

DS/EN 1995-1-1 DK NA:2024

Nationalt anneks til

Eurocode 5: Trækonstruktioner –

Del 1-1: Generelt - Almindelige regler samt regler for bygningskonstruktioner

Forord

Dette nationale anneks (NA) er en revision af DS/EN 1995-1-1 DK NA:2019 og erstatter 2019 versionen pr. 1. juli 2024.

Baggrunden for ændringen er tilføjelse af regler for dimensionering af CLT-elementer (krydslamineret træ) som supplerende ikke modstridende information.

Bestemmelser vedrørende bygningsreglementet §§ 24-27 (gammel ordning) er udgået.

Dette NA fastsætter betingelserne for anvendelsen af EN 1995-1-1 i Danmark for byggeri efter bygningsreglementet. Andre parter kan sætte dette NA i kraft med en henvisning hertil.

Et nationale anneks indeholder nationale bestemmelser, dvs. nationalt gældende værdier eller valgte metoder. Annekset kan desuden indeholde supplerende, ikke-modstridende information.

I dette NA er angivet:

- Oversigt over mulige nationale valg og punkter, hvortil der er supplerende ikke-modstridende information
- Nationale valg
- Supplerende, ikke-modstridende information.

Oversigt over mulige nationale valg og supplerende information

Nedenstående oversigt viser de steder, hvor nationale valg er mulige, og hvilke informative annekser der er gældende/ikke gældende. Endvidere er det angivet, hvor der er givet supplerende information. Supplerende information findes sidst i dette nationale annekse.

Punkt	Emne	Nationalt valg ¹⁾	Supplerende information ²⁾
2.3.1.2(2)P	Lastgrupper	Nationalt valg	
2.3.1.3(1)P	Anvendelsesklasser	Nationalt valg	
2.4.1(1)P	Regningsmæssig værdi af en materialeegenskab	Nationalt valg	
2.4.1(1)P	Regningsmæssig værdi af en materialeegenskab for CLT-Elementer		Supplerende information
3.2 tabel 3.1	k_{mod} for CLT-elementer		Supplerende information
3.2 tabel 3.2	k_{def} for CLT-elementer		Supplerende information
3.3A(1)	Produktegenskaber		Supplerende information
3.3A(2)	Produktegenskaber		Supplerende information
3.3A(3)	Reduktionsfaktorer for CLT-elementer		Supplerende information
6.1.1(2)	Generelt for CLT-elementer		Supplerende information
6.1.1(3)	Dobbeltspændte CLT-Elementer		Supplerende information
6.1.2(2)	Træk parallelt med CLT-elementets hovedakse		Supplerende information
6.1.4(2)	Tryk parallelt med CLT-elements hovedakser		Supplerende information
6.1.5(5)	Tryk vinkelret på CLT-elementer		Supplerende information
6.1.6(4)	Bøjning af CLT-elementer på tværs af elementets plan		Supplerende information
6.1.4(5)	Bøjning i CLT-elementets plan		Supplerende information
6.1.7(2)	Forskydning	Nationalt valg	
6.1.7(4)	Forskydning af CLT-elementer på tværs af elementets plan		Supplerende information

Punkt	Emne	Nationalt valg¹⁾	Supplerende information ²⁾
6.1.7(5)	Forskydning i CLT-elementets plan, ved bjælker		Supplerende information
6.1.7(6)	Forskydning i CLT-elementets plan, ved skiver		Supplerende information
6.1.7(7)	Forskydning ved punktlaster på tværs af CLT-elementets plan		Supplerende information
6.1.8(2)	Vridning af CLT-elementer		Supplerende information
6.3.1(5)	Stabilitet af CLT-elementer		Supplerende information
6.3.2(4)	Søjler af CLT-elementer		Supplerende information
6.3.2(5)	Søjler af CLT-elementer, relative slankhedsforhold		Supplerende information
6.3.2(6)	Søjler af CLT-elementer med koncentreret last		Supplerende information
6.4.3(8)	Krumme bjælker og sadelformede bjælker med lige eller krum underside	Nationalt valg	
6.5.2(3)	Bjælker af CLT-elementer med udskæring ved understøtningen		Supplerende information
7.2(2)	Grænseværdier for udbøjning af bjælker	Nationalt valg	
7.2(3)	Grænseværdier for udbøjninger af CLT-elementer		Supplerende information
7.3.3(2)	Svingninger – Gulve i beboelsesbygninger	Nationalt valg	
8.3.1.2(4)	Sømforbindelser træ mod træ: Regler for søm i endetræ	Nationalt valg	
8.3.1.2(7)	Sømforbindelser træ mod træ: Træarter, der er følsomme over for revnedannelse	Nationalt valg	
8.7.1(7)	Tværbelastede skruer sat i vinkelret på CLT-elementets plan		Supplerende information
8.7.1(8)	Tværbelastede skruer sat i CLT-elementets kant		Supplerende information
8.7.2(8)	Udtrækningspåvirket skruer sat i vinkelret på CLT-elementet		Supplerende information

Punkt	Emne	Nationalt valg ¹⁾	Supplerende information ²⁾
8.7.2(9)	Udtrækningspåvirket skruer sat i CLT-elementets kant		Supplerende information
8.7.4(1)	Kantafstande og indbyrdes afstande for forbindelsesmidler sat i vinkelret på CLT-elementets plan		Supplerende information
8.7.4(2)	Kantafstande og indbyrdes afstande for forbindelsesmidler sat i CLT-elementets kant		Supplerende information
9.2.2(2)	Gitterkonstruktioner med tandplader – krav		Supplerende information
9.2.2(4)	Gitterkonstruktioner med tandplader – mindste overlap		Supplerende information
9.2.4.1(7)	Vægskiver – Generelt	Nationalt valg	
9.2.5.3(1)	Afstivning af bjælke- eller gittersystemer: Modifikationsfaktorer	Nationalt valg	Supplerende information
10.9.2(3)	Særlige regler for gittersystemer med tandplader: Montage, maksimal sidekrumning	Nationalt valg	Supplerende information
10.9.2(4)	Særlige regler for gittersystemer med tandplader: Montage, maksimal afvigelse fra lodret	Nationalt valg	Supplerende information
Anneks A	Blokforskydningsbrud ved forbindelser med flere dorne i stål mod træ-forbindelser	Gældende	
Anneks B	Mekanisk forbundne bjælker	Gældende	
Anneks C	Sammensatte søjler	Gældende	
Anneks D	Præfabrikerede væg-, gulv- og tagelementer		Supplerende information
Anneks H	Beregningsmodeller for CLT-elementer		Supplerende information

¹⁾
Uændret: Anbefalingen i eurocoden følges.
Nationalt valg: Der er foretaget et nationalt valg.
Gældende: Anneks er gældende og har dermed status som normativt.

²⁾
Supplerende information: Ikke-modstridende supplerende information til hjælp i brugen af eurocoden.

+

Nationale valg

2.3.1.2(2)P Lastgrupper

Eksempler på henførelse af laster til lastgrupper i Danmark fremgår af tabel 2.2 DK NA.

Tabel 2.2 DK NA – Eksempler på bestemmelse af lastgrupper

Lastgruppe	Eksempler på lastpåvirkning
Permanent last	Egenlast
Langtidslast	Silolast Oplagret gods, kategori E, se DS/EN 1990
Mellemlang last	Variable laster, som ikke er nævnt i øvrigt
Korttidslast	Snelast Variable laster på betonforme Variabel last på bygningsstilladser og midlertidige konstruktioner Kortvarige kræfter fra temperatur- og fugtpåvirkninger
Øjeblikkelig last	Ulykkeslast Vindlast Stødkræfter, herunder stødtillæg Tilfældig personlast (punktlast) på tage og lignende laster Fortøjningskræfter fra skibe Kortvarig kajlast Bremse- og accelerationskræfter Bølge- og istryk

2.3.1.3(1)P Anvendelsesklasser

Eksempler på konstruktioner, der henføres til anvendelsesklasserne beskrevet i (2)P, (3)P og (4)P:

- **Anvendelsesklasse 1**
 - konstruktioner i opvarmede bygninger, hvor der ikke sker opfugtning af luften, for eksempel boliger, kontorer og forretninger.
- **Anvendelsesklasse 2**
 - konstruktioner i ventilerede, ikke-permanent opvarmede bygninger, for eksempel fritidshuse, uopvarmede garager og lagerbygninger
 - ventilerede konstruktioner beskyttet mod nedbør, for eksempel ventilerede tagkonstruktioner.
- **Anvendelsesklasse 3**
 - konstruktioner i fugtige rum

- konstruktioner udsat for nedbør eller vand i øvrigt, herunder betonforme og udendørs stilladser
- underlag for tagpaptage, hvis disse ikke udformes, så de kan henføres til anvendelsesklasse 2.

2.4.1(1)P Regningsmæssig værdi af en materialeegenskab

I stedet for tabel 2.3 i EN 1995-1-1 anvendes følgende:

Tabel 2.3 DK NA- Partialkoefficienter (γ_M) i brudgrænsetilstand for materialeegenskaber og bæreevner

Vedvarende og midlertidige dimensioneringstilstande	
Limtræ, LVL og pladematerialer	$\gamma_M = 1,30 \gamma_0 \gamma_3$
Konstruktionstræ	$\gamma_M = 1,35 \gamma_0 \gamma_3$
Dornformede forbindelser, fx søm, skruer, bolte, dorne	$\gamma_M = 1,35 \gamma_0 \gamma_3$
Limede forbindelser, herunder indlimede bolte	$\gamma_M = 1,50 \gamma_0 \gamma_3$
Tandpladeforbindelser	$\gamma_M = 1,35 \gamma_0 \gamma_3$
Ulykkesdimensioneringstilfælde	$\gamma_M = 1,00$

Partialkoefficienterne i tabel 2.3 DK NA er fastlagt i overensstemmelse med anneks F i DS/EN 1990 DK NA.

$\gamma_M = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \gamma_4$ idet

- γ_1 tager hensyn til svigttypen
- γ_2 tager hensyn til usikkerhed relateret til beregningsmodel
- γ_3 tager hensyn til omfang af kontrol
- γ_4 tager hensyn til variationen i styrkeparameteren eller bæreevne.

Ved fastlæggelse af γ_1 er følgende svigttyper anvendt:

Limtræ, LVL og pladematerialer	Varslet uden bæreevnereserve
Konstruktionstræ	Varslet uden bæreevnereserve
Mekaniske forbindelser af metal	Varslet uden bæreevnereserve
Limede forbindelser	Uvarslet
Tandpladeforbindelser	Varslet uden bæreevnereserve

Der anvendes normalt $\gamma_3 = 1,0$, dog kan der for sammensatte komponenter med attesteringsniveau AVCP 1+, 1 og 2+ anvendes $\gamma_3 = 0,95$ iht. DS/EN 1990 DK NA:2021 Anneks F DK NA (8). For konstruktioner, der ikke er omfattet af bygningsreglementet fastsættes γ_3 i overensstemmelse med DS/EN 1990 DK NA:2021 Anneks F DK NA (7).

Faktoren γ_0 fremgår af DS/EN 1990 DK NA, tabel A1.2(B+C) DK NA. I lastkombination 1 og 2, der gælder for alle konstruktioner over jordoverfladen, er $\gamma_0 = 1$.

6.1.7(2) Forskydning

Der anvendes $k_{cr} = 1,0$ for alle træmaterialer undtagen CLT.

