

TRÆBYGGERI OG ETAGEBYGGERI MED CLT

Byggesystemer med CLT – Konstruktive principper og robusthed
26. og 27. februar 2025

Jacob Ettrup Petersen

Kompetencechef | Trækonstruktioner

M +45 2880 7489

jet@arteliagroup.dk

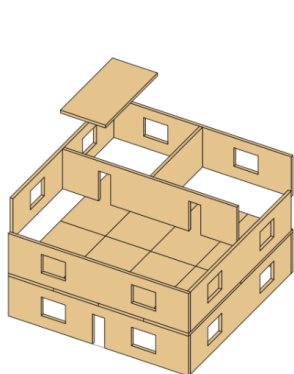
SIDE 1

TRÆ
Information

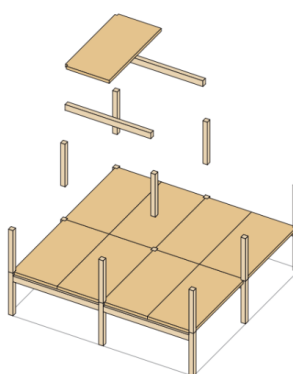
1

TRÆ
Information

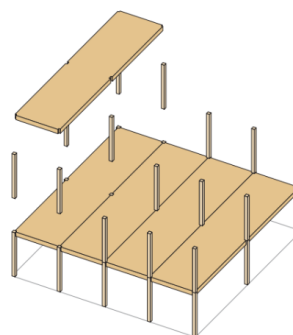
BYGGESYSTEMER



a. Skivebyggeri



b. Søjle-bjælkesystem



c. Søjle-pladesystem

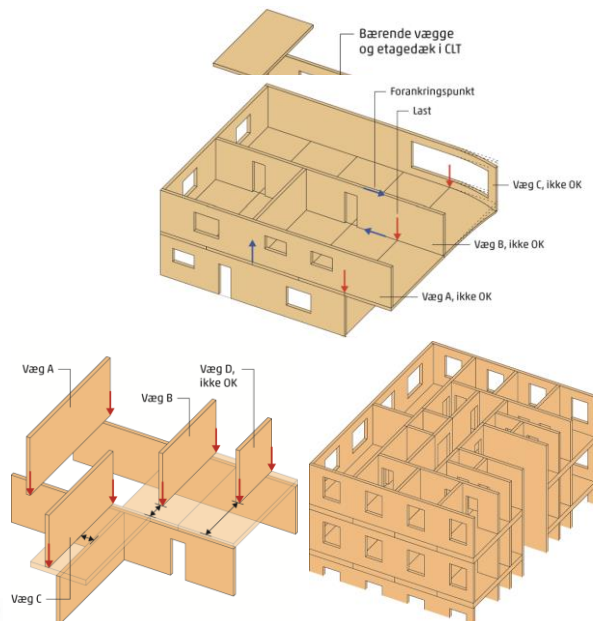
SIDE 2

æe

2

SKIVEBYGGERI

- Fordele
 - Stor bæreevne
 - Mange vægge => stabilitet kan ofte sikres af de bærende konstruktioner
 - Simple samlinger (typisk skruer + beslag) => hurtig montage + mindre fejl
 - Sektioner udgør stabile enheder => lukning af sektioner => beskyttelse mod nedbør
 - Muligheder for specielle konstruktioner
- Ulemper
 - Meget træ => måske også mere end nødvendigt
 - Stor brandbelastning



