

Stora (lim)träkonstruktioner:

Stabilisering

Förband

Prof. Roberto Crocetti

Avd. för konstruktionsteknik

Lunds Universitet, LTH



Metropol Parasol – Sevilla, Spain



<http://www.arcspace.com/features/j-mayer-h-architects/metropol-parasol/>

Function: archaeological site, farmers market, elevated plaza, multiple bars and restaurants

Total floor Area: 12,670 square meters

Height of the building: 28.50 meters

Completed : 2011

Building/Cost: 90 Million Euro

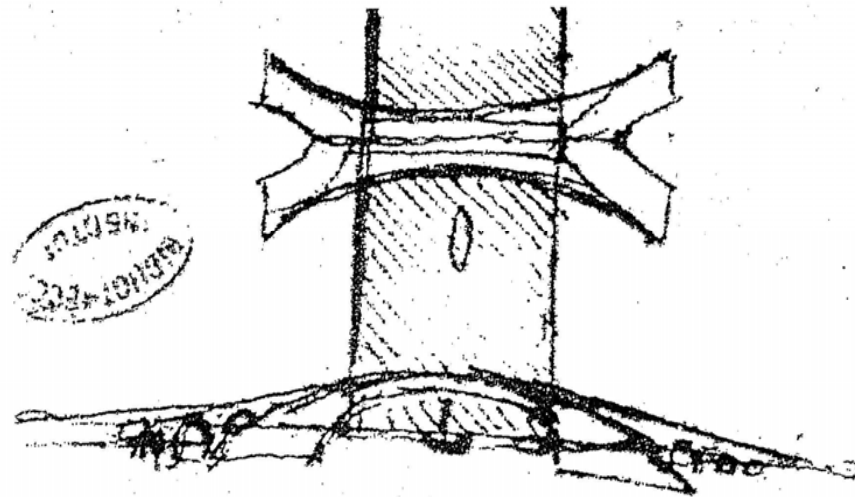




<http://www.arcspace.com/features/j-mayer-h-architects/metropol-parasol/>



Leonardo da Vinci's förslag – år 1502



Leonardo Da Vinci's förslag för en stenbro över Den gyllene horn i Bosporen, Turkiet (spännvidd 240 m)



Leonardobron, Ås, Norge (spännvidd 45m)



Lund University / Roberto Crocetti/

Bild: Moelven Limtre AS



Sandöbron: världens längsta betongbåge, då den byggdes (1939)

Spännvidd ca 250 m



Sandöbron - formställningen (ca 250m fribärande träkonstruktion)



Man kan bygga både långt och högt med trä



Långt



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rhine%E2%80%93Main%E2%80%93DanubeCanal.JPG>



Men, hur långt kan vi bygga egentligen?



Det är kvoten mellan materialets hållfasthet och tunghet:

$$\sigma/\gamma$$

som är avgörande för hur lång en konstruktion kan byggas



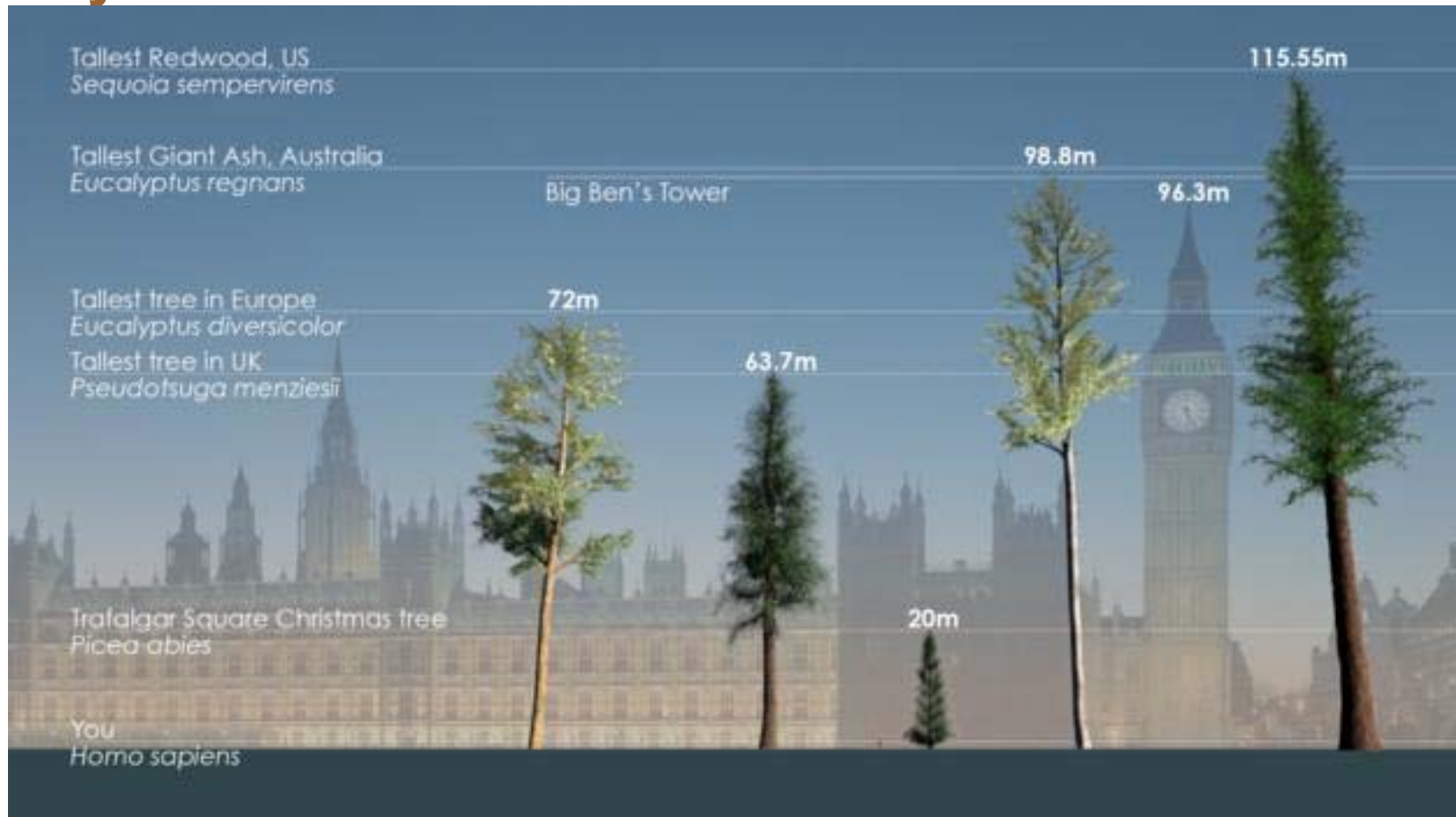
Material	Draghållfasthet σ [N/mm ²]	Tunghet γ [N/mm ³]*10 ⁶	Kvoten σ/γ [mm]*10 ⁻⁶
Stål, S355	355	78	4,5
Limträ GL30c	19,5	4,3	4,5
Betong, C40-50	----	----	----



...och hur högt kan vi bygga då?



Högt: "by nature"



<http://www.bbc.com/earth/story/20141222-the-worlds-new-tallest-tree>



Radiomast i Polen

Högt: "man-made"



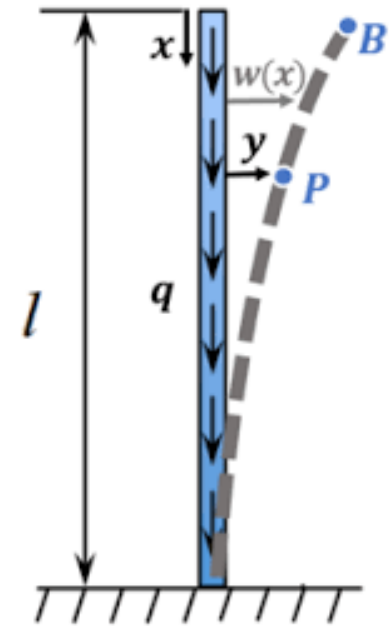
118 m



Kritisk längd av "rund stolpe", när konstruktionen endast bär sin egen vikt

$$L_{cr} \approx 1,25 \cdot \sqrt[3]{\frac{E \cdot r^2}{\gamma}}$$

E: stolpens E-modul
r: stolpens radie
 γ : stolpens tunghet



Exempel: Kritisk längd för en "stolpe" med diameter $d=300$ mm

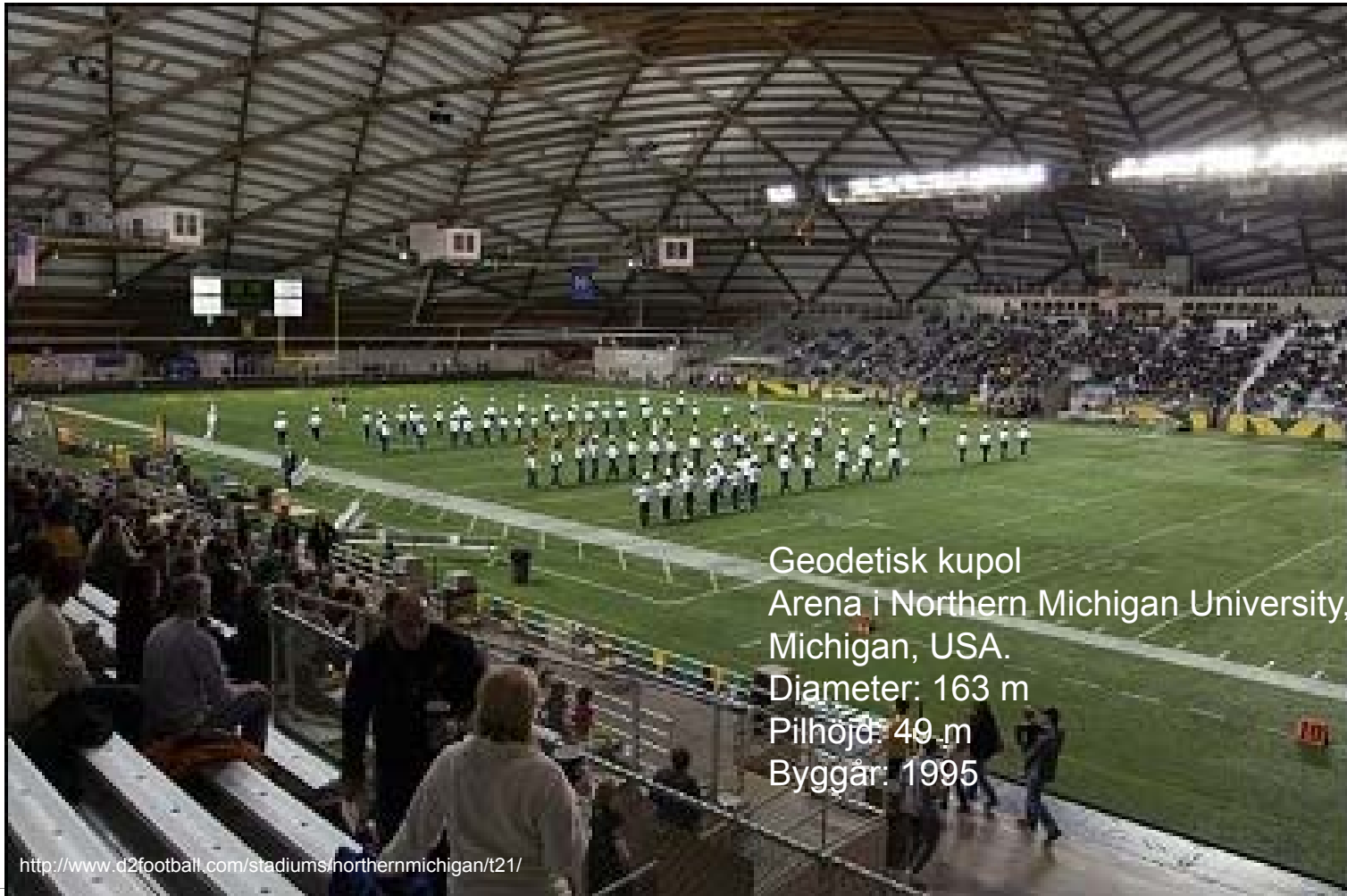
Material	E-modul [MPa]	Tunghet [kN/m ³]	Kritisk längd [m]
Stål, S355	210000	78	49
Limträ GL30c	13000	4,3	51
Betong, C40-50 (armerad)	35000	25	35



