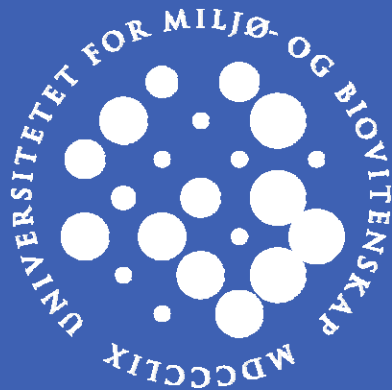


Trevirkets oppbygning og mekaniske egenskaper

Geir I. Vestøl



Disposisjon

- Hvor sterkt er tre ?
 - Type belastning
 - Treslag
 - Hvor sterk er trelast i forhold til feilfri ved ?
- Vedanatomi
- Hvordan varierer styrken og stivheten til tre ?
 - Type belastning
 - Retning på belastningen i forhold til fibre
 - Densitet
 - Fuktighet i trevirke

Strekfasthet og trykkfasthet



- Strekkfasthet

- Gran: 21 – 245 N/mm²
- Furu: 35 – 196 N/mm²
- Bjørk: 137 – 270 N/mm²
- Eik: 50 – 180 N/mm²

- Trykkfasthet

- Gran: 33 – 79 N/mm²
- Furu: 35 – 94 N/mm²
- Bjørk: 38 – 100 N/mm²
- Eik: 54 - 67 N/mm²

Wagenführ (2000)

Bøyefasthet og E-modul



- Bøyefasthet

- Gran: 49 – 136 N/mm²
- Furu: 41 – 205 N/mm²
- Bjørk: 76 – 155 N/mm²
- Eik: 74 – 105 N/mm²

- Elastisitetsmodul

- Gran: 7,3 – 21,4 kN/mm²
- Furu: 6,9 – 20,1 kN/mm²
- Bjørk: 14,5 – 16,5 kN/mm²
- Eik: 10,0 – 13,2 kN/mm²

Wagenführ (2000)

Fasthetsklasser, trelast av bartre

(utdrag av NS-EN 338)

		C18	C24	C30	C40
Fasthetsegenskaper (i N/mm²)					
Bøying	$f_{m,k}$	18	24	30	40
Strekk - parallelt med fiberretningen	$f_{t,0,k}$	11	14	18	24
Strekk - vinkelrett på fiberretningen	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,6	0,6
Trykk - parallelt med fiberretningen	$f_{c,0,k}$	18	21	23	26
Trykk - vinkelrett på fiberretningen	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7	2,9
Skjær	$f_{v,k}$	2,0	2,5	3,0	3,8

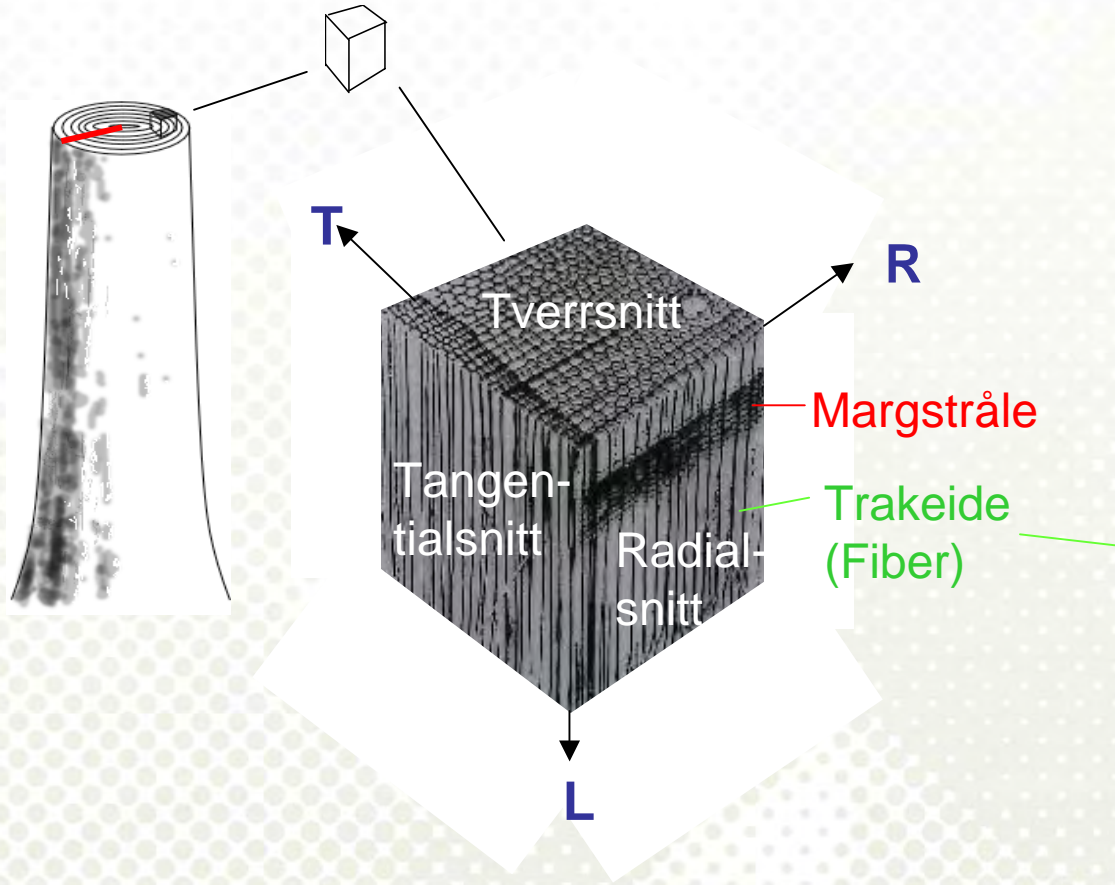
Fasthetsklasser, trelast av bartre

(utdrag av NS-EN 338)

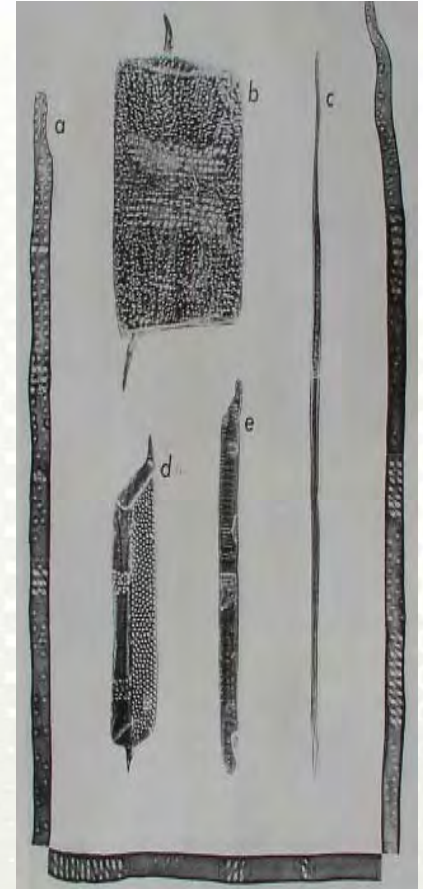
		C18	C24	C30	C40
Stivhetsegenskaper (i kN/mm²)					
Midlere elastisitetsmodul - parallelt med fiberretningen	$E_{0,\text{mean}}$	9	11	12	14
5% elastisitetsmodul - parallelt med fiberretningen	$E_{0,05}$	6,0	7,4	8,0	9,4
Midlere elastisitetsmodul - vinkelrett på fiberretningen	$E_{90,\text{mean}}$	0,30	0,37	0,40	0,47
Midlere skjærmodul	G_{mean}	0,56	0,69	0,75	0,88
Densitet (i kg/m³)					
Densitet	ρ_k	320	350	380	420
Midlere densitet	ρ_{mean}	380	420	460	500

