

Fiberskog som vedråvara

Christina Lundgren



De senaste 10 åren har en rad forskningsinsatser gjorts som fokuserat på råvarans kvalitet och egenskaper. Mätmetoder för ved- och fiberegenskaper har utvecklats och man har intresserat sig för egenskaperna och ståndorten likväl som virkets kvalitet för sågad vara och i ökad utsträckning massa och papper. Snabbvuxen s.k. åkermarksgran, har studerats och jämförelser mellan frodvuxna och senvuxna material har gjorts. Tillväxt och kvalitet har varit ord runt vilka man rest frågetecken.

Idéer om ett mer intensivt skogsbruk med täta gödslingar och ännu högre tillväxt leder givetvis till frågor om virkets kvalitet. Kommer en volymökning ge en substantiell ökning av fiberråvara eller produceras bara ”luft”? Kommer fibrerna att duga till papper eller är de som uppblåsta ballonger med fiberväggar som bara trasas sönder? Kommer vi att få en fiber som vi känner igen som en granfiber eller kommer vi få en helt ny typ av råvara? I så fall, kan vi hantera den i industrin?

I Fiberskog etapp 1 har virke från näringsoptimeringsförsöken i Asa och Flakaliden analyserats med avseende på ved- och fiberegenskaper för att utröna kvaliteten som massaråvara. En grundhypotes har varit att eftersom skötselprogrammen i Asa och Flakaliden är extrema jämfört med vad som kommer att vara genomförbart i ett praktiskt fiberskogsbruk kommer resultaten indikera inom vilka ramar virket från en i praktisk fiberskogsodling kommer att ligga. I Fiberskog etapp 2 har prediktiva modeller för fiberegenskaper utvecklats för att kunna användas tillsammans med tillväxtmodeller för fiberskogsodling. En intervjuundersökning riktad mot massaindustrin har också genomförts för att kartlägga industrins inställning till virke av den här typen. Den här rapporten redovisar i tre kapitel resultaten från dessa moment:

1. Ved- och fiberegenskaper från Asa och Flakaliden
2. Modeller för ved- och fiberegenskaper – anpassningar och tester
3. Fiberskog och massa och papper

1. Ved- och fiberegenskaper från Asa och Flakaliden

Inledning

Granved utgörs till ca 94 % av trakeider. I massa- och papperssammanhang används ordet fibrer om barrvedstrakeider och så även i detta dokument.

Vedegenskaper och fibertvärnsnitt från näringsoptimeringsförsöken i Asa och Flakaliden mättes och analyserades för att studera effekten av intensiv gödning och hög tillväxt på veden och fibrerna. Fullständiga resultat finns i Lundgren (2003), (avhandling) och Lundgren (2004 a och 2004 b).

Hur bildas veden och fibrerna?

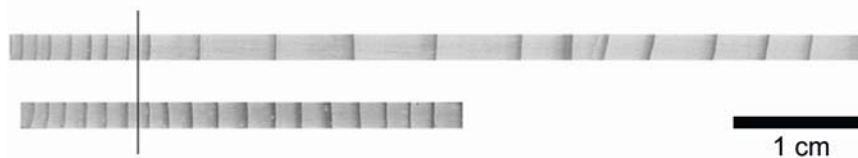
För att tolka resultaten från ved- och fiberstudierna är det bra att ha några grundläggande vedbildningsprinciper i minnet. Ved är en inhomogen råvara; egenskaperna hos en bit ved och en enskild fiber beror bl.a. på var i stammen fibern har bildats. Den största variationen finns inom årsringen eftersom det är stor skillnad mellan vår- och sommarved. Nästa källa till

variation är skillnaden mellan juvenil ved och mogen ved. Virket som bildas i årsringarna närmast mären, juvenilverden, skiljer sig från veden längre ut. Detta beror på att tillväxtzonen, kambiet, utvecklas och mognar utåt från märe. En viss förändring äger också rum i höjled vilket innebär att kambiet mognar snabbare och bildar mogen ved fortare högre upp i stammen. Vedegenskaper t.ex. fibrers storlek, cellväggens tjocklek och veddensiteten följer sålunda ett mönster från märe och ut där vi har smala, korta fibrer med tunna cellväggar och därigenom lägre veddensitet nära märe. Det här grundmönstret kan modifieras genom att reglera tillväxten på olika sätt genom skogsskötsel.

