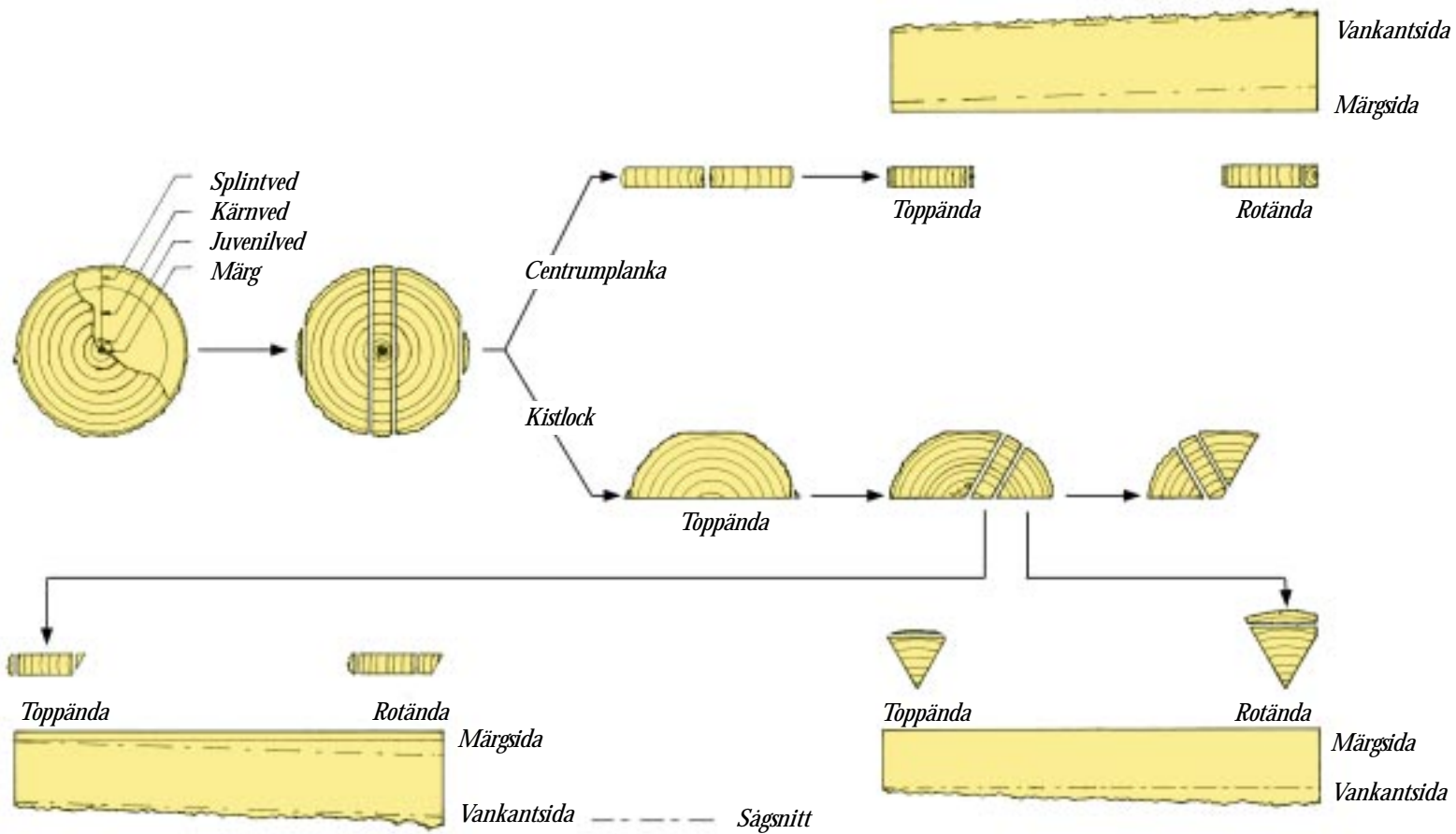
Ungefär halva den framsågade virkesvolymen utgörs av virke med rektangulärt tvärsnitt, rektangel, och resterande del av trekant. Det totala utbytet påverkas inte nämnvärt av förhållandet mellan trekant och rektanglar.