Det innebär att trä är ett material som lämpar sig för att bygga både långt och högt



Världens största träkupa: "Superior Dome"

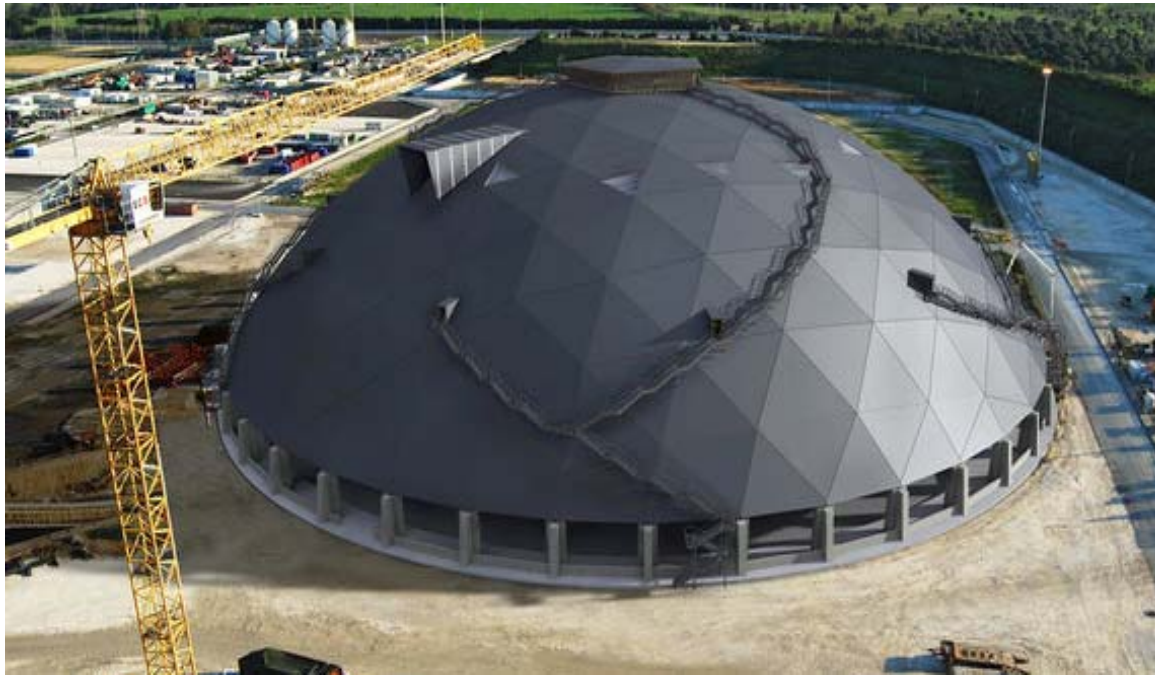


Geodetisk kupol
Arena i Northern Michigan University,
Michigan, USA.
Diameter: 163 m
Pilhöjd: 49 m
Byggår: 1995

<http://www.d2football.com/stadiums/northernmichigan/t21/>



Europas största träkupoler: kollager i Brindisi - Italien



Diameter: 143 m
Pilhöjd: 43 m
Byggår: 2014



Courtesy: Rubner Holzbau



Äntligen till dagens diskussion:

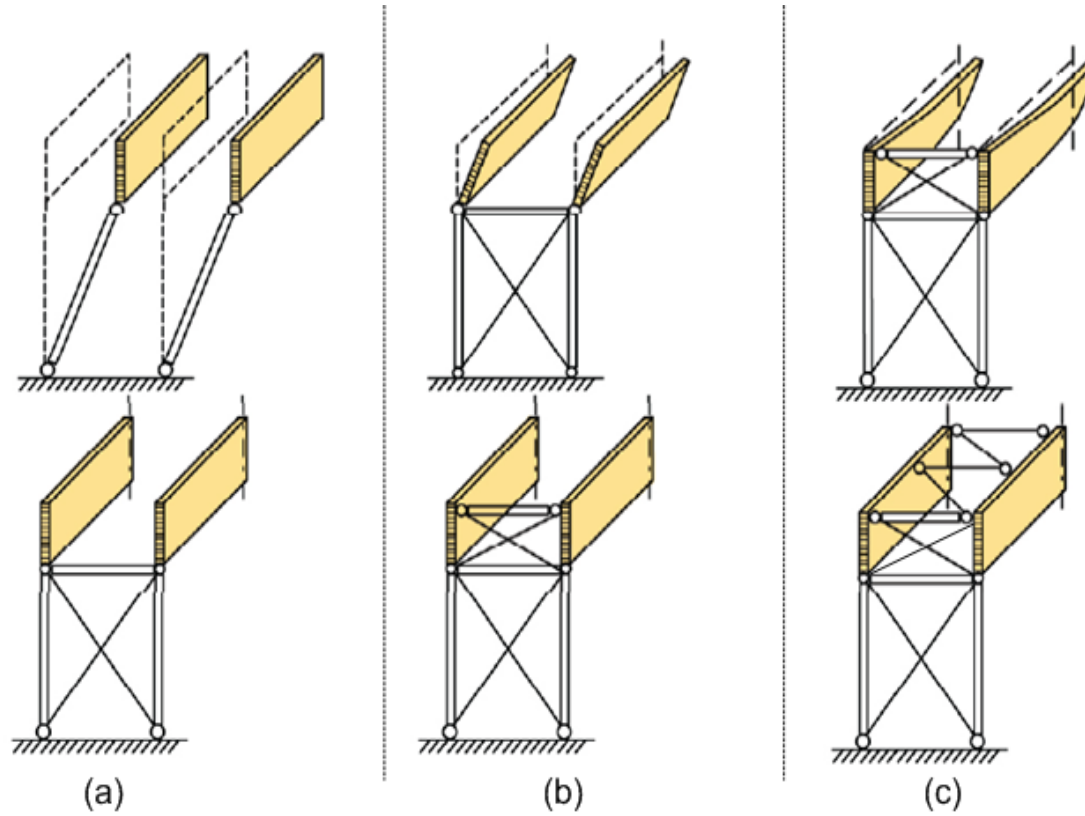
- Stabilisering
- Förbandsteknik



Stabilisering av (stora) limträkonstruktioner



Globalstabilisering - principiösning



Stabilisering under monteringsfasen



<http://www2.worksafebc.com/i/posters/1999/ha9913.html>



Ofta sker haverier under monteringsfasen

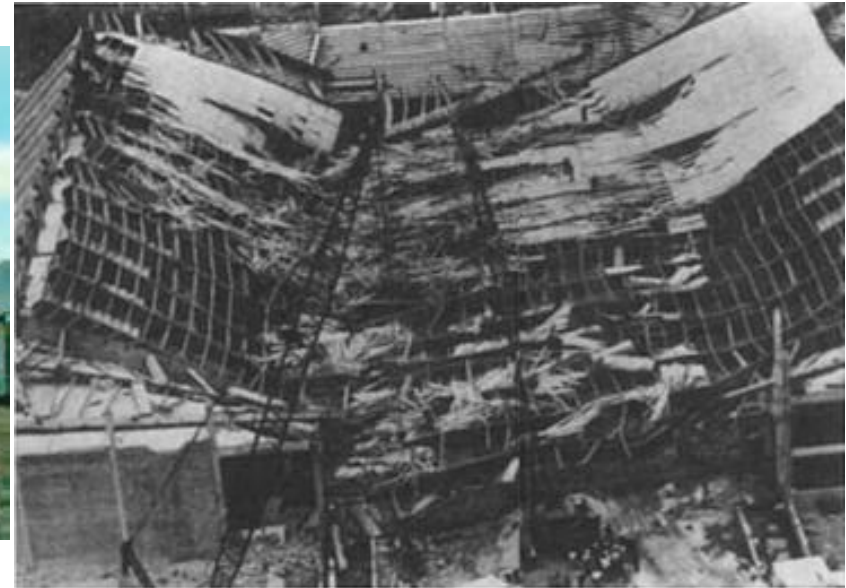
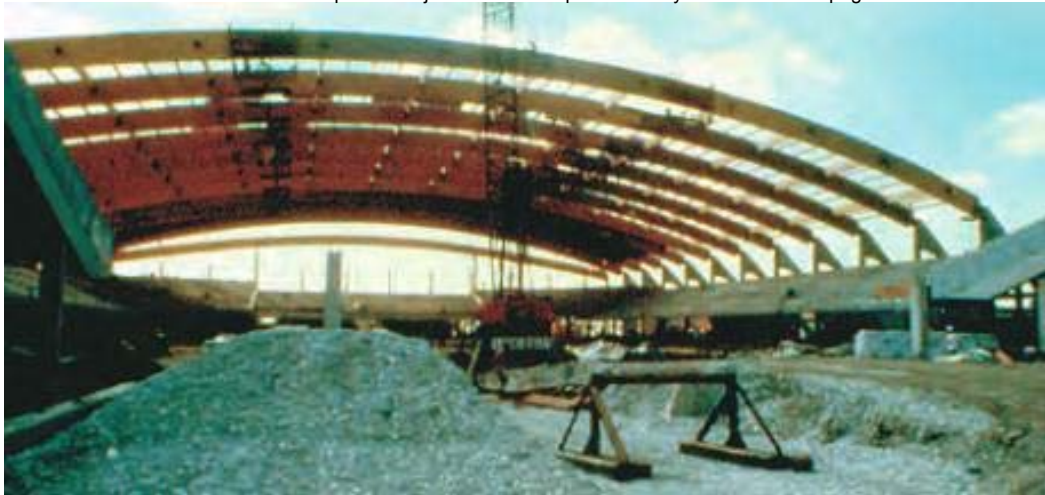


Lund University



Rosemont Horizon Stadium,

<http://www.wje.com/assets/flipbook/history/files/assets/seo/page57.html>



<https://failures.wikispaces.com/Rosemont+Horizon+Arena>

Var: nära Chicago, USA

När: 1979

Konstruktion: Bågar, ca 90 m spännvidd

(17 arbetare dog vid kollapsen)

