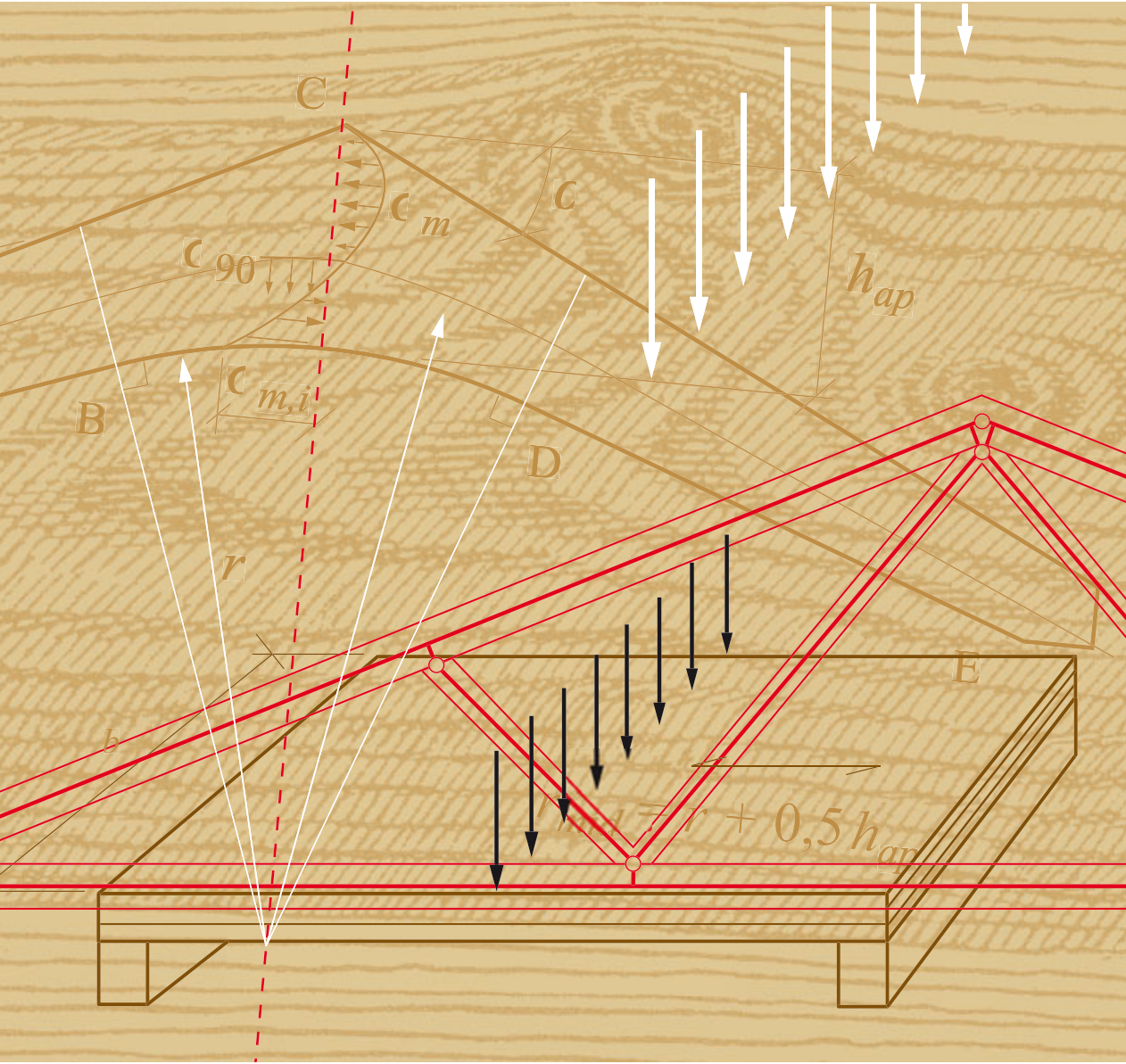




6. udgave, 2005





# Trækonstruktioner

## Beregning

H. J. Larsen  
H. Riberholt

Titel	Trækonstruktioner
Undertitel	Beregning
Serietitel	SBI-anvisning 210
Udgave	6. udgave
Udgivelsesår	2005
Forfatter	H. J. Larsen og H. Riberholt
Sprog	Dansk
Sidetæl	216
English summary	Side 216
Litteratur- henvisninger	Side 211
Emneord	Trækonstruktioner, bygningskonstruktioner, konstruktionsberegning, materialer, styrke, brand
ISBN	87-563-1216-4
Pris	Kr. 375,00 inkl. 25 pct. moms
Tegninger	Jørgen Heegaard, Annette Juul Muusfeldt, Ove Nesdam, Bo Amstrup Vestergaard og Sabine Skovfoged Østergaard.
Omslags- illustration	Mai-Britt Amsler
Tryk	Salogruppen A/S
Udgiver	Statens Byggeforskningsinstitut, Dr. Neergaards Vej 15, DK-2970 Hørsholm E-post <a href="mailto:sbi@sbi.dk">sbi@sbi.dk</a> <a href="http://www.sbi.dk">www.sbi.dk</a>

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *SBI-anvisning 210: Trækonstruktioner. Beregning (2005)*.