Stjärnsågat virke kan inte kvalitetsbedömas enligt traditionella bedömningsregler, t ex Gröna Boken. Detta beror främst på att kvistutseendet i virkesytan är annorlunda. En ändamålsanpassad sorteringsinstruktion för PrimWood har tagits fram.

Stjärnsågning -

Toppcylindervolym – stockens volym beräknad som produkten av stocklängd och tvärsnittsarean i topp.

Topprotmätt volym – stockvolym beräknad med hänsyn tagen till stockdiameter i topp och rot.



Principskiss över sönderdelning enligt PrimWood-metoden som den kommer att utföras i världens första kommersiella stjärnsågningslinje i Tågsjöberg.

volymutbyte

Vid torkning av trä uppkommer spänningar i virket som kan leda till sprickbildning och deformationer. Det är fördelningen av fukt i virket tillsammans med träets egenskaper som styr denna spänningsuppbyggnad. Fuktfordelningen beror framförallt av hur fukt transporteras i virket, hur virket har sågats ur stocken (postningsmönster), samt hur själva torkningen utförs.



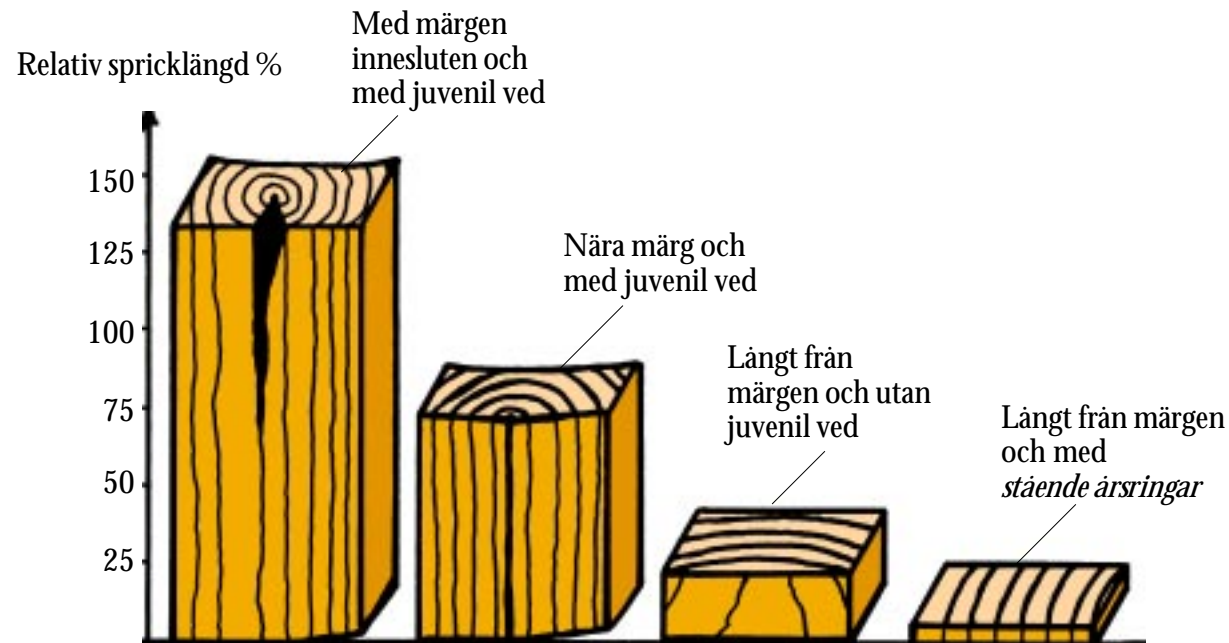
Stjärnsågat virke går lätt att torka utan sprickor och deformationer. Detta är en följd av att virket har stående årsringar och är fritt från märm och juvenilved eller ungdomsved. Märmen och ungdomsvedens sämre egenskaper, bland annat lägre hållfasthet och större längskrympning, medför torkningsproblem med sprickbildning och deformationer som följd.