SIDE 3

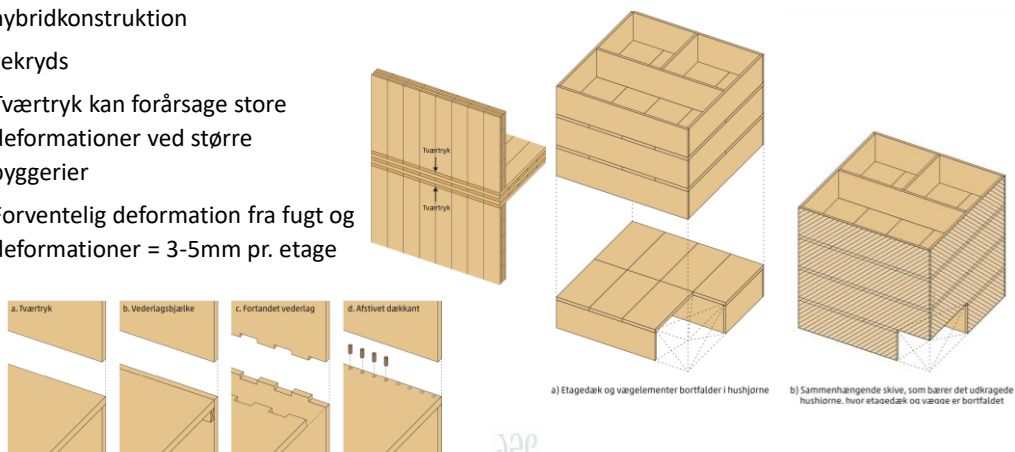
JEE

3

SKIVEBYGGERI

- Modulstørrelse
 - Spænd op til 5-6m: CLT-dæk
 - Spænd over 6m: CLT-Limtræsribbedæk eller hybridkonstruktion
- Etagekryds
 - Tværtryk kan forårsage store deformationer ved større byggerier
 - Forventelig deformation fra fugt og deformationer = 3-5mm pr. etage

- Robusthed
 - Mange vægge => let at sikre robusthed



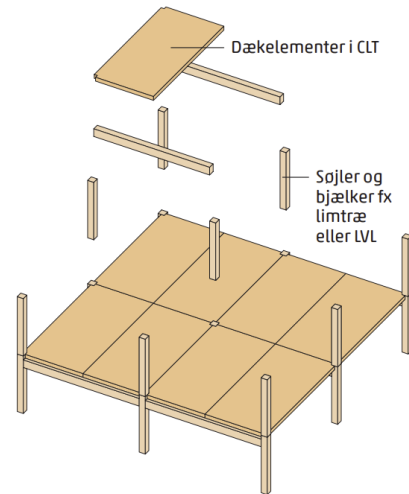
SIDE 4

JEE

4

SØJLE-BJÆLKESYSTEM

- Fordele
 - Stor fleksibilitet
 - Mindre brandbelastning
 - Mindre materialespild
- Ulemper
 - Træ belastes hårdere => større tværsnit af lodrette elementer
 - Kan stille større krav til skivevirkning (last flyttes længere)
 - Kræver afstivende kerne/gitre
 - Gennembrydning af bjælker kan være problematisk og skal indtænkes



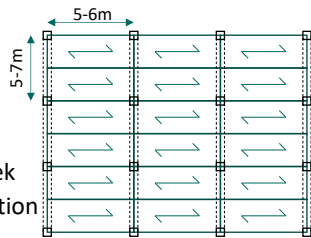
SIDE 5

æp

5

SØJLE-BJÆLKESYSTEM

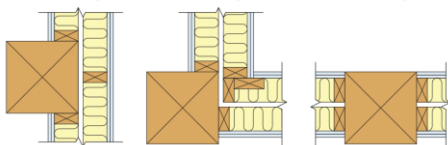
- Modulstørrelse
 - Spænd op til 5-6m: CLT-dæk
 - Spænd over 6m: CLT-Limtræsribbedæk eller hybridkonstruktion
- Lejlighedsskel
 - Lejlighedsskel er mere valgfrie ved dette system
 - Lejlighedsskel omkring søjler kræver omhyggelighed mht. akustik