NOTE Vedr CLT se 6.1.7(4) DK NA

6.4.3(8) Krumme bjælker og sadelformede bjælker med lige eller krum underside

Formel (6.55) anvendes.

7.2(2) Grænseværdi for udbøjning af bjælker

Nedenstående tabel angiver anbefalede værdier. Bygherren kan specificere andre krav, højere eller lavere.

Tabel 7.2 DK NA - Eksempler på grænseværdier for udbøjning af bjælker

Udbøjninger, der i boliger og kontorer normalt sikrer tilfredsstillende deformationsforhold for bjælker med længden l for konstruktioner i anvendelsesklasse 1 og 2. For udkragede tagkonstruktioner kan anvendes den dobbelte udbøjning.

	Last	w_{inst}	$w_{fin}^{1)}$
<i>Tagkonstruktioner</i>	Egenlast, konstruktioner uden pilhøjde		$l/400$
	Egenlast, konstruktioner med pilhøjde ²⁾		$l/250$
	Karakteristisk snelast	$l/400$	
	Karakteristisk vindlast	$l/250$	
<i>Bjælkelag</i> ³⁾	Egenlast		$l/400$
	Karakteristisk nyttelast	$l/400$	

1. w_{fin} beregnes efter 2.2.3(5).

2. Forudsat at pilhøjden er mindst 80 % af w_{fin} .

3. Svingningsforhold skal undersøges efter 7.3.3(2)

7.3.3(2) Svingninger – Gulve i beboelsesbygninger

Anbefalingen i noten vedrørende a og b bør følges for etagedæk mellem boliger, dog anbefales det kun at benytte den del af kurven i figur 7.2, hvor $a \leq 2$ mm/kN. Erfaringsmæssigt opnås tilfredsstillende svingningsforhold for sædvanlige træbjælkelag når følgende udbøjningskrav overholdes:

- Mellem boliger og spænd op til 6 m: $w_{inst} \leq 1,7$ mm for punktlasten 1 kN
- Inden for samme bolig og spænd op til 5 m: $w_{inst} \leq l/600$ for fladelasten 1,5 kN/m²

Yderligere information findes i A1.4.4 i DS/EN 1990 DK NA.

8.3.1.2(4) Sømforbindelser træ mod træ: Regler for søm i endetræ

Det angivne alternativ til 8.3.1.2(3) kan anvendes, dog ikke for glatte søm.

8.3.1.2(7) Sømforbindelser træ mod træ: Træarter, der er følsomme over for revnedannelse

Tilføjelse:

For træ med et fugtindhold under 10 % ved montagen bør anbefalingen i EN 1995-1-1 følges.

Forboring kan udelades for træ med større fugtindhold end 10 %, når $d < 5$ mm.

9.2.4.1(7) Vægskiver – Generelt

Begge metoder må anvendes.

9.2.5.3(1) Afstivning af bjælke- eller gittersystemer: Modifikationsfaktorer

Følgende danske værdier af modifikationsfaktorerne i tabel 9.2 DK NA til bestemmelse af stivheder og bæreevner af stabiliserende konstruktioner anbefales:

Tabel 9.2 DK NA

Faktor	Værdi
k_s	3,0
$k_{f,1}$	80
$k_{f,2}$	100
$k_{f,3}$	50

NOTE Se også ”Supplerende, ikke-modstridende information”.

10.9.2(3) Særlige regler for gittersystemer med tandplader: Montage, maksimal sidekrumning
 $a_{\text{bow, perm}} \leq 10 \text{ mm}$.

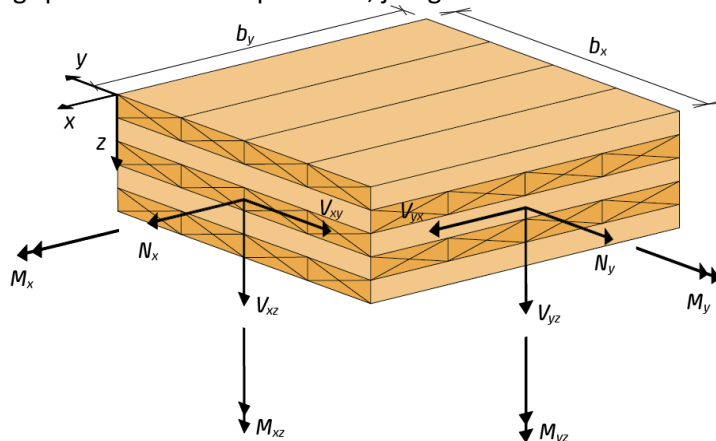
NOTE Se også ”Supplerende, ikke-modstridende information”.

10.9.2(4) Særlige regler for gittersystemer med tandplader: Montage, maksimal afvigelse fra lodret
 $a_{\text{dev, perm}} \leq 10 \text{ mm}$.

NOTE Se også ”Supplerende, ikke-modstridende information”.

Supplerende, ikke-modstridende information

1.5.2.11 DK NA Med CLT menes krydslamineret træ, som er et massivtræselement opbygget af minimum 3 lag lameller limet til hinanden på den brede side, hvoraf de to yderste lag spænder i hovedretningen, og mindst et af de øvrige lag spænder vinkelret på denne, jf. figur 1.1 DK NA



Figur 1.1 DK NA Opbygning af CLT-elementer og definition af geometriske størrelser

(Kilde: Beregning af CLT-konstruktioner, Træinformation 2020.)

Til 2.4.1(1)P Regningsmæssig værdi af en materialeegenskab

For CLT-elementer anvendes samme partialkoefficient som for limtræ.

3 Materialeegenskaber

Til tabel 3.1: For CLT-elementer i anvendelsesklasse 1 og 2 kan anvendes samme værdier for k_{mod} som for limtræ.

Til tabel 3.2: For CLT-elementer anvendes værdierne i tabel 3.2A DK NA for k_{def} .

Tabel 3.2A DK NA. k_{def} for CLT-elementer.

Anvendelsesklasse	1	2	3
CLT-elementer	0,80	1,00	-

Til 3.3(1)P Limtræ

Limtræslameller der er styrkesorteret efter DS/INSTA 142 som LT20 og LT30, kan antages at opfylde kravene til styrkeklasse T15 henholdsvis T22 som defineret i EN338, når der produceres limtræ til det danske marked iht. EN 14080.

3.3A DK NA Krydslamineret træ (CLT)

(1) DK NA Styrke- og stivhedsparametre af et CLT-element kan tages fra produktets Europæiske tekniske vurdering (ETA) udført efter EAD 130005-00-0304.

(2) DK NA Alternativt kan elementegenskaberne dokumenteres at opfylde kravene i DS/EN 16351. Styrke- og stivhedsparametre af et CLT-element kan da bestemmes af tabel 3.3 på basis af lamel-egenskaberne. De karakteristiske værdier af stivheder findes som 5/6 af middelværdien.

Tabel 3.3. DK NA Karakteristiske værdier af styrkeparametre og middelværdier af stivhedsparametre for et CLT-element, baseret på lamelegenskaberne. Indeks *l* angiver en lamelspecifik parameter.

			Formeludtryk til at bestemme styrke- og stivhedsparametre for CLT-elementer opbygget af lameller af konstruktionstræ
Belastet på tværs af elementets plan	Bøjning ud af planet	$f_{m,x,k}^{(1)}$ $f_{m,y,k}$	$k_{red,b} f_{m,l,k}$
	Forskydning	$f_{v,k}$	$f_{v,l,k}$
		$f_{v,rul,k}$	0,7 MPa
	Tryk vinkelret på planet	$f_{c,90,k}$	$f_{c,90,l,k}$
	Træk vinkelret på planet	$f_{t,90,k}$	$f_{t,90,l,k}$
Belastet i elementets plan	Bøjning i planet	$f_{m,z,k}$	$f_{m,l,k}$
	Træk	$f_{t,x,k}^{(1)}$ $f_{t,y,k}$	$k_{red,b} f_{t,0,l,k}$
		$f_{c,x,k}^{(1)}$ $f_{c,y,k}$	$k_{red,b} f_{m,l,k}$
	Forskydning	$f_{v,xy,k}$	- 5,5 MPa for elementer, hvor alle lameller er af kvalitet C24 eller bedre - $f_{v,l,k}$ for alle andre opbygninger
		$f_{v,tor,k}$	2,5 MPa
Stivhed	Elasticitetsmodul parallelt med fibre	E_0	$E_{0,l}$
	Elasticitetsmodul vinkelret på fibre	E_{90}	$E_{90,l}$
	Forskydningsmodul parallelt med fibre	G	G_l
	Forskydningsmodul, rullende forskydning	G_{rul}	50 MPa
	Forskydningsmodul i planet for helt CLT-element	$G_{ef}^{(2)}$	250 MPa
1) $k_{red,b}$ se (3) DK NA. 2) Værdien er konservativ, se bilag E.3 DK NA Ribbedæk (3) for detaljeret beregningsmetode			

(3) DK NA Reduktionsfaktoren $k_{red,b}$ for bøjnings- og trykstyrke bør sættes til

$$k_{red,b} = 0 \text{ for } t_{CLT} > b_{CLT} \quad (3.2A)$$

$$k_{red,b} = \frac{b_{CLT}}{1200mm} + 0,5 \text{ for } t_{CLT} \leq b_{CLT} \leq 600mm \quad (3.2B)$$

$$k_{red,b} = 1 \text{ for } b_{CLT} > 600mm \quad (3.2C)$$

hvor

t_{CLT} er CLT-elementets tykkelse

b_{CLT} er CLT-elementets bredde. Ved koncentreret last, skal b_{CLT} erstattes med bredden af trykspredningen, se 6.1.5 (5) DK NA.

6. Brudgrænsetilstande

Til 6.1.1 Generelt (for CLT-elementer)

(2) DK NA For CLT-elementer påvirket så der optræder normalspændinger i elementets plan, bør hver hovedretning betragtes for sig og ved spændingsbestemmelsen ses der bort fra de tværgående lag. Forskydningsstivheden af det tværgående lag kan antages at være uendelig stor ved bøjningspåvirkning. Ved søjlevirkning, skal der tages hensyn til forskydningsstivheden af tværlagene.

(3) DK NA Ved elementer der spænder i 2 retninger, skal der tages hensyn til deformationerne af tværlagene, når lasten fordeles, så der er sammenhæng mellem flytninger, stivheder og snitkræfter.