Trevirkets anatomi

- Den rombiske symmetrien i veden

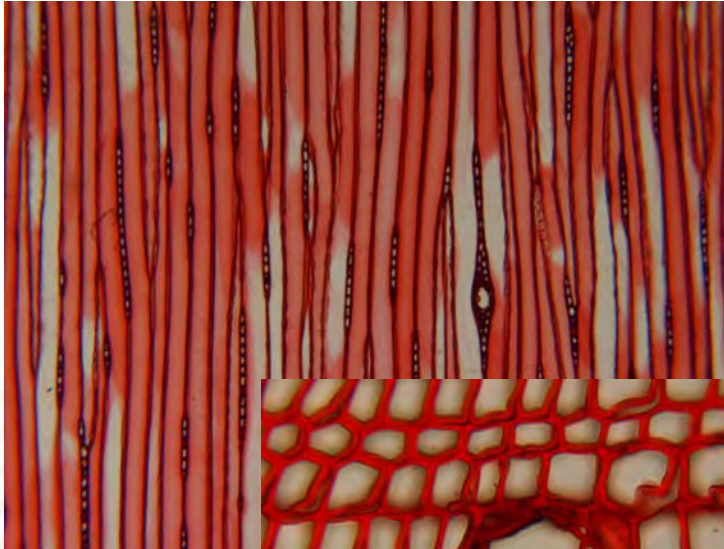


Noen vedcelletyper

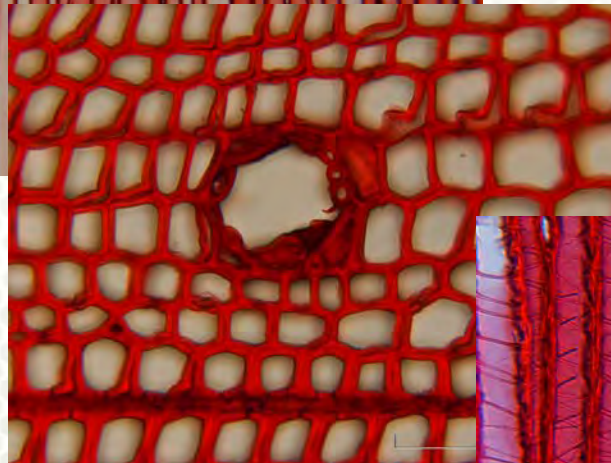


Trakeider

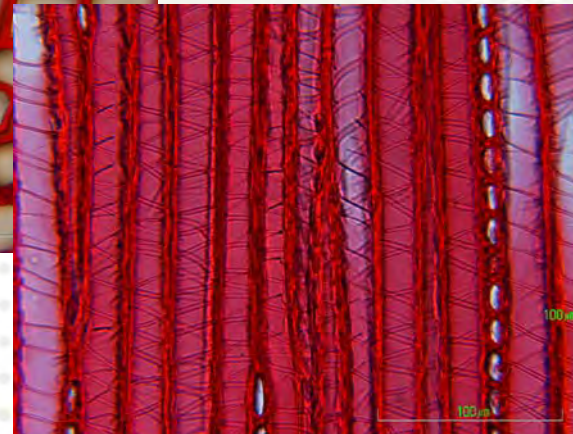
Tangentialsnitt av gran



- Vanligvis 3 – 5 mm lange
- Diameter < 50 µm
- Firkantet eller sekskantet tverrsnitt
- Radiell ordning
- Kan ha fortykkelseslister



Tverrsnitt av gran

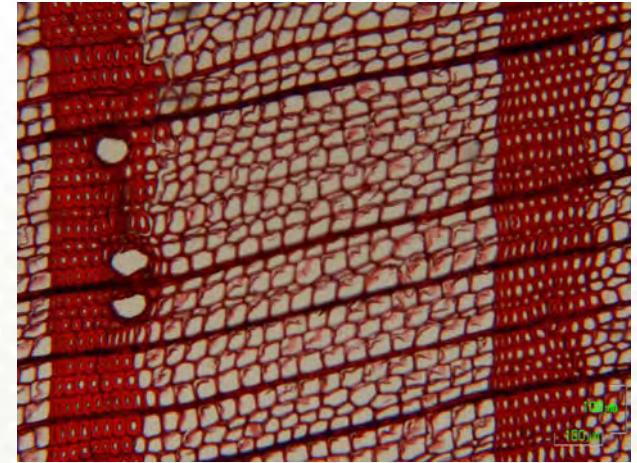


Fortykkelseslister i barlind

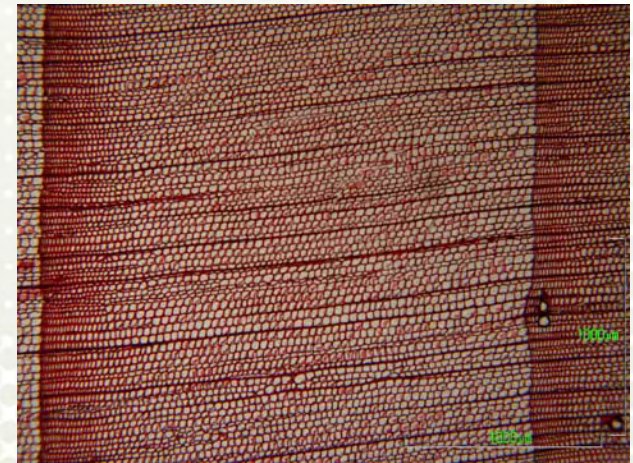
Årringer

- Tidligved og seinved
 - Skarp overgang
 - Eks. lerk og furu
 - Jevn overgang
 - Eks. gran
- Andelen seinved avtar med økende årringbredde

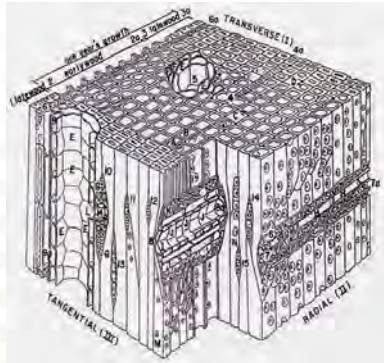
Lerk



Gran

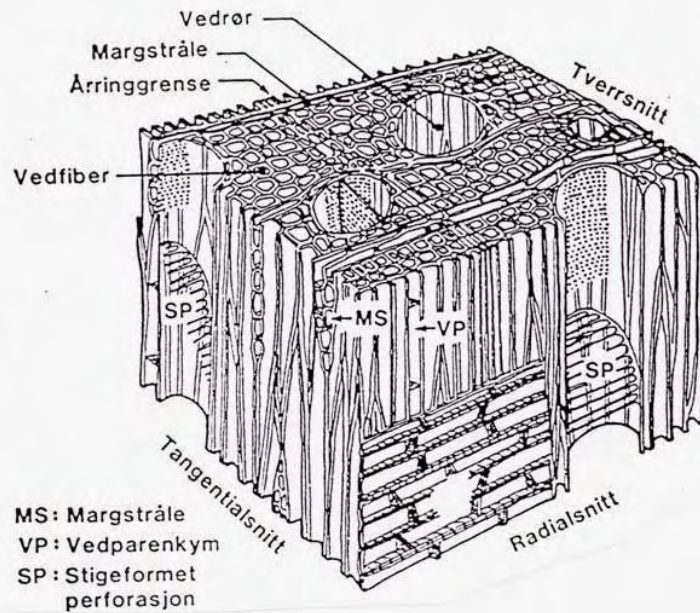


Anatomiske elementer i bartre og løvtre



• Bartre

- 90 – 95 % trakeider
- 1 – 2 % aksialt parenkym
- Ca 5 % margstråler

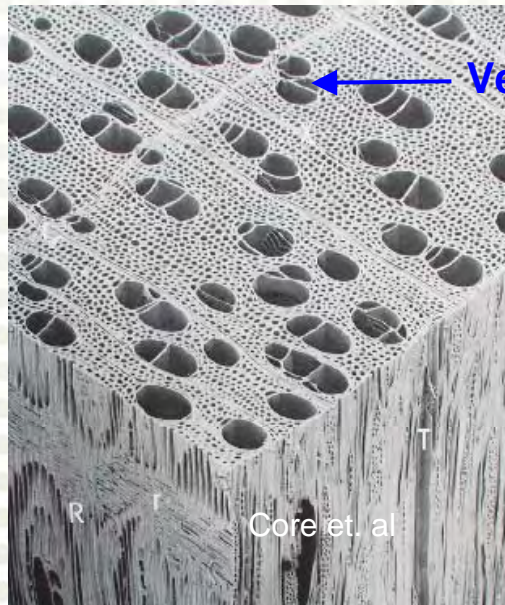


• Løvtre

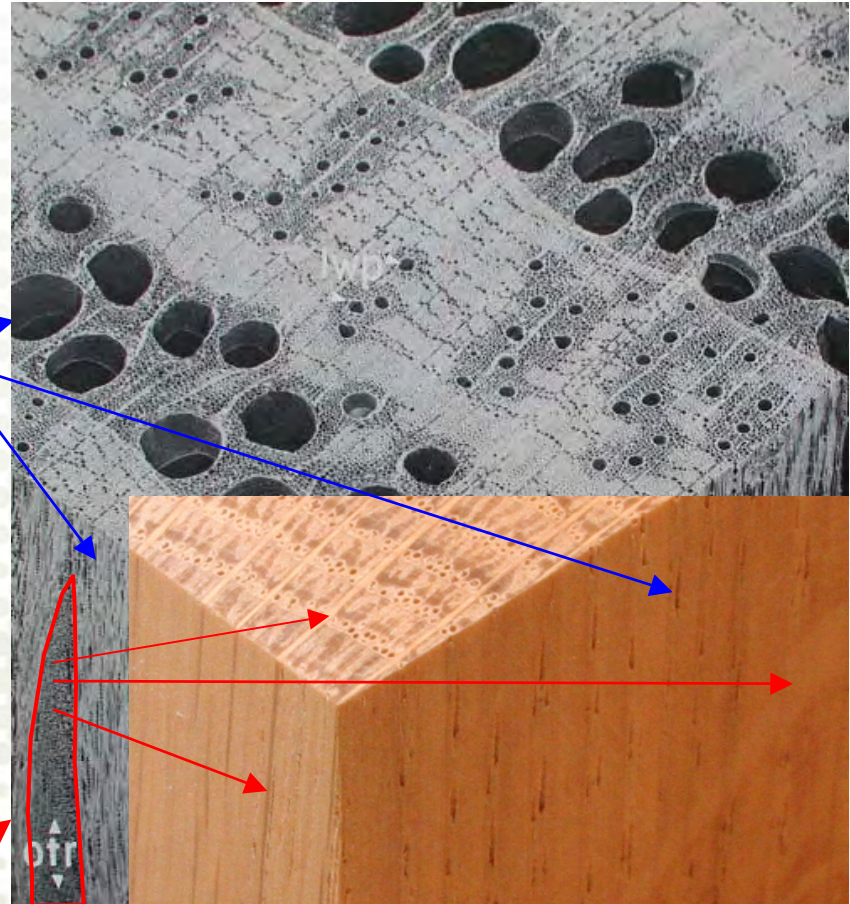
- 15 – 60 % fiber
- 20 – 60 % vedrør
- 0 – 24 % aksialt parenkym
- 5 – 30 % margstråleparenkym