Orsak: dålig stabilisering under monteringsfasen

Lund University / Roberto Crocetti/2012

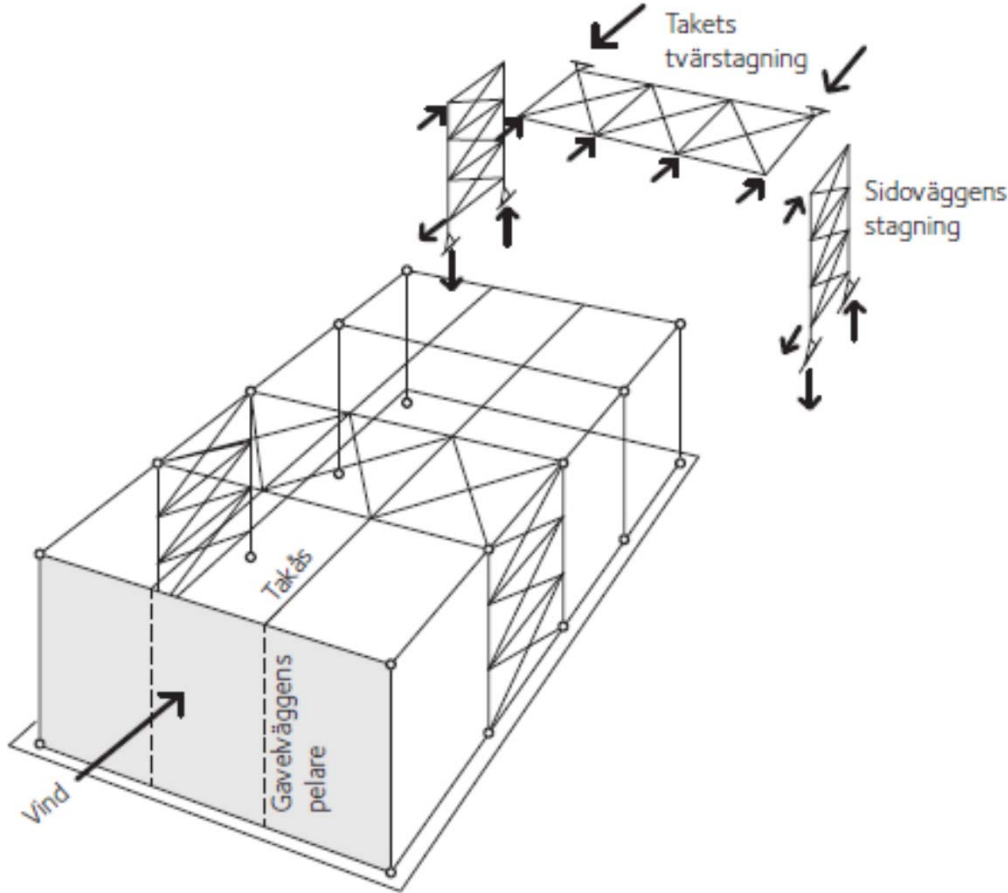


Stabiliseringssystemets huvuduppgifter

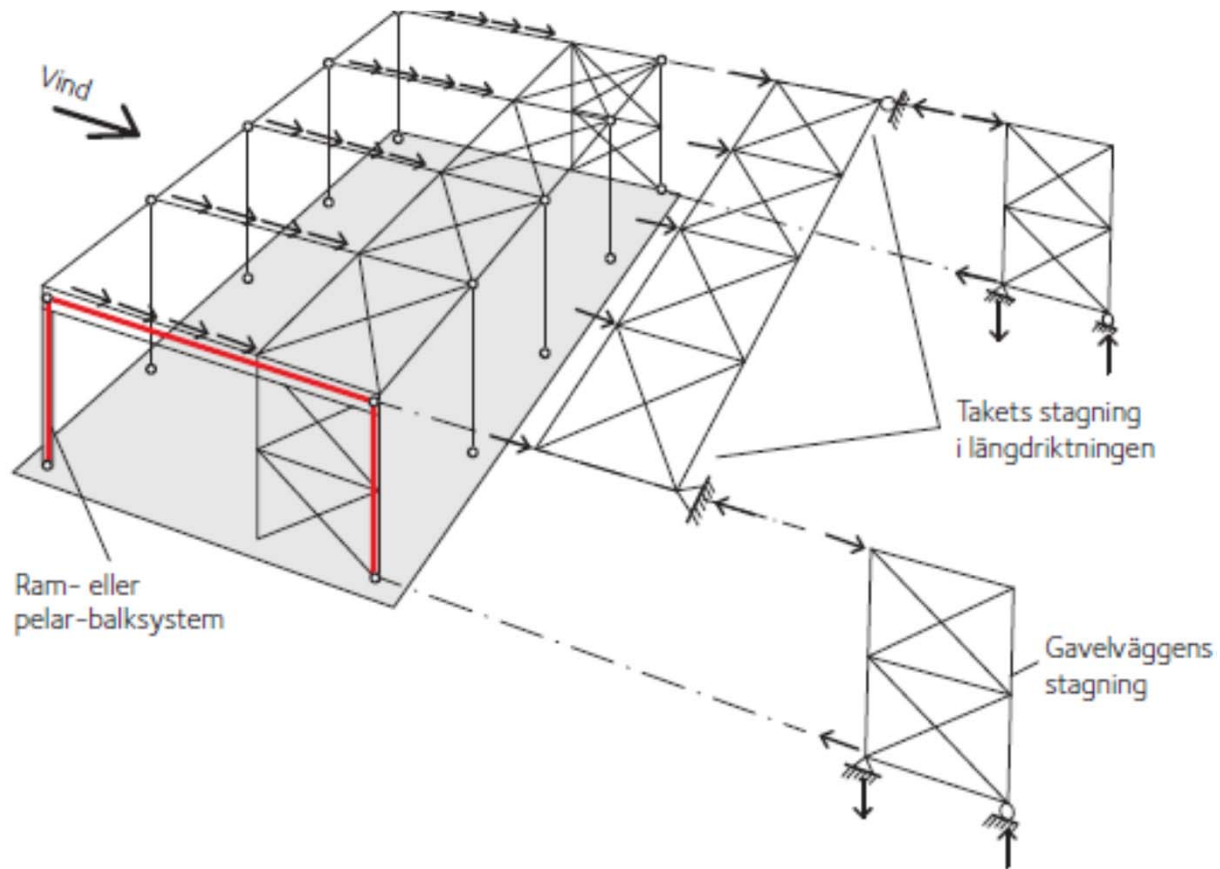
- Ta hand om horisontella laster, t.ex. vindlaster och imperfektionslaster
- Förhindra instabilitet (d.v.s. förhindra knäckning eller vippning)



Lastöverföring av horisontallast vinkelrätt mot gavelväggen



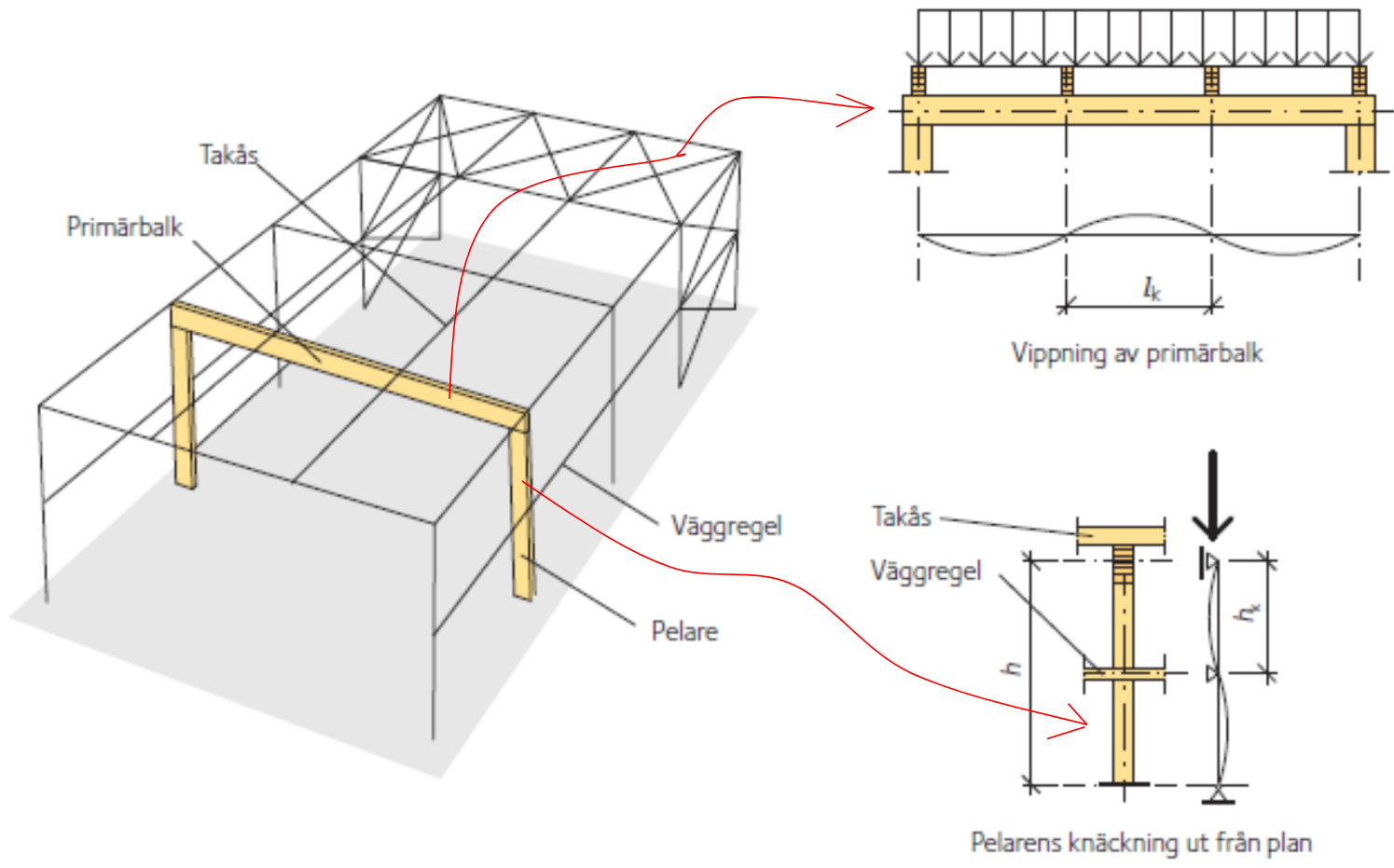
Lastöverföring av horisontallast vinkelrätt mot långsidan



I de visade fallen så tjänar stabiliseringssystemet till både:

- Överföring av horisontallaster till grunden
- Stabilisering mot knäckning/vippning



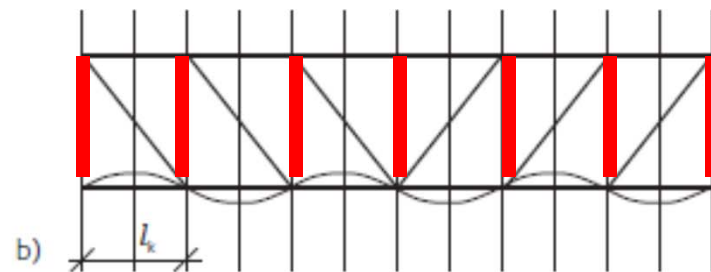
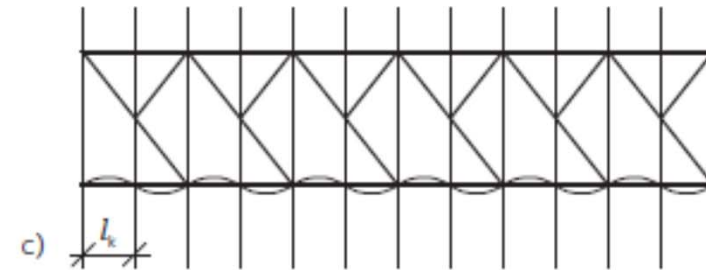
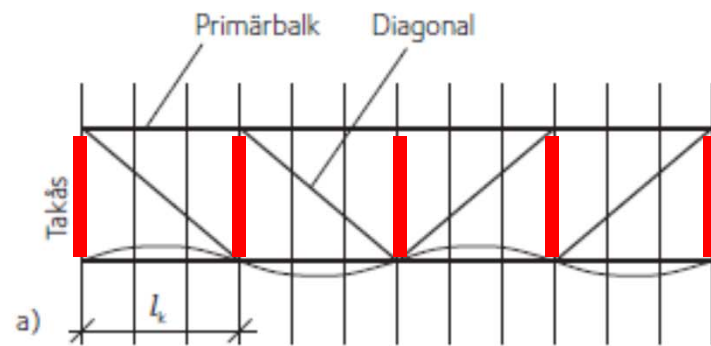


Man ska dock inte glömma att:

- 1) inte alla sekundära element kan räknas som "stabiliserande"
- 2) att det kan finnas situationer där man behöver extra stabiliserande element för att förhindra knäckning/vippning

