

## Inte bara bräder och papper - bioraffinering av träd

Manus: Bjarne Holmbom, Åbo Akademi, Processkemiska forskningscentret PCC

Träden i skogen lever på sol och vatten samt koldioxid. Träden ökar inte utsläppen av koldioxid, utan tvärtom: de tar upp och lagrar koldioxid. De producerar syre som alla djur och också vi människor behöver. Därtill bildar de biomassa, huvudsakligen i form av trä (ved). Trädens biomassa är en förnybar naturresurs som kan användas inte bara till bräder och papper utan också till att tillverka flytande biobränslen samt olika biomaterial och biokemikalier.

### Skogens kretslopp

Skogen är en del av ett naturligt kretslopp: den tar upp solenergi och koldioxid och växer, dör, ruttar och avger koldioxid, som sedan åter tas upp av de nya unga träden. Skogen är, i motsats till våra åkrar, så gott som självförsörjande. Skogen behöver inte gödslas, vattnas eller plöjas. Träden växer i harmoni med naturen, rätt oberoende av väder och vind. Träden är en förnybar, icke-fossil råvarukälla, i motsats till oljan, naturgasen och kolet.

I vårt moderna samhälle har vi byggt upp ett tekniskt-industriellt kretslopp med träprodukter och papper, men det är väl anpassat till skogens naturliga kretslopp (*Figur 1*).



Figur 1. Skogens kretslopp ([www.forestindustries.se](http://www.forestindustries.se))

Skogen ger oss trävaror, fibrer och energi. Trävarorna används främst som byggnadsmaterial, medan vedfibrerna används för att tillverka papper och kartong. Om pappersprodukterna efter användningen återvinns som returpapper kommer fibrerna att utnyttjas flera gånger. Om avfallet bränns kan energin tas tillvara. Vare sig trä- och

pappersavfallet bränns eller får förmultna, t.ex. på en soptipp, frigörs koldioxid i atmosfären. Skogen fångar upp koldioxiden och använder den på nytt i fotosyntesen. Därmed är cirkeln sluten och ett nytt kretslopp kan börja.

Skogens kretslopp innebär att när ett träd dör, eller när vi hugger ner ett gammalt träd, blir det plats för ett nytt träd. Så vi kan säga att skogen är en oändlig resurs – om vi sköter den väl och inte avverkar mera än vad den växer till.

### **Vi har mest skog i Europa**

Ungefär 70 procent av Finlands landyta är täckt av skog. Träden i skogen växer varje vår och sommar både på längden och på bredden. Enligt den senaste skogsinventeringen är den årliga tillväxten i Finlands skogar omkring 100 miljoner m<sup>3</sup> (fast mått\*). I början av 1970-talet var tillväxten bara 60 miljoner m<sup>3</sup>. Den ökade tillväxten är en följd av bättre skogsbruk men också av den ökande koldioxidmängden och det varmare klimatet. Den årliga avverkningen är betydligt mindre än tillväxten, omkring 70 miljoner m<sup>3</sup>, vilket leder till att mängden skog ökar år för år. Så har det varit alltsedan 1970-talet. Räknat som årlig tillväxt per person har vi mera skog än något annat land i Europa: 19 m<sup>3</sup>/person/år. Medeltalet för hela EU är omkring 2 m<sup>3</sup>/person/år.

### **Många olika skogsprodukter**

Skogen kan användas till en massa olika naturprodukter:

