

MATERIALET GRAN

PREBEN HOFFMEYER

Udarbejdet i forbindelse med
temadagen "Et Gran af Sandhed"
Nyborg Strand 29 oktober 1992



THE TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BUILDING MATERIALS LABORATORY

MATERIALET GRAN

P. Hoffmeyer
Laboratoriet for Bygningsmaterialer, DTH

Grans¹ struktur

Veddets farve er gullighvid og uden væsentlig tendens til farveændring ved lang tids lyspåvirkning. Der er ingen keredannelse, og der er således ingen farveforskel mellem splintved og hjerteved.

Årringene er regelmæssige og med jævn overgang mellem vårved og samme års høstved. Forskellen mellem vårved og høstved er normalt ikke så stor som hos skovfyr. Harpikskanalerne er få og så fine, at de vanskeligt kan skelnes på tværsnit.

De levende knaster er lyse, mens de døde knaster er mørke og meget hårde. Ved udtørring af gran opstår oftest enten radiære- eller cirkulære revner i knasterne. Ved dannelse af cirkulære revner i de døde knaster vil disse kunne falde ud af veddet. Mens alle fyrrens grene er samlede i etagestillede kranse, er der hos granen svagere skud mellem etagerne, hvorfor et granbrædt i modsætning til et fyrrebrædt har mindre knaster end fyr. Grans grene er vandretstillede, mens fyrrens grene er skråtstillede; grans knaster vil derfor fremtræde cirkulære, mens fyrres knaster vil fremtræde ovale.

Gran har lavere harpiksindhold end fyr; der forekommer dog ofte harpikslommer, som kan vanskeliggøre brugen.

Reaktionsved forekommer hyppigt hos gran, og hvor det har et betydeligt omfang, vil træet under udtørring svinde unormalt meget i længderetningen. Herved kan opstå store indre spændinger, som resulterer i kastninger og evt. brud.

De store variationer i årringsbredde, som træffes hos gran, fremkommer især ved variationer i grans vårvedsandel. Smalringet gran vil derfor have relativt større høstvedandel end bredringet gran, og derfor også større densitet, styrke m.v.

Densitet

Grans tørdensitet vil typisk være af størrelsesordenen 450 kg/m³, og gran er således gennemsnitlig mere end 10% lettere end fyr.

Grans densitet tiltager med alderen, og densiteten er de første 10-20 år særlig lav (ungdomsved). Af samme årsag vil densiteten aftage med stigende højde i træet. Rødgran regnes at nå sin største densitet i 75-80 års alderen. Sitkagran afviger markant fra rødgran bl.a. derved, at der ikke hos sitkagran forekommer lav densitet i ungdomsveddet. Tværtimod synes

¹ Når der i det følgende tales om *gran* menes rødgran (*Picea abies*). Når andre granarter omtales, angives det fulde navn