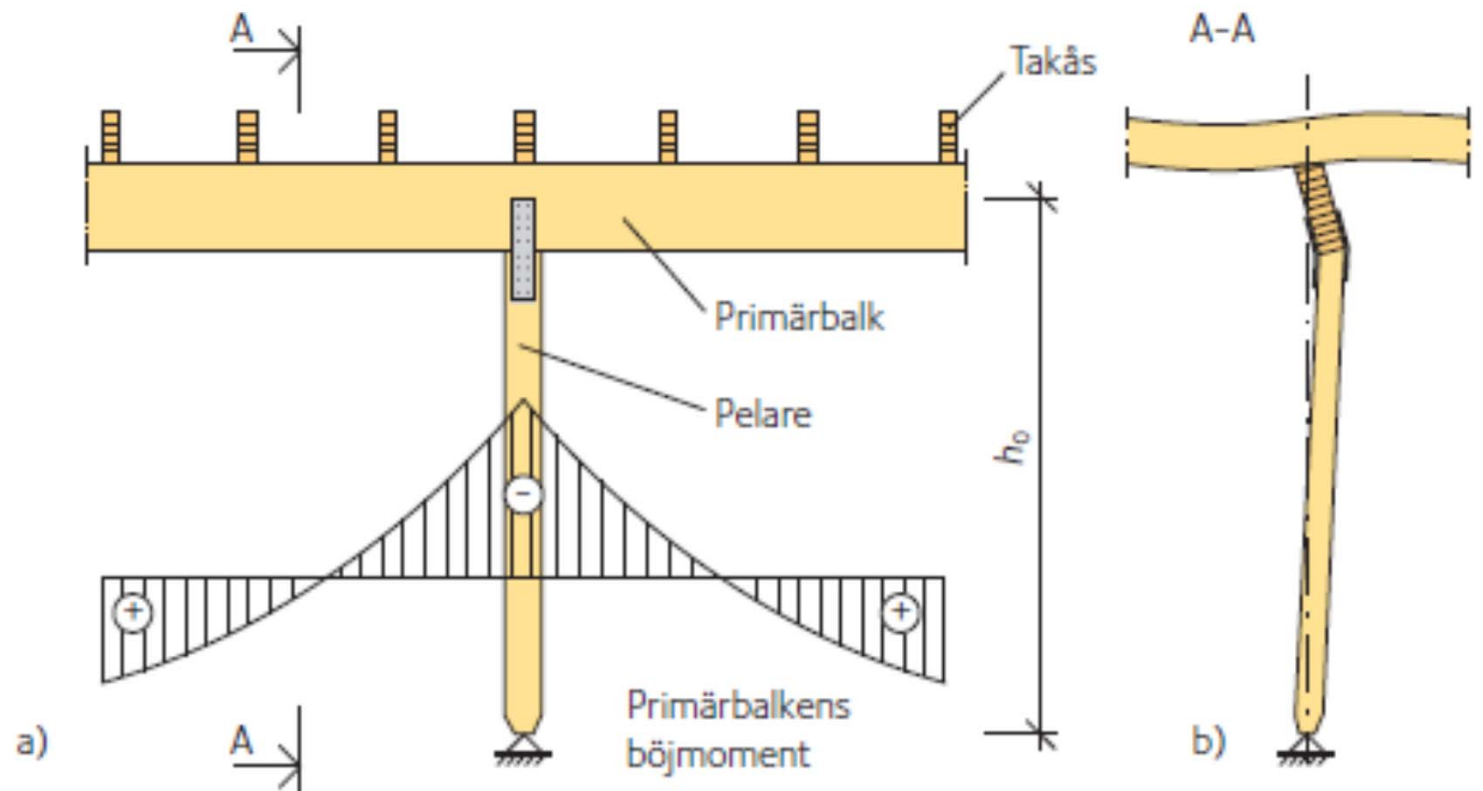


...1) inte alla sekundära element kan räknas som "stabiliserande"



2) ...att det kan finnas situationer där man behöver extra stabiliserande element för att förhindra knäckning/vippning

- Situation 1



Rosvallahallen, kollapsade under snöintern 2010

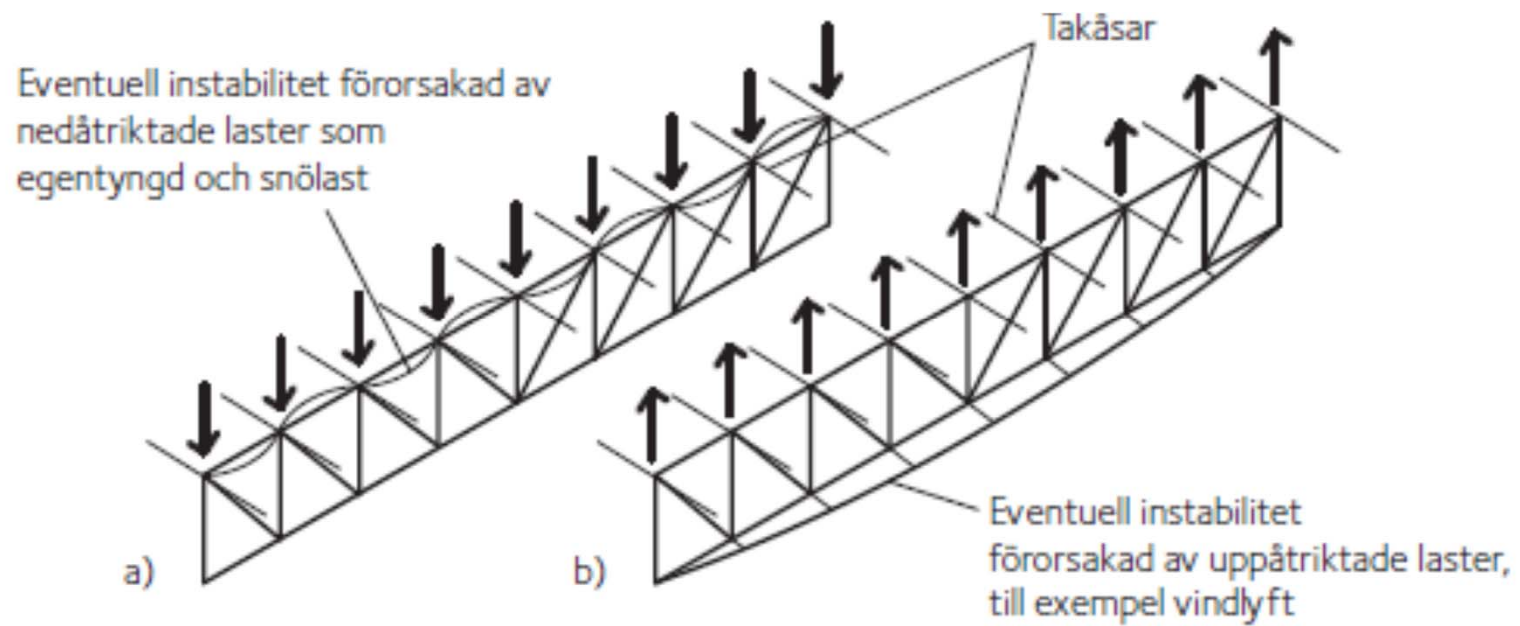


Kontinuerliga (Gerberskarvade)
huvudbalkar



2) ...att det kan finnas situationer där man behöver extra stabiliserande element för att förhindra knäckning/vippning

Situation 2



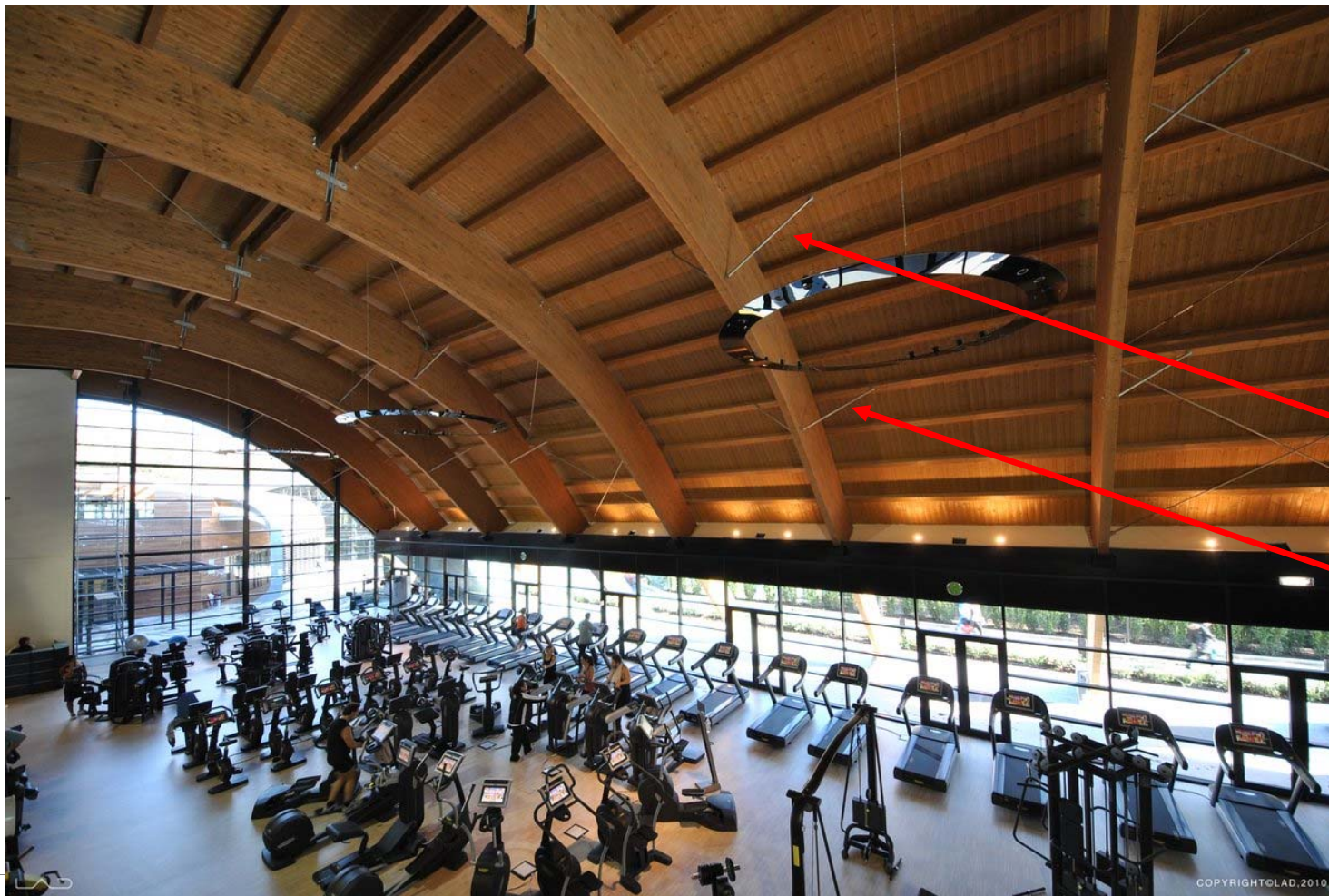
Stagning av trycksidan vid bågkonstruktioner



Lund University / Roberto Crocetti/



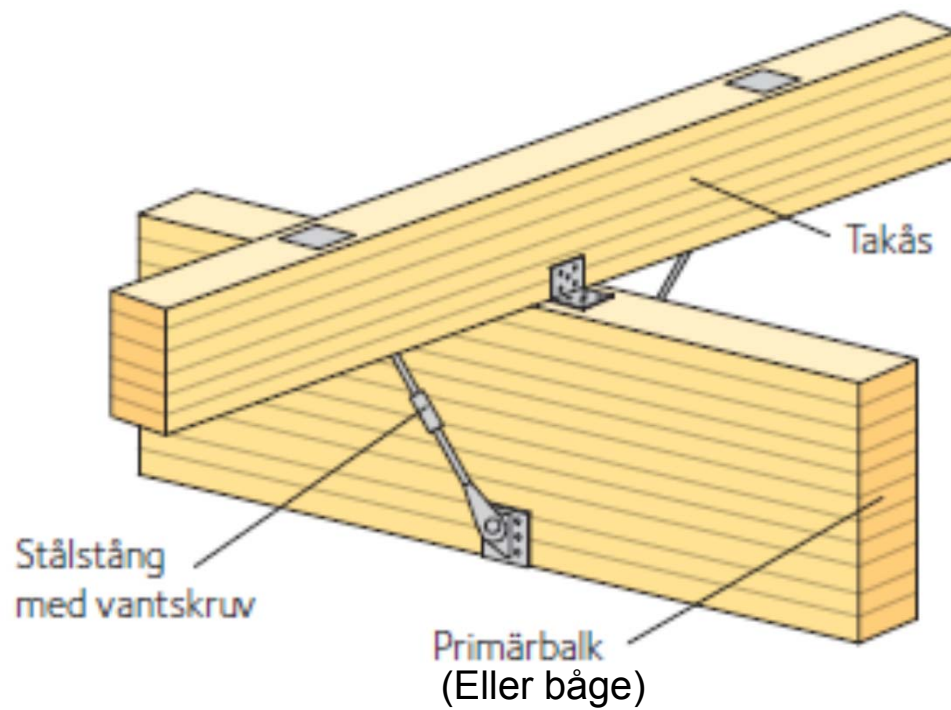
Stagning av trycksidan vid bågkonstruktioner