Løvtré

Bjørk Spredtporet løvtré



Eik Ringporet løvtré

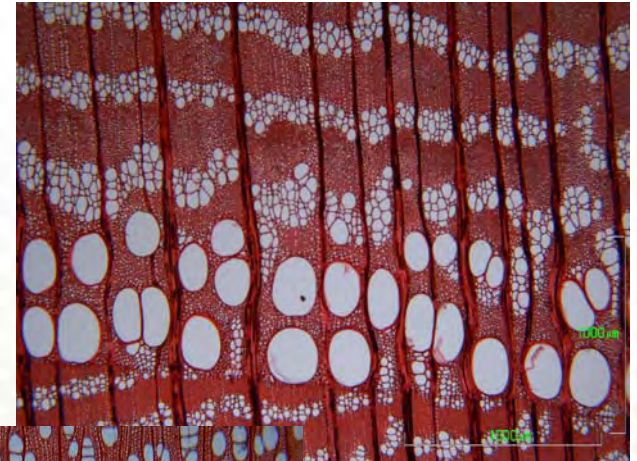


Stor margstråle

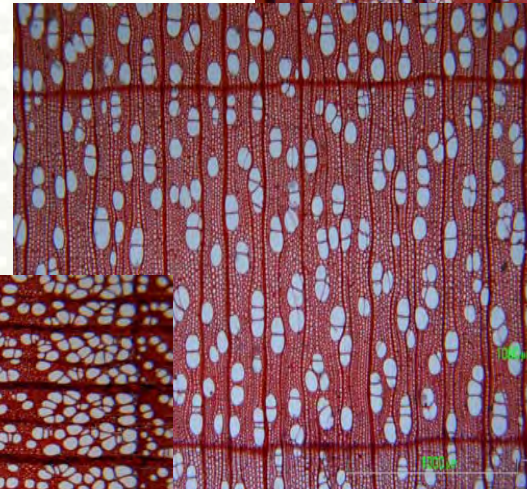
Klassifisering av løvtrær

- Ringporete løvtrær
 - Eik, ask, alm
 - 6 %
- Spredtporete løvtrær
 - Osp, selje, bøk, lønn, hegg, rogn, lind, bjørk, or, hassel
- Semi-ringporete løvtrær
 - Kirsebær, teak