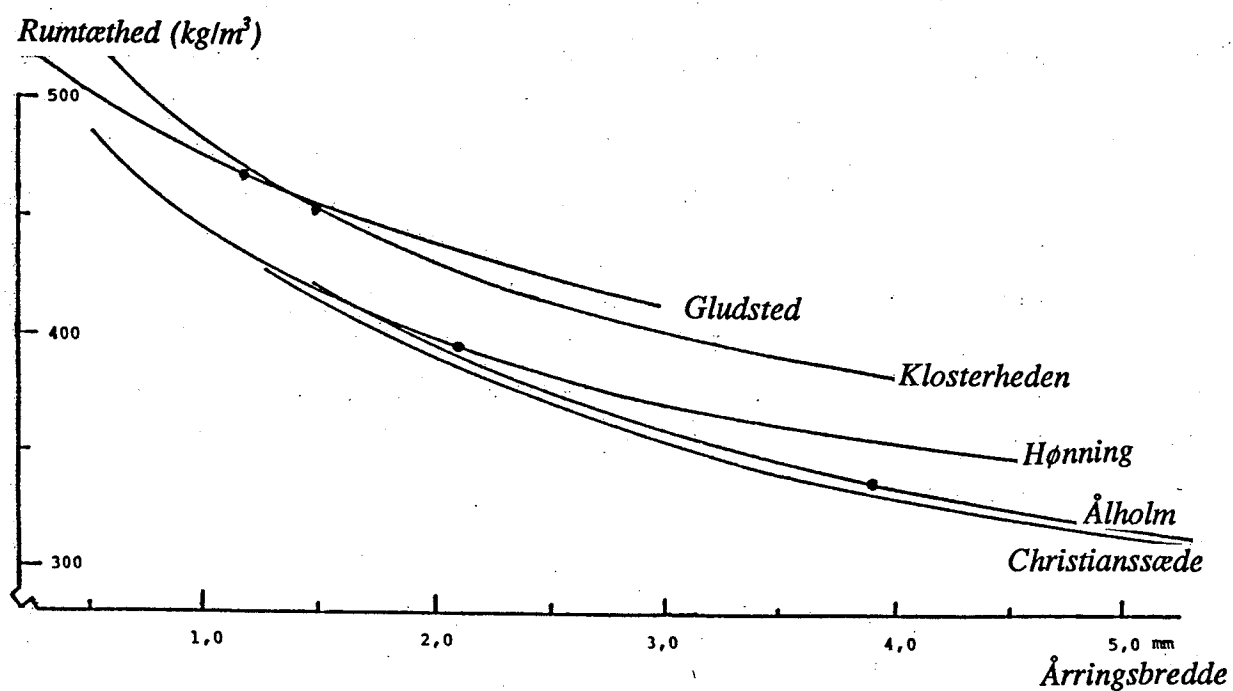


Fig. 1 Forskelle i R-niveau fra bonitet til bonitet (Christianssæde og Ålholm, ca. bonitet I; Hønning ca. 4.5; Klosterheden ca. 5.4 og Gludsted ca. 5.8) (Olesen 1990)

undersøgelser af dansk sitka at vise (Olesen 1990) at sitkagrans ungdomsved har højere densitet end voksenalder af både sitkagran og rødgran.

Densiteten af gran varierer betydeligt med både voksested (bonitet) og skovbehandling (hugstyrke, planteafstand). Da boniteten indenfor Danmarks grænser varierer meget, vil der forekomme store variationer i grans kvalitet fra det østlige Danmarks fede jorder (god bonitet, hurtigvokset træ, lav densitet) til det vestlige Danmarks magre jorder (dårlig bonitet, langsomt vokset træ, høj densitet).

Tilsvarende vil eksempelvis svensk grans kvalitet variere betydeligt fra Sydsveriges hurtigvoksede træ til Mellem- og Nordsveriges langsomtvoksede træ.

Figur 1 (Olesen 1990) illustrerer, hvorledes rumtætheden² for bonitet V ligger ca. 50 kg/m³ over bonitet I. For samme årringsbredde har hedegranen således en højere densitet end gran fra gode jorder. Lægges hertil, at årringsbredden er væsentlig mindre på de ringere jorder, bliver den samlede effekt, at densiteten af hedegran ligger mere end 30 % højere end densiteten af de gode jorders gran.

Fiberhældning

En anden konsekvens af den store variation i bonitet for rødgrans voksesteder er, at der for samme stammediameter indeholdes mere ungdomsved i det hurtigtvoksede træ. En betydelig ulempe ved ungdomsved i gran er, at sådant ved har en større fiberhældning end voksenalder. Da plankers vridning afgøres primært af fiberhældningen, vil ungdomsved af gran give planker med større vridninger.

Permeabilitet

Tørret rødgrans gennemtrængelighed overfor vand er langt ringere end hos fyr. Dette har sin forklaring i granens struktur. Figur 2 viser et stærkt forenklet udsnit (ca. 0,1 mm³) af et stykke nåletræ. Figuren viser vårved og høstved, samt hvorledes radialt orienterede marvstråler kiler sig ind mellem de langsgående celler (trakeider). På figur 3 er udsnittet yderligere forstørret, og her ses åbninger mellem marvstråler og trakeider samt mellem trakeider indbyrdes. Sidstnævnte åbninger kaldes ringporer.

På figur 4 er ringporens opbygning vist. Når ringporen er åben, kan vand frit passere fra celle til celle. Ved udtørring af træ vil ringporene lukkes og vanskeliggøre væsketransport. Allerede mens træet endnu står på roden sker en udtørring, og dermed en porelukning af hjer-teveddet. Splintveddets porer vil lukke sig når træet efter opskæring udtørres.

Hos rødgran er lukningen af ringporene så meget mere effektiv end hos skovfyr, at vandgennemtrængeligheden gennem sådanne porer bliver forsvindende. Herudover er porerne mellem marvstråler og trakeider betydelig mindre hos rødgran end hos skovfyr (Fig. 5). Graden af uigennemtrængelighed hos tør rødgran vil dog variere betydeligt fra træ til træ.