Material och metoder

För analyser av ved togs prover från ogödslade, bevattnade, fastgödslade och näringsbevattnade försöksleden i Asa. I Flakaliden hade enbart bevattning inte gett någon tillväxtökning varför det bevattnade ledet inte togs med i materialet från Flakaliden. Borrkärnor med 12 mm diameter togs i brösthöjd på 20 slumpvis utvalda träd per försöksled.

Ur borkkärnorna sågades provbitar 2 x 6 mm från märe till bark och den 2 mm breda tvärsnittsytan finslipades för att möjliggöra bildanalys av ytan. Fibrernas tvärsnittdimensioner. (Figur 1) mättes med SilviScan, på CSIRO i Melbourne, Australien. SilviScan är en apparat konstruerad för att snabbt kunna mäta fiberdimensioner på hela träbitar d.v.s. utan att separera fibrerna vilket möjliggör analyser med hänsyn tagen till fibrernas exakta läge i stammen. Tvärsnittsdimensioner; cellväggstjocklek, radiell och tangentiell fiberbredd samt densitet och mikrofibrillvinkeln mättes var 0.05: e mm i radiell riktning och medelvärden per årsring räknades ut.



Figur 1. Exempel på prov som mättes i SilviScan, vy från ovan. Den vertikala linjen markerar årsringen som bildades 1987; året då behandlingarna inleddes i Flakaliden. Övre provet kommer från näringsbevattningen (IL) och den undre från kontrollen (C).

Värdena analyserades med variansanalysmodell där effekterna av läge i stammen från märe och ut, årsringsbredd, årsringsnummer från märe, behandling (gödslat eller inte/bevattnat eller inte) testades simultant.

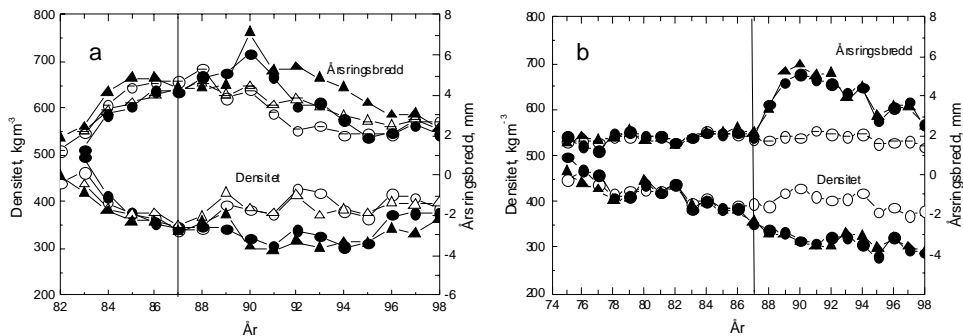
Resultat och diskussion

Samtliga kurvor i figur 1-6 illustrerar ved- och fiberegenskapernas utveckling från juvenil till mogen ved. Effekten av gödslingen och/eller bevattningen läses därför ut genom att jämföra nivåerna på kurvorna från de behandlade ytorna mot kontrollen.