**E-bog** ISBN 87-563-1257-1  
Pris Kr. 281,25 inkl. 25 pct. moms  
Rettelsesblad af april 2006 indarbejdet

# Forord

Denne anvisning behandler materialer til trækonstruktioner og beregning af sædvanlige elementer og konstruktioner i henhold til Norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner (DS 409:1998 med tillæg 1, 2003 og tillæg 2, 2004) og Norm for trækonstruktioner (DS 413: 2003 med tillæg 2: 2004). Forbindelser behandles i SBI-anvisning 194: Trækonstruktioner, Forbindelser fra 1999, med Tillæg 1 fra 2005.

Anvisningen er tænkt anvendt af projekterende og som lærebog på ingeniørskolerne.

Anvisningen er en revision af SBI-anvisning 193 fra 2000, skrevet i et samarbejde mellem civilingeniør Hilmer Riberholt og civilingeniør Hans Jørgen Larsen. Revisionen er foretaget af Hans Jørgen Larsen.

Lektor Søren Traberg, BYG•DTU takkes for mange forslag til rettelser og forbedringer.

Statens Byggeforskningsinstitut, december 2004  
Afdelingen for Byggeteknik og Design

*Jørgen Munch-Andersen*  
Konstitueret forskningschef

# Indhold

1. Træs egenskaber .....	11
1.1. Symboler .....	11
Hovedsymboler .....	11
Indekser.....	12
1.2. Definitioner.....	13
Fugtindhold .....	13
Koordinatsystemer .....	13
Tværsnit, massive – tyndfligede .....	13
Tværsnit, sammensatte med delvis eller fuld samvirkning.....	13
Inhomogene tværsnit – transformerede tværsnitskonstanter .	14
Tværsnit, hovedakser .....	15
1.3. Styrke og stivhed ved træk, tryk og forskydning .....	15
Træk i fiberretningen .....	16
Træk vinkelret på fiberretningen .....	16
Tryk i fiberretningen .....	17
Tryk vinkelret på fiberretningen .....	18
Forskydning.....	19
Kombinerede påvirkninger .....	20
Elastiske forhold .....	21
1.4. Bjælker af fejlfrit træ.....	22
Kombineret bøjning og normalkraft .....	23
Kombineret forskydning og bøjning .....	25
1.5. Træ og fugt.....	26
Fugtindhold .....	26
Fugtdeformationer.....	27
1.6. Deformationer i træ.....	30
1.7. Konstruktionstræs styrke .....	32
Naturlige vækstfejls indflydelse .....	33
Regningsmæssige brudkriterier for trætværsnit .....	34
Fugtindholdets og lastvarighedens indflydelse på styrken ....	36
2. Beregningsprincipper.....	39
2.1. Alment .....	39
2.2. Sikkerhedsklasser, anvendelsesklasser og lastgrupper .....	41
Sikkerhedsklasser .....	41
Anvendelsesklasser .....	41
Lastgrupper.....	43
Laster .....	43

2.3. Brudgrænsetilstande.....	44
Materialeværdier .....	44
Systemeffekter .....	46
Geometriske størrelser.....	47
Bestemmelse af regningsmæssige lastvirkninger og bæreevner .....	48
2.4. Anvendelsesgrænsetilstande.....	48
Krav .....	49
Beregning af deformationer .....	49
Bidrag fra glidninger i forbindelser.....	51
3. Materialer .....	53
Certificering.....	53
3.1. Konstruktionstræ.....	54
Træarter .....	54
Handelsformer.....	54
Tværsnitsdimensioner .....	56
Sortering af træ .....	62
Styrkeklasser .....	63
Regningsmæssige styrketal .....	66
3.2. Fingerskarret træ .....	66
3.3. Limtræ.....	67
Fremstilling .....	67
Tværsnitsdimensioner .....	69
Limtræs egenskaber .....	72
Standardstyrkeklasser .....	74
Regningsmæssige styrketal .....	76
3.3. Krydsfiner .....	77
Egenskaber .....	78
Styrke- og stivhedstal .....	80
3.4. Spånplader og OSB .....	84
Fremstilling .....	85
Fugtegenskaber .....	86
Styrke- og stivhedstal .....	87
3.5. Træfiberplader og MDF .....	89
Fremstilling .....	89
Fugtegenskaber .....	90
Styrke- og stivhedstal .....	90
3.6. Andre træbaserede produkter .....	91
LVL.....	91
Parallel Strand Lumber .....	92
Laminated Strand Lumber .....	92
HQL .....	92
Anvendelse.....	93
Solid Wood Panels .....	93
Massivtræ.....	94