² rumtæthed = tørvægt/grønt volumen
densitet = vægt/volumen (samme vandindhold)
tørdensitet = tørvægt/tørvolumen

Fig. 2 Dette stærkt forenklede billede af et udsnit af en nåletræsstamme viser vår- og høstvedtrakeider, og hvordan radialt orienterede marvstråler kiler sig ind mellem trakeiderne. (Klem 1972)

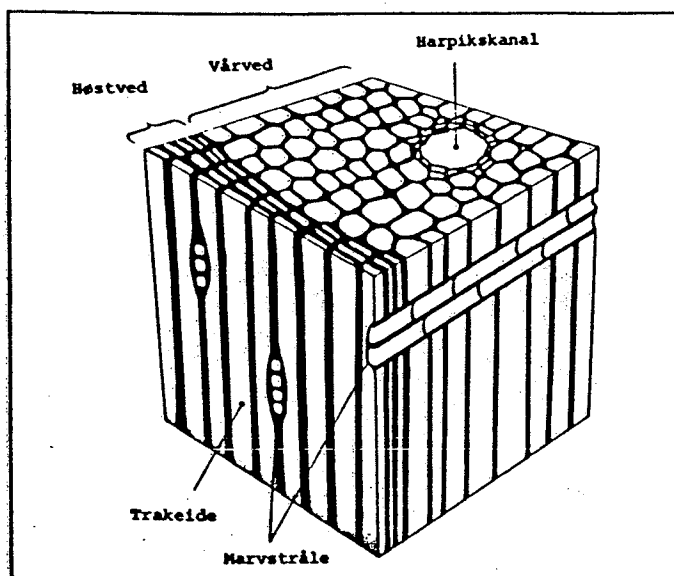


Fig. 3 Her er udsnittet af nåletræsstammen forstørret yderligere. Der ses poreåbninger mellem marvstråle-celler og trakeider samt mellem trakeider indbyrdes. Sidstnævnte porer kaldes for ringporer. (Klem 1972)

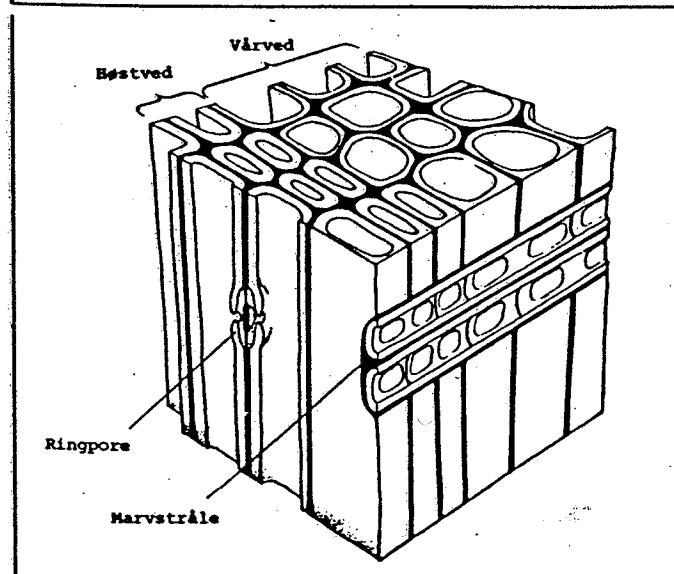
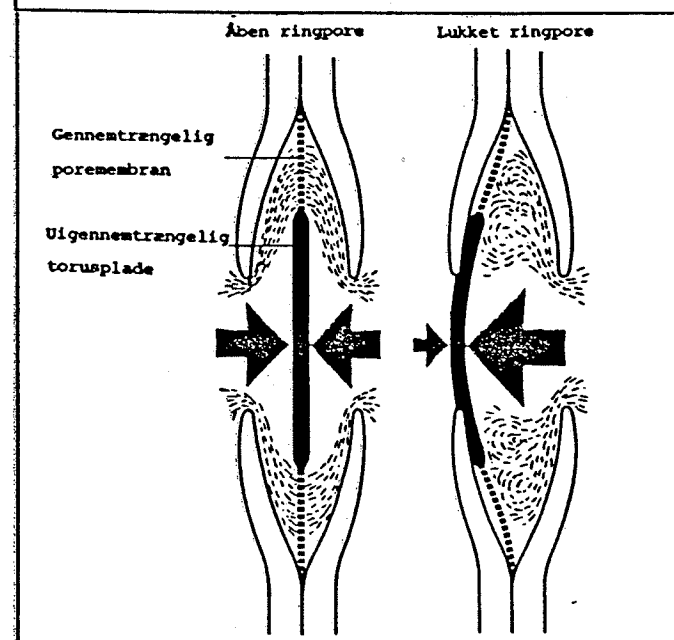


Fig. 4 Snit gennem ringpore. Når den er åben, vil vædske kunne passere gennem poremembranen fra trakeide til trakeide. Når poren lukkes, vil toruspladen midt på poremembranen lukke poreåbningen (Klem 1972)



Endvidere vil de tyndvæggede vårvedceller altid være mere effektivt tillukkede end de tykvæggede høstvedceller. Hos vandlagret gran vil ringporer gradvis blive nedbrudt af bakterier, og tilbøjeligheden til vandopsugning vil blive drastisk forøget. Dette kan være et problem, idet vandlagret træ kan give en dramatisk overoptagelse af imprægneringsvædske.