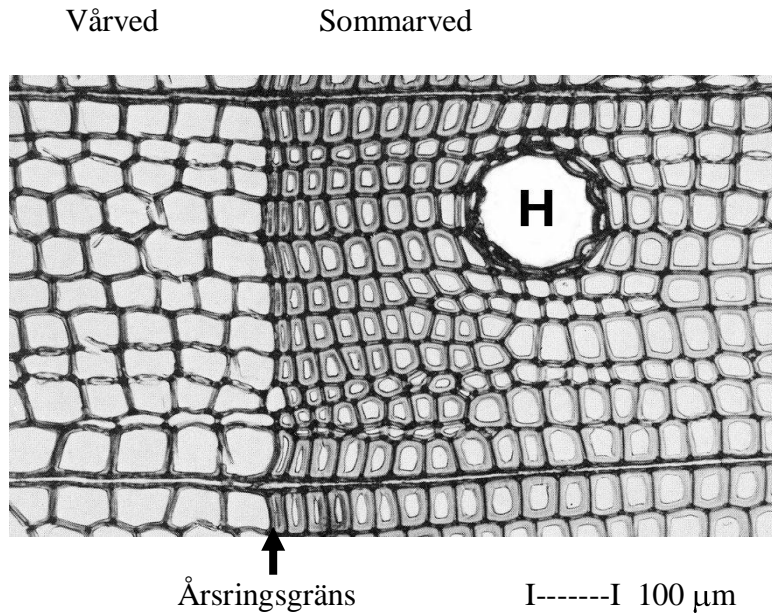
- virke och trävaror
- papper och kartong
- bränsle – bioenergi
- olika specialmaterial (biomaterial) och kemikalier (biokemikalier)

Trä som sådant är ett unikt naturmaterial med många goda egenskaper. Det är starkt och segt, det är mjukt och behagligt att röra vid, och många tycker att träet också är vackert. En nackdel är att trä kan ruttna. Men å andra sidan betyder det att träet nedbryts och försvinner i ett naturligt kretslopp. Ett annat problem är att träet är ojämnt till sin kvalitet, men det gör å andra sidan trä till ett mycket mångsidigt material. Man ska välja rätt när man väljer träslag för olika behov.

---

\* fast kubikmeter under bark är handelsmättet för ved. Man beräknar stockarnas vedvolym under barken. Om veden är staplad räknas alltså "luften" och barken mellan stockarna bort.

Om man ser på träet i ett mikroskop upptäcker man att det har en sinnrik struktur av sammanlimmade fibrer (*Figur 2*). Träet är ur många synpunkter ett mera avancerat material än de nya konstgjorda s.k. nanokompositer som kemister och fysiker tillverkar.



*Figur 2. Veden i träd (xylem) är ett avancerat kompositmaterial. Veden som bildas under våren har tunnväggiga breda fibrer medan sommarveden har fibrer med tjockare väggar. H: hartskanal fylld med kåda*  
(Ur boken *Puukemia*, s. 37, Akademin för tekniska vetenskaper, Helsingfors 1977).

### I dag främst papper och kartong

Över hälften av skogsråvaran i vårt land används i dag för tillverkning av fibermassor som sedan förädlas vidare till papper och kartong. Pappersproduktionen har sju-faldigats sedan 1960. Men nu har kanske taket nåtts. Pappersanvändningen ökar obetydligt i Västeuropa och USA, men fortfarande med 5–10 procent per år i stora länder som Kina, Indien och Ryssland. Det betyder att skogsindustrin i Finland nu står inför en strukturförändring med förflyttning av pappersproduktion till Asien, Ryssland och Sydamerika. Den industri som blir kvar i Finland måste gradvis övergå till att producera värdefullare produkter än trävaror och papper. Här är produktion av ”gröna” biomaterial och biokemikalier en möjlighet.

### Vi borde inte bränna upp skogen

I vårt land har vi mycket skog men inte så mycket andra naturresurser. Vi borde utnyttja skogen på bästa sätt. Att bränna upp den, om det sedan sker genom att bränna ved eller genom att tillverka och bränna flytande biobränslen, är inte ett värdefullt utnyttjande. Det finns i dag ett politiskt tryck inom EU att öka användningen av förnybar bioenergi. Man får hoppas att detta inte leder till en snedvriden