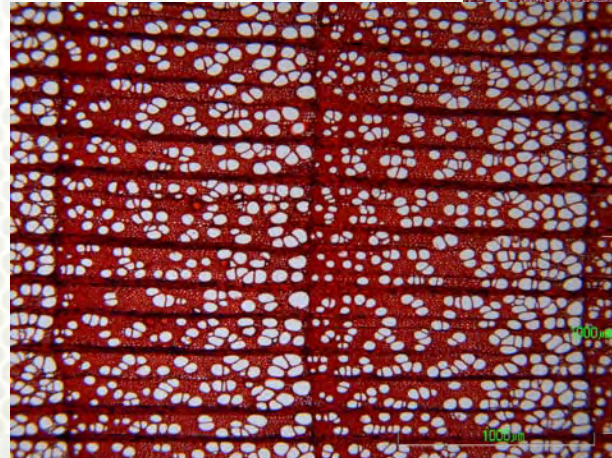
Alm



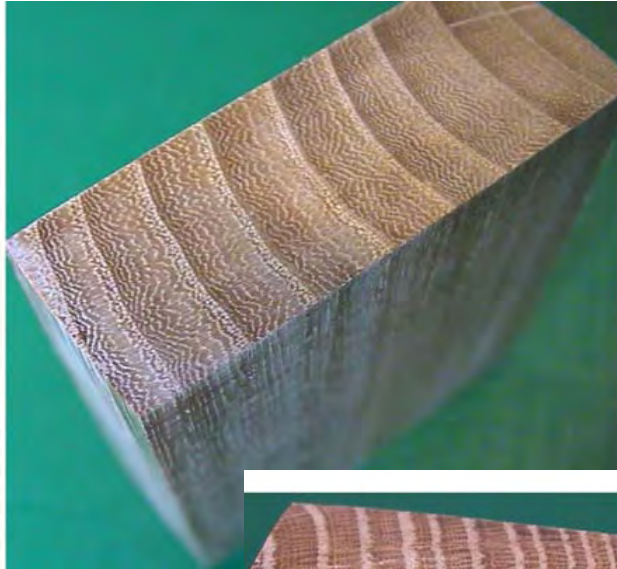
Bjørk



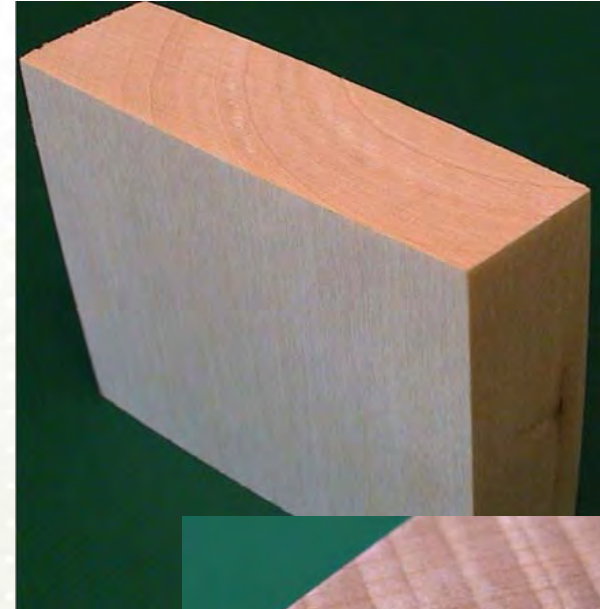
Kirsebær



Noen ringporete og spredtporete løvtrær



Alm



Lønn



Eik



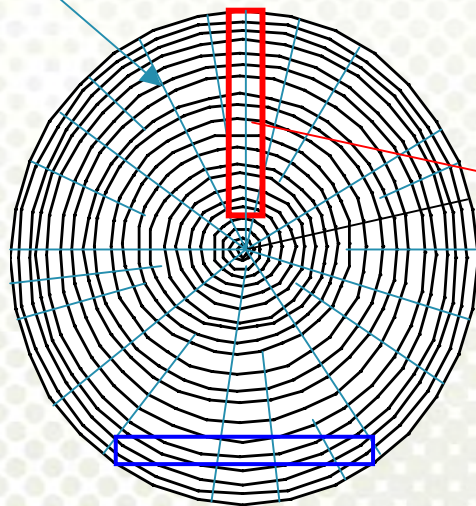
Bøk

Eikebord i vikingskip

Stokken ble splittet med kiler og deretter økset til

Sterke bord pga stor andel margstråler på tvers av bordene

Margstråle



Tverrsnitt av stokk



Foto: Universitetets oldsakssamling

Strekk parallelt med fiberretningen i feilfri ved



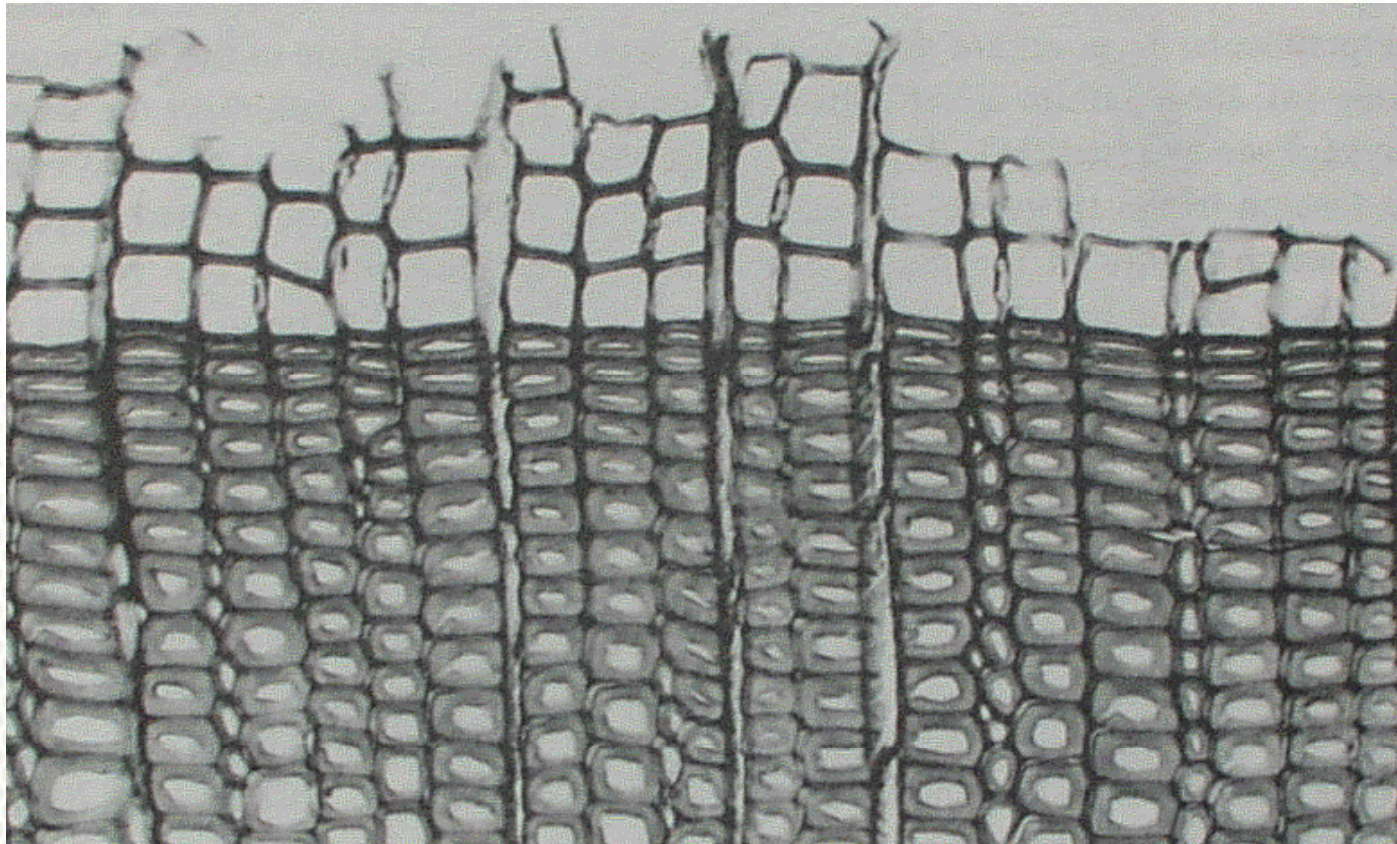
Seigt brudd i ved med høy densitet



Sprøtt brudd i ved med lav densitet

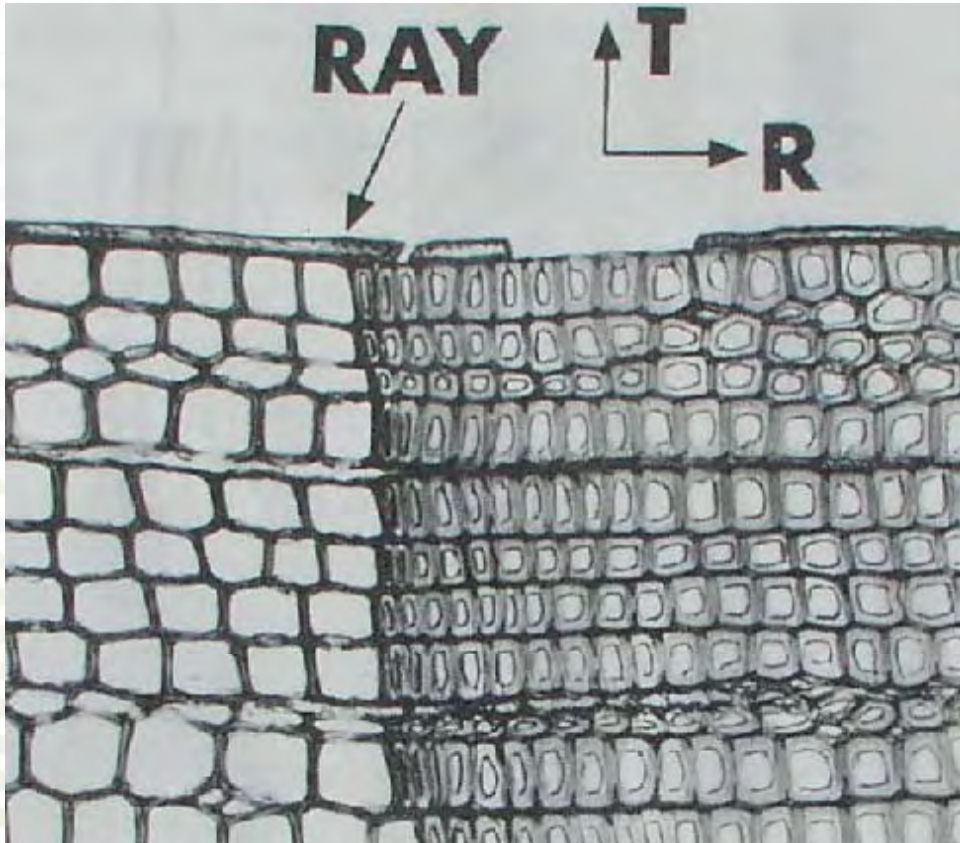
Strekbrudd i radiell retning

Fiberveggene er slitt av



Courtesy and Koran

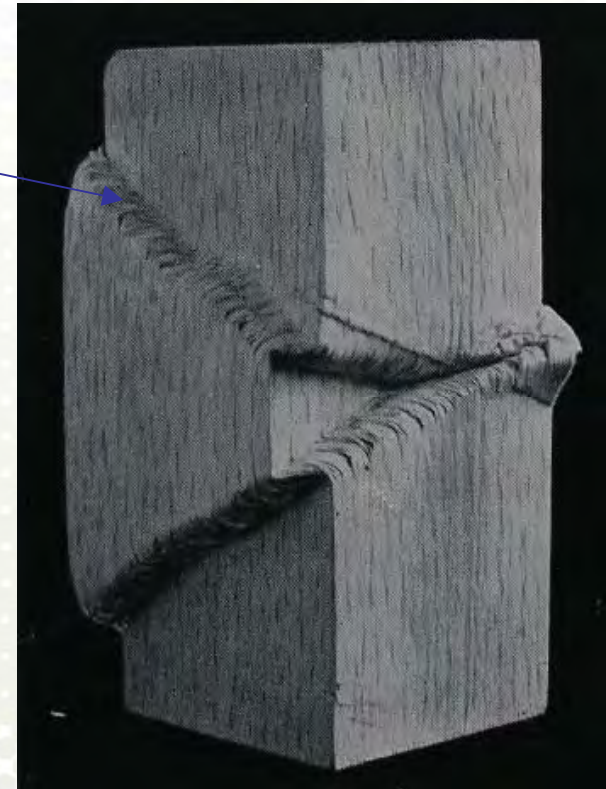
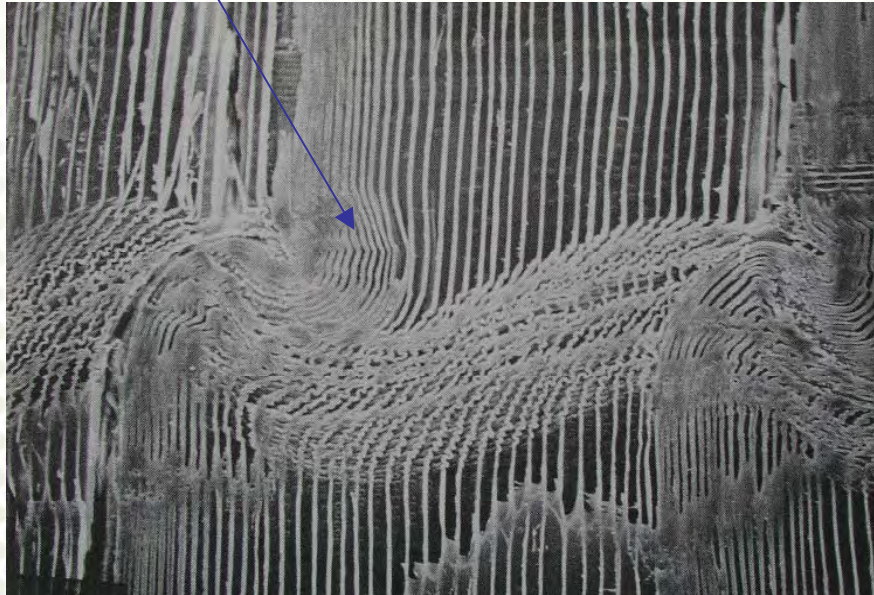
Strekbrudd i tangentiell retning