Til 6.1.2 Træk parallelt med (CLT-elementets hovedakser)

(2) DK NA Følgende betingelser skal opfyldes

$$\sigma_{t,x,d} \leq f_{t,x,d} \quad (6.1A)$$

$$\sigma_{t,y,d} \leq f_{t,y,d} \quad (6.1B)$$

hvor

$\sigma_{t,x,d}$ er trækspændingen baseret på et nettotværsnit, bestående af de lameller, som spænder i x-aksens retning

$f_{t,x,d}$ er den regningsmæssige trækstyrke iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2) for elementet i x-aksens retning

$\sigma_{t,y,d}$ er trykspændingen baseret på et nettotværsnit, bestående af lameller, som spænder i y-aksens retning

$f_{t,y,d}$ er den regningsmæssige trækstyrke iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2) for elementet i y-aksens retning

Til 6.1.4 Tryk parallelt med (CLT-elements hovedakser)

(2) DK NA Følgende betingelser skal opfyldes

$$\sigma_{c,x,d} \leq f_{c,x,d} \quad (6.2A)$$

$$\sigma_{c,y,d} \leq f_{c,y,d} \quad (6.2B)$$

hvor

$\sigma_{c,x,d}$ er trykspændingen baseret på et nettotværsnit, bestående af de lameller, som spænder i x-aksens retning

$f_{c,x,d}$ er den regningsmæssige trykstyrke iht. 3.3A DK NA for elementet i x-aksens retning

$\sigma_{c,y,d}$ er trykspændingen baseret på et nettotværsnit, bestående af lameller, som spænder i y-aksens retning

$f_{c,y,d}$ er den regningsmæssige trykstyrke iht. 3.3A DK NA for elementet i y-aksens retning

Til 6.1.5 Tryk vinkelret på (CLT-elementer)

(5) DK NA For CLT gælder 6.1.5(1) idet $k_{c,90}$ erstattes af $k_{mat} k_{c,90,CL}$

hvor

k_{mat} er en faktor der tager hensyn til tøjninger på tværs af elementet og sættes til 1,0

For opbygninger hvor $1 \leq \frac{t_{1,max}}{t_{1,min}} \leq 2$ er $k_{c,90,CL}$ givet ved

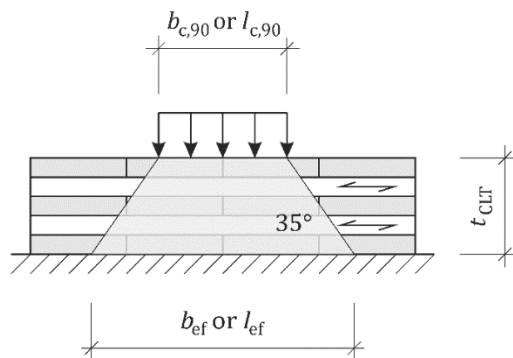
$$k_{c,90,CL} = \min \left\{ \sqrt{\frac{b_{ef} l_{ef}}{b_{c,90} l_{c,90}}}, \frac{t_{1,max}}{t_{1,min}}, \frac{b_{c,90}}{b_{ef}}, \frac{l_{c,90}}{l_{ef}} \right\} \quad (6.4A)$$

hvor

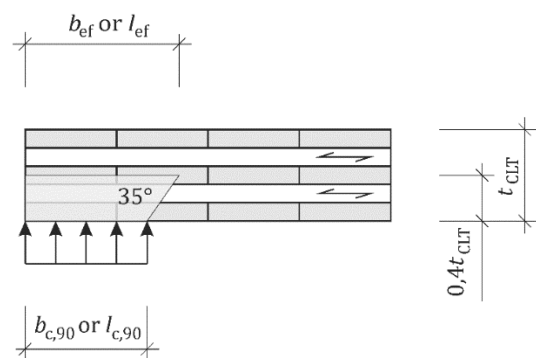
b_{ef} og l_{ef} er hhv. bredde og længde af området, som lasten kan fordeles over iht. figur 6.2A

$b_{c,90}$ og $l_{c,90}$ er hhv. bredde og længde af området, som lasten virker over

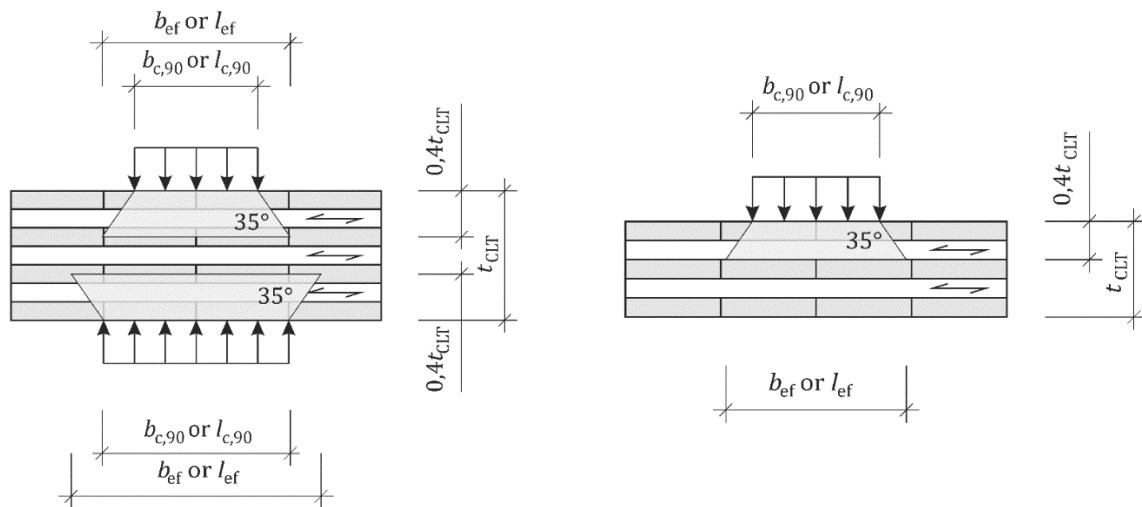
$t_{1,min}$ og $t_{1,max}$ er hhv. mindste og største tykkelse af lamellerne



a) Kontinuert understøtning



b) Enkeltunderstøtning



c) Trykareal ved koncentreret last fra to sider med forskellige trykarealer

d) Trykareal ved lokal last

Figur 6.2A DK NA Trykspredning i CLT-elementer belastet vinkelret på CLT-elementets plan.

Til 6.1.6 Bøjning (af CLT-elementer)

(4) DK NA For CLT-elementer påvirket til bøjning om en af akserne i elementets plan, bør der ved spændingsberegningen benyttes et nettotværsnit hvor der ses bort fra de tværgående lag. Forskydningsstivheden af det tværgående lag kan antages at være uendelig stor ved bøjningspåvirkning. Følgende betingelse skal opfyldes

$$\sigma_{m,x,d}(M_y) \leq f_{m,x,d} \quad (6.12A)$$

$$\sigma_{m,y,d}(M_x) \leq f_{m,y,d} \quad (6.12B)$$

hvor

$\sigma_{m,x,d}$ er den regningsmæssige bøjningsspænding i x-aksens retning, baseret på et nettotværsnit

$f_{m,x,d}$ er den regningsmæssige bøjningsstyrke af lamellerne i x-aksens retning iht. 3.3A

$\sigma_{m,y,d}$ er den regningsmæssige bøjningsspænding i y-aksens retning, baseret på et nettotværsnit

$f_{m,y,d}$ er den regningsmæssige bøjningsstyrke af lamellerne i y-aksens retning iht. 3.3A DK NA

(5) DK NA For CLT-elementer påvirket til bøjning om en akse vinkelret på elementets plan som i figur 6.2B skal følgende betingelser opfyldes

$$\sigma_{m,zx,d}(M_{yz}) \leq f_{m,z,d} \quad (6.12C)$$

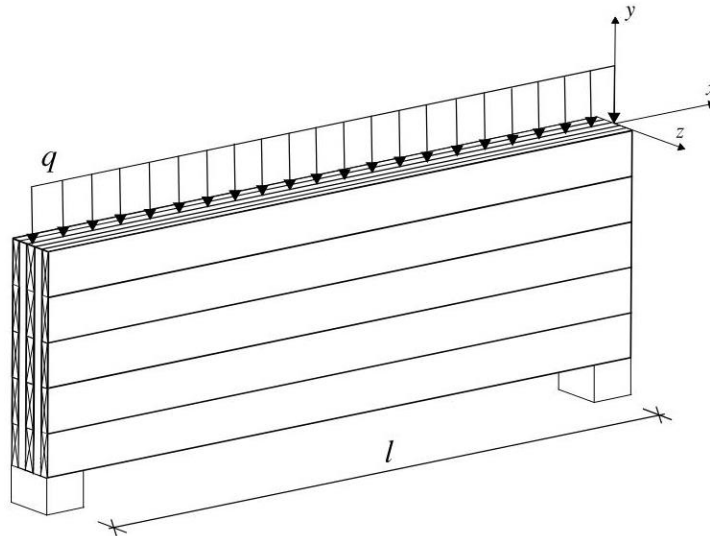
$$\sigma_{m,zy,d}(M_{xz}) \leq f_{m,z,d} \quad (6.12D)$$

hvor

$\sigma_{m,xx,d}$ er den regningsmæssige bøjningsspænding i x-aksens retning, baseret på nettotværsnittet af lamellerne, som løber parallelt med x-aksen.

$\sigma_{m,zy,d}$ er den regningsmæssige bøjningsspænding i y-aksens retning, baseret på nettotværsnittet af lamellerne, som løber parallelt med y-aksen.

$f_{m,z,d}$ er den regningsmæssige bøjningsstyrke af lamellerne i påvirkede retning iht. 3.3A DK NA Elementet skal undersøges for kipning iht. 6.3.3 i DS/EN 1995-1-1.



Figur 6.2B DK NA - CLT-Bjælke

Til 6.1.7 Forskydning (af CLT-elementer)

(4) DK NA Forskydningsspændinger fra påvirkning på tværs af elementets plan bør bestemmes på baggrund af nettotværsnittet og må antages at være konstante over tværgående lag. De tværgående lag bør eftervises for rullende forskydning.

(5) DK NA Ved forskydningsspændinger i CLT-elementets plan fra bjælkevirkning bør følgende betingelser opfyldes for tværsnit, hvor lagtykkelsen og bredden af lamellerne er ens over bjælkens højde

$$\tau_{x,netto,d} \leq f_{v,xy,d} \quad (6.13B)$$

$$\tau_{y,netto,d} \leq f_{v,xy,d} \quad (6.13C)$$

$$\frac{\tau_{tor,max,d}}{f_{tor,d}} + \frac{\tau_{xz,d}}{f_{v,rul,d}} \leq 1 \quad (6.13D)$$

hvor

$f_{v,xy,d}$ er den regningsmæssige forskydningsstyrke for elementet i planen iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2)

$f_{v,tor,d}$ er den regningsmæssige forskydningsstyrke for vridning iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2)