a. Akustisk løsning OK

b. Akustisk løsning OK

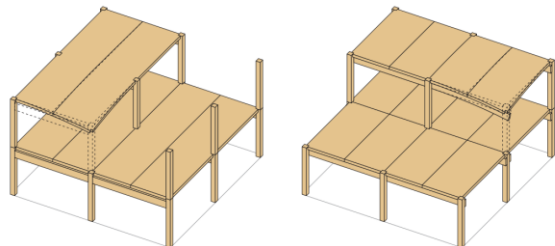
c. Akustisk løsning ikke OK



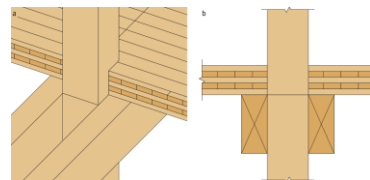
SIDE 6

æp

- Robusthed
 - Bjælker eller dæk kan udføres kontinuerlige



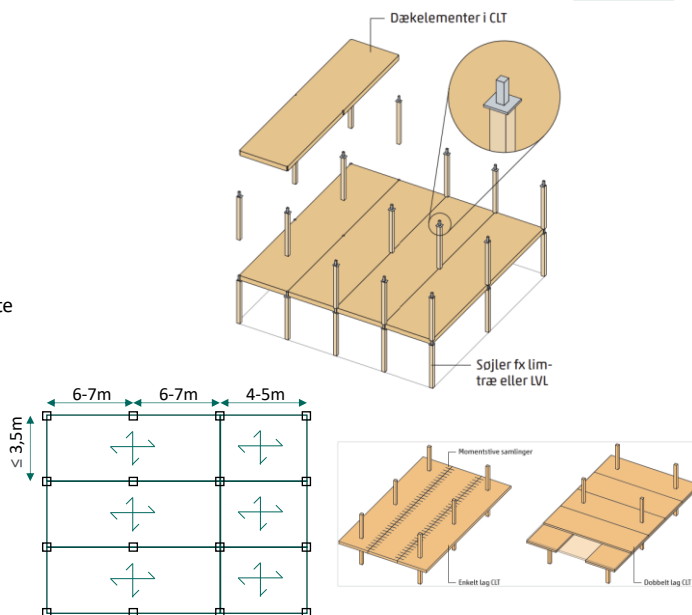
- Vær opmærksom på tværtryk!



6

PLADE-SØJLESYSTEM

- Fordele
 - Stor fleksibilitet
 - Mindre brandbelastning
 - Mindre materialespild
 - Lette føringsveje
- Ulemper
 - Træ belastes hårdere => større tværsnit af lodrette elementer
 - Kan stille større krav til skivevirkning (last flyttes længere)
 - Kræver afstivende kerne/gitre
 - Større krav til samlinger
 - Begrænset af leverandørs produktionsfaciliteter (dækbredder)
- Modulstørrelse: 3x6m (3,5x6m)

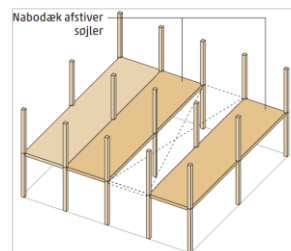
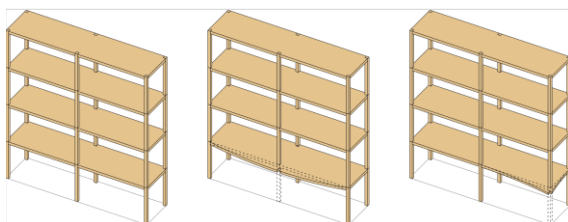


SIDE 7

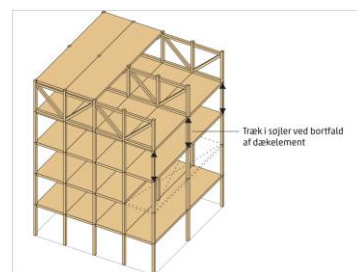
7

PLADE-SØJLESYSTEM

- Robusthed
 - Udføres systemet med min. 6 understøtninger, vil det typisk være muligt at anvende CLT-elementet til at omfordele last
- Særlig opmærksomhed på afstivning af søjler!



- Alternativt: Ophængnings-system

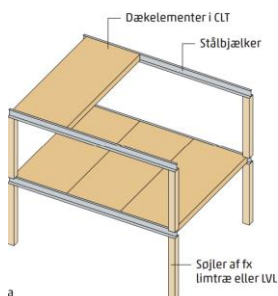


SIDE 8

8

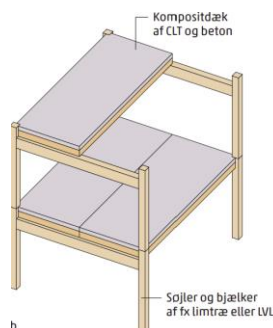
HYBRIDSYSTEMER & SERVICEKORRIDORER

- Der kan udføres andre hybridssystemer med CLT for fx at opnå større spænd, mere masse (mht. svingninger og akustik), etc.
- Servicekorridorer

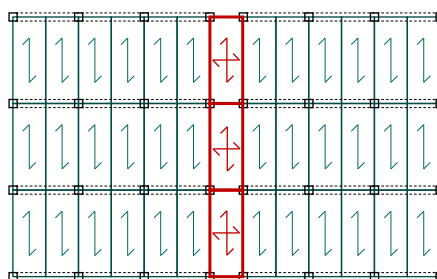
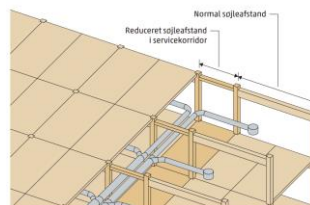


a

SIDE 9



b



jæp

9

STABILISERENDE SYSTEMER

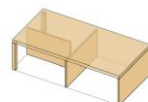
- Typisk stabile i deres plan og ustabile ud af deres plan
- Min. krav (grundlæggende statik):
 - 3 afstivende elementer
 - De må ikke være parallelle
 - De må ikke skære hinanden i samme punkt
 - De skal forbindes af en sammenhængende