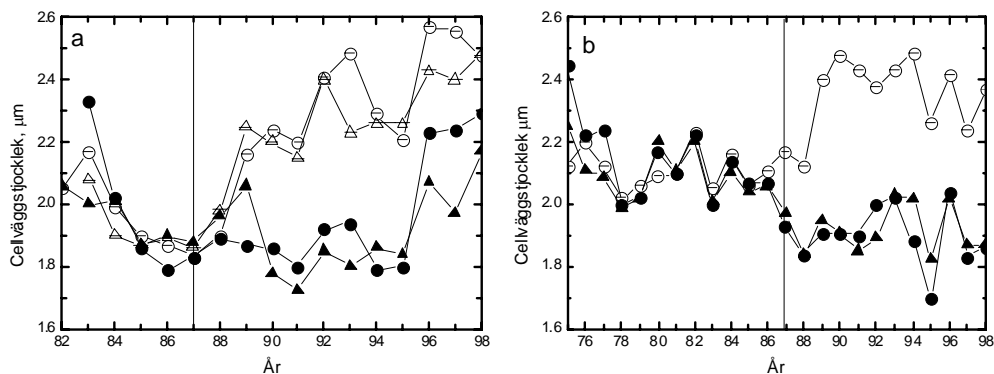
Densitet, cellväggstjocklek

Kurvorna för densitet och årsringsbredd (**Figur 2**) är i princip spegelbilder av varandra. En tumregel säger att en tillväxtökning på 100 % leder till en 20 procentig minskning av densiteten och den tumregeln verkar fungera även för det gödslade materialet.

Cellväggstjockleken är starkt korrelerad med densiteten och kurvorna för densitet och cellväggstjocklek liknar varandra (**Figur 2** och **Figur 3**). De stora skillnaderna i cellväggstjocklek mellan behandlingarna indikerar att vi har fått en större andel vårvedsfibrer.



Figur 2. Årsringsbredd och densitet för Asa (a) och Flakaliden (b). Kurvorna är i stora delar spegelbilder av varandra. ○ = obehandlad kontroll, ● = fastgödsling, ▲ = näringsbevattning, △ = bevattning.

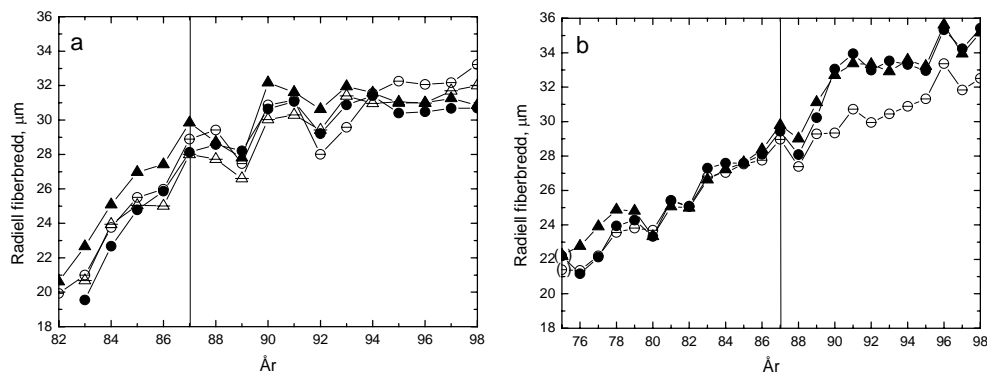


Figur 3. Cellväggstjocklek för Asa (a) och Flakaliden (b). ○ = obehandlad kontroll, ● = fastgödsling, ▲ = näringsbevattning, △ = bevattning.