$f_{v,rul,d}$ er den regningsmæssige rullende forskydningsstyrke iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2)

$$\tau_{x,netto,d} = \frac{3}{2} \frac{V_d}{t_x H} \quad (6.13E)$$

$$\tau_{y,netto,d} = \frac{3}{2} \frac{V_d}{t_y H} \quad (6.13F)$$

$$\tau_{tor,max,d} = k_{kor} \cdot 3 \frac{V_d}{n_{ca} \cdot b_{L,x}^2} \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{m^3} \right) k_b \quad (6.13G)$$

$$\tau_{xz,d} = 6 \frac{V_d}{n_{ca} \cdot b_{L,x}^2} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{m^3} \right) \quad (6.13H)$$

hvor

V_d er den regningsmæssige forskydningskraft

H er den samlede højde af bjælken

t_x er summen af lamellernes bredde i x-retningen

t_y er summen af lamellernes bredde i y-retningen

n er antallet af lag

n_{ca} er antallet af krydsende lag i bredderetningen, dvs. $n_{ca} = n - 1$

m er antallet af lameller i bjælkens højde

k_{kor} er en faktor der tager hensyn til at forskydningsspændingerne ikke er jævnt fordelt. $k_{kor} = 1,5$

k_b er en faktor, som tager hensyn til for, at lamellerne ikke har samme bredde, givet ved

$$k_b = \frac{b_{max}}{b_{L,x}} \frac{2b_{L,x}^2}{b_{L,x}^2 + b_{L,y}^2} \quad (6.13I)$$

hvor

$b_{L,x}$ er bredden af lamellerne i x-aksens retning

$b_{L,y}$ er bredden af lamellerne i y-aksens retning

$$b_{max} = \max(b_{L,x}, b_{L,y}) \quad (6.13J)$$

Ovenstående er gældende for mindre variationer i lagtykkelser, og ens lamelbredder over højden. Deformationsbidraget fra forskydning kan regnes ud fra et effektivt forskydningsmodul for den samlede bjælke givet ved

$$G_{ef,CLT} = \left(\frac{1}{G_{ef,CA}} + \frac{1}{G_L} \right)^{-1} \quad (6.13K)$$

hvor

G_L er forskydningsmodulet for de langsgående lameller

$G_{ef,CA}$ er det effektive forskydningsmodul for de krydsende samlinger givet ved

$$G_{ef,CA} = \frac{K b_L^2 n_{ca}}{5 t_{CLT}} \frac{m^2}{m^2 + 1} \quad (6.13L)$$

n_{ca} er antallet af krydsende lag i bredderetningen, dvs. $n_{ca} = n - 1$

n er antallet af lag

m er antallet af lameller i bjælkens højde

b_L er lamelbredden, som konservativt sættes til den mindste af $b_{L,x}$ og $b_{L,y}$

t_{CLT} er tykkelsen af CLT-bjælken

K er stivheden af de krydsende samlinger, som sættes til $K = 4 \text{ N/mm}^3$

(6) DK NA Ved forskydningsspændinger i CLT-elementets plan fra skivevirkning bør følgende betingelser opfyldes

$$\tau_{v,ef,d} = 2\tau_{0,ef,d} \leq f_{v,xy,d} \quad (6.13M)$$

$$\tau_{tor,d} = 3\tau_{0,ef,d} \frac{t_{ef,i}}{b_L} \leq f_{v,tor,d} \quad (6.13N)$$

$$\tau_{0,ef,d} = \frac{V}{t_{ef}L} \quad (6.13O)$$

hvor

b_L er lamelbredden, som konservativt sættes til den mindste af $b_{L,x}$ og $b_{L,y}$

$t_{ef,max}$ er den effektive tykkelse af den største knude iht. tabel 6.0 DK NA

$f_{v,xy,d}$ er den regningsmæssige forskydningsstyrke for elementet i planen iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2)

$f_{v,tor,d}$ er den regningsmæssige forskydningsstyrke for vridning iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2)

$\tau_{v,ef,d}$ er den regningsmæssige forskydningsspænding i en lamel

$\tau_{tor,d}$ er den regningsmæssige forskydningsspændinger fra vridning i en lamel

$\tau_{0,ef,d}$ er den effektive forskydningsspænding i elementet baseret på en effektiv tykkelse af CLT-elementet givet ved

$$t_{ef} = \sum_{i=1}^{n-1} t_{ef,i} \quad (6.13P)$$

hvor

$t_{ef,i}$ er den effektive tykkelse af de enkelte lameller iht. tabel 6.0 DK

Tabel 6.0 DK NA Effektiv tykkelse af knuder ved forskydningseftervisning af skivepåvirkede CLT-elementer.

Knude	Beskrivelse	Effektiv knudetykkelse
Knude 1 (randknude)	Lag 1 = yderlag Lag 2 = inderlag	$t_{ef,1} = \min(1,6t_1, t_2)$
Knude i ($1 < i < n-1$)	Lag i = inderlag Lag i + 1 = inderlag	$t_{ef,i} = \min(t_i, t_{i+1})$
Knude n-1 (randknude)	Lag i = lag n-1 = inderlag Lag i+1 = lag n = yderlag	$t_{ef,n-1} = \min(t_{n-1}, 1,6t_n)$

NOTE: Faktoren 1,6 på tykkelsen af de yderste lameller er en korrektion med 20% for indflydelsen af revner

Deformationsbidraget fra forskydning kan beregnes ved brug af et effektivt forskydningsmodul for den samlede skive givet ved anvendelse af G_{ef} .

(7) DK NA Ved lokal forskydning omkring en punktlast skal følgende betingelse skal opfyldes

$$\tau_{v,rul,d} \leq k_{r,pu} f_{v,rul,d} \quad (6.13Q)$$

hvor

$k_{r,pu}$ er en faktor der korrigerer for at den sande rullende forskydningsstyrke er en del større pga. ikke-lineær opførsel og omfordeling, og sættes til $k_{r,pu} = 1,6$

$\tau_{v,rul,d}$ er den rullende forskydningsspænding, som kan bestemmes ud fra følgende metode: Forskydningsspændingen baseres på en effektiv bredde ud fra en lastspredning på 35°, se figur 6.6B DK NA

Snitkræfterne fordeles i x-retningen (retningen parallelt med det øverste lag) til

$$V_{x,d} = 0,67n^{-0,1}Q_d \quad (6.13R)$$

hvor

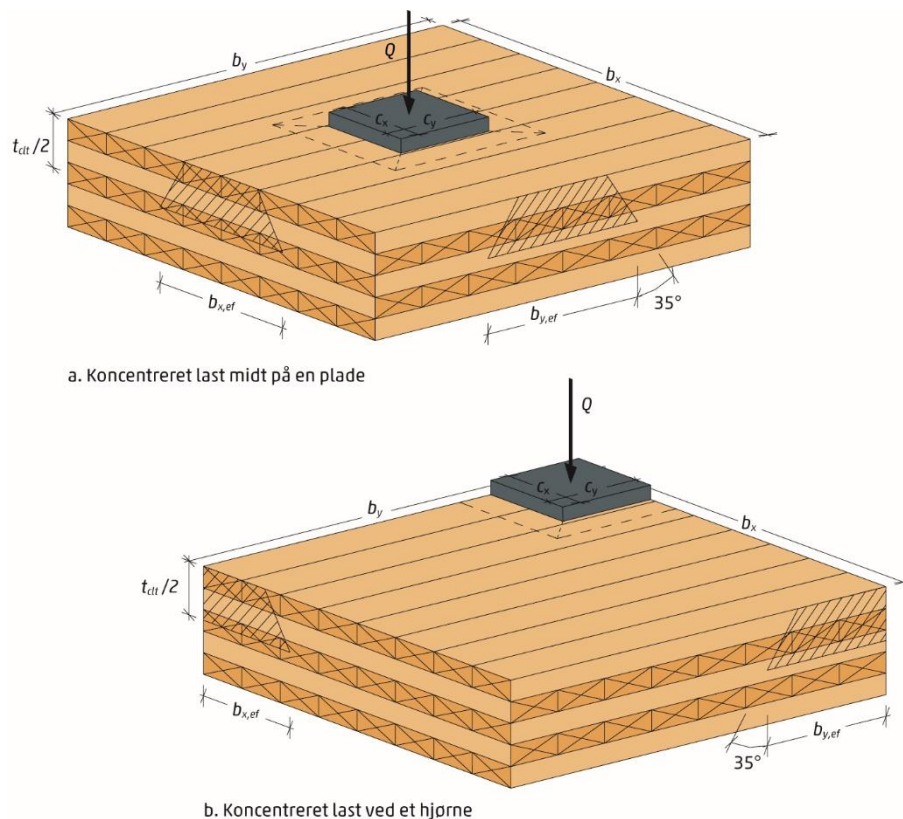
Q_d er den lokale last

n er antallet af lag

Tværretningen optager den resterende del af lasten

$$V_{y,d} = Q_d - F_{x,d} \quad (6.13S)$$

I situationer, hvor det belastede område ikke ligger op til en kant eller et hjørne, kan henholdsvis $F_{x,d}$ og $F_{y,d}$ halveres.



Figur 6.6B DK NA Fordeling af koncentreret last, som giver anledning til forskydning.

(Kilde: Beregning af CLT-konstruktioner, Træinformation 2020.)

Til 6.1.8 Vridning (af CLT-elementer)

(2) DK NA Ved vridning af CLT-elementer bør følgende betingelse opfyldes

$$\tau_{tor,d} \leq f_{tor,d} \quad (6.15A)$$

hvor

τ_{tor} er den regningsmæssige vridningsspændinger

$f_{tor,d}$ er den regningsmæssige torsionsforskydningsstyrke iht. 3.3A DK NA

Til 6.3.1 Stabilitet af CLT-elementer), generelt

(5) DK NA For CLT-elementer bør der tages hensyn til tværlagenes eftergivelse i forbindelse med geometrisk ikke-lineære effekter.

Til 6.3.2 Søjler (af CLT-elementer) påvirket af enten tryk eller kombineret tryk og bøjning

(4) DK NA For CLT-elementer bør følgende betingelse opfyldes

$$\frac{\sigma_{c,x,d}}{k_{c,y}f_{c,x,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} \leq 1 \quad (6.29A)$$

hvor

$\sigma_{c,x,d}$ er trykspændingen baseret på et nettotværsnit, bestående af de lameller, som spænder i x-aksens retning

$f_{c,x,d}$ er den regningsmæssige trykstyrke iht. 3.3A DK NA) for elementet i x-aksens retning

$\sigma_{m,x,d}$ er den regningsmæssige bøjningsspænding i x-aksens retning fra tværlast og excentriciteter, baseret på et nettotværsnit

$f_{m,x,d}$ er den regningsmæssige bøjningsstyrke af lamellerne i x-aksens retning iht. 3.3A DK

$k_{c,y}$ er søjlereduktionsfaktoren beregnet iht. E.2.

(5) DK NA For CLT-elementer bør det relative slankhedsforhold bestemmes ved E.2 DK NA (1) E.2 DK NA (2).

(6) DK NA Ved koncentreret belastning i CLT-elementets plan kan lasten antages fordelt over et område med en effektiv bredde, b_{ef} , iht. figur 6.7A DK NA, som antages konstant over hele CLT-elementets højde.