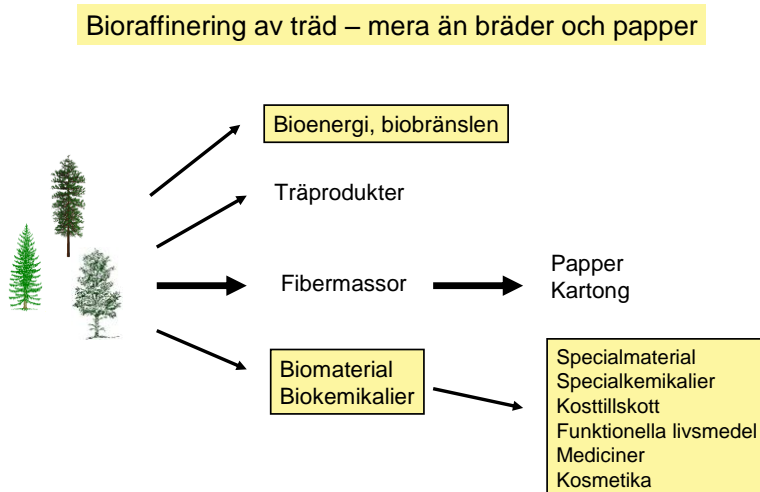
konkurrens mellan billig bioenergi och andra värdefullare produkter. Vi borde göra dyrare produkter av skogen än trävaror, papper och energi. Redan nu utgör bioenergin nästan 25 procent av den totala energianvändningen i Finland. Bioenergin fås främst genom förbränning av koklutar, bark och annat skogsavfall i skogsindustrin. Om andelen ytterligare ökas kommer priset på ved att pressas upp så att det hotar konkurrenskraften för vår skogsindustri, och då får den ännu större problem.

### Bioraffinering till naturenliga biomaterial och biokemikalier

Träd innehåller unika, värdefulla molekyler och är därför ett intressant råmaterial också för olika kemiska produkter. Den kemiska industrin uppstod i Tyskland i slutet av 1800-talet med kol som främsta råvara. I början av 1900-talet och särskilt efter 1950-talet växte den petrokemiska industrin fram som producerar olika kemikalier och plaster av olja genom nedbrytning (krackning) och syntes. På 2000-talet har biomassa blivit allt mera intressant som råvara. Man kan alltså särskilja tre perioder i den kemiska industrins utveckling:

svart kolkemi    →    brun oljekemi    →    grön biomassakemi  
1800-talet                      1900-talet                      2000-talet

Bioraffinering av träd är ett naturenligt och miljövänligt alternativ till oljeraffinering och petrokemiska produkter. De molekyler som finns i träd har funnits i naturen i miljoner år och är därigenom anpassade till naturen och dess kretslopp, i motsats till de syntetiska ”onaturliga” ämnen som tillverkas genom syntes av olja.



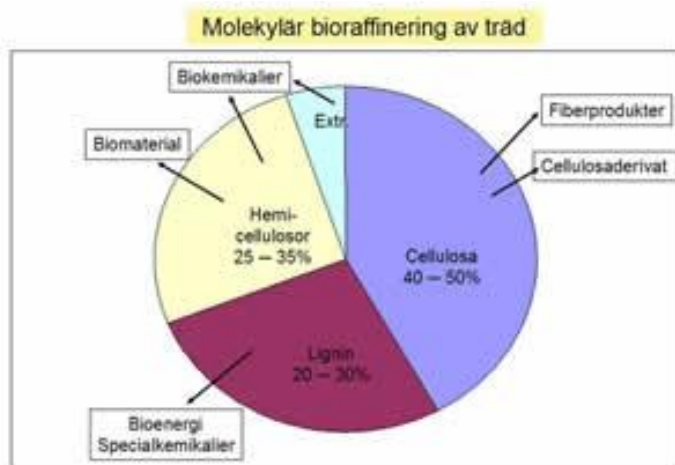
Figur 3. Traditionella och nya användningsmöjligheter för skogsråvara genom bioraffinering.