GRANS EGENSKABER

Tørring

Kunstig tørring af rødgran regnes normalt for at være den lettest tænkelige tørringsopgave. Tørretiden for rødgran er ca. 10 % kortere end for skovfyr. Tendensen til revnedannelse er mindre udtalt end hos fyr når bortses fra revner i knaster. Visse grankvaliteters særlige tendens til kastninger kan dog give vanskeligheder i tørringen. Kastningerne kan i et vist omfang imødegås ved et længerevarende tørringsforløb med deraf følgende mindre fugtgradienter. Sådant træ kan endvidere med stor fordel fastholdes (belastes) under udtørringen.

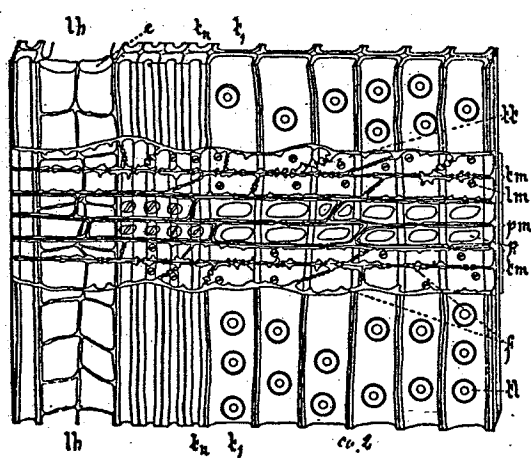
Bearbejdningen

Bearbejdning af gran vanskeliggøres ved at knasterne især ved lavt fugtindhold er meget hårde. For et fugtindhold i området 12-18% kan bearbejdning ske med konventionelt værktøj. Der bør anvendes værktøjsstål af typen HSS og en standardspånvinkel på 30°. Gennemløbshastigheden bør være 20-25 m/min. Ved større fugtindhold end 18% kan fås fiberrejsning efter høvling. For et fugtindhold, som ligger under 12% kan det være nødevendigt at anvende værktøj som normalt anvendes for hårde træsorter. Der bør anvendes værktøjsstål af typen HM (hårdmetal). Spånvinklen bør reduceres til 18-20° og gennemløbshastigheden reduceres til 15-20 m/min. Bearbejdning af gran kræver en hyppigere værktøjsslibning og kontrol af spånvikler end fyr. Finerskrælning af gran, især sitkagran, kræver specialknive. Der henvises i øvrigt til speciallitteraturen.

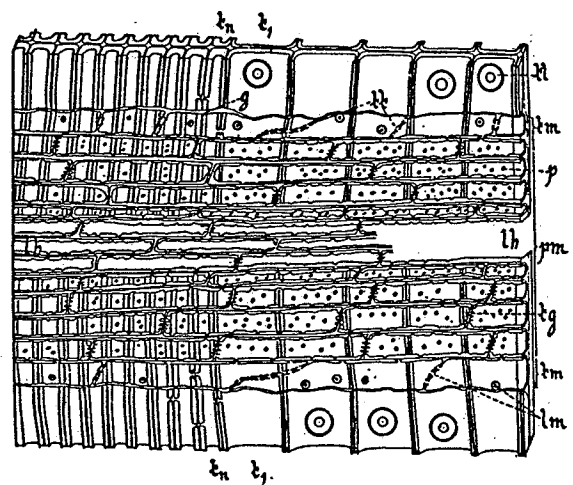
Limning

Gran kan limes uden problemer med alle kendte trælime idet gran ikke indeholder hærdningshindrende stoffer. Gran anses normalt for lettere at lime end fyr. Limning foregår lettere og med sikrere resultat på nyhøvlede flader.

Grundlaget for god limning er bl.a., at limen kan sprede sig effektivt på træmnets overflade. Betingelsen for dette er, at den såkaldte overfladespænding for limen er *mindre* end træmnets overfladespænding. I tabel 1 er angivet overfladespændinger for fyr, gran og nogle almindeligt anvendte lime. Bemærk hvorledes høvling af af en "gammel" overflade af gran resulterer i en fordobling af overfladespændingen og dermed bringer gran i en tilstand, hvor alle de anførte lime giver en god limningskvalitet.



SKOVFYR



RØDGRAN

Fig. 5 Radialsnit gennem marvstråler af skovfyr (*Pinus sylvestris*) og rødgran (*Picea abies*) (Mork 1946)

Tabel 1 Overfladespændinger for gran, fyr og nogle almindeligt anvendte lime (Raknes 1986)

Træart eller limtype	Overfladespænding (mN/m)	
	"gammel" overflade	nyhøvlet overflade
Gran	44	83
Fyr	45	66
Urealim	71	
Fenolresorcinollim	48	
PVAc-lim	39	

Overfladebehandling

Gran kan overfladebehandles med samme midler som anvendes for fyr.