Det forudsættes at

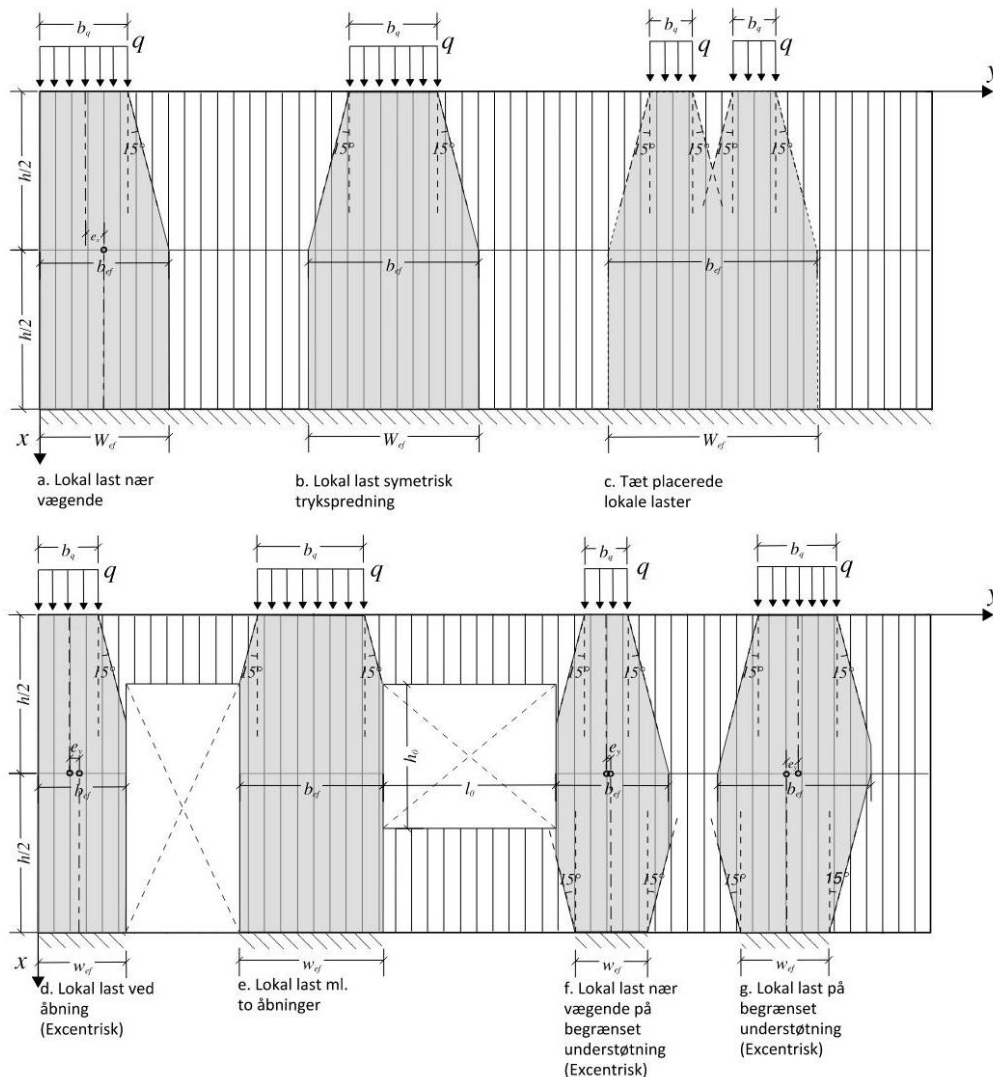
- Forholdet mellem summen af tykkelserne af lamellerne, der spænder i lastens retning, t_x , og den samlede tykkelse af elementet, t_{CLT} , bør være $t_x/t_{CLT} \leq 0,75$
- Forholdet mellem bredden af det belastede område, b , og højden af elementet, H , bør være $b/H \leq 0,15$

For tilfælde med forskellige effektive bredder i top og bund, skal den effektive bredde, b_{ef} , bestemmes af den belastede bredde, som giver den mindste effektive bredde, jf. figur 6.7A DK NA.f og g. For CLT-elementer med åbninger skal den effektive bredde bestemmes iht. 6.7A DK NAa, d, f og g.

Hvis der ikke er momentligevægt mellem lastresultanten i top og bund, skal der tages hensyn til excentricitetsmomentet i væggen plan.

Der kan ses bort fra åbninger, hvis følgende er opfyldt:

- Den maksimale længde af en åbning overholder $l_0 \leq 1/10L$, hvor L er længden af CLT-elementet
- Den maksimale højde af en åbning overholder $h_0 \leq 1/10H$, hvor H er højden af CLT-elementet
- Det maksimale areal af en åbning overholder $l_0h_0 \leq 1/10HL$



Figur 6.7A DK NA - Eksempler på trykspredning ved koncentreret last.

Til 6.3.3 Bjælker (af CLT-elementer) påvirket til bøjning eller kombineret bøjning og tryk
(7)DK NA Vridningsinertimomentet kan for CLT-elementer forenklet bestemmes af

$$I_{tor} \approx \frac{HT^3}{9} \left(1 - 0,6 \frac{t_{CLT}}{H} \right) \quad (6.35A)$$

hvor

t_{CLT} er tykkelsen af CLT-elementet

H er højden af CLT-elementet

Til 6.5.2 Bjælker (af CLT-elementer) med udskæring ved understøtningen

(3) DK NA: For CLT med udskæring i samme side som understøtningen anvendes (2) med $k_n = 5$, idet h_{ef} regnes til undersiden af den nederste langsgående lamel der ikke berøres af udskæringen. Den karakteristiske forskydningsstyrke sættes til $f_{v,rul,k}$.

Til 7.2 Grænseværdier for udbøjninger af (CLT-elementer)

(3) Ved beregninger af udbøjning af CLT-elementer bør der tages hensyn til forskydningsdeformationen af tværlagene.

Der kan anvendes anerkendte metoder, herunder metoderne angivet i E.1.

Til 8.7.1 Tværbelastede skruer

(7) DK NA For skruer sat i vinkelret på CLT-elementets plan med $d \geq 6$ mm er hulrandsstyrken $f_{h,k,plan}$ i [N/mm²] er givet ved

$$f_{h,k,plan} = \frac{0,019d^{-0,3}\rho_k^{1,24}}{2,5\cos^2(\beta) + \sin^2(\beta)} \quad (8.37A)$$

hvor

ρ_k er den karakteristiske densitet for CLT-lamellerne [kg/m³]

d er den ydre gevinddiameter [mm]

β er skruens vinkel ift. fiberretning

Ved $d < 6$ mm er hulrandsstyrken den samme som for konstruktionstræ.

Effektivt antal skruer i samlinger med flere skruer regnes ved

$$n_{ef} = n \quad (8.37B)$$

hvor

n er antallet af skruer

(8) DK NA For skruer sat i kanten af elementet med $d \geq 8$ mm og uanset om der skrues i endetræ eller vinkelret på fiberretningen, er hulrandsstyrken $f_{h,k,kant}$ i [N/mm²] er givet ved

$$f_{h,k,kant} = 20d^{-0,5} \quad (8.37C)$$

hvor

d er den ydre gevinddiameter [mm]

Det forudsættes at afstanden mellem lamellerne er højest 6 mm og indtrængningslængden er $l_2 \geq 10d$

Ved grupper af forbindelsesmidler i elementets kant, skal den samlede bæreevne reduceres med det effektive antal skruer n_{ef}

For $d > 6$ mm gælder reglerne for dorne i 8.5.1.

For $d \leq 6$ mm gælder reglerne for søm i 8.3.1.

Til 8.7.2 Udtrækspåvirkede skruer

(8) DK NA For skruer sat i vinkelret på CLT-elementets plan kan den karakteristiske bæreevne $F_{ax,Rd}$ i [N] for skruer under en vinkel mellem 30° og 90° bestemmes af

$$F_{ax,Rd}(\alpha) = \frac{28d^{0,8}L_{ef}^{0,9}}{1,5 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \quad (8.41A)$$

hvor

d er gevinddiameter [mm], $d \geq 6$ mm

L_{ef} er forankringslængde [mm], $L_{ef} \geq 8d$

α er skruens vinkel med fiberretningen

Bæreevnen kan øges med 10%, hvis skruen går gennem mindst 3 lag.

Gyldighedsområde

- Kerner diameter, $d_c \geq 0,6d$
- Elementtykkelse, $t_{CLT} \geq 10d$
- Lameller med karakteristisk densitet på min. 350 kg/m³
- Der anvendes min. 2 skruer pr. samling

For grupper af samvirkende skruer skal trækbæreevnen beregnes med et effektivt antal skruer givet ved

$$n_{ef} = 0,9n \quad (8.41B)$$

hvor

n er antallet af skruer, $n > 1$

Ved fastgørelse med stålplader anvendes

$$n_{ef} = \max \begin{cases} 0,9n \\ n^{0,9} \end{cases} \quad (8.41C)$$

(9) DK NA For skruer sat i kanten af CLT-elementet er den karakteristiske bæreevnen i [N] givet ved

$$F_{ax,Rd} = \frac{1}{2} 28d^{0,8}L_{ef}^{0,9} \quad (8.41D)$$

hvor

d er gevinddiameter [mm]

L_{ef} er forankringslængde [mm]

Det forudsættes at

- $d \geq 8 \text{ mm}$
- $L_{ef} \geq 10d$
- $t_i \geq 3d$ for det lag, hvori skruen fastgøres

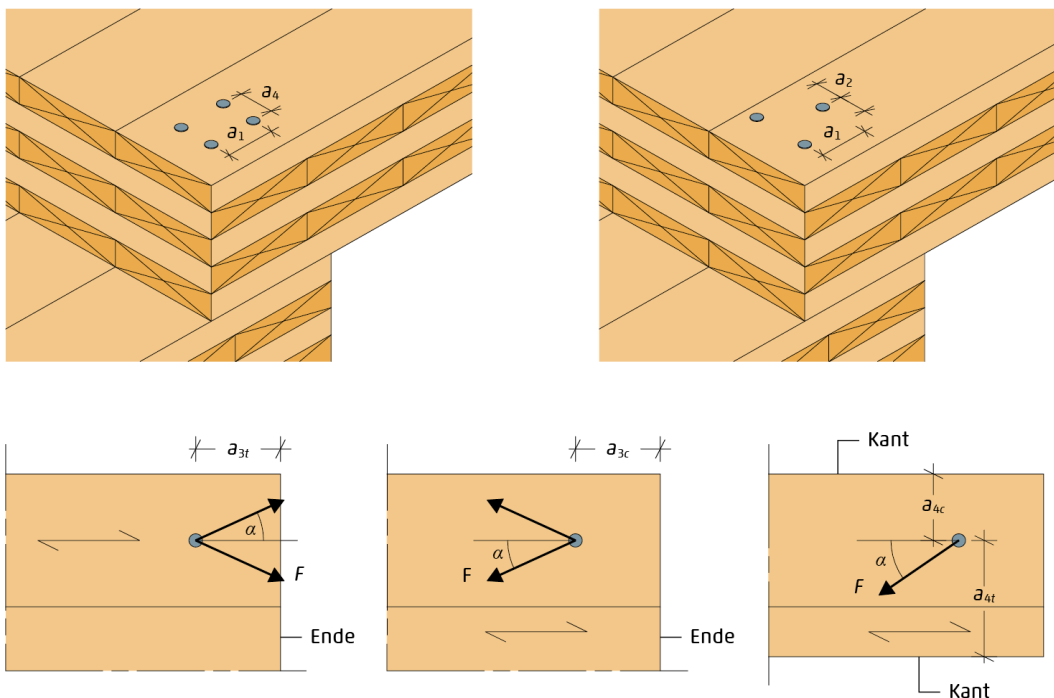
Det anbefales at placere skruerne med en vinkel på mindst 5° i forhold til fiberretningen for at tage hensyn til langtidsvirkningerne for skruer i endetræ.

8.7.4 DK NA Skrueforbindelser (i CLT-elementer)

(1) DK NA Kantafstande og indbyrdes afstand mellem forbindelsesmidler isat vinkelret på CLT-elementets plan skal overholde kravene i tabel 8.6ADK NA. Fiberretning refererer til yderlagets fiberretning.

Tabel 8.6ADK NA - Mindste afstande for forbindelsesmidler sat i vinkelret på CLT-elementets plan.