4. Massive bjælker af konstruktionstræ.....	95
Spændingsanalyse og styrkeeftervisning .....	95
Snitlaster.....	95
4.1. Bjælker uden normalkraft.....	96
Bøjning .....	96
Tryk vinkelret på fibre.....	97
Kontakttryk under en vinkel med fibre.....	101
Forskydning.....	101
Endeudskæring.....	103
Flækning.....	105
Torsion.....	106
Udbøjninger.....	107
4.2. Bjælker med normaltrækkraft.....	108
4.3. Bjælker med normaltrykkraft.....	110
Centralt belastede søjler.....	111
Tværbelastede søjler.....	115
4.4. Gitterkonstruktioner.....	118
Tilnærmet beregning af snitlaster i gitterspær .....	121
4.5. Afstivninger.....	122
Afstivning af søjle .....	122
Afstivning af bjælkes trykflange.....	124
Afstivning af systemer .....	124
5. Limtrækonstruktioner.....	129
5.1. Rette bjælker med konstant tværsnitshøjde.....	129
Kipning .....	129
Kipning med normaltryk.....	132
Udledning af kipningsudtrykkene.....	132
5.2. Rette bjælker med varierende højde.....	136
Bøjningsstyrke.....	137
Pultbjælker.....	139
Sadelbjælker .....	139
Tværtrækspændinger .....	140
Udbøjninger.....	140
5.3. Plankrumme bjælker.....	141
Styrkereduktion af krumme limtræbjælker.....	141
Bjælker med konstant højde .....	142
Sadelformede bjælker med krum underside.....	145
5.4. Limtrærammer .....	147
Generel beregning .....	148
Tilnærmet beregning.....	149
Styrkeberegning af limtrærammer med skarpe hjørner.....	150
Deformationer af ramme med krumme hjørner .....	152
Deformationer af rammer med skarpe hjørner .....	154
5.5. Huller i limtræbjælker.....	154



6. Limede bjælker med pladematerialer .....	157
6.1. Materialestyrker.....	158
6.2. Foldning .....	159
Foldning – normalspændinger.....	160
Foldning – forskydningsspændinger .....	162
Kombinerede påvirkninger .....	163
Minimumstykkelser for spån- og fiberplader .....	163
Minimumstykkelser for krydsfiner .....	164
6.3. Bjælker med tynd krop .....	165
Normalspændinger .....	166
Forskydningsspændinger .....	167
Foldning.....	168
Udbøjninger.....	168
Stød i flanger og kroppe .....	169
6.4. Bjælker med tynde flanger .....	171
Effektivt tværsnit.....	171
Normalspændinger .....	173
Forskydningsspændinger .....	173
Udbøjninger.....	174
Stød i flanger .....	174
7. Sammensatte bjælker og søjler med delvis samvirkning .....	175
7.1. Forbindelsesmidlerne.....	176
7.2. Bjælketeori for lineært elastiske forhold .....	178
De styrende ligninger for T-tværsnit .....	178
De styrende ligninger for symmetriske I- og kassetværsnit..	181
Spændingsanalyse og styrkeeftersvisning .....	182
Løsninger for simpelt understøttet bjælke .....	184
7.3. Specielle konstruktionsformer .....	186
Bjælker med tynde kroppe .....	187
Bjælke med mellemstykker .....	187
Vierendeelbjælker .....	188
Gitterbjælker.....	188
7.4. Bjælketeori for plastiske forbindelsesmidler .....	189
Styrende ligninger.....	189
Simpelt understøttet bjælke uden udkragning .....	190
Simpelt understøttet, udkraget bjælke .....	191
7.5. Sammensatte, centralt belastede søjler .....	192
Perfekt retlinjet søjle .....	192
Praktiske søjler .....	192
Limede eller sømmede gittersøjler .....	195
8. Brand.....	197
8.1. Brandegenskaber .....	197
8.2. Grundlæggende begreber og krav .....	199
Brandtekniske begreber .....	199
Symboler .....	200

Bygningsreglementets brandkrav .....	200
Generelle principper .....	201
Brandbeskyttelse af trædele .....	201
8.3. Resttværsnitsmetoden .....	202
8.4. Styrkereduktionsmetoden og standardbrand.....	204
8.5. Styrkereduktionsmetoden og parametrisk brand.....	205
8.6. Beskyttelse af forbindelser.....	207
Ubeskyttede forbindelser .....	207
Beskyttede forbindelser.....	209
Litteratur .....	211
Summary .....	216