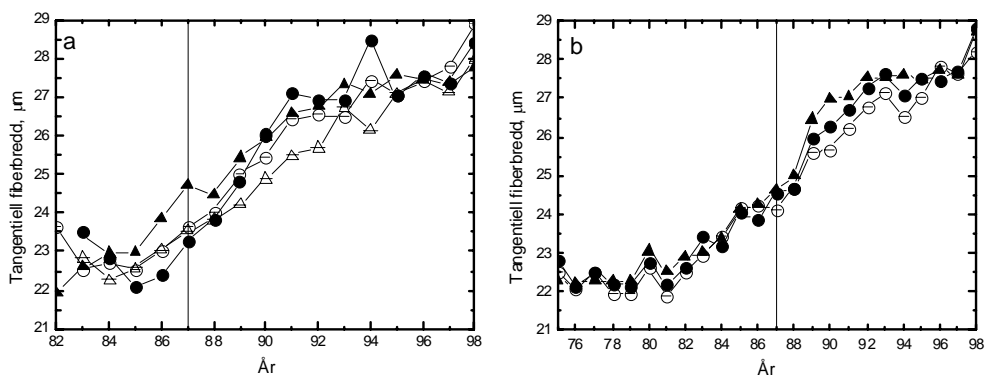
Fibrernas storlek, bredd och längd

Fiberbredden ändras inte dramatiskt av gödsling. Den effekt på radiell och i viss mån tangentiell fiberbredd som kan utläsas för framförallt Flakaliden (**Figur 4** och **Figur 5**) beror dels på att den ökade tillväxten gör att vi jämför fibrer längre ut från mörgen (F och IL) med fibrer närmare mörge (tätvuxen kontroll) Effekten på den radiella fiberbredden beror givetvis också på att andelen stora vårvedsfibrer har ökat.

Vedmätningar gjorda i Finland (Mäkinen m.fl. 2002) visar att de gödslade fibrerna från Flakaliden blev ca 15 % kortare än fibrerna från kontrollen. Det beror på den ökade aktiviteten i kambiet vid snabb tillväxt.



Figur 4. Radiell fiberbredd för Asa (a) och Flakaliden (b). ○ = obehandlad kontroll, ● = fastgödsling, ▲ = näringsbevattning, △ = bevattning.

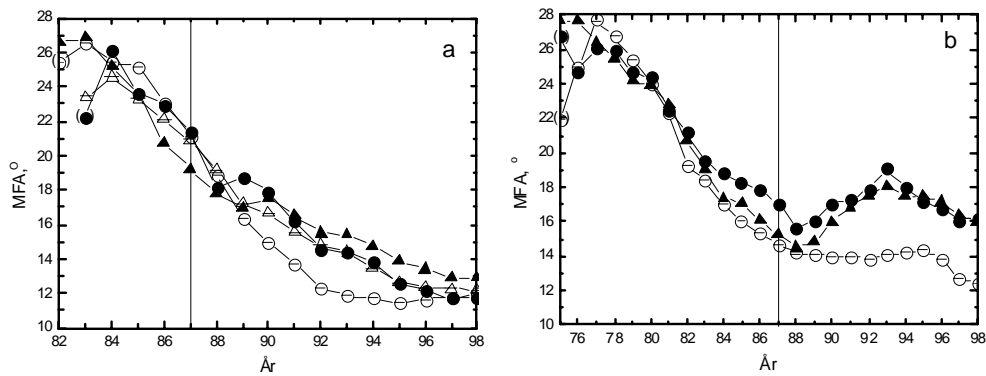


Figur 5. Tangentiell fiberbredd för Asa (a) och Flakaliden (b). ○ = obehandlad kontroll, ● = fastgödsling, ▲ = näringsbevattning, △ = bevattning.

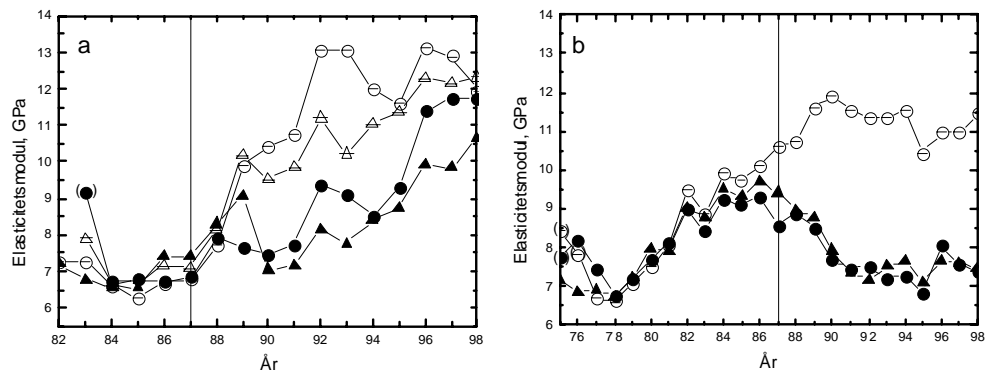
Mikrofibrillvinkel och styrka

Mikrofibrillvinkeln ligger på en högre nivå för de behandlade bestånden. Detta sammantaget med lägre densitet leder till en lägre elasticitetsmodul för de gödslade träden.