Retning	Beteg- nelse	Skruer for $d \geq 8 \text{ mm}$	Dorne/bolte
<i>Indbyrdes afstand</i>			
I fiberretningen	a_1	$4d$	$5d$
Vinkelret på fiberretning	a_2	$2,5d$	$3d/4d$
<i>Kantafstand</i>			
Belastet ende	a_{3t}	$6d$	$5d$
Ubelastet ende	a_{3c}	$6d$	$4d$
Belastet kant	a_{4t}	$6d$	$3d$
Ubelastet kant	a_{4c}	$2,5d$	$3d$

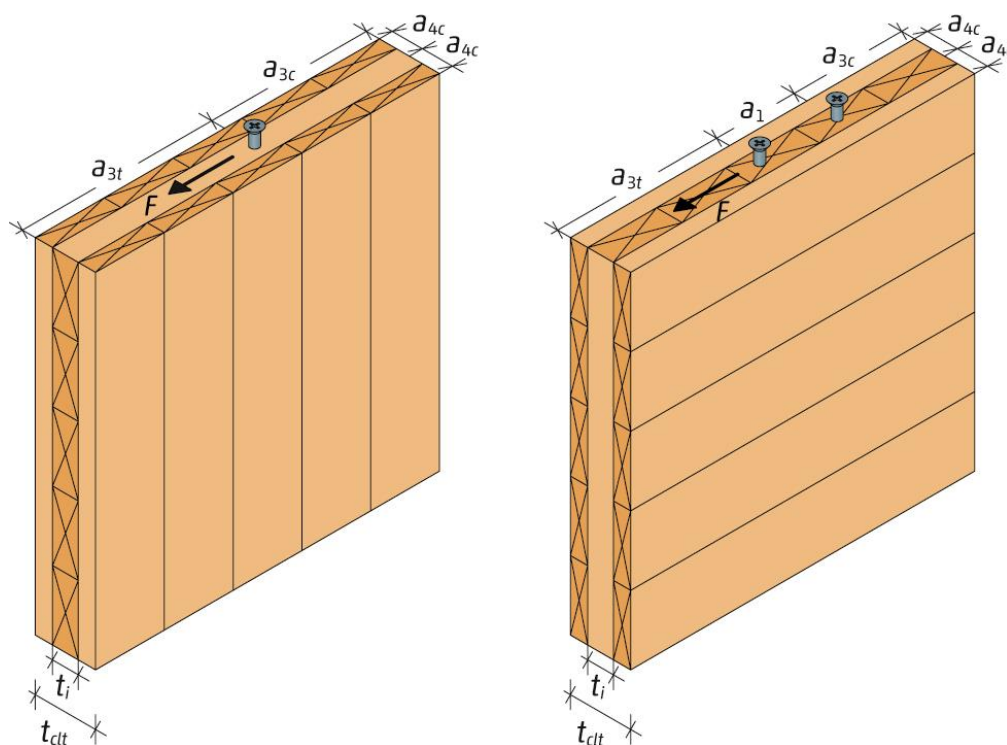


Figur 8.11B DK NA Indbyrdes afstande, samt ende- og kantafstande for skruer sat i vinkelret på CLT-elementets plan (Kilde: Beregning af CLT-konstruktioner, Træinformation 2020.)

(2) DK NA Kantafstande og indbyrdes afstand mellem forbindelsesmidler sat i CLT-elementets kant skal overholde kravene i tabel 8.6B DK NA.

Tabel 8.6B DK NA- Mindste afstande for forbindelsesmidler sat i CLT-elementets kant.

Retning	Beteg- nelse	Skruer $d \geq 8 \text{ mm}$
<i>Indbyrdes afstand</i>		
I fiberretningen	a_1	$10d$
Vinkelret på fiberretning	a_2	$3d$
<i>Kantafstand</i>		
Belastet ende	a_{3t}	$12d$
Ubelastet ende	a_{3c}	$7d$
Belastet kant	a_{4t}	$5d$
Ubelastet kant	a_{4c}	$5d$
<i>Mindste tykkelser</i>		
Mindste lameltykkelse	t_i	$3d$
Mindste elementtykkelse	t_{CLT}	$10d$



Figur 8.11C DK NA- Indbyrdes afstande samt ende-og kantafstande for skruer sat i CLT-Elementets kant (Kilde: Beregning af CLT-konstruktioner, Træinformation 2020.)

9.2.2(2) Gitterkonstruktioner med tandplader – krav

Tandplader bør ikke benyttes til permanente konstruktioner i anvendelsesklasse 3.

NOTE Stærkt varierende fugtindhold eller temperatur kan få pladerne til med tiden at arbejde sig ud.

9.2.2(4) Gitterkonstruktioner med tandplader – mindste overlap

Hvor en tandpladesamling højst udnyttes til 80 % af sin bæreevne, kan der ses bort fra kravet om mindste overlapning på en tredjedel af trædelens højde. Det skal eftervises, at der ikke sker flækning i træet.

NOTE 1 Denne vejledning har sin begrundelse i danske krav til forøget isoleringstykkelse og dermed forøgede trædimensioner.

NOTE 2 Kravet om mindste overlap på 40 mm er et absolut krav og må ved projekteringen tillægges monteringsolerancen. Når kravet om en tredjedel af trædelens højde er afgørende er det ikke nødvendigt at tillægge tolerance hvis flækningsbæreevnen kan eftervises for den faktiske placering.

9.2.5.3(1) Afstivning af bjælke- eller gittersystemer: Modifikationsfaktorer

Hvor mindst 8 ensartede, trykpåvirkede og tæt placerede massive træemner er afstivet af tætsiddende tværafstivninger, fx spærhoveder afstivet af lægter, kan halvdelen af træemnernes bøjningsstivhed og bøjningsstyrke anvendes til at optage og videreføre q_d .

Ved færre end 8 emner kan man anvende $n/16$ af bøjningsstivheden og bøjningsstyrken.

For tagspær og andre konstruktioner, hvor det kan antages, at forhåndsudbøjningerne ikke er ensidige, kan man ved beregning af q_d i formel (9.37) i stedet for n anvende

$$n_{ef} = \min[3\sqrt{n}; n]$$

Når forhåndsudbøjningerne ikke er ensidige, kan den akkumulerede kraft F_{akku} i et tværafstivende element, der fastholder n trykpåvirkede emner, beregnes som

$$F_{akku} = \min[\sqrt{n} F_d; 3F_d]$$

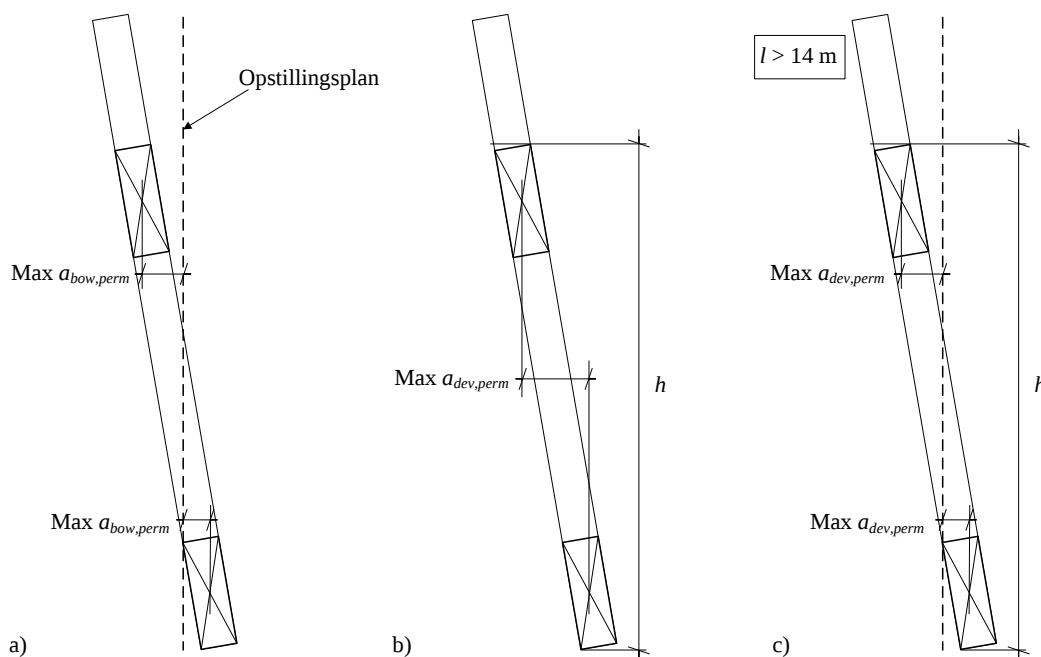
hvor F_d er den regningsmæssige stabiliserende kraft iht. formel (9.35).

10.9.2(3) Særlige regler for gittersystemer med tandplader: Montage, maksimal sidekrumning

For spændvidder $l > 5$ m kan $a_{bow,perm}$ øges til $\pm l/500$, dog max ± 45 mm, hvor l er konstruktionens største vandrette udstrækning, og a_{bow} måles i forhold til det tilstræbte opstillingsplan, se figur 10.9.2 DK NA a). Den lokale udbøjning målt med 3 m retskinne må ingen steder overstige 15 mm.

10.9.2(4) Særlige regler for gittersystemer med tandplader: Montage, maksimal afvigelse fra lodret.

For konstruktionshøjder >1 m kan $a_{dev,perm}$ øges til $h/100$, dog max 45 mm, hvor h er konstruktionshøjden i det betragtede lodrette snit, og a_{dev} måles som den lokale forskel på udbøjningen af hoved og fod i dette snit, se figur 10.9.2 DK NA b). For $l > 14$ m gælder desuden, at afvigelsen fra det tilstræbte opstillingsplan i ethvert punkt højst må være $a_{dev,perm}$, se figur 10.9.2 c).



Figur 10.9.2 DK NA - Opstillingstolerancer for gitterkonstruktioner med tandplader.

Præfabrikerede væg-, gulv- og tagelementer

Indtil den harmoniserede standard for træelementer foreligger som en EN for CE-mærkning, skal *prEN 14732-1:2006 Trækonstruktioner — Præfabrikerede væg-, gulv- og tagelementer – Produktkrav* (udgivet som DS/INF prEN 14732-1:2009) med følgende undtagelser, ændringer og præcisering anvendes som certificeringsgrundlag af kontrol- eller certificeringsordninger.

Note: Undtaget er produkter, der er CE-mærkede i henhold til en ETA.

Ændringer:

- Afsnit ZA.2.2, Elementer under system 1 for attestering af overensstemmelse (limede elementer og mekanisk forbundne elementer i klasserne for reaktion ved brand (A1 - C)),
- Afsnit ZA.2.3, Elementer under system 2+ for attestering af overensstemmelse (mekanisk fastgjorte elementer).

Indtil EN 14732-1 træder i kraft, skal der som minimum udføres en FPC-inspektion pr. år.

Undtagelser:

Følgende afsnit erstattes af kontrol- eller certificeringsordningens certifikat- og mærkningsregler:

- ZA.2.4, EF-certifikat og -overensstemmelseserklæring,
- ZA.3, CE-mærkning.

Præcisering:

prEN 14732-1:2006 fastlægger metoder til vurdering af ydeevne for præfabrikerede konstruktions-elementer til vægge, gulve og tage, der består af elementer af træ og/eller træbaserede materialer, som på den ene eller begge sider er beklædt med plader eller brædder fastgjort ved hjælp af et egnet klæbemiddel eller mekanisk forbindelsesmiddel. Elementernes hulrum kan være fyldt helt eller delvist med isoleringsmateriale. De udvendige flader kan også være beklædt med isoleringsmateriale. Standarden gælder for elementer, der efter montering kræver, men ikke har en udvendig overfladebeklædning, fx murværk eller tagdækning. Standarden omfatter også volumenelementer (bokse, kviste og karnapper), der er samlet på fabrikken af præfabrikerede konstruktionselementer til vægge, gulve og tage. Standarden gælder ikke for eventuelle døre, vinduer og installationer (elkabler, vand-rør osv.) og indbygningen heraf.