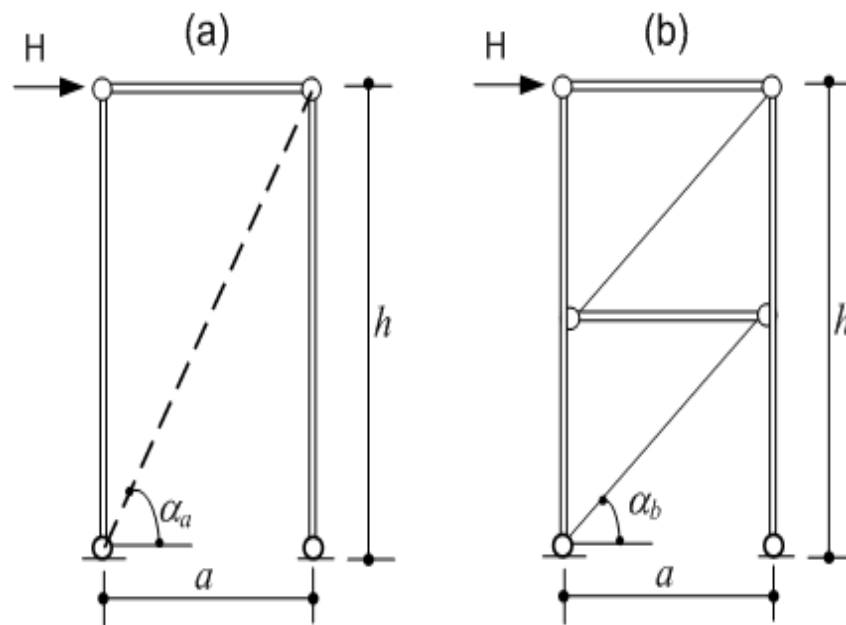
Lund University / Roberto Crocetti/



Metod för stagning av balks/båges trycksida



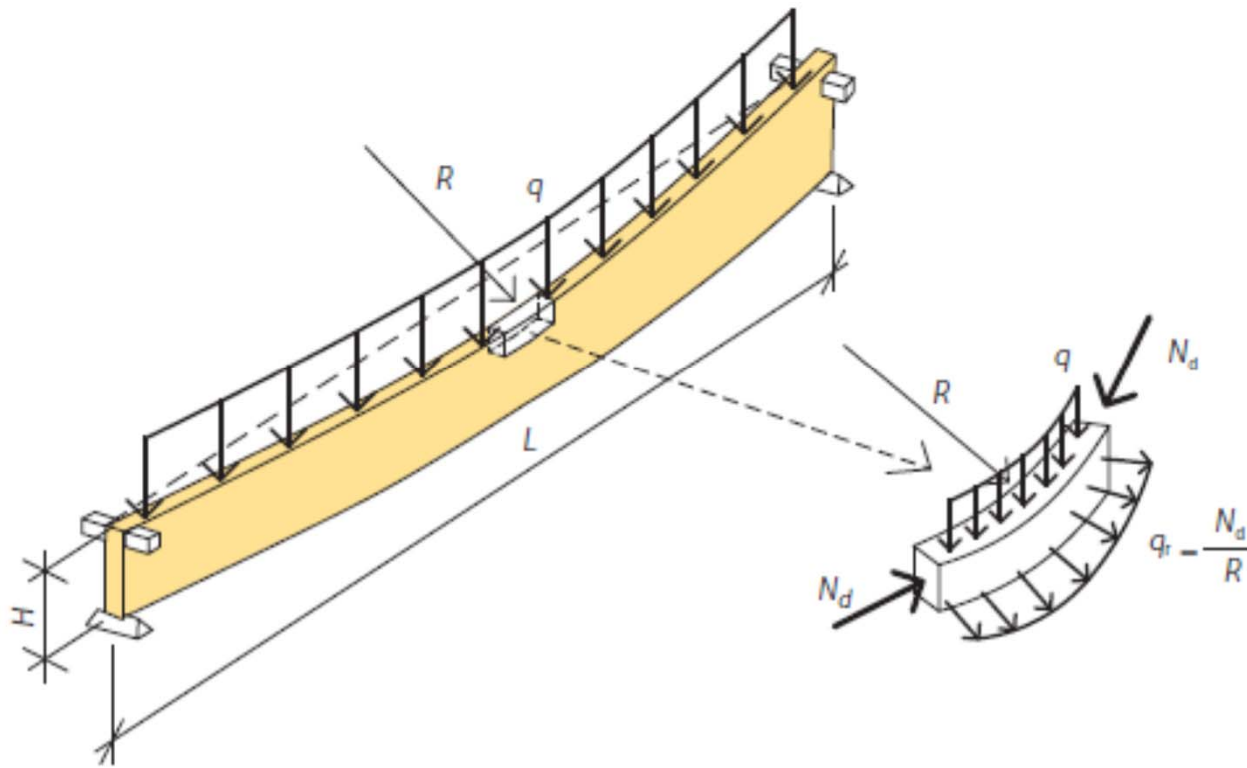
Diagonalstagens lutning



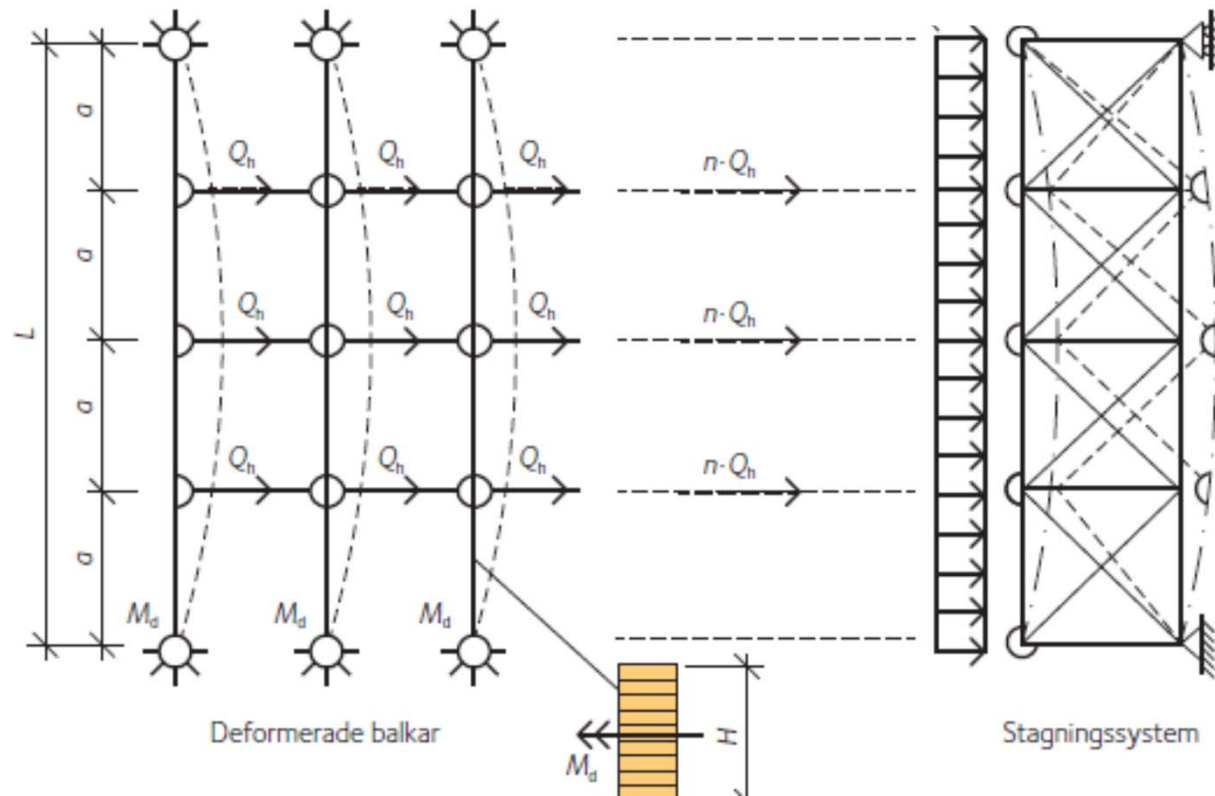
$$k_{br} = \frac{E_s \cdot A_{br} \cdot \cos^3 \alpha}{a}$$