Stjärnsågat virke torkar utan att kupas och man minimerar därmed de spänningar som vanligen uppstår när man försöker pressa ned kupningen i torkpaketet. Dock torkar virke med stående årsringar något långsammare än firsågat virke på grund av att mindre antal så kallade märmstrålar når virkets yta.

Det stjärnsågade virket med rektangulärt tvärsnitt ströläggs på traditionellt vis innan torkningen. Figuren här bredvid visar hur trekanterna ströläggs.

Stjärnsågning -

Ju mer stående årsringar virket har desto mindre blir formförändringen vid torkning och fuktvariation.



Varför skall mörge och ungdomsveden bort innan torkning

Trädstammens juvenila ved eller ungdomsved är de 10 till 20 första årsringarna kring mörge. Övergången mellan ungdomsved och mogen ved är successiv och pågår under flera år. Träden producerar ungdomsved under hela sin levnad.

Den juvenila veden krymper mer i längsled än veden längre ut mot barken och om ungdomsveden inte tas bort medför detta att virket kan bli krokigt och skevt vid torkningen. Problemet är störst då virket innehåller både ungdomsved och mogen ved. I området kring mörge kan det också finnas så kallade mörge-sprickor redan i det levande trädet.

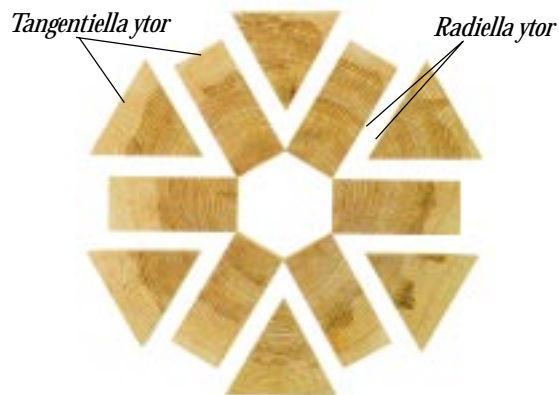
torkning

Vid stjärnsågning tas ungdomsveden bort, vilket ger ett rakt och sprickfritt virke.

I stammen bildar kvistarna en mer eller mindre krökt kon med spetsen i märgen. På den växande grenen bildas varje år en smal årsring, som fortsätter i en motsvarande årsring i stammen. I och med årsringens övergång mellan kvist och stam uppkommer en fiberstörning.