Styrkeegenskaber

Fejlfri gran og fyr har i store træk ens styrkeegenskaber for ens densitet. For konstruktionstræ af ens densitet vil der dog være en tendens til, at gran er stærkere end fyr pga. granens mindre knaster. Årsagen til at fyr normalt anses for stærkere end gran er således alene, at man normalt har at gøre med grankvaliteter, der er 10-20% lettere end fyrrekvaliteterne.

Den store variation i rødgrans styrke fra lokalitet til lokalitet er undersøgt af Madsen (1984), som sammenligner resultaterne af egne styrkeforsøg med konstruktionstræ med tidligere udførte undersøgelser.

Tabel 2. Bøjningsstyrke for danske, norske og svenske granplanker (Madsen 1984)

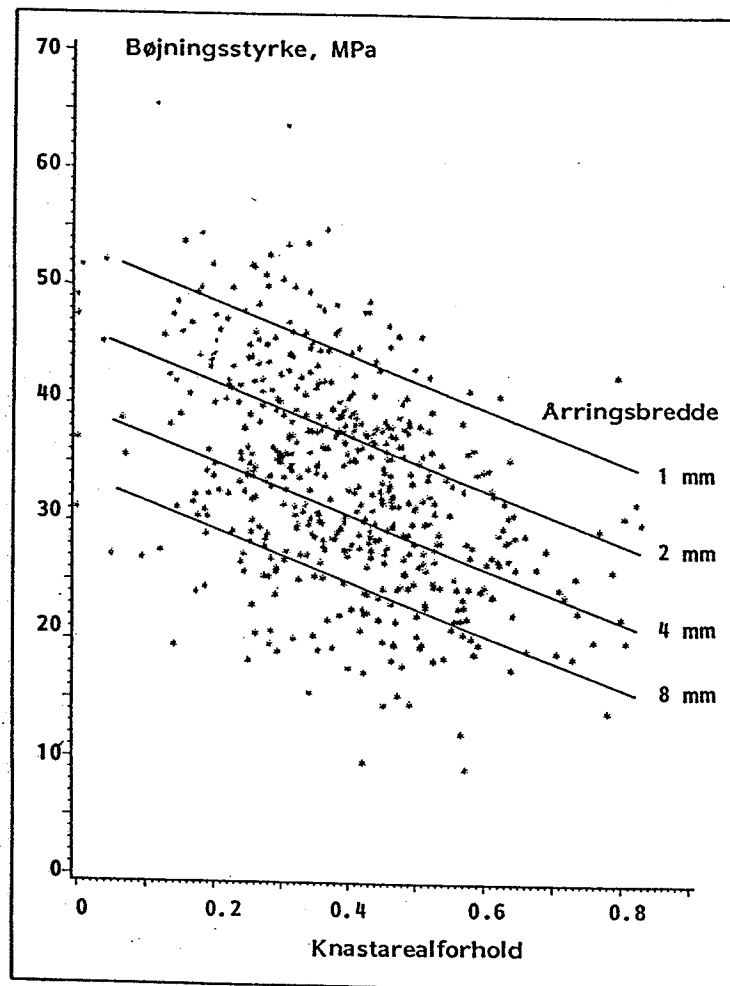
Oprindelse	Antal stk.	Kvalitet	Dimensioner mm	Bøjningsstyrke		Kilde
				Gns. MPA	5% ³⁾ MPA	
Midtjylland (bonitet 6)	154	Alle	45×95, -×120 ¹⁾ -×170, -×195	46.4	30.0	Madsen, 1980
Østjylland (bonitet 1)	117	Alle	45×95, -×120 ¹⁾ -×170, -×195	41.5	26.0	Madsen, 1980
Vestjylland (bonitet 7)	98	Alle	45×95 ²⁾	55.3	39.0	Johansen et al. 1969
Nordsjælland (bonitet 2)	99	Alle	45×95 ³⁾	52.1	35.4	Johansen et al. 1969
Falster (bonitet 2)	98	Alle	45×95 ³⁾	49.4	33.6	Johansen et al. 1969
Sverige	97	Alle	63×175	36.5	23.3	Lundberg & Thunell, 1978
Sverige	93	I + II + III + IV + V	75×200	37.5	22.5	
Sverige ⁴⁾	506	III+IV+V+VI	50×100	45.1	26.7	Curry & Tory, 1976
Sverige ⁴⁾	458	III+IV+V+VI	50×200	40.7	21.6	Curry & Tory, 1976
Norge (landsmiddel)	758	excl. 6. sort.	50×100	54.8	33.4	Foslie & Moen, 1968
Norge (landsmiddel)	593	excl. 6. sort.	75×200	44.3	27.0	Foslie & Moen, 1968

1) Plankdimensioner bestemt af stokstørrelsen, savbarer fra hele træet med.