Kravene gælder for alle bærende bygningsdele, der indgår i optagelsen af henholdsvis nyttelast, snelast, vindlast og ulykkeslast. Undtaget er byggerier der i BR2018 tilhører konstruktionsklasse 1 (KK1) og brandklasse1 (BK1), hvor byggeriet er henført til risikoklasse 1 og hvor byggeriets samlede etageareal ikke overstiger 600 m², dvs. typisk enfamiliehuse og sommerhuse.

Træbaserede plader til bærende tage, gulve og vægge

Den harmoniserede standard DS/EN 13986:2004 *Træbaserede plader til konstruktionsbrug – Karakteristika, overensstemmelsesvurdering og mærkning* henviser til krav i DS/EN 12871:2013 *Træbaserede plader - Ydeevnespecifikationer og krav til bærende plader til brug i gulve, vægge og tage*.

Kravene i det informative anneks B i DS/EN 12871:2013 anvendes med følgende ændringer:

- Formel (B.3) erstattes af $R_{\text{mean}} \geq 6000 t/L$ [N/mm], hvor t og L indsættes i mm.
- I formel (B.5) sættes $k_{\text{red}} = 0,7$
- Formel (B.6) gælder for $\alpha \leq 40^\circ$
- Kravet til pladebeklædte vægges modstand mod stød i B.3.2 benyttes ikke, og pladerne skal ikke være mærket "Wall".

Produkter, der allerede er på markedet, kan anvendes, når kravene givet i DS/EN 12871:2001 med DS/EN 13986/NA:2007 eller DS/EN 12871:2010 med DS/EN 1995-1-1 DK NA:2013 er opfyldt.

Anneks E DK NA
(informativt)**Beregningsmodeller for CLT-elementer**

Dette anneks angiver beregningsmodeller for CLT-elementer ved beregning af stivheds- og styrkeegenskaber til brug ved eftervisning med hensyntagen til deformationer. Herudover angiver E.3 beregningsgrundlag for ribbedæk.

E.1 DK NA Effektiv bøjningsstivhed

(1) Følgende metoder kan anvendes til at bestemme en effektiv bøjningsstivhed, der medtager reduktionen som følge af forskydningsdeformationer i tværlagene:

- Modificeret metode for mekanisk forbundne bjælker (gælder for 3- og 5-lags elementer)
- Shellings metode
- Virtuelt arbejde (Timoshenko bjælketeori)

(2) Udbøjninger ved den *modificerede metode for mekanisk forbundne bjælker* eller *Shellings metode* findes ud fra en effektiv bøjningsstivhed, som tager hensyn til tværlagenes bidrag til deformationerne. Udbøjninger beregnes analogt til Anneks B, hvor tværlagene kan betragtes som eftergivelige, mekaniske forbindelser, hvor stivheden af forbindelsen ækvivaleres med tværlagenes forskydningsstivheder ved at sætte følgende:

$$\frac{s_i}{K_i} = \frac{t_i}{G_{rul,i} b_{CLT}} \quad (E.1.1)$$

hvor

s_i er afstanden mellem forbindelserne

K_i er forbindelsernes stivhedstal

t_i er tykkelsen af tværlaget

$G_{rul,i}$ er tværlagets rullende forskydningsmodul

b_x er bredden af tværsnittet

Shellings metode kan anvendes til vilkårlige elementer, mens metoden i Anneks B ikke må anvendes, hvis der er flere end 2 tværlag i elementet.

(3) Udbøjninger ved virtuelt arbejde (Timoshenko bjælketeori) regnes med bidrag fra hhv. moment og forskydning

$$w = \int_0^l \frac{M(x)M^*(x)}{EI_{net}} dx + \int_0^l \frac{V(x)V^*(x)}{GA_s} dx \quad (E.1.2)$$

hvor

$M(x)$ er momentfordelingen fra den virkelige last

$M^*(x)$ er momentfordelingen fra en enhedslast på 1 det sted, hvor nedbøjningen ønskes undersøgt

$V(x)$ er forskydningskraftfordelingen fra den reelle last

$V^*(x)$ er forskydningskraftfordelingen fra en enhedslast på 1 på det sted, hvor nedbøjningen ønskes undersøgt

l er længden af elementet

E er elasticitetsmodul for CLT-elementet i den respektive retning, dvs. $E_{0,x}$ og $E_{0,y}$

I_{net} er nettoinertimomentet, alene baseret på lamellerne i den respektive retning

GA_s er forskydningsarealet givet ved

$$GA_s = \kappa \sum G_i b_x t_i \quad (\text{E.1.3})$$

hvor

G_i er de enkelte lags forskydningsmodul

b_x er bredden af tværsnittet

t_i er de enkelte lags tykkelse

κ er en forskydningskorrektionsfaktor givet ved

$$\kappa = \frac{(\sum E_i I_i + E_i A_i a_i^2)^2}{\sum G_i b t_i \int_0^{t_{CLT}} \frac{(\Delta S(z) E(z))^2}{G(z) b(z)} dz} \quad (\text{E.1.4})$$

E.2 DK NA Effektivt slankhedstal

(1) Følgende metoder kan anvendes:

- Modificeret metode for mekanisk forbundne bjælker (gælder for 3- og 5-lags elementer)
- Shellings metode
- Virtuelt arbejde (Timoshenko bjælketheori)

(2) Det relative slankhedsforhold ved *modificerede metode for mekanisk forbundne bjælker* eller *Shellings metode* er givet ved

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,x,k}}{E_{0,x,k}}} \quad (\text{E.2.1})$$

hvor

$f_{c,x,k}$ er den karakteristiske trykstyrke iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2) for elementet i x-aksens retning

$E_{0,x,k}$ er 5%-fraktilen af elasticitetsmodul i x-aksens retning

λ_y er det geometriske slankhedsforhold givet ved

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_{x,ef}} \quad (\text{E.2.2})$$

hvor

l_{ef} er den frie søjlelængde for væggen

$i_{x,ef}$ er inertiradius givet ved

$$i_{x,ef} = \sqrt{\frac{I_{x,ef}}{A_{x,net}}} \quad (\text{E.2.3})$$

hvor

$I_{x,ef}$ er det effektive inertimoment, som tager hensyn til for tværlagenes eftergivelse iht. H.1 eller Shellings metode. Det effektive inertimoment skal baseres på en effektiv længde svarende til den frie søjlelængde.

$A_{x,net}$ er det nettoareale af de lameller, som spænder lodret

(3) Det relative slankhedsforhold ved virtuelt arbejde (Timoshenko bjælketeori) er givet ved

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{A_{x,net} \cdot f_{c,x,k}}{n_{cr}}} \quad (\text{E.2.4})$$

hvor

$f_{c,x,k}$ er den karakteristiske trykstyrke iht. 3.3A (1) eller 3.3A (2) for elementet i x-aksens retning

$A_{x,net}$ er nettoareale af de lameller, som spænder lodret

n_{cr} er Euler-lasten for CLT-elementer givet ved

$$n_{cr} = \frac{E_{x,0,k} \cdot I_{x,net} \cdot \pi^2}{l_s^2 \left(1 + \frac{E_{x,0,k} \cdot I_{x,net} \cdot \pi^2}{\kappa \sum G_{i,k} \cdot A_i \cdot l_s^2} \right)} \quad (\text{E.2.5})$$

hvor

$E_{x,0,k}$ er 5%-fraktilen af elasticitetsmodul i x-aksens retning

$G_{i,k}$ er 5%-fraktilen af forskydningsmodul for de respektive lag

A_i er tværsnitsarealet af de respektive lag

$I_{x,net}$ er nettoinertimomentet, alene baseret på lamellerne i x-aksens retning

l_s er den frie søjlelængde

κ er forskydningskorrektionsfaktoren iht. (E.1.4)

E.3 DK NA Ribbedæk

(1) Der skal tages hensyn til ikke-lineær spændingsfordeling ved anvendelse af effektive flangebredder.

(2) Er CLT-elementet limet til limtræsbjælken anvendes nettotværsnit. Er samlingen udført med mekaniske forbindelsesmidler, skal der tages hensyn til eftergivelsen i disse.

(3) Følgende brudbetingelser skal opfyldes

$$\sigma_{max,CLT} \leq f_{m,x,d} \quad (\text{E.3.1})$$

$$\sigma_{max,GL} \leq f_{m,GL,d} \quad (E.3.2)$$

$$\tau_{rul,max,CLT} \leq f_{v,rul,d} \quad (E.3.3)$$

$$\tau_{rib} \leq f_{v,GL,d} \quad (E.3.4)$$

hvor

$\sigma_{max,CLT}$ er den største bøjningsspænding i CLT-elementet, baseret på en effektiv flangebredde iht. (E.3.11), (E.3.12) eller (E.3.13) afhængigt af belastningen

$\sigma_{max,GL}$ er den største bøjningsspænding i limtræsbjælken, baseret på en effektiv flangebredde iht. (E.3.11), (E.3.12) eller (E.3.13) afhængigt af belastningen

$\tau_{rul,max,CLT}$ er den største rullende forskydningsspænding i CLT-elementet, baseret på en effektiv flangebredde iht. (E.3.13)

τ_{rib} er den største forskydningsspænding i limtræsbjælken, baseret på en effektiv flangebredde iht. (E.3.13)

(4) Nedbøjningsberegninger baseres på et tværsnit med en effektiv flangebredde iht. H.3.

Der skal tages hensyn til eftergiveligheden i tværlagene af CLT-elementet enten ved *modificerede metode for mekanisk forbundne bjælker*, *Shellings metode* eller ved *virtuelt arbejde* (*Timoshenko bjælketeori*).

Ved nedbøjningsberegninger efter *virtuelt arbejde* er forskydningsarealet givet ved

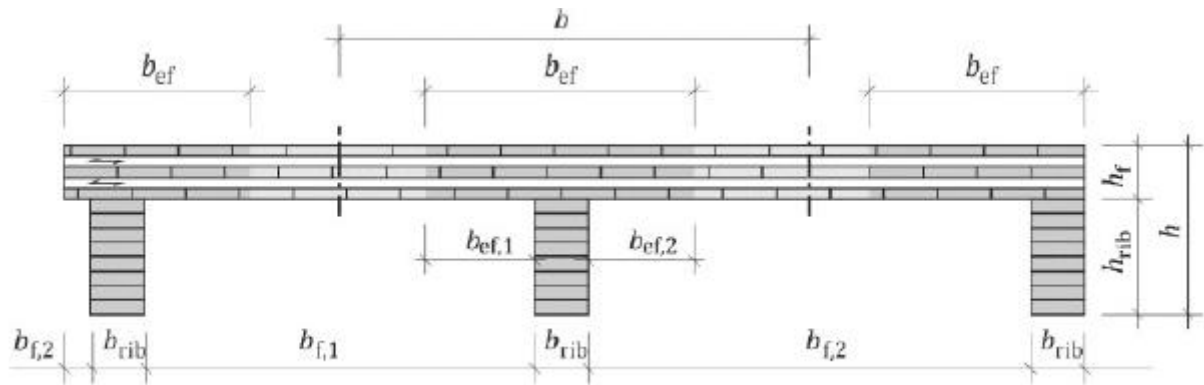
$$(GA)_s = \kappa \sum G_i b t_i = \kappa (b_{ef}(G_1 t_1 + G_2 t_2 + G_3 t_3 + \dots) + b_{rib} G_{GL}) \quad (E.3.5)$$

hvor forskydningskorrektionsfaktoren må tilnærmes til

$$\kappa = \frac{5}{6} - \frac{1}{4} \frac{\left(\frac{b_{ef}}{b_{rib}}\right)^{0,7}}{\left(\frac{h_{rib}}{h_f}\right)^{0,5}} \quad (E.3.6)$$