Radiellt sågsnitt genom kvist



Radiella ytor innehåller många hornkvistar



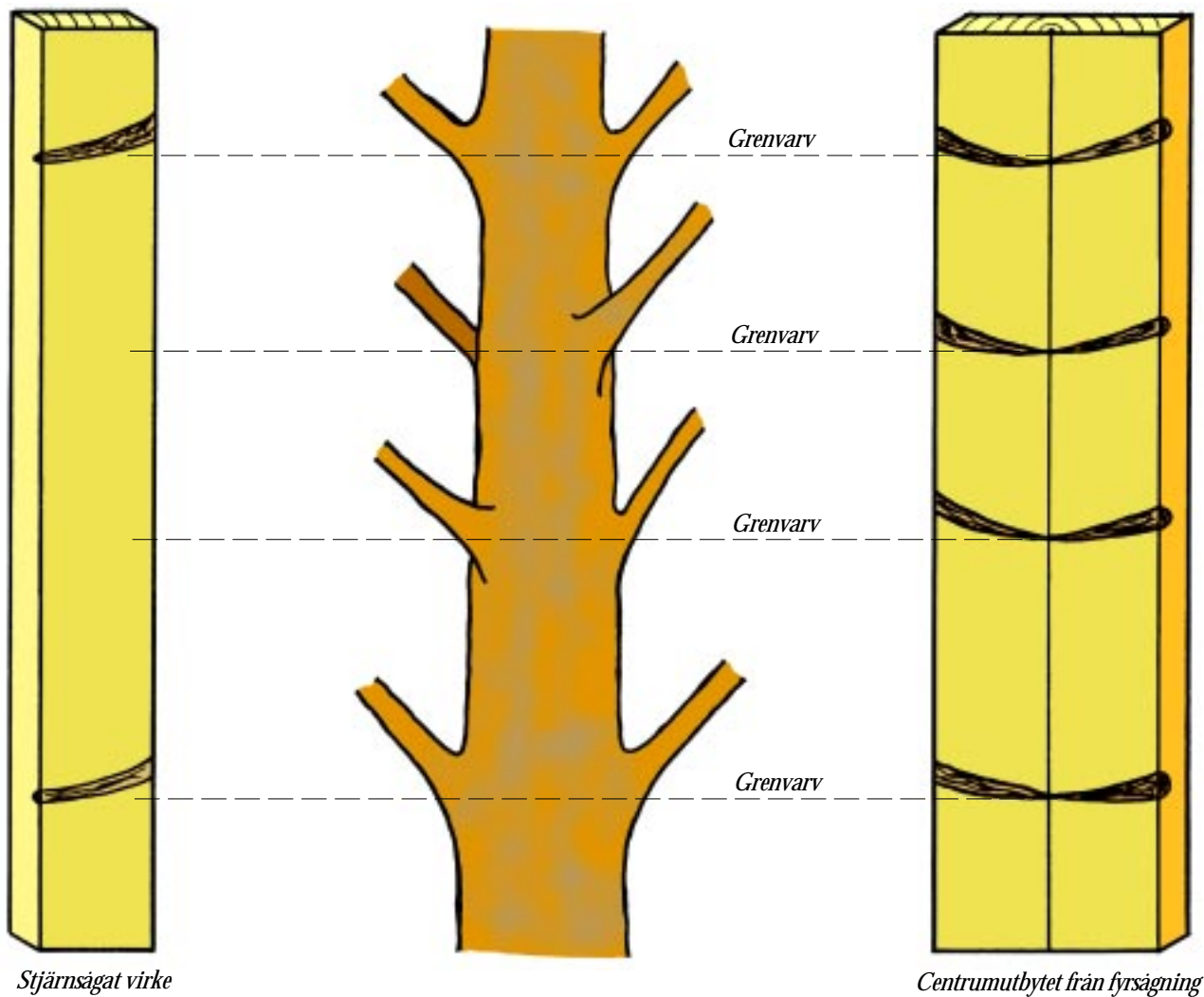
Tangentiella ytor innehåller runda kvistar

Beroende på sågsnittets läge i förhållande till kvistens längdaxel kan kvistformen i virkesytan antingen bli rund, oval eller mer eller mindre triangelformad. Om sågsnittet skär tangentiellt årsringarna kapas kvistarna tvärs växtriktningen och kvistformen blir rund eller oval. Ett radiellt sågsnitt kommer att klyva kvistarna på längden. Val av sågmönster kommer alltså att påverka kvistutseendet i virket.

Sågsnittets lägen i stjärnsågning medför att kvistarna klyvs längs kvistens växtriktning. Det innebär att kvistarna i virkets yta kommer att vara stora, sk hornkvistar. Kantsidorna på det rektangulära virket och trikanternas tangentiella yta får dock runda kvistar.

Vid firsågning blir sågsnittet riktade både radiellt och tangentiellt i förhållande till årsringarna. Centrumutbytets märgsidor är radiella och kommer följaktligen att innehålla hornkvistar. Övriga sidor är mer eller mindre tangentiella och kvistarna får därmed också en rund form.

Stjärnsågning -



Grenvarven i det levande trädet kan avläsas på märgsidan hos centrumutbytet från firsågning.

Centrumutbytet vid firsågning kommer att innehålla någon kvist från varje grenvarv i trädet. Det innebär att det blir tätt mellan kvistarna i firsågat centrumutbyte.

Vid stjärnsågning är det högst sannolikt att kvistarna i varje grenvarv inte träffar samtliga virkesstycken. Detta medför att i stjärnsågat virke kan få fram betydligt längre kvistfria ämnen än vad man kan få ur firsågat virke.

kvistar

Det nya materialet PrimWood, massivt trä med stränga krav på hårdhet och formstabilitet. Den traditionella processen har radikalt förändrats för att optimalt tillvarata träets naturliga egenskaper, såväl tekniska som estetiska.