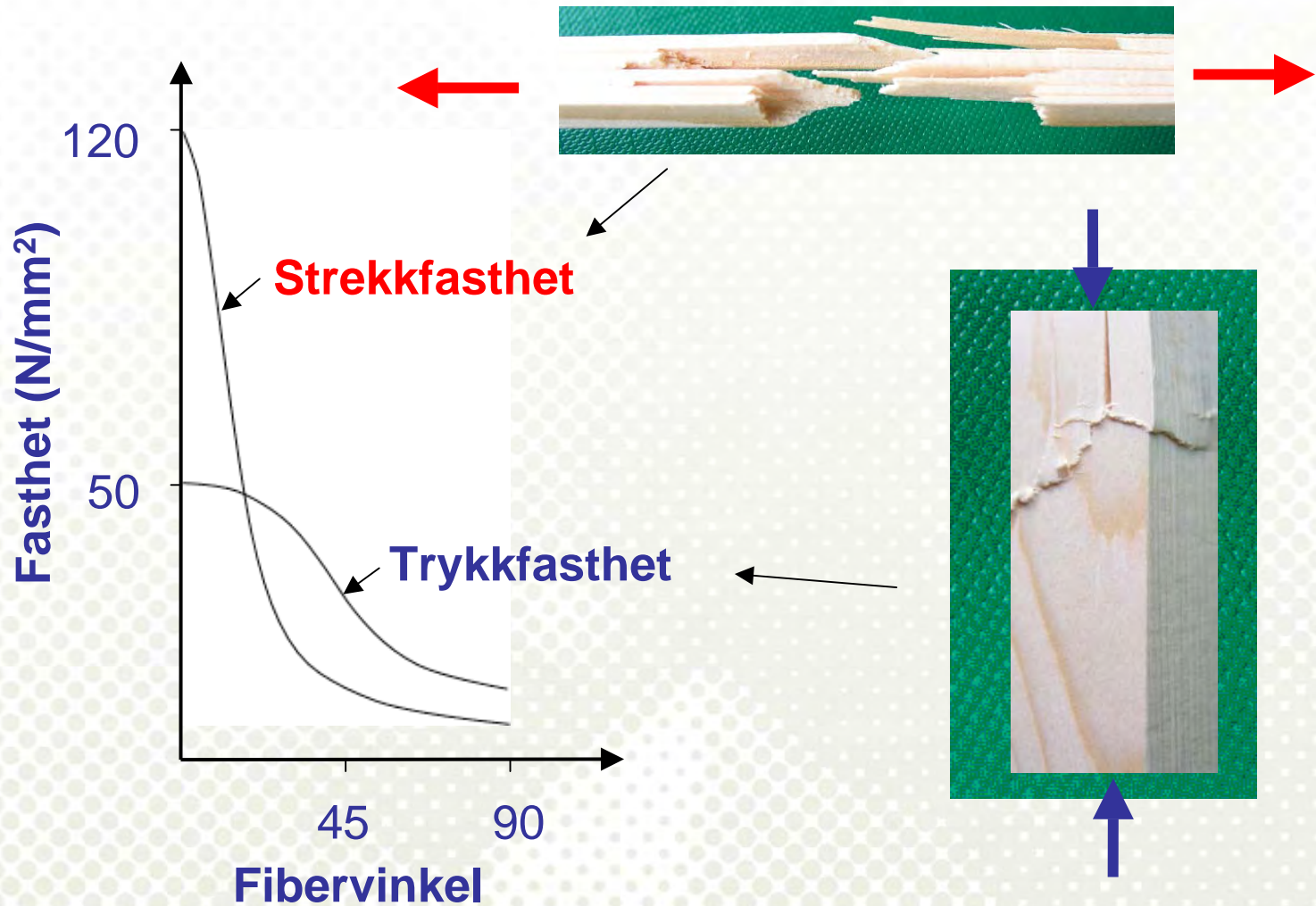
Brudd i midtlamellen mellom trakeidene og margstrålene

Trykkfasthet parallelt med fibre

Fibrene er bukket



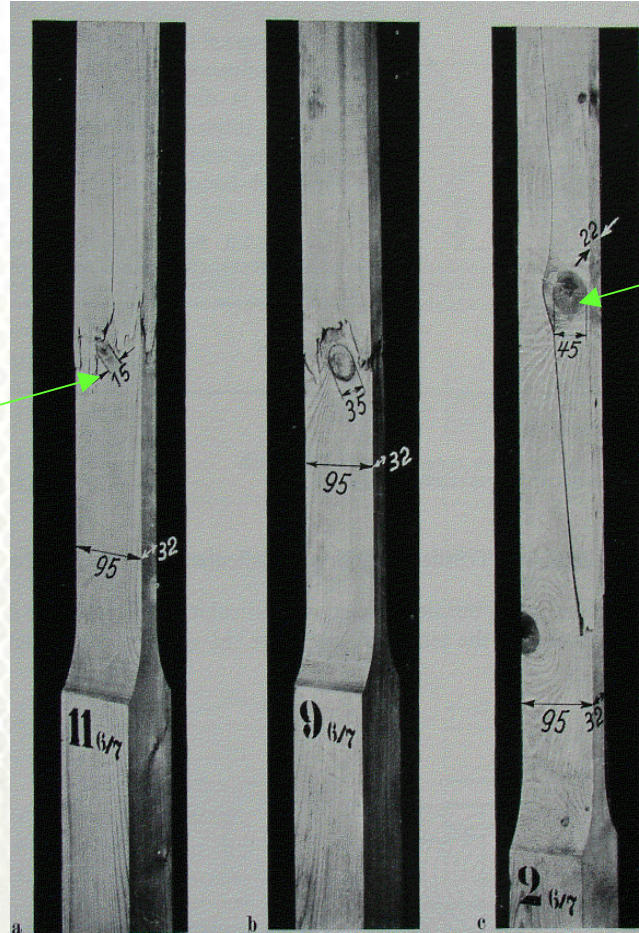
Svært stor forskjell mellom fastheten langs fibrene og vinkelrett på fibrene