### Huvudkomponenterna i trä: cellulosa, hemicelluloser och lignin

Träet är uppbyggt främst av tre olika typer av polymerer (makromolekyler): cellulosa (40–50 procent), hemicelluloser (25–35 procent) och lignin (20–30 procent) (Figur 4). Därtill finns 2–5 procent s.k.

extraktivämnena som består av ett stort antal olika små bioaktiva molekyler. Hit hör bl.a. kådans komponenter samt olika fetter och fenoler.

Cellulosa är en polysackarid, dvs. en rak kedja av glukosenheter. Glukos är det socker som primärt bildas vid fotosyntesen. Cellulosa är huvudkomponenten i fibrer men den kan också modifieras kemiskt till vattenlösliga produkter och även till plaster. Exempel på vattenlösliga cellulosa produkter är karboximetylcellulosa som används i tapetklister men även som förtjockningsmedel i livsmedel, bl.a. i glass.



Figur 4. Huvudkomponenterna i trä och deras möjliga användningsområden som molekyler. Extr.: extraktivämnena ( 2–10 %, lågmolekylära, ofta bioaktiva ämnen).

Hemicellulosorna är också polysackarider uppbyggda av sockerenheter i långa kedjor. Deras funktion i träet är att limma ihop knippen av cellulosa molekyler till s.k mikro fibriller. Hemicellulosorna innehåller också andra sockerenheter än glukos, såsom mannos, xylos och galaktos. Hemicellulosor kan utvinnas ur trä eller ur processvatten i pappersbruk. De kan användas som lim, men också som ingrediens i kosmetika och t.o.m. som komponenter i livsmedel. Det tandvänliga sockret xylitol tillverkas av emicellulosa xylan.

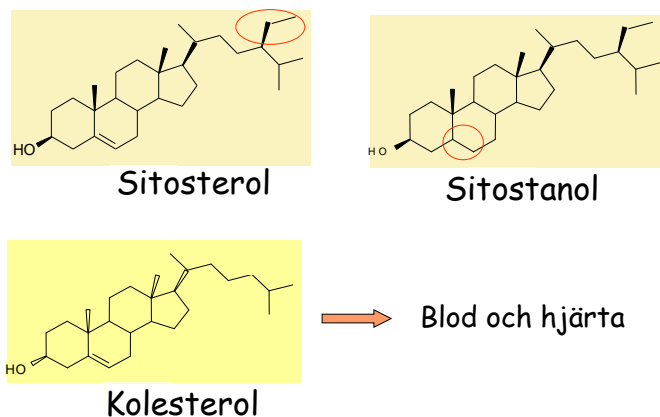
Ligninet är uppbyggt av fenoliska ämnen i ett tredimensionellt molekylnätverk. Ligninets funktion är att binda ihop mikro fibriller (som innehåller cellulosa och hemicellulosor) till fibrer. Dessutom binder ligninet samman fibrerna så att själva trästrukturen bildas. När man kokar trä för att separera cellulosa fibrerna bryts ligninet ner och lakas ut i kokluten. Lignin är en huvudkomponent i den s.k. svartluten, som indunstas och bränns. Förbränningen av indunstad svartlut står för huvuddelen av bioenergin i vårt land. Lignin utvinns också i industriell skala och används bl.a. vid oljeborrning och som tillsats i cement och asfalt.

### Hälsosamma skogsprodukter

Trädens biomolekyler kan utvinnas och användas bl.a. som aktiva komponenter i naturläkemedel och hälsokostprodukter.



sitosterolen bildar ett slags komplex med kolesterolen på grund av deras likartade molekylstruktur (Figur 6). Den enda skillnaden finns i "svansen" där sitosterolen har en extra etylgrupp (-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>). Denna lilla skillnad gör att sitosterolen i motsats till kolesterolen inte tas upp genom tarmmembranerna.