Trekant



Rektangel



Prisma

PrimWood

PrimWood är ett formstabilt och sprickfritt material av massivt trä som är fritt från kvistar och defekter. PrimWood känns igen på den radiella texturen. PrimWood finns i tre former, *Rektangel*, *Trekant* och *Prisma*.

PrimWood-metoden

PrimWood-metoden innebär att stocken stjärnsågas för att virket skall få stående årsringar. Märgen och den sämre juvenila veden tas bort. Det rektangulära virket kantas så att virket blir rakfibrigt. Korta bitar utan defekter skarvas till långa längder. Kvistfria skivor med radiell textur, Prisma, tillverkas med eller utan fingerskarvar.

Resultatet av PrimWood-metoden

- Förbättrar råvaruutbytet – högre utnyttjande av en förnyelsebar råvara

Betydande kvalitetshöjning

- Hårdare yta
- Formstabilare material
- Sprickfri yta
- Rakfibrigare material
- Enklare, snabbare att bearbeta
- Mindre spill
- Jämnare ytbehandling

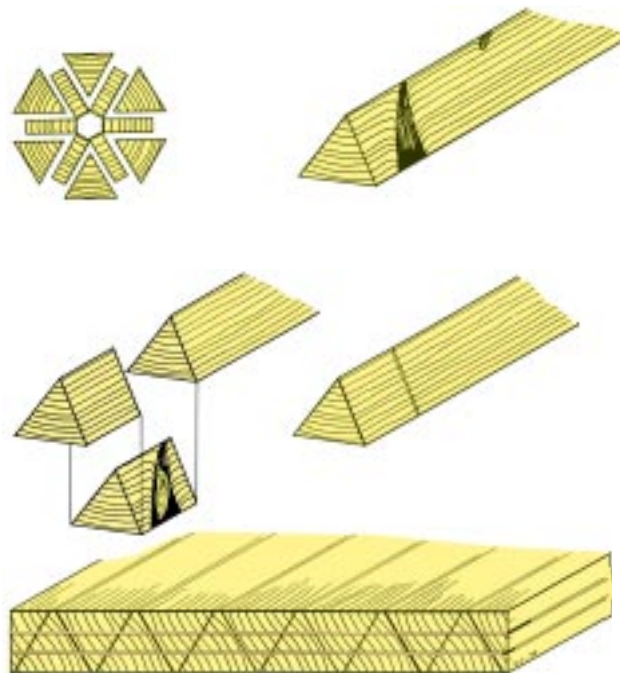
Nyvnna estetiska egenskaper

- Jämnare textur
- Kvistrena ytor
- Dekorativa fingerskarvar

Stjärnsågning -



PrimWood



Stjärnsågning

Stjärnsågning är ett patenterat sågmönster för att framställa virke med stående årsringar som är fritt från mærg och juvenil ved. Metoden är utvecklad vid Kungl Tekniska Högskolan i Stockholm, KTH.

Stående årsringar

Stående årsringar får virket om det sågas radiellt ur stocken. Virke med stående årsringar har små, förutsägbara fuktrörelser och ingen kupning.

Definitionen av stående årsring är att vinkeln mellan virkets flatsida och årsringen i flatsidans yta skall vara mellan 60 och 90 grader. Graden av stående årsringar avläser man i virkets ändyta.

Textur

Virke med stående årsringar har på flatsidan träets radiella textur, som har en jämn och harmonisk mönsterbild vilken framhäver produktens eleganta form.

Fingerskarvning

Det är långt mellan kvistarna i stjärnsågat virke och följaktligen får man fram långa ämnen utan kvistar. De kvistar som finns kapas bort och korta bitar fingerskarvas. Fingerskarvningen utförs med hög precision och med hänsyn till årsringstexturen i de skarvade bitarna. Detta ger en jämn övergång i skarven, både med hänsyn tagen till fuktrörelsernas spänningar och utseende. Fingerskarvning är ett tecken som garanterar genuint, massivt trä.

Genom allt detta långsiktiga arbete står man nu inför att ett företag, Nova Wood AB kommer att bygga en fullskalig industriell anläggning baserad på KTH-Träs koncept. Ett stort steg för svensk sågverksindustri och den fortsatta utvecklingen får visa om metoden kommer att revolutionera och trygga framtiden för svensk skogsindustri.