Kviststørrelse og strekkfasthet

Kvist er den vanligste nedklassingsårsaken for tømmer og trelast

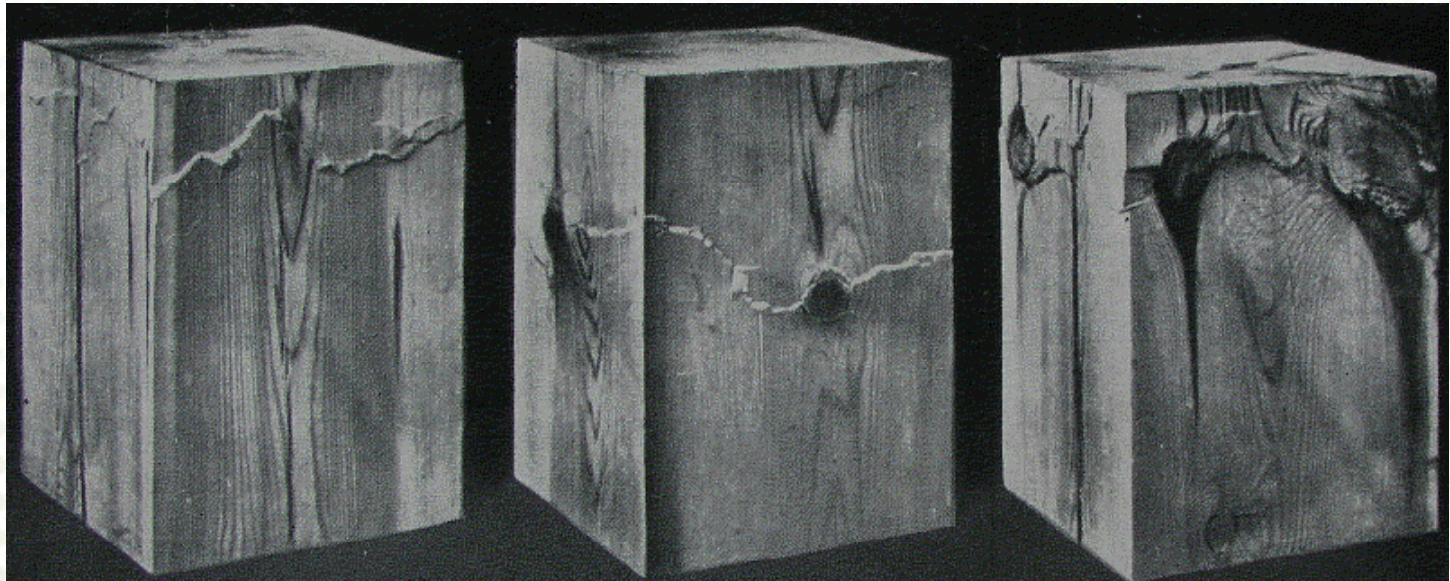
15 mm Kvist
Strekkfasthet ca 38 N/mm²



45 mm Kvist
Strekkfasthet ca 12 N/mm²

Graf 1929 and 1938

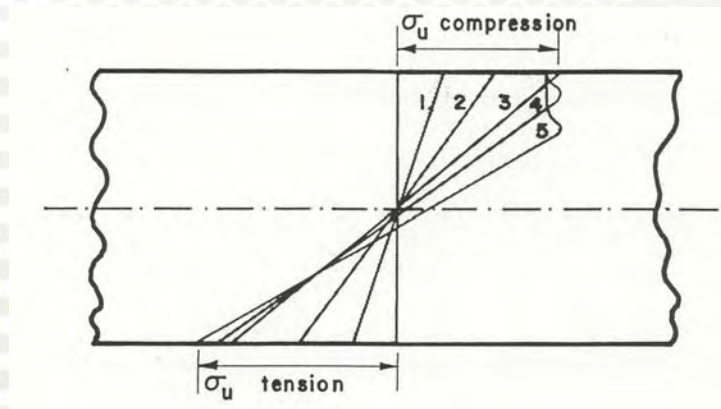
Kviststørrelse og trykkfasthet



Ca 35 N/mm²

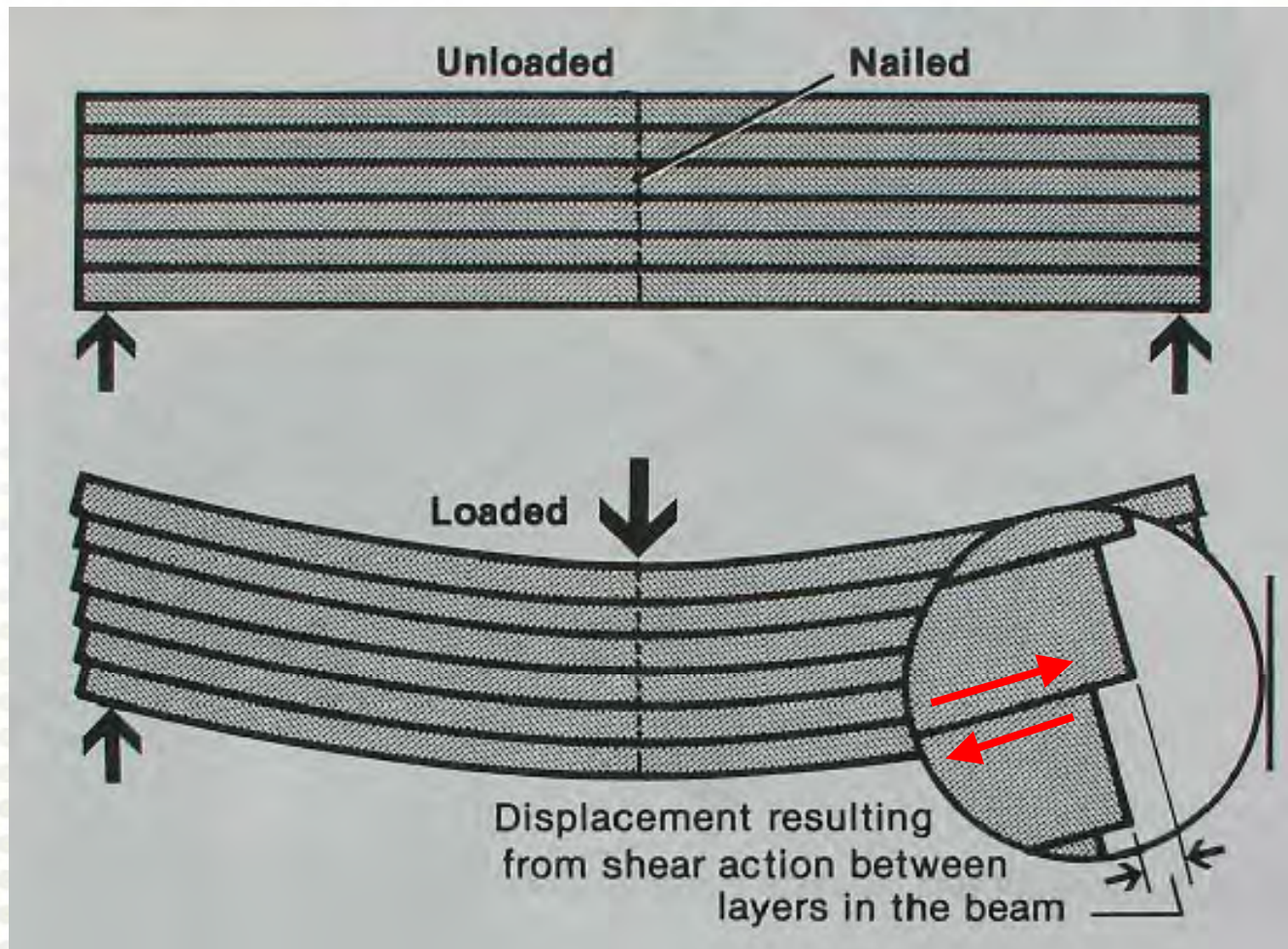
Ca 30 N/mm²

Bøyefasthet



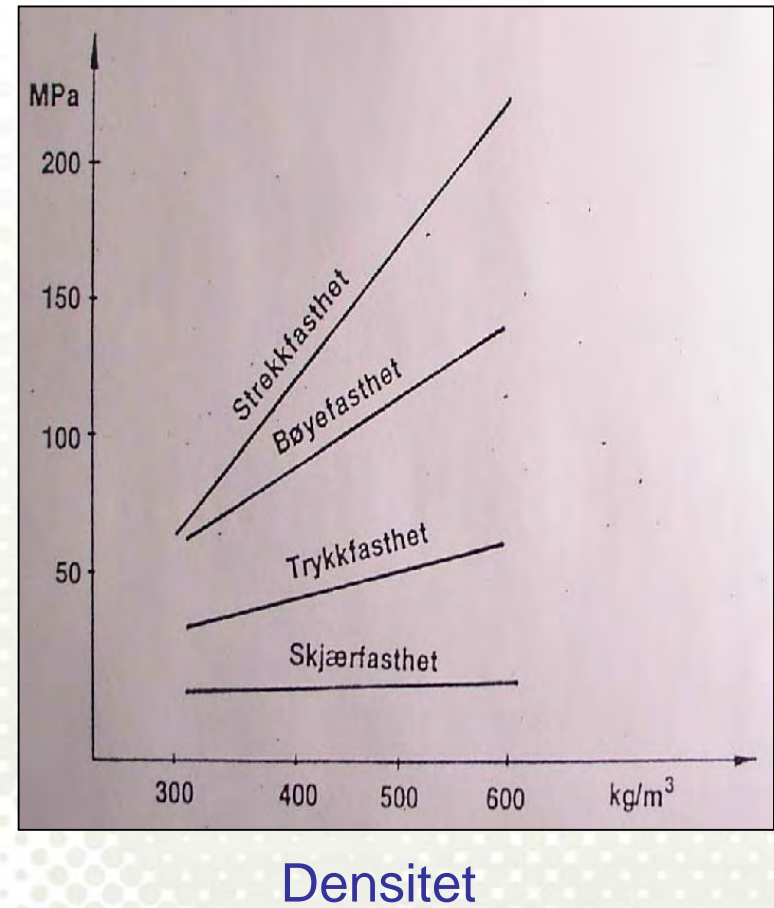
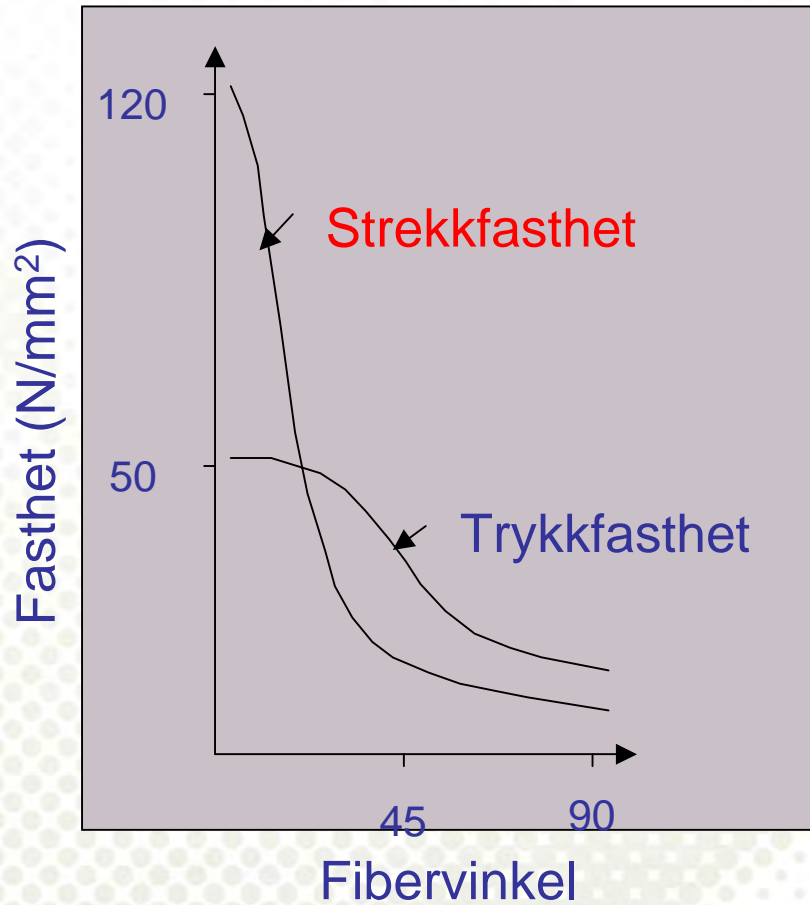
- Ved bøyning utsettes trevirke for både strekkspenninger, trykkspenninger og skjærspenninger
- Trykk- og strekkspenningene regnes for å være like store
- I feilfri ved vil bruddet starte som trykkbrudd siden trykkfastheten er ca 50 % av strekkfastheten
- Kvist kan føre til at bruddet starter på strekksiden siden strekkfastheten er mer påvirket av fiberhelling

Skjærspenninger i bjelker som bøyes



Bowyer et al. (2003)

Først og fremst fibervinkel og densitet som bestemmer styrken til trelast



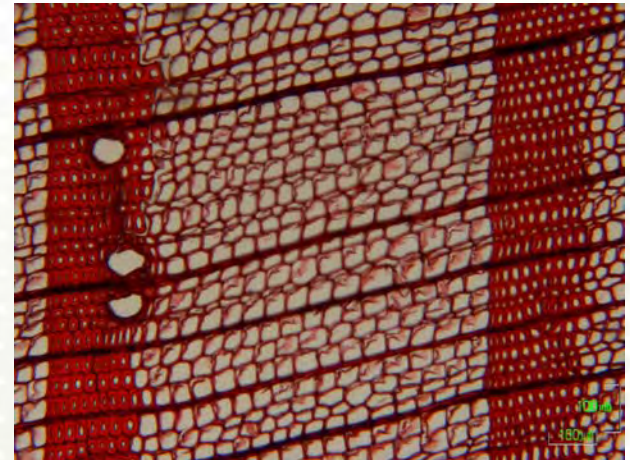
Densitet (Egenvekt)

- En av de viktigste vedegenskapene
- Betydning for:
 - Elastisitetsmodul
 - Fasthet (strekk-, trykk- og bøye-)
 - Hardhet
 - Fuktighet i ved
 - Krymping og svelling
 - Brennverdi
 - Varmekapasitet
- Densitet er den mest undersøkte vedegenskapen