2) 45×95 mm planker udsåvet af alle stokdimensioner, kun til 7 m's højde.,

3) Karakteristisk styrke = $\bar{X} - 1.7 \times s$, dimensioneringsstyrke, jvf. Hoffmeyer, 1984.

4) Gran og fyr.



Figur 6 Knastarealforholdet og årringsbreddens betydning for bøjningsstyrken for 520 granplanker. Hoffmeyer 1984.

Madsen bekræfter herved, dels at grans styrke er lokalitetsbestemt (bonitet) og dels at dansk gran fra visse distrikter, især i midtjylland, er fuldt på højde med de fleste øvrige nordiske kvaliteter.

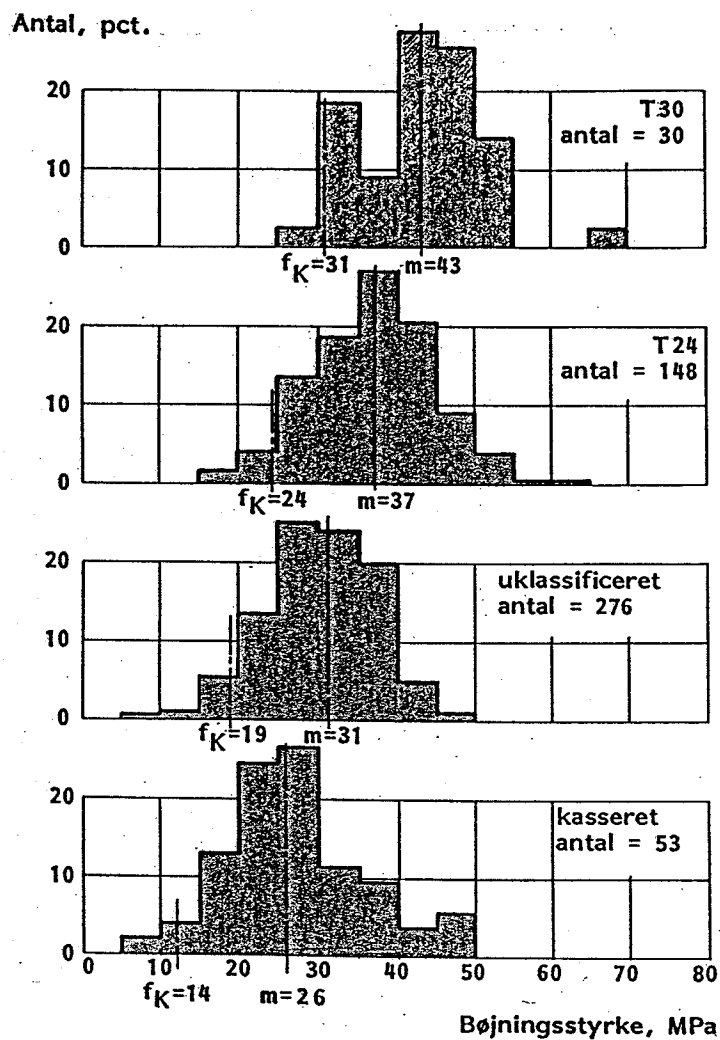
En undersøgelse af Hoffmeyer (1984) som omfattede 520 granplanker af blandet dansk og svensk oprindelse bekræfter dette. I figur 6 er bøjningsstyrken afbildet som funktion af årringsbredde og knastarealforhold (den brøkdel af plankens svageste tværsnit, som udgøres af knaster). Det fremgår, at en planke med et knastareal på 0,2 og en årringsbredde på 2 mm vil have en bøjningstyrke på 42 MPa. Med samme knastarealforhold og en årringsbredde på 8 vil plankens styrke falde til 30 MPa. Bemærk, at årringsbredden kan blive så stor (densiteten så lav), at selv knastfrit træ ikke kan måle sig med knastfyldt træ med smalle årringe.

At styrkesorteret gran på samme måde som fyr kan opfylde adgangsbetingelserne til Trænormens styrkeklasser fremgår af figur 7. Minimumskravene til karakteristisk bøjningsstyrke er her henholdsvis 30 MPa, 24 MPa og 18 MPa for styrkeklasserne K30, K24 og K18. Visuel sortering af de omtalte 520 planker efter Trænormens regler resulterer i karakteristiske bøjningsstyrker på henholdsvis 31 MPa, 24 MPa og 19 MPa.