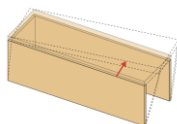
a. Ustabil (ét afstivende element)



b. Ustabil (to afstivende elementer)



c. Stabil (tre afstivende elementer)

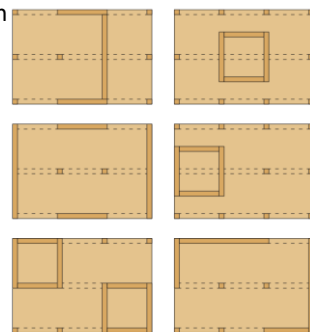


Figur STAB 4. Eksempel på lang bygning, hvor 3 afstivende vægge ikke er tilstrækkeligt til at stabilisere konstruktionen.

SIDE 10

jæp

- Supplerende anbefalinger
 - Mindst 2 afstivende elementer på langs og 2 afstivende elementer på tværs
 - De afstivende elementer bør sidde nogenlunde symmetrisk i bygningen
 - De bør have stor udstrækning
 - Bør placeres tæt på facader/gavle

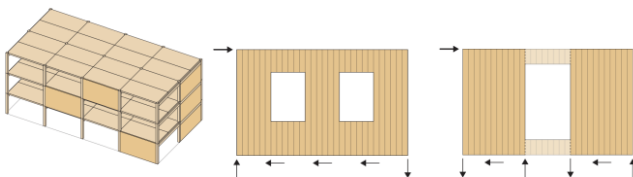


Figur STAB 5. Eksempel på etageplaner med afstivende elementer fx vægge eller gitre, der udgør stabile systemer.

10

STABILISERENDE SYSTEMER

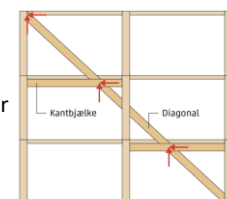
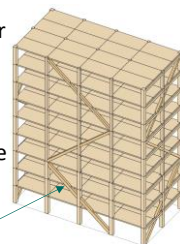
- CLT vægge
 - Kan udføres som vægelementer eller forskydningsfelter fastgjort til søjler
 - Åbninger bør ikke være for store
 - Elementer med moderate vinduesåbninger kan types anvendes
 - Elementer med vinduesbånd eller døråbninger skal opdeles i to elementer



SIDE 11

JEP

- Afstivende kryds og diagonaler
 - Bør tilstræbes en vinkel på 45°
 - Kryds af fladstål eller vindtrækbånd
 - anvendes til mindre konstruktioner
 - Kræver opspænding, så de er aktive
 - Skal altid udføres med kryds, så der sikres træk i en af diagonalerne uanset vindretning
 - Kan kræve efterspænding!
 - Afstivende "massive" diagonaler
 - Udføres typisk med indslidse stålplader og dorne aht. Brandsikkerhed
 - Vær opmærksom på behov for kantbjælker, hvis diagonaler ikke er understøttet på søjler etagevis!



11

STABILISERENDE SYSTEMER

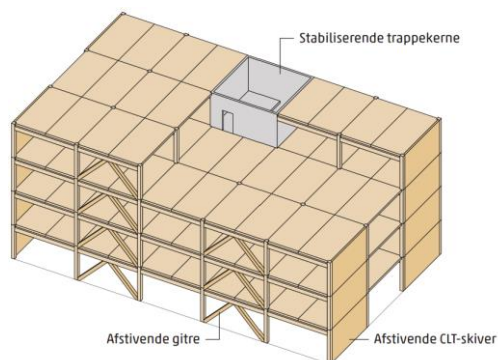
- Trappekerner
 - Opføres typisk i beton ved større byggerier
 - Stor stivhed, som giver god gevinst ift. Materialeforbrug
 - Sikrer ubrændbar flugtvej/indsatsvej