Figur 6. Struktur hos sitosterol, sitostanol och kolesterol

Produktionen av sitosterol utvecklades redan på 1970-talet vid Åbo Akademi. En ny extraktionsprocess för sulfatsåpa, en biprodukt från cellulosatillverkningen, utvecklades och patenterades. En fabriksenhet byggdes i Villmanstrand och verksamheten där inleddes 1977. Den producerade sitosterolen gick främst till kosmetik- och livsmedelsindustrin. Sitosterolen tillsattes i smör, men inte för att sänka kolesterolhalten utan för att med en enkel test kunna påvisa att smöret var producerat inom EU-området.

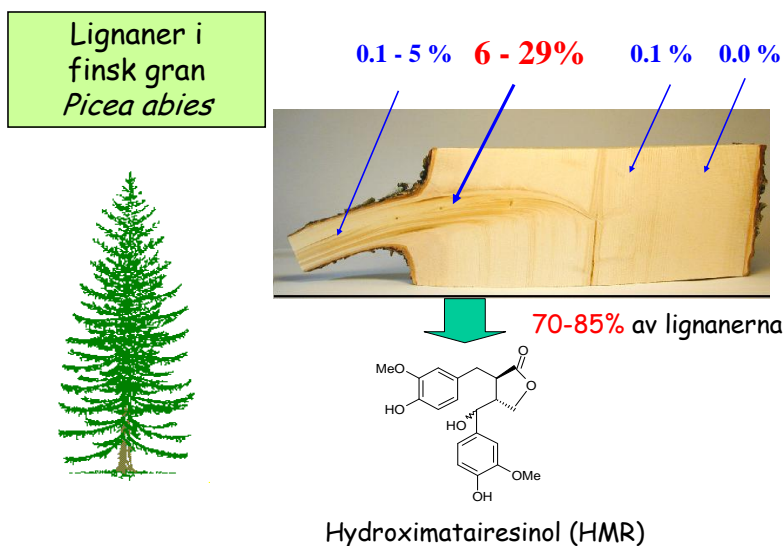
Forskningen kring sitosterolens kolesterolsänkande effekt fortsatte under 1980-talet med stöd från livsmedelsbolaget Raisio. År 1995 kom Raisio ut med en ny produkt: ett margarin som var förstärkt med sitostanol, den hydrerade formen av sitosterol. Produkten fick handelsnamnet Benecol och marknadsfördes med att den kunde sänka kolesterolhalten med cirka 20 procent på två veckor med ett dagligt intag på 2 gram sitostanol. Produkten väckte ett enormt intresse världen över och Raisios aktiekurs sköt i höjden. Inom några år dök det upp konkurrenter som hade lyckats kringgå Raisios patent och som tillverkade ett billigare margarin. Nu tretton år senare har sitosterol/sitostanol-produkter spridits över hela världen. Sitosterol/sitostanol finns nu inte bara i margarin utan också i produkter som grädde, ost, pasta och yoghurt. Vi kan nu säga att vår värld har blivit lite hälsosammare tack vare detta nya naturliga medel i kampen mot den farliga kolesterolen.

**HMR-lignan** är en ny hälsokostprodukt, som också den i likhet med xylitolen och sitosterolen i huvudsak har utvecklats i Åbo. Lignaner, som är små molekyler med liknande struktur som lignin, undersöktes vid Åbo Akademi redan på 1970-talet. I början av 1990-talet kom ett samarbete i gång med en medicinsk forskargrupp vid Åbo universitet som leddes av professor Risto Santti. Han var intresserad av att undersöka om lignanerna spelade någon roll i de hormonstörningar som hade konstaterats förekomma hos fisk nära cellulosafabriker. Inga sådana effekter kunde emellertid konstateras. Men sedan, litet av en slump, testades en lignan isolerad ur granved i ett nytt testsystem för bröstcancer, och utslaget var positivt: lignanen hade en starkt hämmande effekt! Det blev starten för ett

intensivt forskningsarbete kring denna lignan i samarbete mellan Åbo Akademi, Åbo universitet och det biomedicinska bolaget Hormos Medical.