Laster förorsakade av imperfektioner



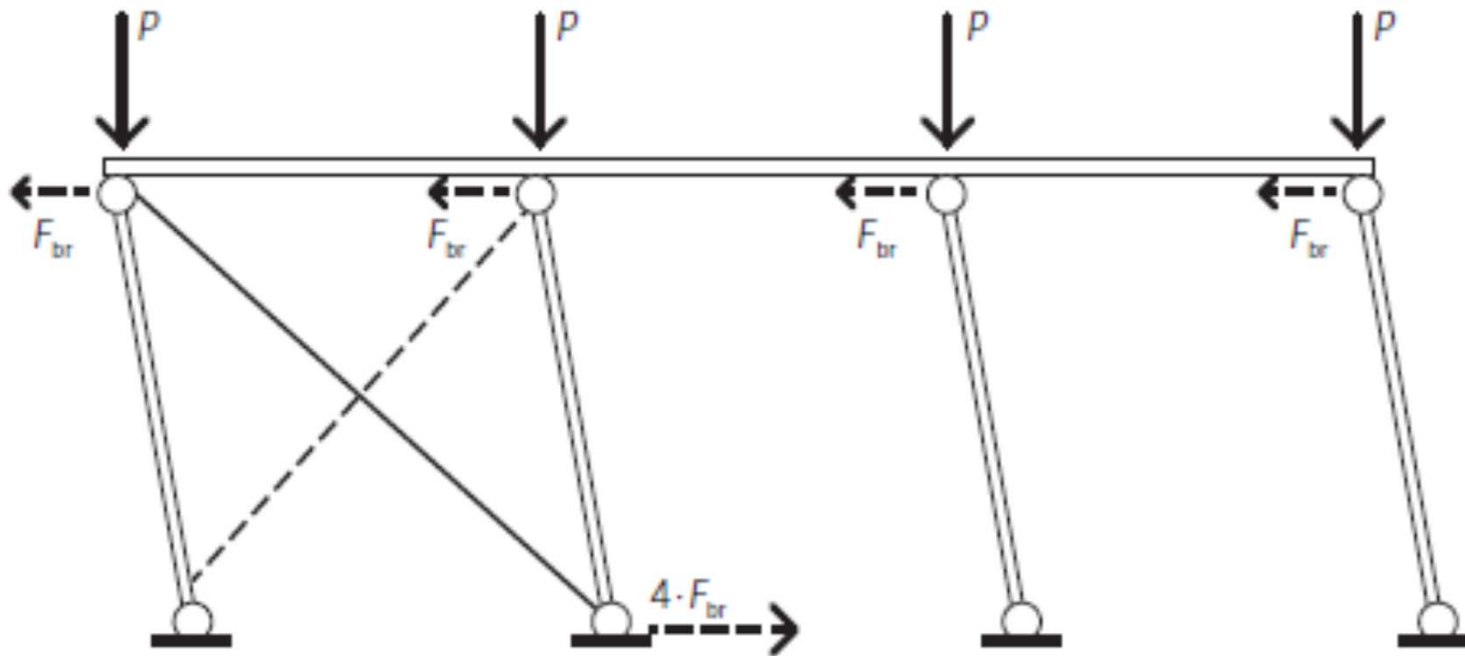
Laster förorsakade av imperfektioner



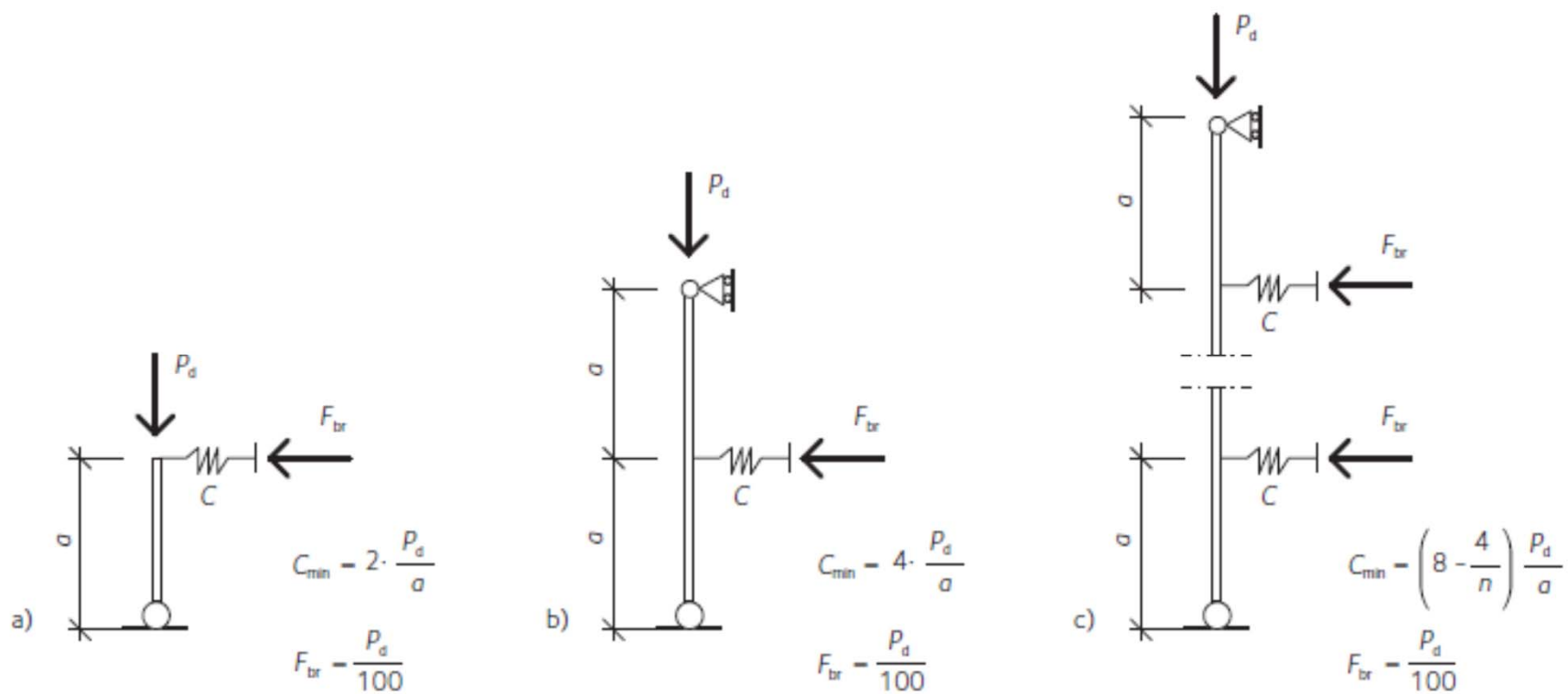
Imperfektionslaster
adderas till vindlaster!



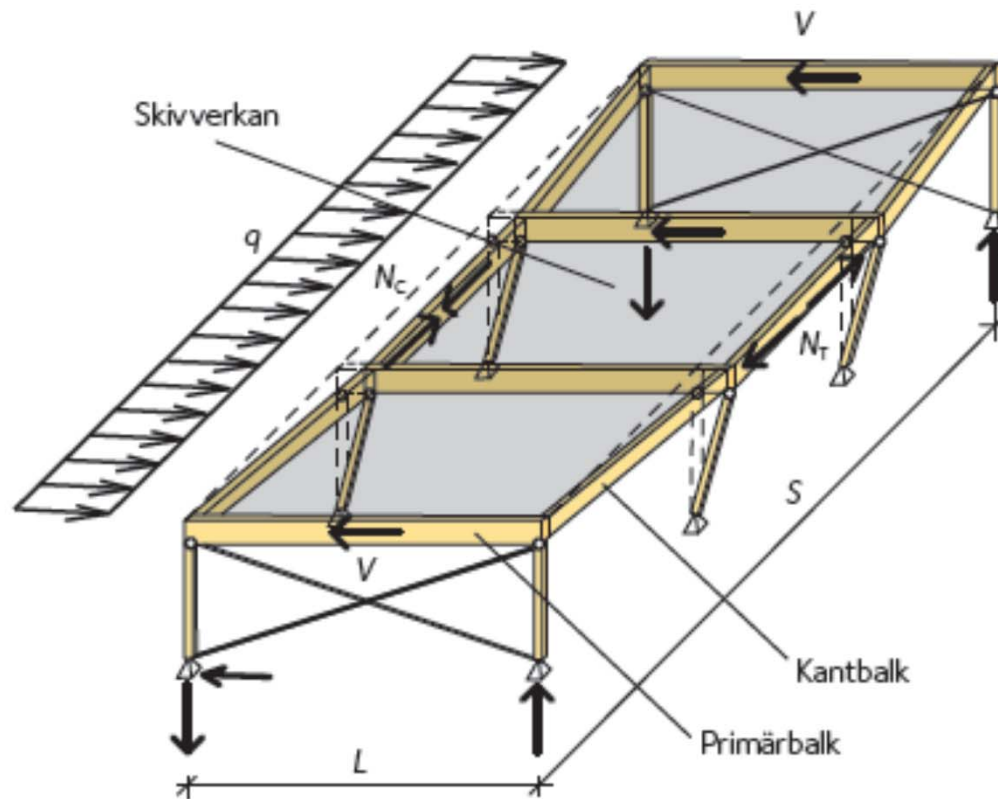
Styvhetskrav på stabiliseringssystemet



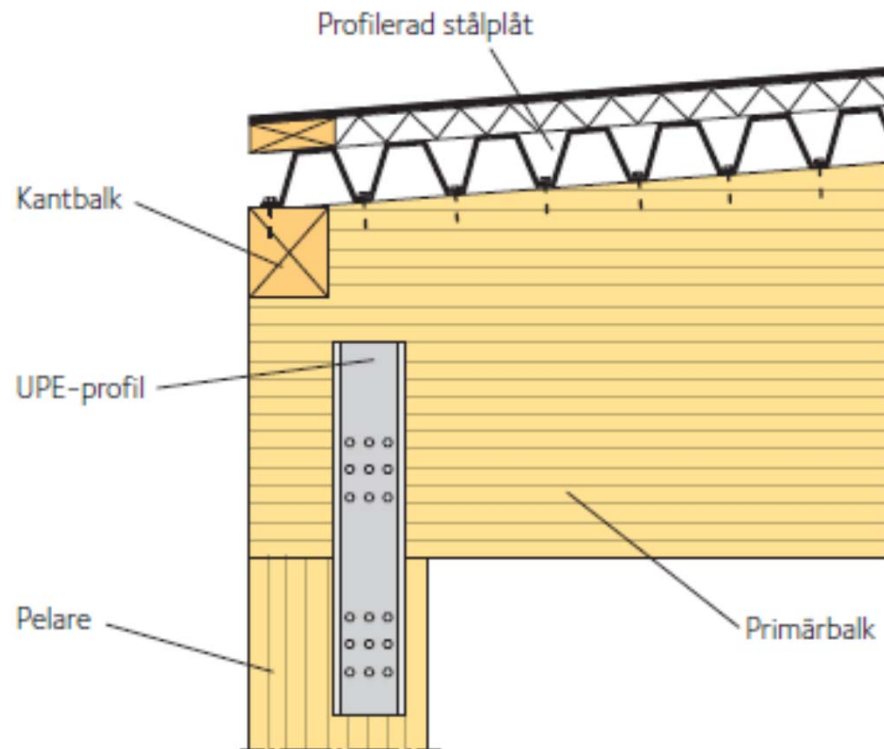
Styvhetskrav på stabiliseringssystemet



Stabilisering genom skivverkan



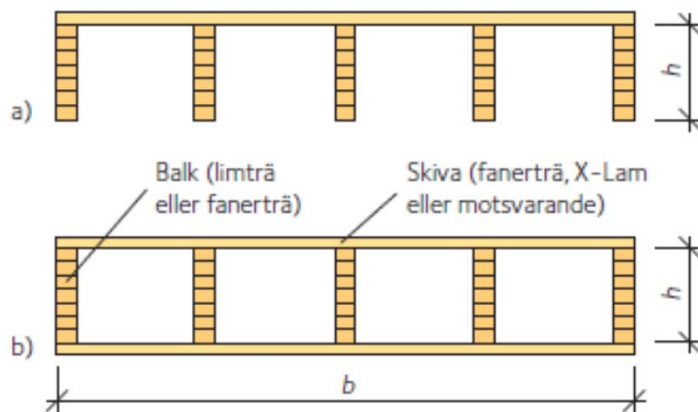
Stabilisering genom skivverkan



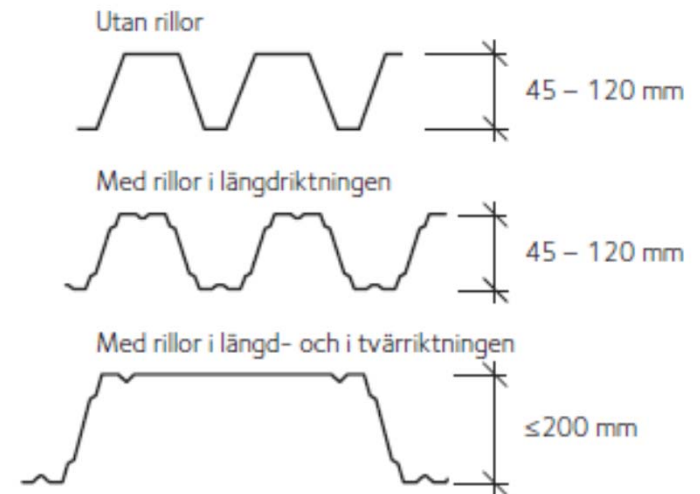
Figur 13.34 Exempel på förband mellan profilerad stålplåt och primärbalk.



Stabilisering genom skivverkan



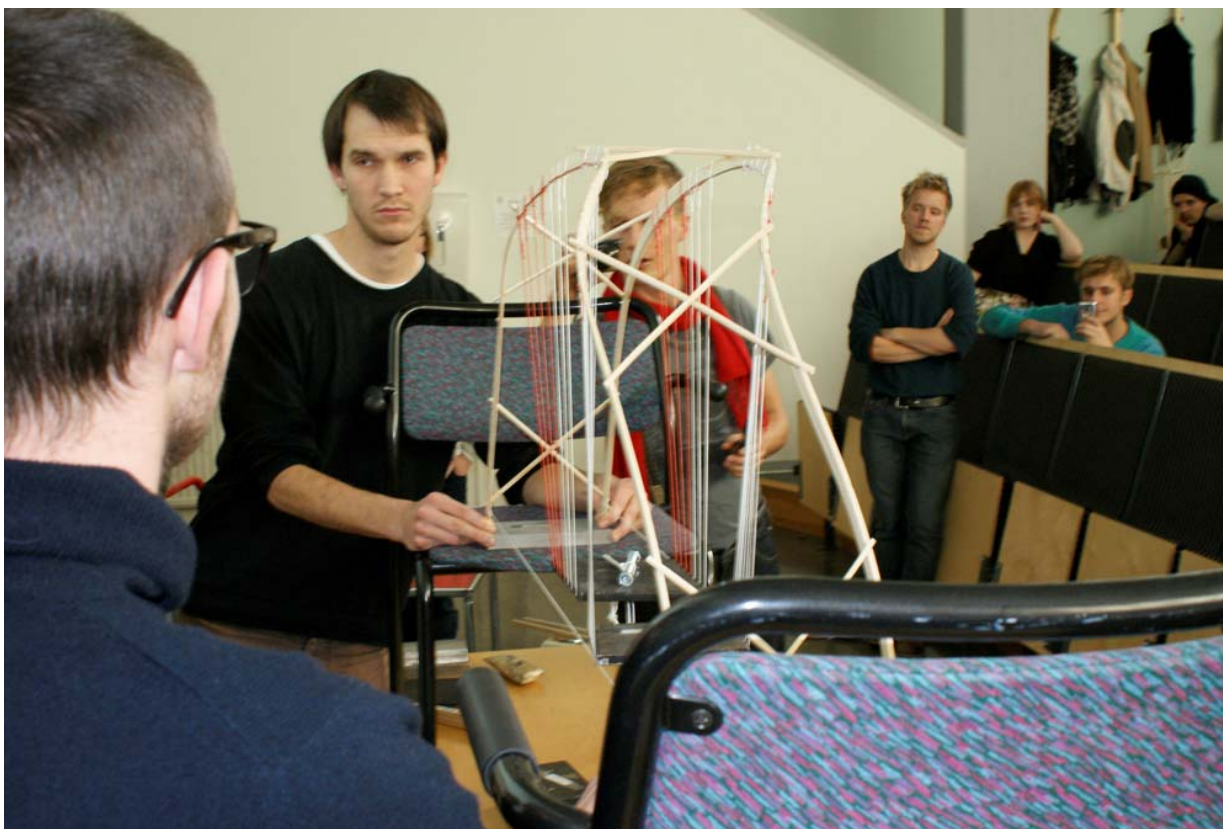
Figur 13.30 Typiska tvärsnitt för taksystem av trä.
a) Öppet tvärsnitt,
b) lådtvärsnitt.