I arbejder fra de senere år (Harvald 1988, 1989; Danborg 1991) er ved KVL/Sektionen for Skovbrug undersøgt kvaliteten af rødgran og sitkagran fra gode jorder. Det fremgår af disse undersøgelser, at en forceret diameterlivækst gennem stærk tyndingshugst resulterer i konstrukstræ af ringe kvalitet. Danborg (1991) sammenligner styrkesorteringsudfaldet for marvplanker skåret af stammer fra bedste bonitet og med varierende planteafstand og hugststyrke. Danborg sammenligner egne resultater (planteafstand 2 m, stærk tyndingshugst) med resultater fra Harvald (planteafstand 1.5 m, middel til stærk tyndingshugst). I tabel 3 er angivet styrkesorteringsudfaldet ved udeladelse af grænserne for vridning. Det ses, at der er et ringe T-virke udbytte med en klar tendens til ringere udbytte ved forceret diameterlivækst. Udbyttet ligger for alle tre undersøgelser under det udbytte, der blev demonstreret af Madsen (1980) for rødgran fra bonitet I.

Tabel 3. Sorteringsudfald for marvplanker efter DS413 uden hensyn til vridning. Procentvis fordeling. (Danborg 1991).

	Danborg 1991		Harvald 1988		Harvald 1989b	
	RGR	SGR	RGR	SGR	SGR 1	SGR 2
vrag	2	13	4	1	6	5
DK18	75	81	55	48	49	56
T24	13	6	38	48	32	32
T30	0	0	3	3	13	7
T-virke	13	6	41	51	45	39



Figur 7. Blokdiagram for bøjningsstyrken af 520 stk. 45 x 145 mm granplanker af blandet dansk og svensk oprindelse. Plankerne er visuelt sorteret til de tre almindelige danske styrkesorteringsklasser, T-virke klasserne T24 og T30 samt klassen "klassificeret" (ulk). f_k er den karakteristiske bøjningsstyrke, m angiver middelværdien. (Hoffmeyer 1984).

Grænser for vridning

Af Danborgs undersøgelser fremgår, at det væsentligste problem for dansk gran især fra gode jorder, i henseende til overholdelse af trænormers krav, er den store vridning. Såfremt der medtages grænser for vridning i de i tabel 3 anførte udfald, går det helt galt (tabel 4).

Der er nu ikke længere T-virke tilbage i Danborgs eget materiale, ligesom også Harvald's T-virke udbytte bliver yderst beskedent. Når der i tabel 4 stadig er en stor andel DK18 tilbage, hænger det sammen med, at der for denne klasse ikke stilles andet krav til vridning, end at det kun må forekomme "i begrænset omfang". Der er således i realiteten ingen begrænsning for DK18.

Tabel 4. Sorteringsudfald for marvplanker efter DS413 under hensyn til vridning. Procentvis fordeling. (Danborg 1991).

	Danborg 1991		Harvald 1988		Harvald 1989b	
	RGR	SGR	RGR	SGR	SGR 1	SGR 2
vrag	22	19	7	1	18	9
DK18	78	81	69	79	77	79
T24	0	0	21	20	3	8
T30	0	0	3	0	2	4
T-virke	0	0	24	20	5	12

I forslag til nye harmoniserede nordiske regler er foreslået indført en ret snæver begrænsning på vridning for klassen DK18. Fra danske skoves side er protesteret mod en sådan stramning. Det er sandsynligt, at der derfor må indføres 2 toleranceklasser for også i fremtiden at få plads til hurtigt vokset gran.

Hvorvidt denne udvikling er til gavn for træ som bygningsmateriale er yderst tvivlsom. Forbrugerne af granplanker anser vridning for at være langt det største problem ved grans anvendelse på byggepladsen (Perstorper 1991). Ignoreres denne holdning ved fortsat at acceptere "vridning i begrænset omfang" vil det skade træets anseelse og konkurrenceevne.

Danborg (1991) stiller i sin undersøgelse et stort "spørgsmålstegn ved anvendelsen af en skovdyrkningspraksis, der forcerer diametertilvæksten, hvis det er hensigten, at træet skal anvendes som konstrukstræ og ikke som cellulosestræ". I en beslægtet undersøgelse fra det norske Vestland konkluderer Eikenes (1992), "...at produksjon av sagtømmer med tilfredsstillende kvalitet på Vestlandet - og andre steder hvor vekstforholdene er svært gode - forudsetter begrensning av diametertilveksten gjennom plantetetthet og skogbehandling"

Varighed

Grans modstandsevne overfor biologisk nedbrydning er ringere end fyrrekernens og bedre end fyrresplints. Grans fortrin fremfor fyrrens er, at gran pga. de forannævnte strukturforhold opsuger vand betydelig langsommere en fyr. Hvor et stykke fyrretræ ved vandpåvirkning

hurtigt får gennemvædet splintræet, vil gransplinten normalt kun opsuge vand til nogle millimeters dybde. Granens hjerteved kan ligge i månedsvis neddykket i vand uden at cellehulrummene vandmættes. Udover at denne langsommere opfugtning nedsætter risikoen for biologisk nedbrydning, forårsager dette tillige færre af de fugtbetingede deformationer, som kan resultere i revner i fuger og samlinger med vandindtrængning til følge.