Redan i samband med att Värdeaktivering skulle presenteras första gången för träbranschens företrädare var man på KTH-Trä helt övertygad om att exploateringen av det nya konceptet skulle ta lång tid. En av förutsättningarna för att få något företag intresserat av att tillämpa idéerna var att de skulle få immaterialrättsligt skydd. Således söktes redan då patent på de grundläggande idéerna.

Under 1993 presenterades ett, som man tyckte, välgrundat koncept för stjärnsågning, den s.k. PrimWood-metoden för tillverkning av produkter med stående årsringar. Många industriföreträdare studerade det presenterade konceptet med stort intresse och ett flertal industriföreträdare menade också att stjärnsågning har en framtida potential. Trots detta väntade de alla på att någon annan skulle ta det första steget och investera i en anläggning. Förändringen av produktionsteknik såväl som produkt som PrimWood-metoden innebär, var alltför omvälvande för att något företag skulle våga sig på att satsa.

Stjärnsågning -

Från idé till driftsättningen av den första anläggningen tog det drygt 8 år av intensivt arbete.



På KTH-Trä insågs att man måste göra mer för att övertyga industrin om att stjärnsågning skulle kunna bli lönsamt. I februari 1994 bildades utvecklingsbolaget PrimWood AB för utveckling av produktionssystem för idéer som framkommer inom Värdeaktivering. Delägarna blev dels samtliga anställda vid KTH-Trä, dels en grupp utomstående industrialister.

Inom PrimWood AB identifierade man tidigt två viktiga arbetsområden. Dels behövde tillverkningstekniken utvecklas ytterligare, dels behövde marknaden påvisas för de produkter som man tillverkar av stjärnsågat virke. Att finna användningsområden för trekanterna ansåg man vara en nyckelfråga.

1995 byggdes en pilotanläggning som skulle utveckla tekniken för att limma trekanter och få fram material för marknadstester. Pilotanläggningen har haft en avgörande betydelse för kommersialiseringen av stjärnsågningstekniken i och med att man handgripligen kunnat visa en slutprodukt och påvisa dess tekniska och estetiska egenskaper.

Kontakt togs med olika träförädlade företag för att försöka intressera dessa för att börja tillämpa PrimWood-metoden. Ett företag som man tidigt kom i kontakt med var Jämtlamell industrier AB. Efter två års utvärdering skall man under 1998-99 i Tågsjöberg 10 mil norr om Sollefteå, uppföra ett sågverk för stjärnsågning och i närliggande orten Junsele byggs en anläggning för tillverkning av PrimWood Prisma. Anläggningarna skall drivas inom bolaget Nova Wood AB som till lika delar ägs av Jämtlamell, SCA och Ramsele Skogsägareförening.

industriell implementering

Forskningen vid KTH-Trä berör ett flertal områden, både mycket teoretiska och mer tillämpbara. Årligen publiceras ett stort antal tekniska rapporter och vetenskapliga artiklar, vilka inte alla kan räknas upp här. Nedan är några av de rapporter samt internationella publikationer som berör stjärnsågning uppräknade.

Wiklund, Martin: Värdeaktivering – ny forskningsinriktning vid Institutionen för träteknologi. 1991.

Heickerö, Roland; Wälinder, Magnus: Massivt trägolvs med stående årsringar. 1992.

Nordfors, Lena; Sandberg, Dick: Utbytes-simulering av sönderdelning enligt stjärnsågningsmetoden. 1993.