Densitet og porevolum

Densiteten til trevirkets substans

Lik for alle treslag, ca 1500 kg/m^3



Densiteten til trevirke er derfor avhengig av porøsiteten, andel cellelumen

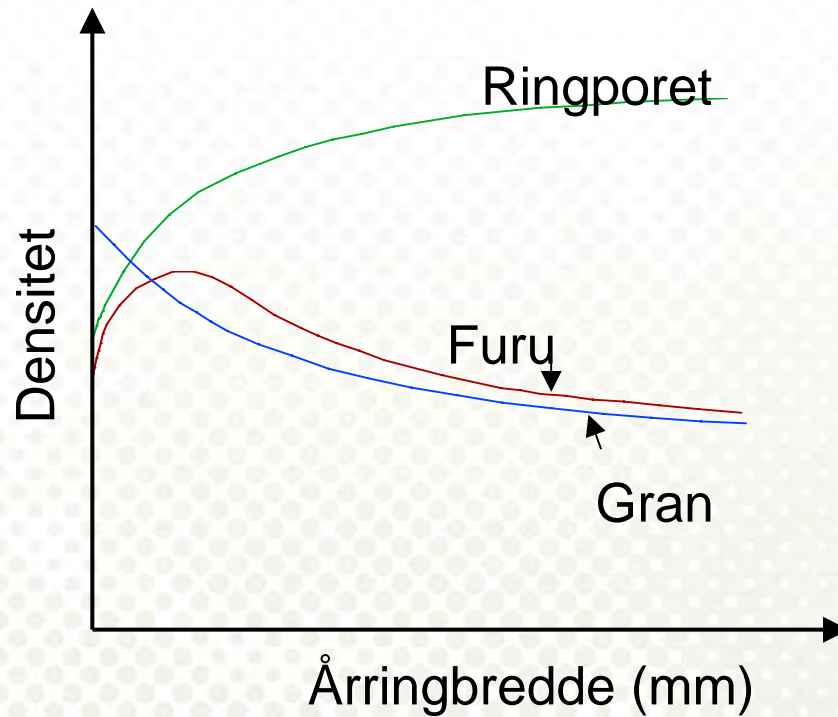
Balsa, nesten bare cellelumen (ned mot 40 kg/m^3)

Azobe, nesten bare cellevegg (1300 kg/m^3)

Eik, ca 50 % cellelumen og 50 % cellevegg (750 kg/m^3)

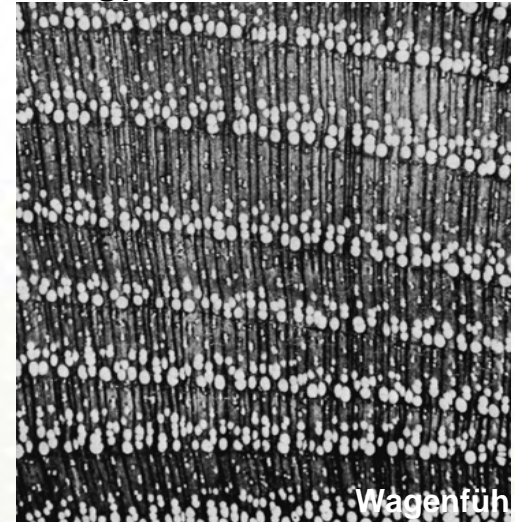
Norsk gran, ca 75 % cellelumen 25 % cellevegg

Årringbredde og densitet

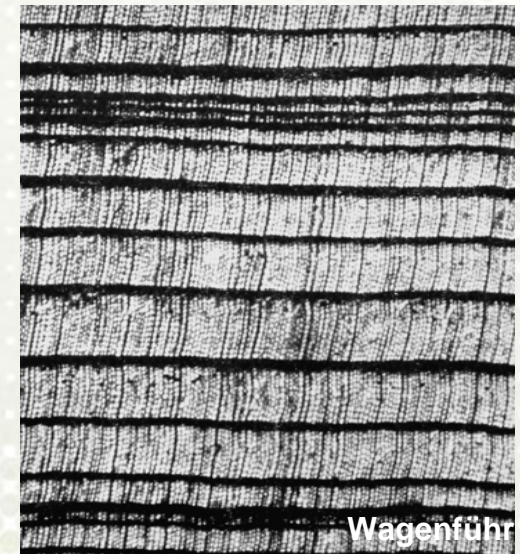


NB!!!! Kurvene blir liggende lavere når trevirket tas fra områder lenger mot nord og høyere over havet