(5) Den effektive flangebredde bestemmes som

$$b_{ef} = b_{rib} + b_{ef,1} + b_{ef,2} \quad (E.3.7)$$



Figur E.3.1 DK NA - Geometri af ribbedæk

Følgende geometriske krav skal overholdes

- $0,2 \leq b_{f,i}/L \leq 0,25$
- $5 \leq (EA)_x/(GA)_{xy} \leq 22$
- $14 \leq L/h \leq 22$

hvor

h er den samlede højde af ribbeelementet

L er spændvidden

$b_{f,i}$ er afstanden mellem ribberne

$(EA)_x$ er længdestivheden pr. m bredde af de langsgående lameller i CLT-elementet, givet ved

$$(EA)_x = \sum E_i A_{i,x} \quad (\text{E.3.8})$$

$(GA)_{xy}$ er forskydningsstivheden i planet af CLT-skiven, pr. m i bredden, givet ved

$$(GA)_{xy} = G_{ef} h_f \quad (\text{E.3.9})$$

hvor

G_{ef} kan vælges iht. 3.3A eller mere præcist ved

$$G_{ef} = \frac{650 \text{ MPa}}{1 + p6 \left(\frac{1}{2}\right)^{2+q}} \quad (\text{E.3.10})$$

hvor p og q er givet i tabellen

	3 lag	5 lag	7 lag eller flere lag
p	0,53	0,43	0,31
q	-0,79	-0,79	-0,75

(4) Ved et element påvirket af jævnt fordelt last er bidraget til den effektive flangebredde fra hver side af limtræsbjælken givet ved

$$b_{ef,i} = b_{f,i} \left(0,5 - 0,35 \left(\frac{b_{f,i}}{L} \right)^{0,9} \left(\frac{(EA)_x}{(GA)_{xy}} \right)^{0,45} \right) \quad (\text{E.3.11})$$

(6) Ved et element påvirket af koncentreret last er bidraget til den effektive flangebredde fra hver side af limtræsbjælken givet ved

$$b_{ef,i} = \begin{cases} b_{f,i} \left(0,5 - 0,4 \left(\frac{b_{f,i}}{L} \right)^{0,25} \left(\frac{(EA)_x}{(GA)_{xy}} \right)^{0,1} \right) & \text{for } \frac{h_{rib}}{h_f} \leq 2 \\ b_{f,i} \left(0,5 - 0,28 \left(\frac{b_{f,i}}{L} \right)^{0,3} \left(\frac{(EA)_x}{(GA)_{xy}} \right)^{0,3} \right) & \text{for } \frac{h_{rib}}{h_f} > 2 \end{cases} \quad (\text{E.3.12})$$

(7) Ved forskydningspåvirkning sættes $b_{ef} = b_{rib}$,

Det gælder også når

- En punktlast optræder med en afstand mindre end eller lig med b fra et momentnulpunkt
- En last, har en udbredelse der er mindre end $0,05L$

E.4 DK NA Stabiliserende vægskiver

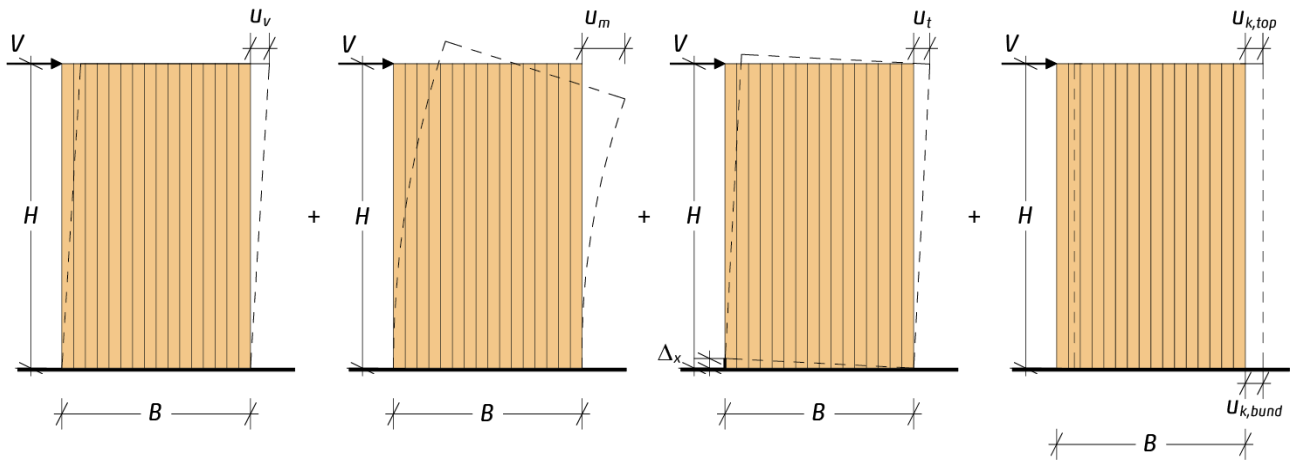
(1) Der må antages plastisk spændingsfordeling med rektangulær trykzonen under vægelementet. Trykzonen må maksimalt antages at virke over $\frac{1}{4}$ af elementets bredde.

(2) Elementet skal eftervises for trykbrud, søjlevirkning og forskydningsbrud iht. (6.1.4), (6.1.5), (6.3.2) og (6.1.7(3)).

Samlinger skal kunne optage lasterne.

(3) Der skal medtages følgende deformationsbidrag ved væltende vægge

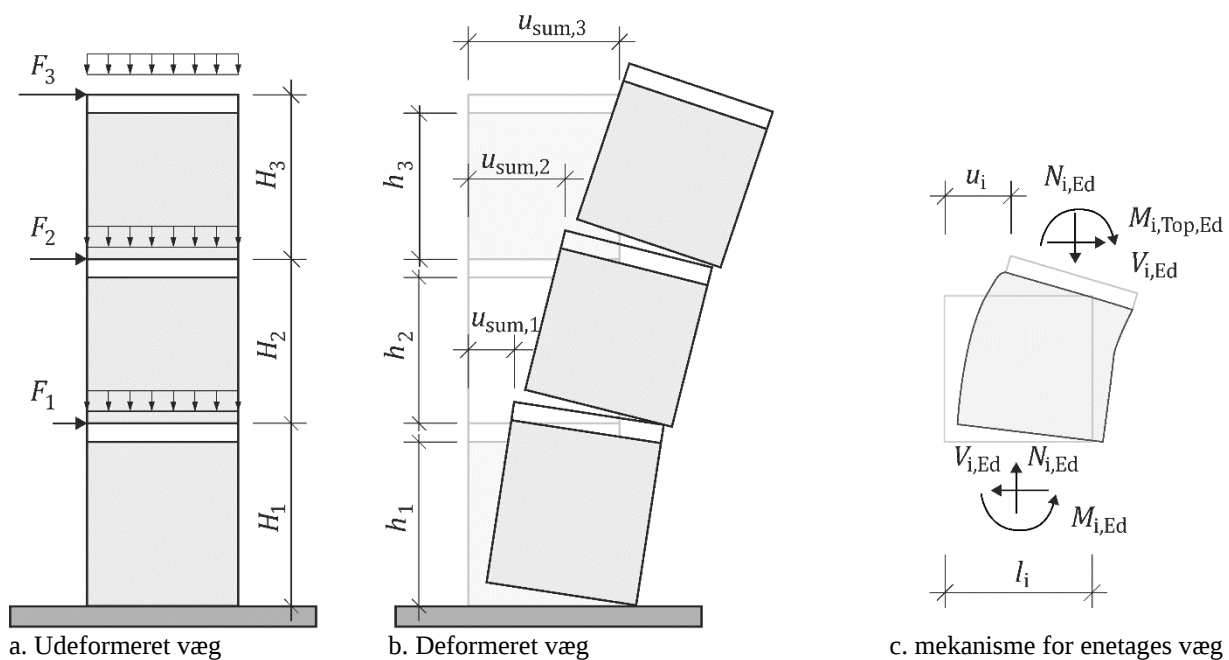
- Forskydningsdeformation af vægelementet
- Bøjningsdeformation af vægelementet
- Glidning i den lodrette forankring
- Glidning i forskydningsforbindelserne



a. Forskydningsdeformation b. Bøjningsdeformation c. Glidning i lodret forankring d. Glidning i forskydningsforbindelse

Figur E.4.1 DK NA - Deformationer af CLT-element vægge (Kilde: Beregning af CLT-konstruktioner, Træinformation 2020.)

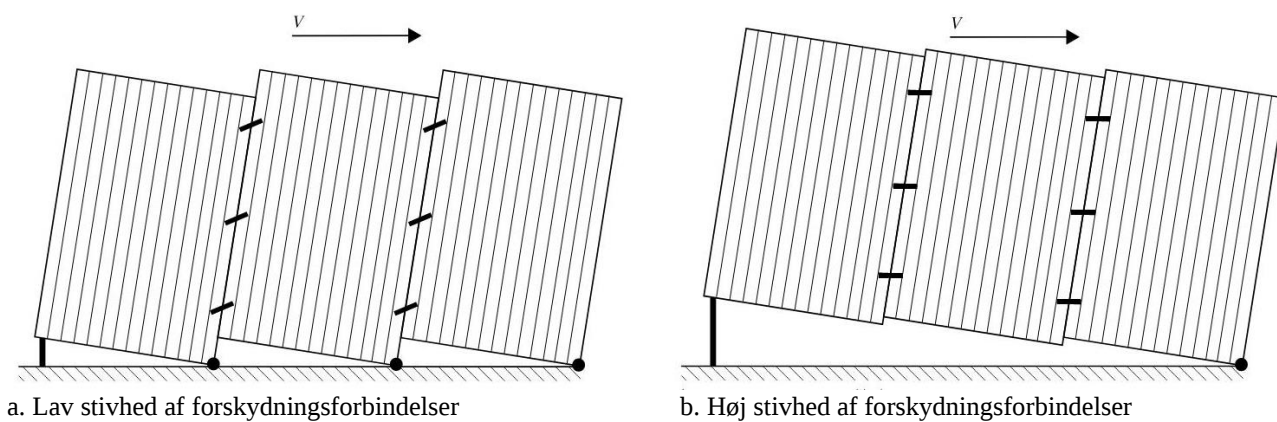
(4) Udbøjningen af en afstivende væg i toppen af et fleretagers byggeri kan findes som summen af udbøjninger af hver væg jf. figur E.4.2 DK NA.



Figur E.4.2 DK NA - Deformationer af fleretagers afstivende vægge af CLT-elementer

(5) Ved lodrette samlinger i vægskiver, bør der tages hensyn til effekten af glidningen i forbindelserne, jf. figur E.4.3 DK NA.

NOTE For segmenteret vægge i fleretagers bygninger, må der tages hensyn til kompatibilitet af deformationerne ved dækkene, og der forelægger ikke nogen generel model for dette.



Figur E.4.3 DK NA - Deformationsmekanismer for segmenterede afstivende vægge af CLT-elementer samlet langs lodrette kanter