Sandberg, Dick: Nedbrytningsmekanismer hos trä – 1. Fotokemisk nedbrytning. 1994

Holmberg, Hans; Sandberg, Dick: Kvistars frekvens, form och beskaffenhet i trekantprofil av furu (*Pinus silvestris* L) och gran (*Picea abies* Karst). 1995

Sandberg, Dick: Stående årsringar hos furu (*Pinus silvestris* L) och gran (*Picea abies* Karst). 1995

Stehr, Micael: Lättbalk med triangulära flänsar. 1995

Borgh, Anna: Årsringsorienteringens inverkan på målarfärgers varaktighet. 1995

Sandberg, Dick: Årsringsorienteringens betydelse för sprickbildning och deformation hos vattenbegjutet virke av furu (*Pinus silvestris* L) och gran (*Picea abies* Karst). 1995

Holmberg, Hans; Sandberg, Dick: Volym- och kvalitetsutbyte vid stjärnsågning. 1996

Sandberg, Dick: Förbättrade träfönster. 1996

Sandberg, Dick: Nedbrytningsmekanismer hos trä. 2. Utomhusexponering av radiella och tangentiella ytor av furu och gran. 1997

Holmberg, Hans; Sandberg, Dick: Volymutbyte vid tillverkning av furulimfog från stjärnsågad trekantprofil. 1997

Sandberg, Dick: Utvärdering av sönderdelningsmetod för stjärnsågning. 1997

Sandberg, Dick: Radially sawn timber. Star-sawing – a new method for producing timber with vertical annual rings. Holz als Roh- und Werkstoff, 1996*

Sandberg, Dick; Holmberg, Hans: Radially sawn timber. Knots – number, type and size in star-sawn triangular profiles of pine (*Pinus silvestris* L) and spruce (*Picea abies* Karst). Holz als Roh- und Werkstoff, 1996*

Sandberg, Dick: Radially sawn timber. The influence of annual ring orientation on crack formation and deformation in water soaked pine (*Pinus silvestris* L) and spruce (*Picea abies*

Karst) timber. Holz als Roh- und Werkstoff, 1997*

Sandberg, Dick; Holmberg, Hans: Radially sawn timber. Gluing of star-sawn triangular profiles into form-stable products with vertical annual rings. Holz als Roh- und Werkstoff, 1998*

Sandberg, Dick: Value activation – A concept for new applied processing technology star-sawing technique. International Conference on Value-added Wood Processing, Vancouver, BC Canada, 1997

Sandberg, Dick: Influence of pith and juvenile wood on proportion of cracks in sawn timber when kiln dried and exposed to wetting cycles. Holz als Roh- und Werkstoff 1996*

Sandberg, Dick: The influence of annual ring orientation on strength and dimensional changes during moisture variation in finger joints. Holz als Roh- und Werkstoff 1997*

Sandberg, Dick; Stehr, Micael: Bending strength of I-beams with webs of wood fibre board and flanges of star-sawn triangular profiles. Holz als Roh- und Werkstoff 1997*

** Dessa sju internationellt publicerade artiklar ingår i doktorsavhandlingen Value Activation with vertical annual rings – material, production, products.*

Mer att läsa

KTH-Trä
Brinellvägen 60
100 44 STOCKHOLM
Tel. 08 - 790 90 53
Fax. 08 - 21 81 81

Fotografi och illustration

Thomas Asplund, KTH: sid 6
Claes von Gegerfelt: sid 9, 19 och 32
Leif Milling Production AB: sid 8 och 11
Forest Products Lab, USA: sid 13 nedre tv,

AKE AB i Mariannelund: sid 18
Hans Holmberg: sid 22
Oskar Hedlund: sid 26 (Georg Bolin)
Bruno Mathsson: sid 28

Sune Jonsson, Västerbottens museum: sid 27 (Kalvträskskidan)
Bo Lindh Repotage AB: sid 27 och 29 (bord, Olle Pira)
Carl Malmsten: sid 29 (ritning)
Dick Sandberg: övriga fotografier och illustrationer

Layout och redigering

Claes von Gegerfelt, Olle Pira, Dick Sandberg

Tryck

Åbergs Tryckeri AB i Tomelilla

Papper

Omslag: 300 g träkvist, inlaga: 135 g miljömärkt matt med 50% returfiber

En rapport från KTH-Trä

TRITA-TRÄ R-98-37

ISSN 1104-2117

ISRN KTH/TRÄ/R-98/37-SE



Med stort tack till dem som stött denna
presentation av min doktorsavhandling

TRÄTEK
PrimWood AB
TräInnova AB
Nova Wood AB
Stiftelsen Nils och Dorthi Troëdssons
Forskningsfond