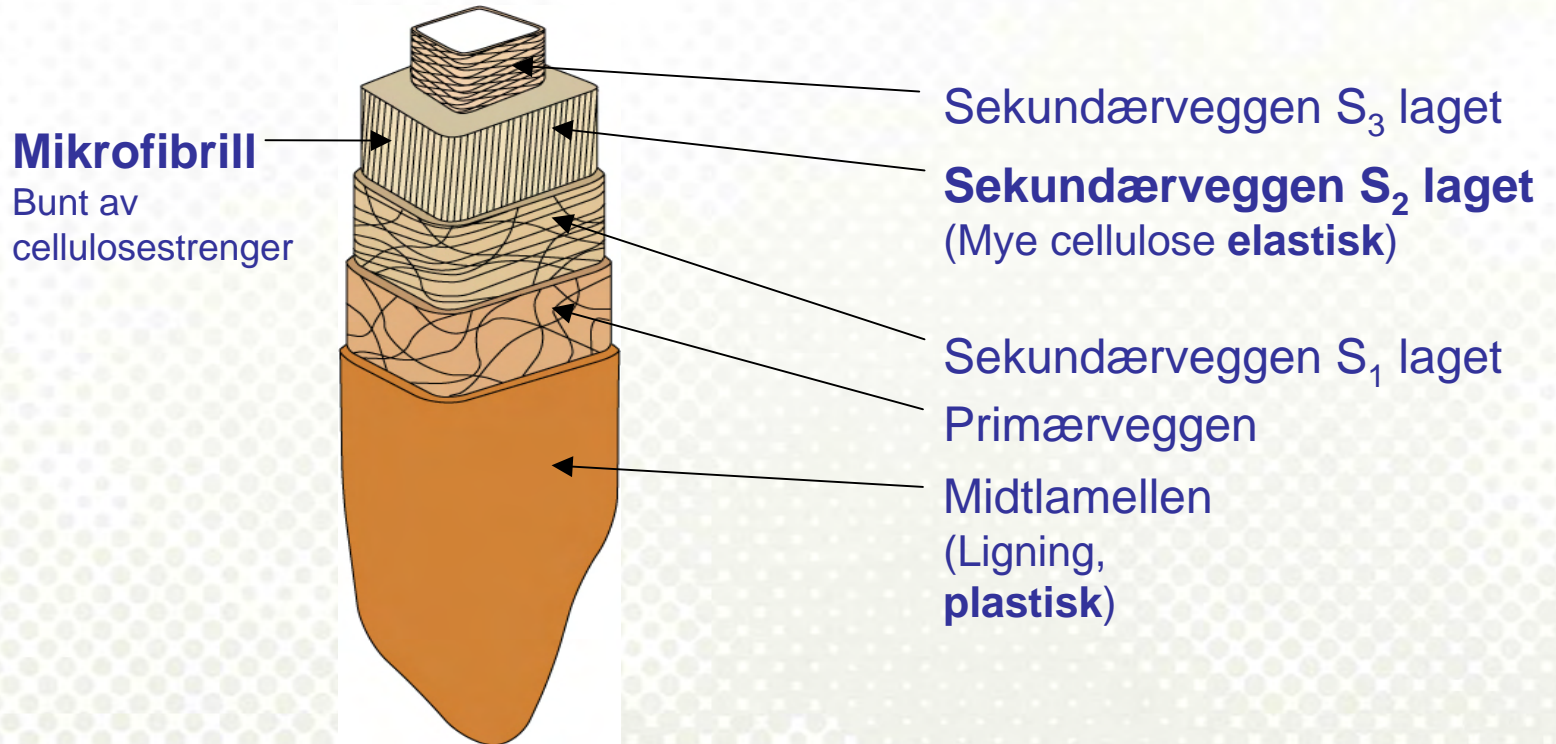
Ringporet løv, Eik



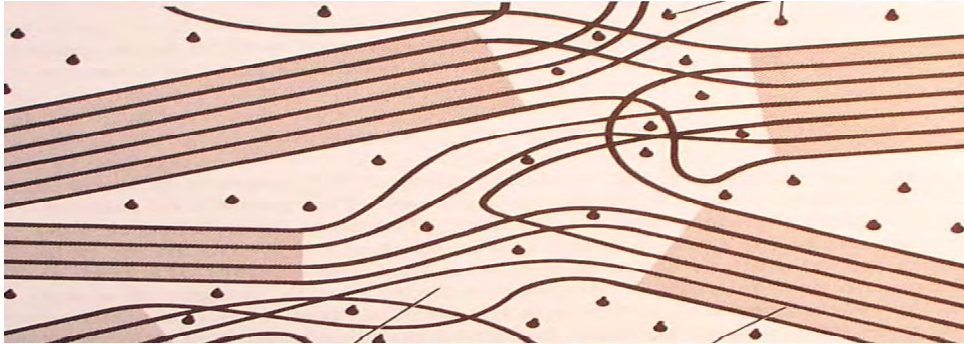
Bartre, Redwood



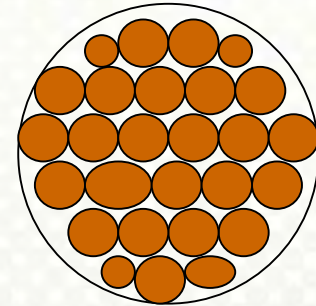
Celleveggstruktur



Mindre vann i celleveggen gir sterkere og stivere struktur

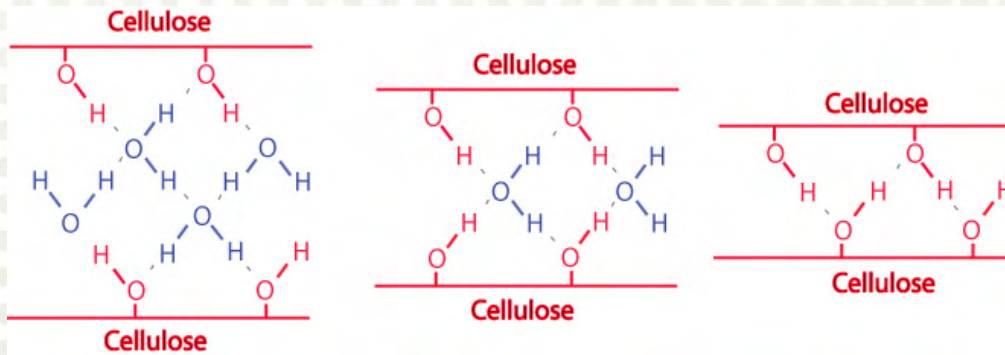


Mikrofibrill

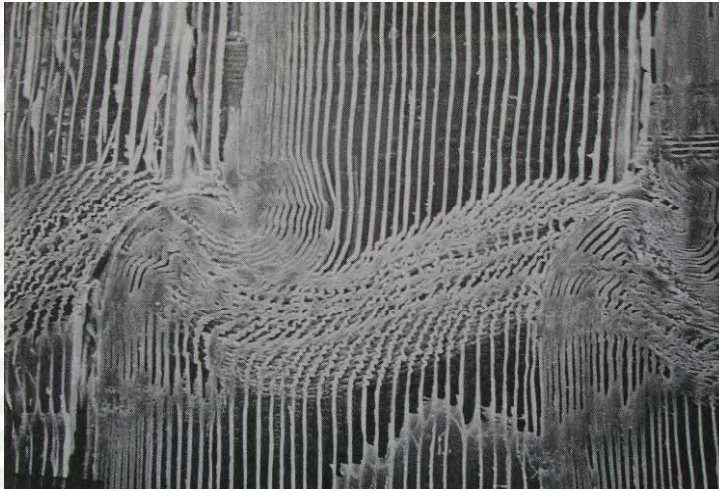


Flere micellestrenger buntet sammen til en mikrofibrill.

Fjerning av vann fra celleveggen

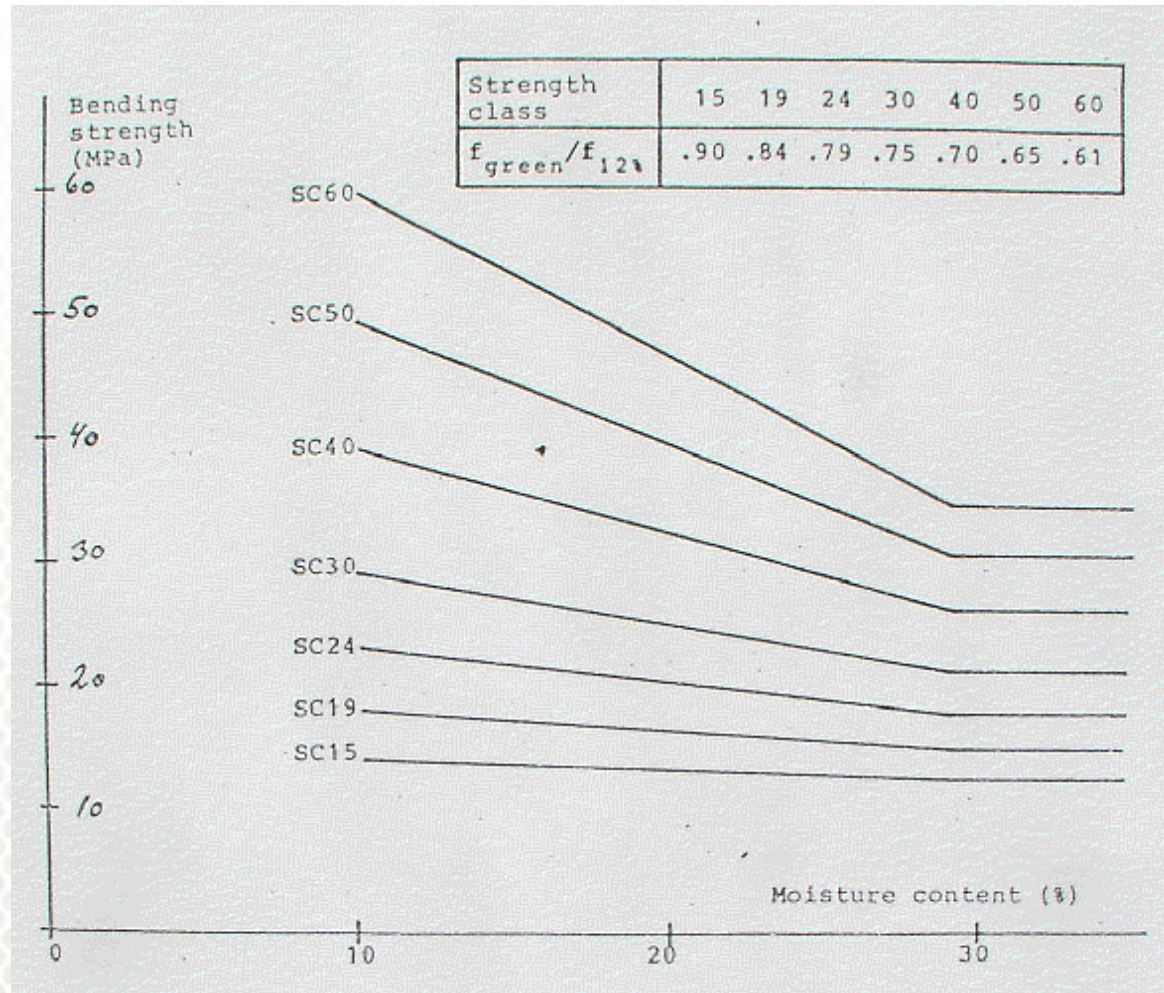


Effekt av fuktighet på strekkfasthet og trykkfasthet



- Effekten av fuktighet er betydelig større på trykkfasthet enn på strekkfasthet.

Fuktighet og bøyefasthet til trelast



Hoffmeyer

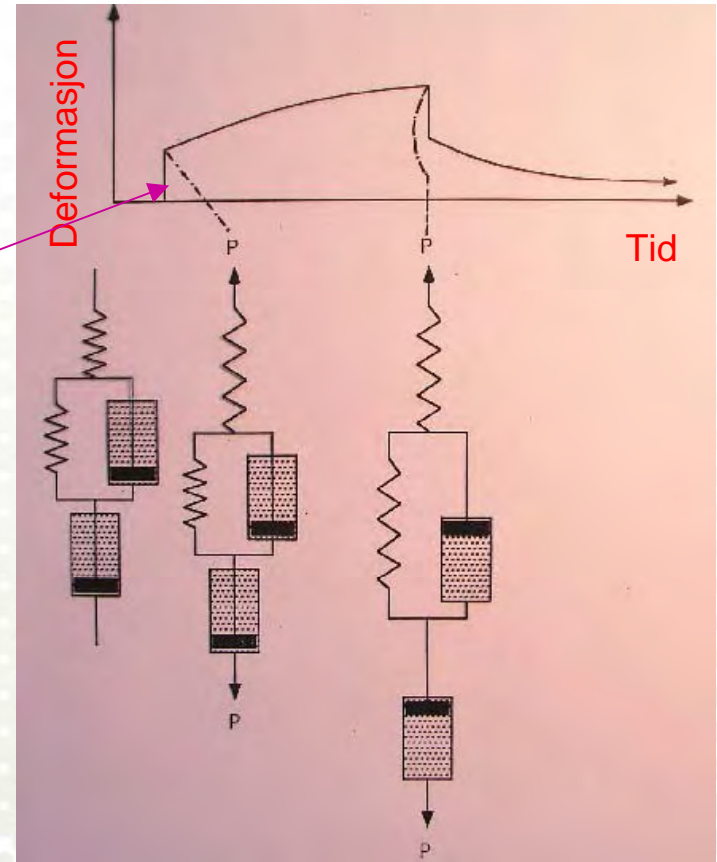
Reologi – "Burger-legeme"

Tidsavhengig spennings-
deformasjonsforhold

Deformasjon
rett etter lastpåføring

Langtidslast gir større
deformasjon enn
korttidslast

- Burger-legemet beskriver tidsavhengig spennings- og deformasjonsforhold godt.
- Bygd opp av ideelle elastiske fjærer og støtdempere.



Tiden – en viktig faktor

- Tre er delvis elastisk og delvis plastisk
- Plastiske materialer som tre er svakere for langtidsbelastning