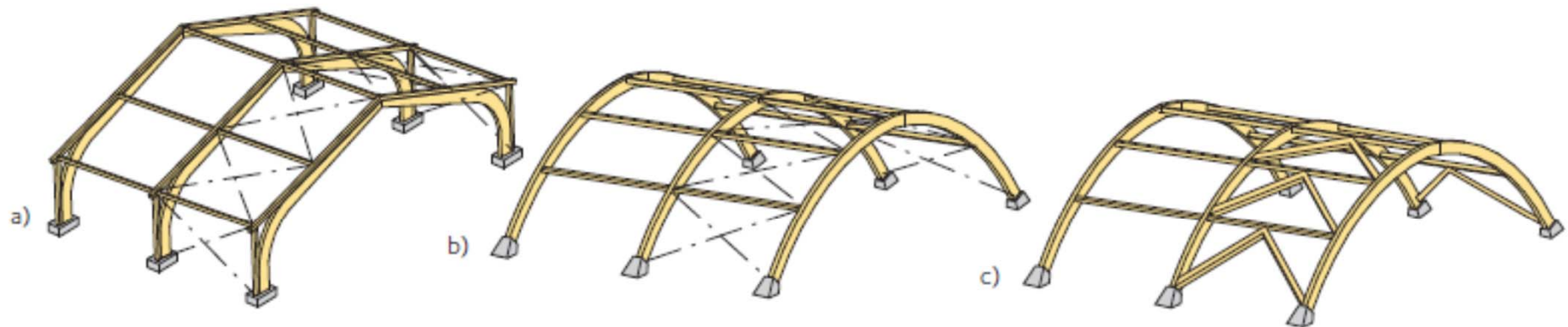
Figur 13.31 Typiska tvärsnitt för profilerad stålplåt.



Stabilisering av bågar och ramar



Stabilisering av bågar och ramar

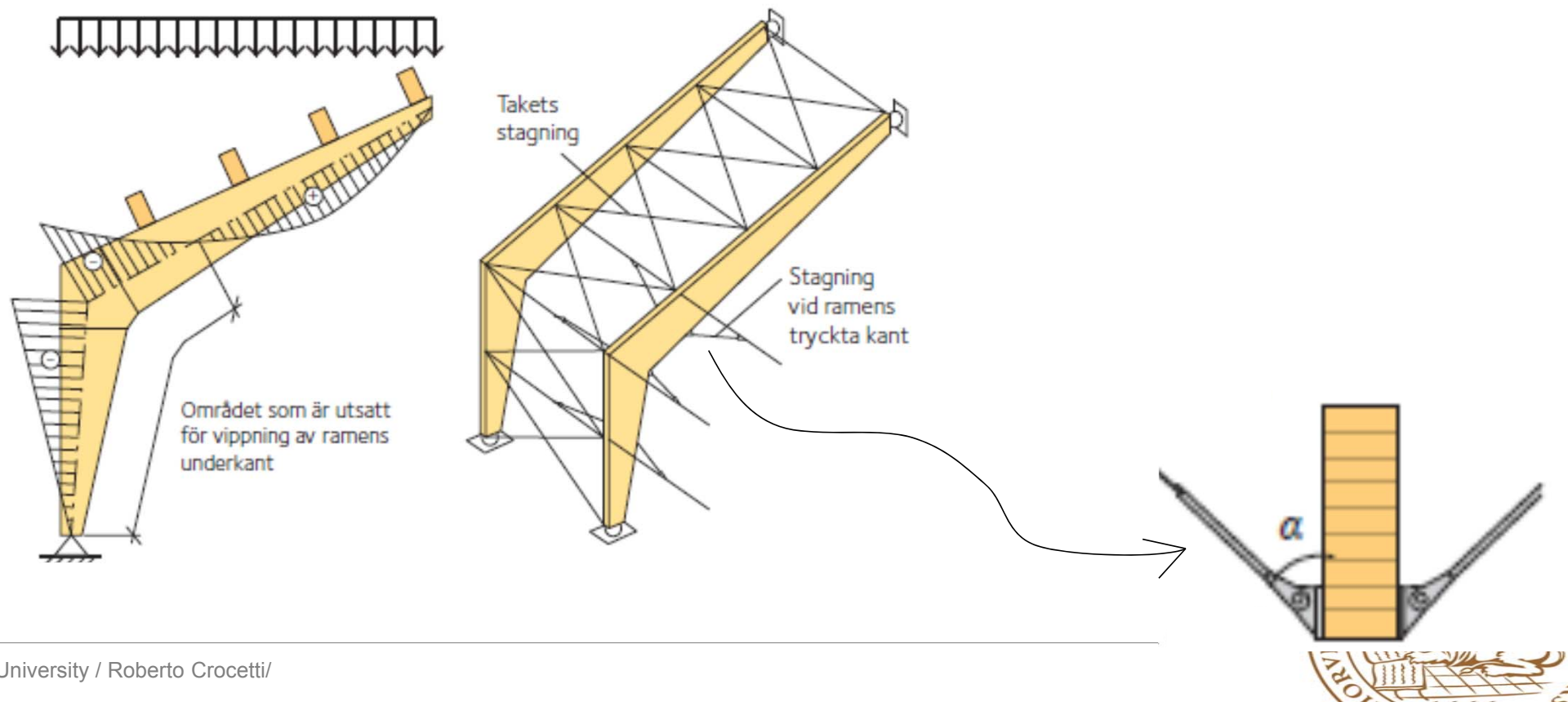


Figur 13.35 Exempel på stagning av ramar och bågar.

- a) Stagning med stålstänger,
- b) stagning med stålstänger,
- c) stagning med trädiagonaler.



Stabilisering av bågar och ramar: beakta vippning!



Stabilisering av bågbroar medelst vindkryss



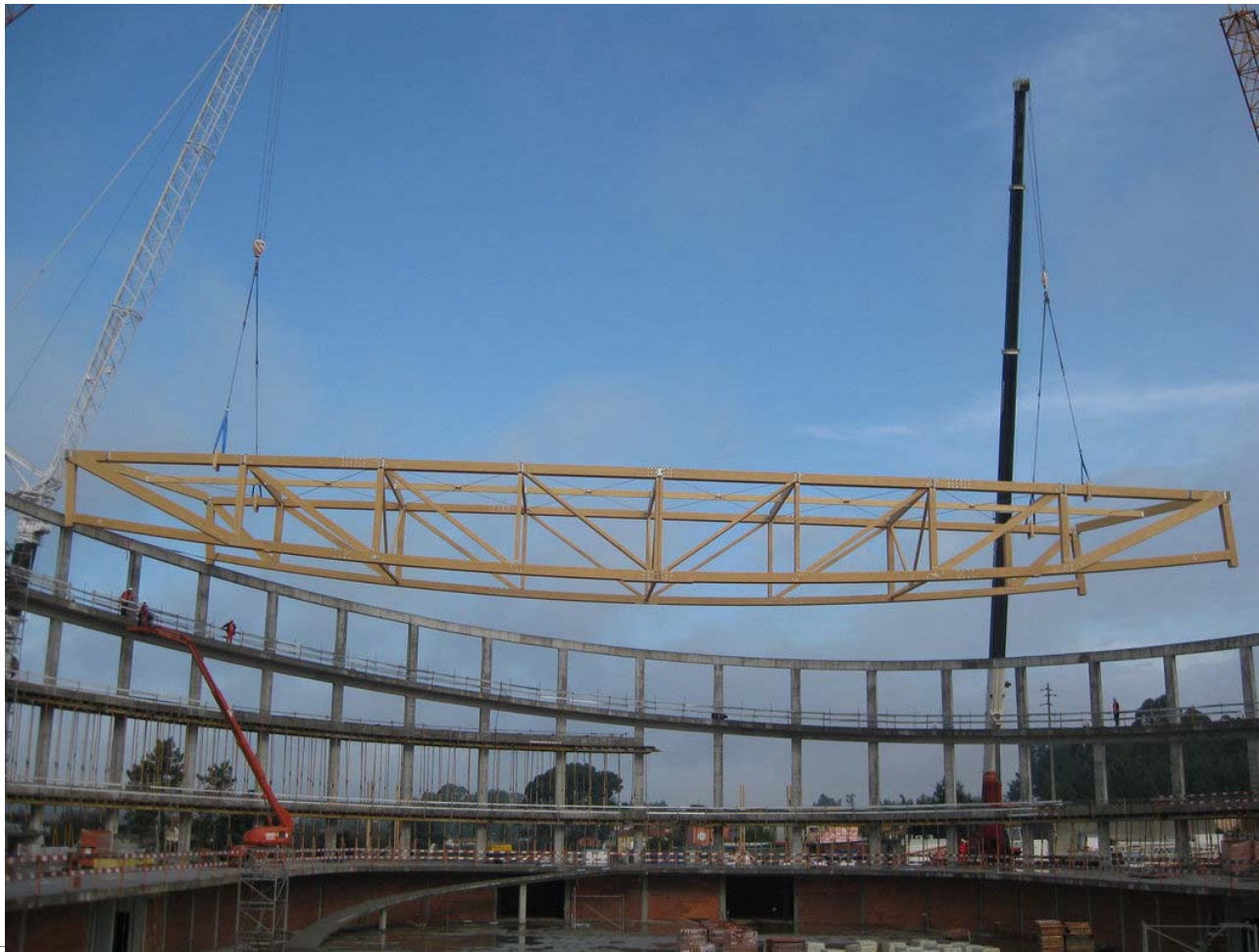
Stabilisering av bågbroar medelst styva ramar