SIDE 12

JEP

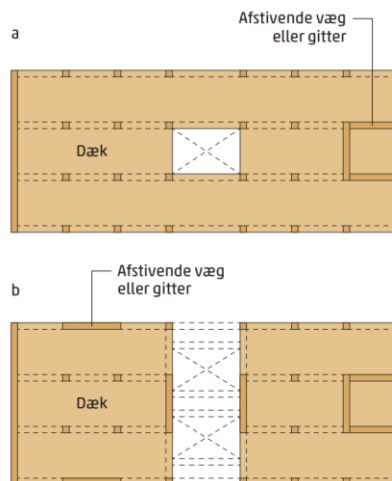
- Kombinationer



12

STABILISERENDE SYSTEMER

- Dækskive
 - Funktion: at fordele last til de stabiliserende vægge
 - Skal være en sammenhængende konstruktion (giver ofte problemer med akustiker, så planlæg blotlagt konstruktioner rettidigt!)
 - Ved store åbninger i dækskiven
 - Overvejelse om der er tilstrækkelig stivhed og styrke i skive
 - Sektioner eventuelt, så hver sektion udgør et stabilt system
 - Tommelfingerregel: sektionering, hvis åbninger er større end 1/3 af skivens bredde eller længde



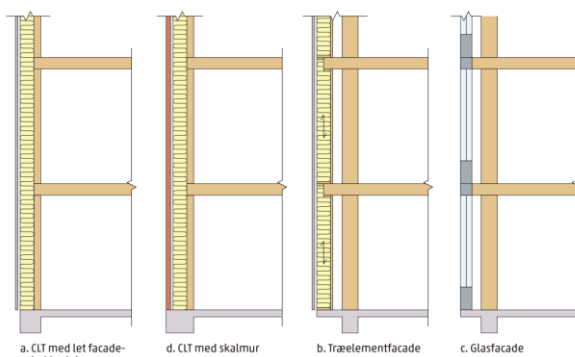
SIDE 13

ææ

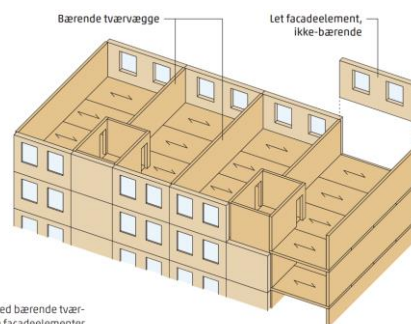
13

FACADER

Principper i TRÆ 68 kan også anvendes til CLT!



Figur KON.9.1 Eksempler på facadesystemer i CLT-byggeri. a. Bærende ydervæg med let facadebeklædning fx træbeklædning, skifer eller metalplader. b. Bærende ydervæg med skalmur. c. Ikke-bærende facader som træelementer med fx træbeklædning, skifer eller metalplader. d. Ikke-bærende facader udført som curtain wall glasfacader.



Figur KON.10. Skivebyggeri med bærende tværskelevægge og ikke-bærende facadeelementer.

N.B.: Eventuelt sekundære søjler eller bjælker i facadelinjer for at modvirke nedbøjninger!

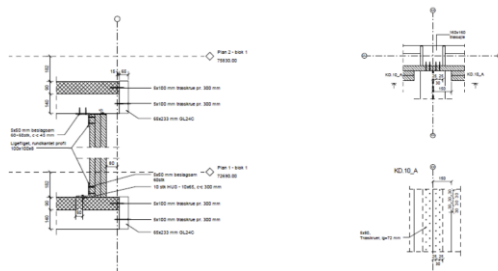
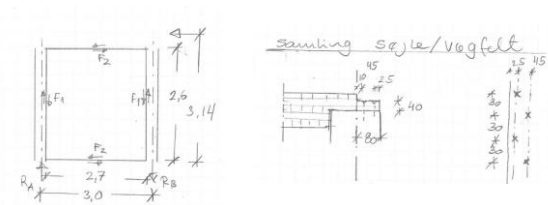
SIDE 14

ææ

14

TRÆBYGGERI I DANMARK

- Lisbjerg bakke
 - Søjle-bjælkessystem
 - Dæk: Træ-beton hybriddek
 - Afstivende system:
 - Trappekerne i beton eller CLT
 - Suppleret med forskydningsfelter i facade



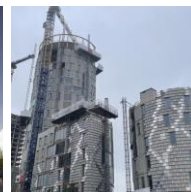
SIDE 15

JEE

15

TRÆBYGGERI I DANMARK

- Woodhub / Lerchesgade
 - ARK: C.F. Møller
 - Areal: ~35.000m²
- TRÆ Århus
 - ARK: Lendager
 - 78m, 20 etager



SIDE 16

JEE

16