Följande milstolpe i utvecklingsarbetet kom 1998, också den av en slump. Vi hade som resultat av ett plötsligt infall tagit ut ett prov av en s.k kvistrot i en gran (kvistens rot inne i stammen kallas också ibland kvistnöt). Analys av kvistrotten visade att den var exceptionell: den innehöll 10 viktprocent lignaner med lignanen hydroximatairesinol (HMR) som dominerande komponent, just den lignanen som var starkt cancerhämmande. Nu hade vi hittat den bästa lignankällan och kunde utveckla en produktion i stor skala. Vi uppfann ett sätt att enkelt men effektivt separera kviströtter ur flis som tas in i pappersbruk. Kviströtterna är störande i pappersproduktionen och får gärna tas bort ur flisen.

Vi undersökte sedan många kviströtter av gran, faktiskt flera hundra. Vi har nu en rätt klar bild av lignanfördelningen i granstammar (*Figur 7*).



*Figur 7. Fördelningen av lignaner i granstammar.*

Det finns endast lite lignaner i normal stamved, men desto mera i kviströtterna – flera hundra gånger mera. Men lignanhalten varierar mellan olika träd och t.o.m. mellan olika kvistar i samma träd. De typiska värdena ligger i området 6–29 procent. Intressant är att det finns betydligt mera lignaner, faktiskt över dubbelt så mycket, i granar som växer i norra Finland än i granar som växer i södra Finland.

Forskningen kring HMR-lignanen fortsatte. År 2003 fanns det tillräckligt med forskningsdata för att lämna in en ansökan till livsmedels- och läkemedelsmyndigheten i USA (FDA) om att få marknadsföra HMR-lignanen som ett s.k. kosttillskott i hälsokostbutiker. Tillståndet beviljades redan följande år. År 2005 sålde Hormos Medical en licens på hela forskningspaketet till ett bolag i Schweiz, Linnea S.A., som är ett världsomspännande naturproduktföretag.



ÅA-forskare utvecklade kvistseparationen vidare, först i en försöksanläggning och sedan i en riktig produktionsanläggning. Produktionen som skedde i samarbete med lantbrukaren Mikael Söderholm i Kimito kom i gång 2005. Granflis transporterades från UPM-Kymmene's pappersbruk i Kajana till Kimito. Separationsprocessen fungerade väl och rent kvistmaterial kunde levereras till Linnea i Schweiz. Linnea lanserade den färdiga produkten våren 2006. Produkten har tagits väl emot på marknaden, men det tar många år innan vi vet om HMR-lignanen kommer att sprida sig över världen på samma sätt som xylitolen och sitosterolen.

### **Forskningen fortsätter**

Den träkemiska forskningen fortsätter intensivt vid Åbo Akademi. Vi har många spännande forskningsprojekt på gång. Ett projekt har som mål att utvinna och utnyttja vissa ämnen i bark som hälsofrämjande medel. Det gäller i första hand s.k. stilbener som finns i granbark. Samma stilbener finns också i rödvin där de anses stå för de positiva hälsoeffekter som kopplats till (måttligt) drickande av rödvin. Vi fortsätter också forskningen kring lignaner och undersöker kviströtter i andra trädslag än gran. Vi har i detta nu analyserat kviströtter i över 60 olika trädslag från olika delar av världen. Det finns intressanta lignaner, andra än HMR, i många trädslag. Nya användningsområden för lignaner undersöks också. Ett intressant användningsområde är naturlig kosmetik. Vi försöker också utvinna hemicellulosor ur trä. Hemicellulosorna kan förjäsas till etanol men har också mera värdefulla användningsområden, bl.a. som tillsatser i livsmedel. De är s.k. lösliga fibrer som är hälsosamma för vår matsmältning.

**Intressant forskning fånglar och tar aldrig slut – så länge nyfikenheten och upptäckarandan finns kvar!**