Grenfrekvensen ökade med gödsling liksom storleken på grenarna. Detta innebär att hållfastheten sjunker ytterligare för de snabbvuxna gödslade bestånden. Grenvolymen i relation till stamvedsvolymen var dock konstant (Mäkinen m.fl. 2001) vilket innebär att denna parameter inte bör påverka utnyttjandet för massaindustrin.



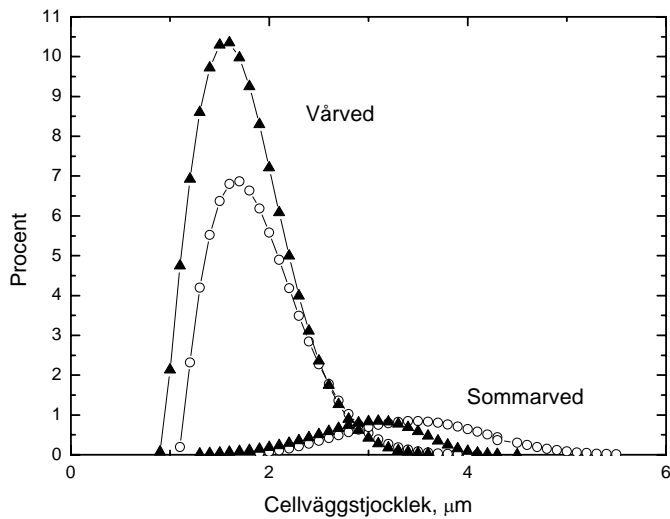
Figur 6. Mikrofibrillvinkel för Asa (a) och Flakaliden (b). ○ = obehandlad kontroll, ● = fastgödning, ▲ = näringsbevattning, △ = bevattning.



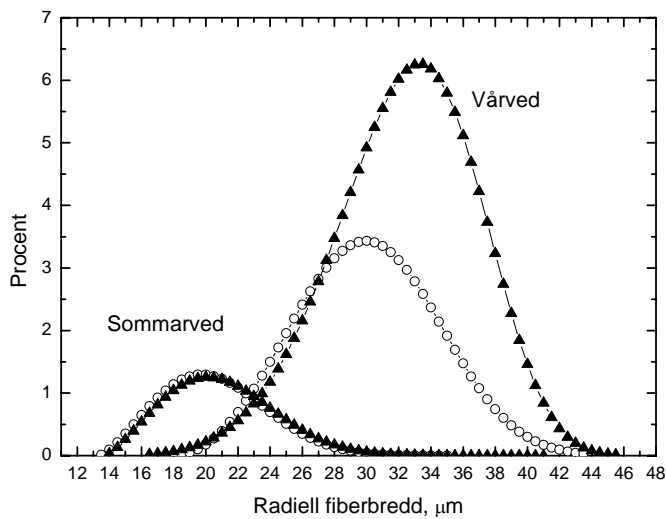
Figur 7. Elasticitetsmodul kvistfritt virke för Asa (a) och Flakaliden (b). ○ = obehandlad kontroll, ● = fastgödning, ▲ = näringsbevattning, △ = bevattning.