Det er i dag ikke dokumenteret, hvorlænge granens uigennemtrængelighed holder sig under vejrpåvirkning. På DTI/Træteknik har i en årrække været gennemført undersøgelser af dette, og Borsholt (1992) rapporterer, at ringporer i gran stadig er lukkede efter mere end 8 års eksponering overfor vejrliget.

Imprægnering

Gransplint lader sig let imprægneres i saftfrisk tilstand. Et eksempel herpå er at finde i de danske ledningsmaster, som i altovervejende grad består af granstammer, som er saltimprægneret ved saftfortrængningsmetoden.

Tørt savskåret gran lader sig derimod kun vanskeligt imprægneres, og resultatet bliver yderst varieret. Dette er dog ikke ensbetydende med, at imprægnering af gran ikke i fremtiden bør kunne finde en større plads i byggeriet. Tværtimod, for det første må det forventes, at netop den egenskab, som gør gran vanskelig at imprægneres, samtidig vanskeliggør den opfugtning, som er den biologiske nedbrydnings forudsætning. Ved en imprægnering af gran bliver alle de for vand gennemtrængelige dele beskyttet. For det andet må det forventes, at de i dag tilgængelige metoder til forøgelse af grans imprægnerbarhed (ex. "incising") forbedres.

I en undersøgelse af varigheden af imprægneret gran og fyr eksponeret for vejrpåvirkninger konkluderer Borsholt (1992), at "...Efter 8½ års eksponering for vejrliget var tryk- og vacuum-imprægnerede granbrædder i en bedre tilstand end tilsvarende behandlede fyrrebrædder, til trods for, at optagelse og dermed indtrængning af imprægneringsmiddel i gran var væsentlig mindre end i fyr. Overfladebehandling alene og uden vedligeholdelse havde ikke fornøden ydeevne til at forhindre skader". Denne konklusion burde give anledning til en større anvendelse af imprægnerede granbrædder. Alene det forhold af miljømæssig art, at der for den samme- eller større varighed skal anvendes mindre mængder imprægneringsvædske for gran end for fyr er et stærkt argument for at vælge gran.

Der er for nylig af Nordisk Træbeskyttelsesråd udgivet såkaldte rekommendationer for granimprægnering, hvoriblandt en der anbefaler at acceptere granbrædder indtil 25 mm tykke til brug over jord som ligestillet med fyr imprægneret til klasse B, DS2122/INSTA140

LITTERATUR

Borsholt, E. 1982: "Vandabsorptionsmålinger på dansk rødgran". DTI/Træteknik.

Danborg, F. 1991: "Nåletræarternes tekniske egenskaber" KVL/Sektionen for Skovbrug.

Eikenes, B. 1992: "Sorteringsproblematikk - trelast og tømmer". Nordisk Konferens om Trä och Kvalitet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Madsen, T. Lynge 1982: "Styrkeundersøgelser af dansk gran". Dansk Skovforenings Tidsskrift

Harvald, C. 1988: "Nåletræarternes tekniske egenskaber. En vedteknologisk undersøgelse af konstruktionstræ fra Statens forstlige Forsøgsvæsens træartsforsøg på Krenkerup skovdistrikt. KVL/Sektionen for Skovbrug

Harvald, C. 1989: "Nåletræarternes tekniske egenskaber. En vedteknologisk undersøgelse af konstruktionstræ fra Lounkær skovdistrikt. KVL/Sektionen for Skovbrug

Hoffmeyer, P. 1982: "Om konstruktionstræs stryke og styrkesortering". Dansk Skovforenings Tidsskrift (særtryk).

Klem, G.S. 1972: "Trebeskyttelse". NTR, Information nr. 1.

Mork, E. 1946: "Vedanatomy". Forlaget Johan Grundt Tanum, Oslo

Olesen, P.O. 1990: "Kompendium i vedteknologi". KVL, Sektionen for Skovbrug.

Perstorper, M. 1991: "Quality of structural timber - from forest to end-user. Thesis for the degree of Licentiate of Engineering. Chalmers Tekniska Högskola, Trä ock Stålkonstruktioner.

Raknes, E. 1986: "Trälimning". Trätek, Stockholm