Fördelningar

Medelvärden per årsring säger inte allt om hur fiberråvaran ser ut, speciellt inte i de fall då fibrerna inte följer en symmetrisk normalfördelning. För att få en bild av hur mycket fibrer vi får och hur de ser ut har distributionerna studerats. **Figur 8** visar fördelningen av fibrer enligt cellväggstjocklek för Asa. Kurvorna är viktade så att man direkt i grafen ska kunna jämföra fiberutfallet i den obehandlade kontrollen med fiberutfallet för näringsbevattningen. I stort är distributionernas läge samma för de två försöksleden. Figuren visar förekomst av något tunnare fiberväggar i näringsbevattningen samtidigt som de allra tjockaste cellväggarna saknas. Framförallt ger näringsbevattningen fler vårvedsfibrer. Här visas exemplet för Asa men mönstret för Flakaliden är i stort samma. **Figur 9** visar fiberbreddsfördelningen för Flakaliden. De olika försöksleden har producerat ungefär lika mycket sommarved. Näringsbevattningen har däremot ökat mängden vårvedsfibrer markant. Vårvedsfibrerna från näringsbevattningen är också förskjutna mot fler stora fibrer även om spännvidden d.v.s. min- och maxdiametern inte skiljer så mycket mellan obehandlat och gödlat. Mönstret för Asa är liknande.



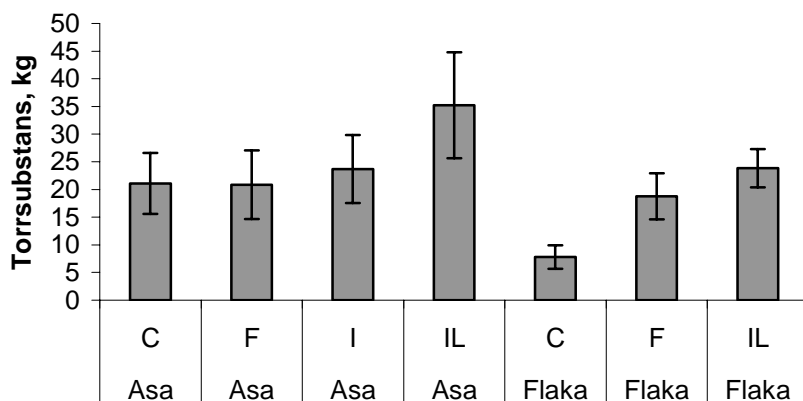
Figur 8. Cellväggstjockleksfördelning för Asa, ○ = obehandlad kontroll, ▲ = näringsbevattning.



Figur 9. Fördelning av fibrer enligt radiell fiberbredd, Flakaliden. ○ = obehandlad kontroll, ▲ = näringsbevattning. Fördelningarna är viktade efter producerad volym så att en direkt jämförelse mellan behandlingarna är möjlig.

Torrsubstansproduktion

Skillnaderna i torrsubstansproduktion blir p.g.a. den lägre densiteten i behandlingarna något mindre än skillnaderna i volym (**Figur 2**).



Figur 10. Medelstammens torrsubstansproduktion fram till 1999.

Hur förklaras de effekter som finns i graferna?

Ved- och fiberegenskaperna för ett givet material bestäms av utvecklingen från märg och ut vilket kan anges av *antal årsringar* från märg eller *avstånd i mm* från märg. Tillväxten uttryckt som årsringsbredd är starkt korrelerad med de genomsnittliga vedegenskaperna för årsringen då den i princip anger hur mycket av vårved respektive sommarved som finns.

Olika egenskaper hos veden och fibrerna uppvisar lite olika samband med dessa förklarande variabler. Densitet och cellväggstjocklek är starkt beroende av årsringsbredd men årsringsbredden förklarar inte allt. Eftersom andelen sommarved ökar från märg och ut har avståndet från märg också har en viss effekt. Fiberbredden ökar från märg och ut framförallt beroende på avstånd från märg. Ett snabbvuxet material kommer att ligga före ett tätvuxet vid samma ålder vilket gör att dess fibrer blir större tidigare.

När man jämför materialen från de olika behandlingarna med hänsyn tagen till de olika förklarande variablerna återstår inga eller väldigt små skillnader mellan behandlingsleden. Det betyder att gödningen i sig inte har någon större inverkan på vedbildningen utan att det framförallt är tillväxtökningen som avgör.

Syntes

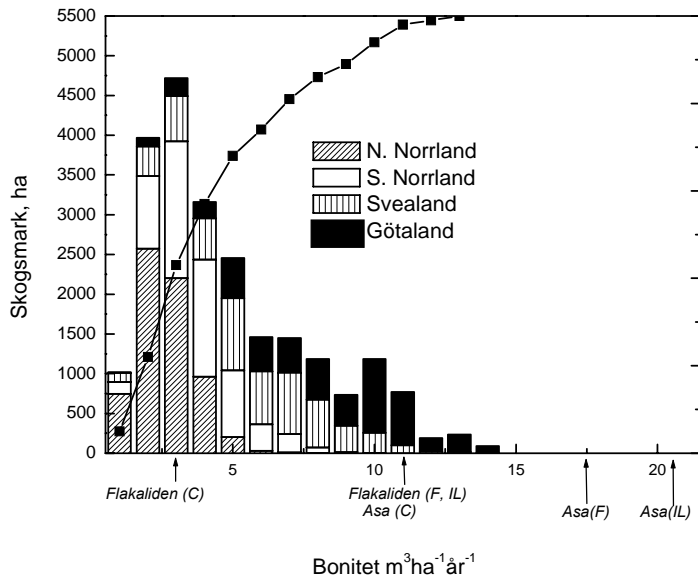
Ved och fiberegenskaper påverkas av ökad tillväxt men förändringarna kan i allt väsentligt förklaras av tillväxt. Gödningen i sig förändrar inte fibern.

Tillväxtökningen på grund av gödning ger en förskjutning mot fler fibrer av vårvedskaraktär med tunna väggar, större diametrar och högre mikrofibrillvinkar. Fibrerna är också kortare.

I Asa- och Flakalidenmaterialet har det snabbvuxna gödslade virket ved- och fiberegenskaper som liknar den juvenila veden men skillnaden mellan kontroll och gödlat är mindre än skillnaden mellan juvenil och mogen ved. Det betyder att även en ganska intensiv gödslingsregim kommer att producera fibrer av en typ som finns redan idag.

Eftersom det framförallt är den ökade tillväxten som förklarar vedens förändringar är det intressant att sätta in bonitetshöjningen i relation till den skogmark och råvara vi har i Sverige

i dag. Näringsoptimeringarna i Flakaliden innebär i bonitetstermer en förflyttning till södra Sverige. För Asa innebär bonitetshöjningen att vi förflyttar oss utanför landets gränser.



Figur 11. Sveriges skogsmark fördelad på boniteter och bonitetshöjningarna till följd av de olika behandlingarna i Asa och Flakaliden (Grunddata från Riksskogtaxeringen och bonitetssiffror för Asa och Flakaliden, Johan Bergh, meddelande).

Detta tankeexperiment har dock vissa begränsningar t.ex. är andelen sommarved beroende av vegetationsperiodens längd vilket gör att veden blir något annorlunda i olika delar av landet.

Referenser

- Lundgren, C. (2003). *Wood and fibre properties of fertilized Norway spruce*, Doctoral thesis. Silvestria 288 Swedish University of Agricultural Sciences.
- Lundgren, C. (2004a). Cell wall thickness and tangential and radial cell diameter of fertilized and irrigated Norway spruce. *Silva Fennica* **38**(1): 95-106.
- Lundgren, C. (2004b). Microfibril angle and density patterns of fertilized and irrigated Norway spruce. *Silva Fennica* **38**(1): 107-117.
- Mäkinen, H., P. Saranpää, et al. (2001). Effect of nutrient optimization on branch characteristics in *Picea abies* (L.) Karst. *Scandinavian Journal of Forest Research* **16**(4): 354-362.
- Mäkinen, H., P. Saranpää, et al. (2002). Effect of growth rate in fibre characteristics in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Holzforschung* **56**(5): 449-460.