Lund University / Roberto Crocetti/



Stabilisering under monteringsfasen



Lund University / Roberto Crocetti/



Stabilisering under monteringsfasen



Träförband

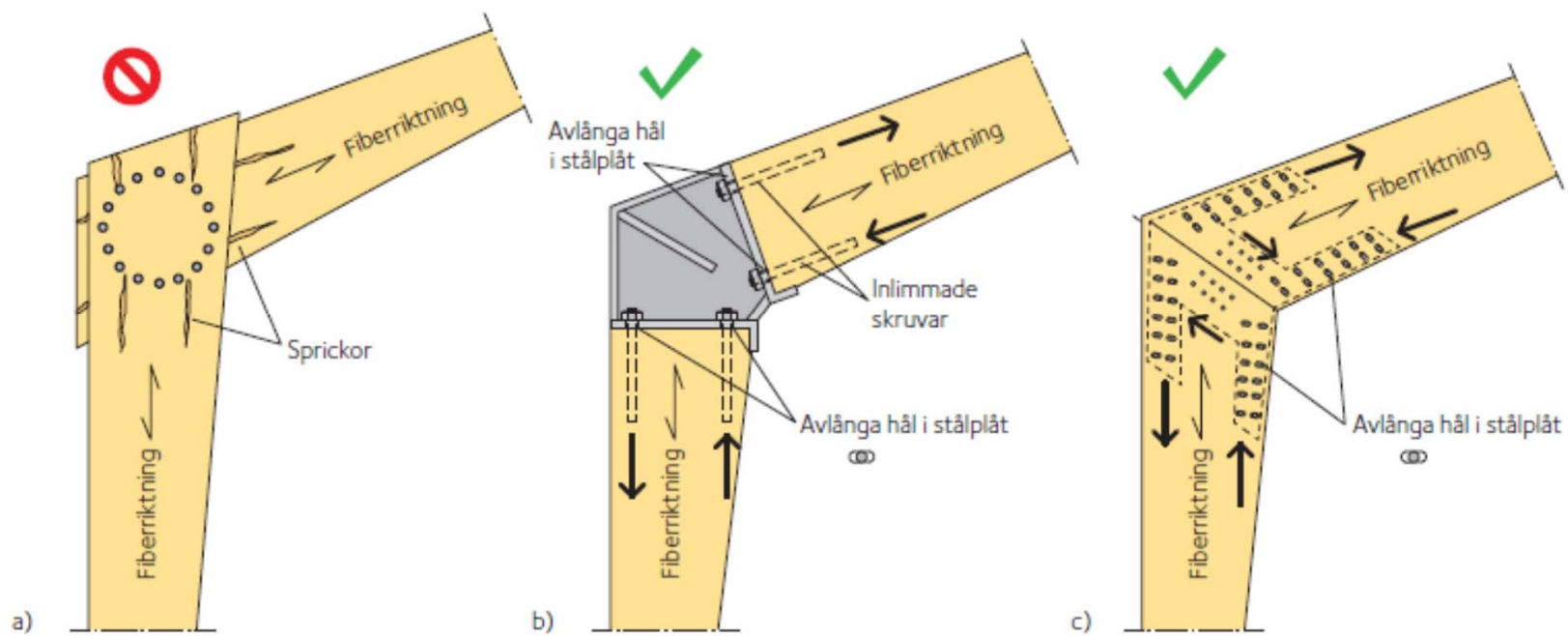


Regel nr. 1

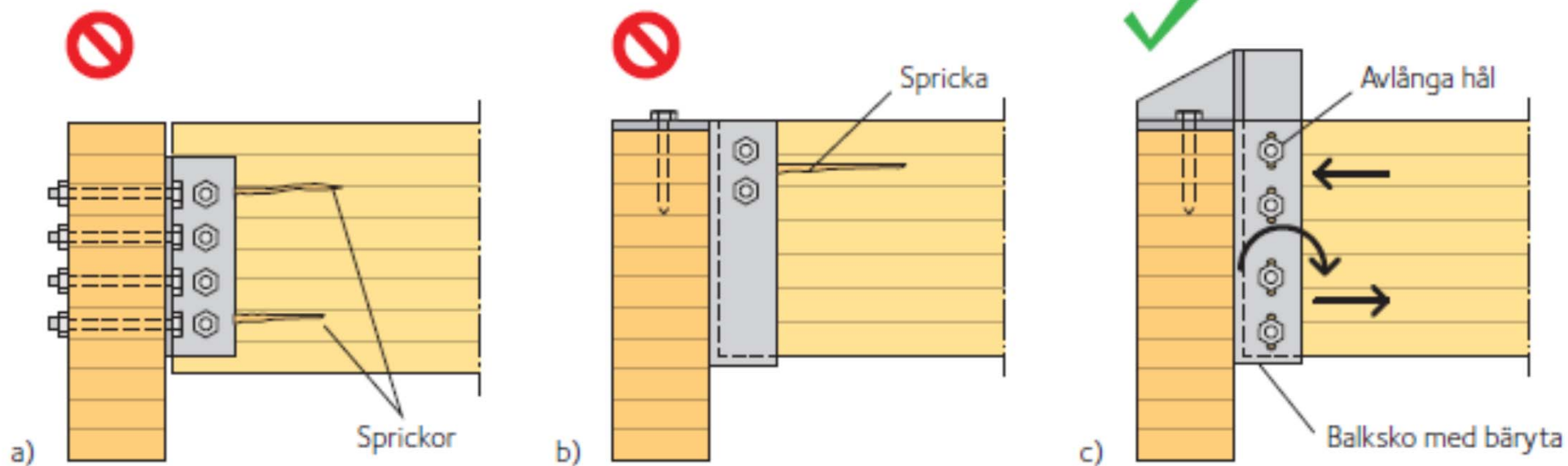
- Kom ihåg att trä är ett levande material (läs: trä rör sig)



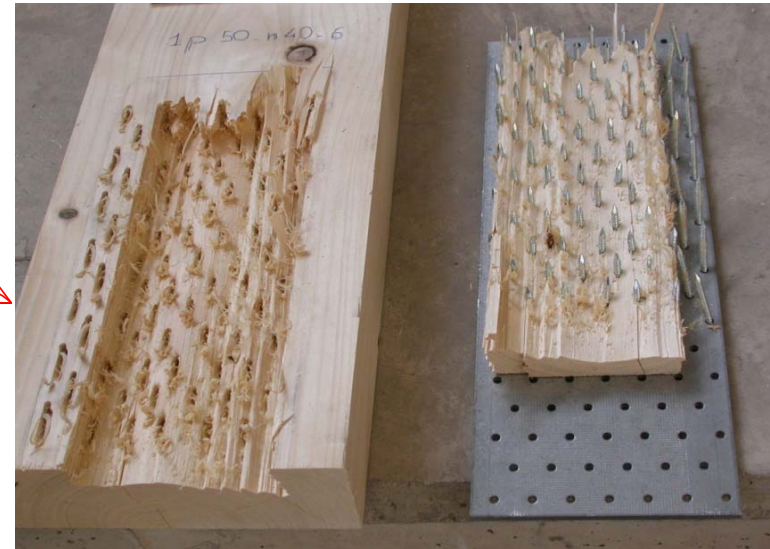
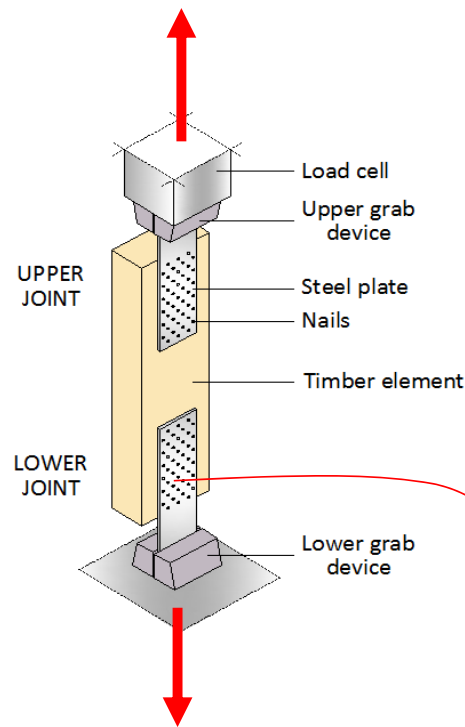
Fuktrörelser: ramhörn



Fuktrörelser: balk-pelars infästning



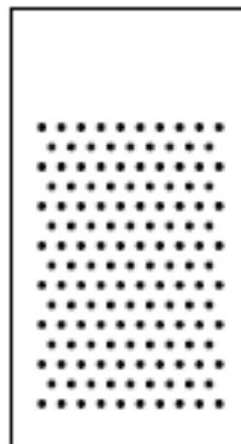
Regel nr. 2: undvik förband med alldeles för många fästdon med litet centrumavstånd



Samma area, olik spikningstäthet

Helena Johnsson: Plug Shear Failure in Nailed Timber Connections, PhD thesis, Luleå Univ. of Technology

143 spikar

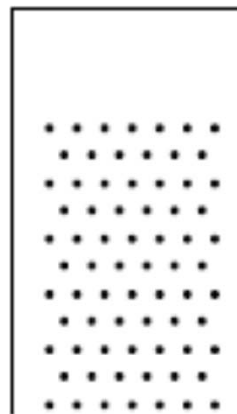


RECTL

$R_{\text{mean}} = 161 \text{ kN}$

$7d/3.5d$
Reference joint, tested with different thickness of timber.

72 spikar



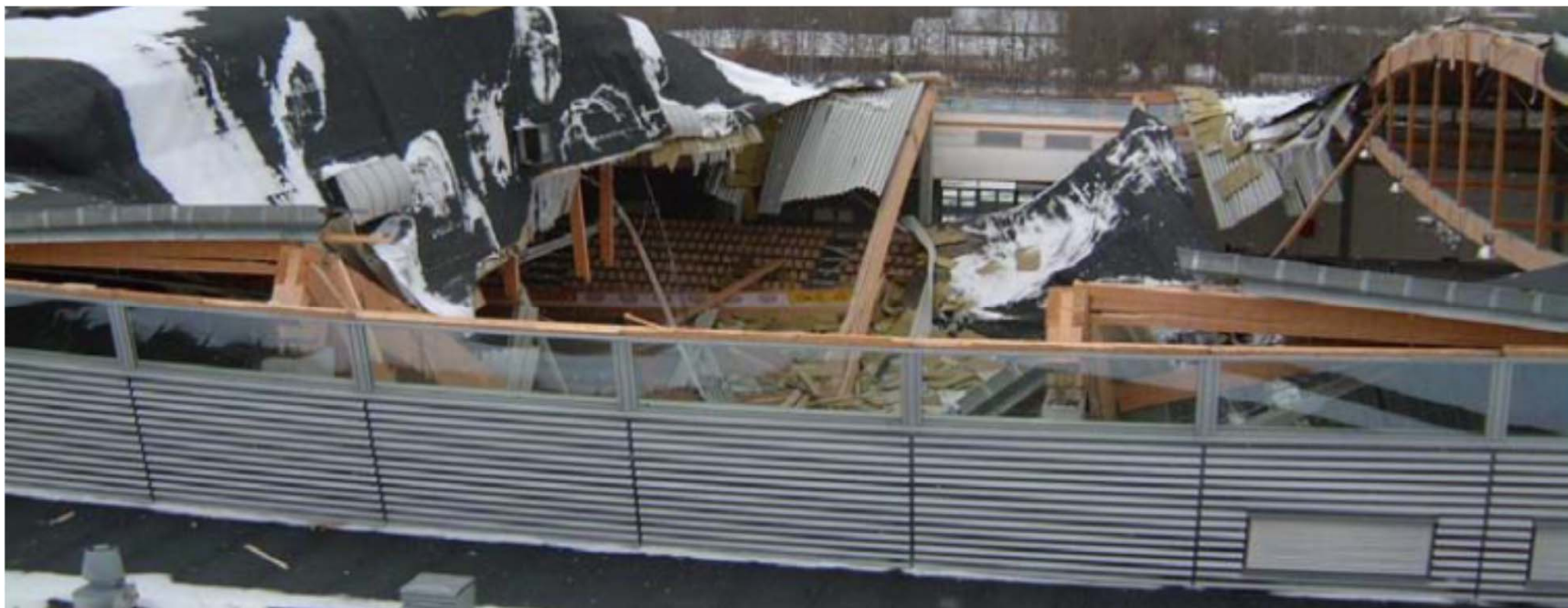
NORML

$R_{\text{mean}} = 178 \text{ kN}$

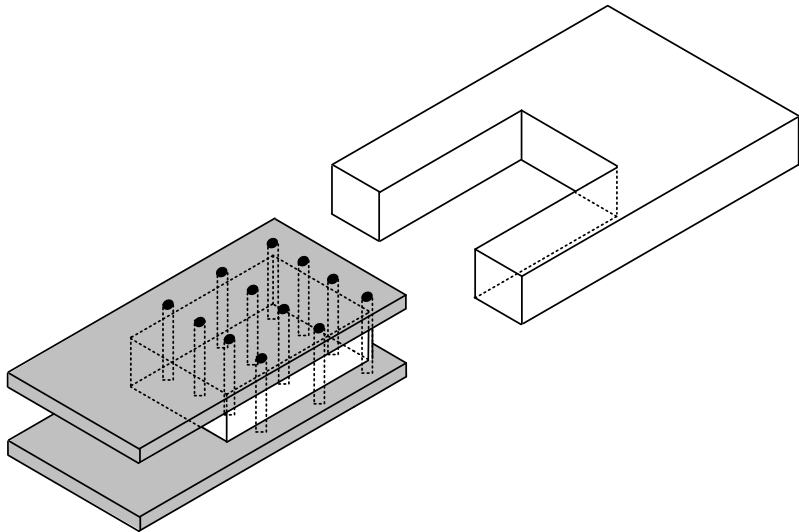
$10d/5d$
The same area as RECTL, but with larger spacing.



Regel nr. 3: främja duktilitet i förbanden



Regel nr. 3: främja duktilitet i förbanden



Robustness considerations from failures in two large-span timber roof structures

Jørgen Munch-Andersen Danish Timber Information Council, Denmark
Philipp Dietsch Technische Universität München, Germany

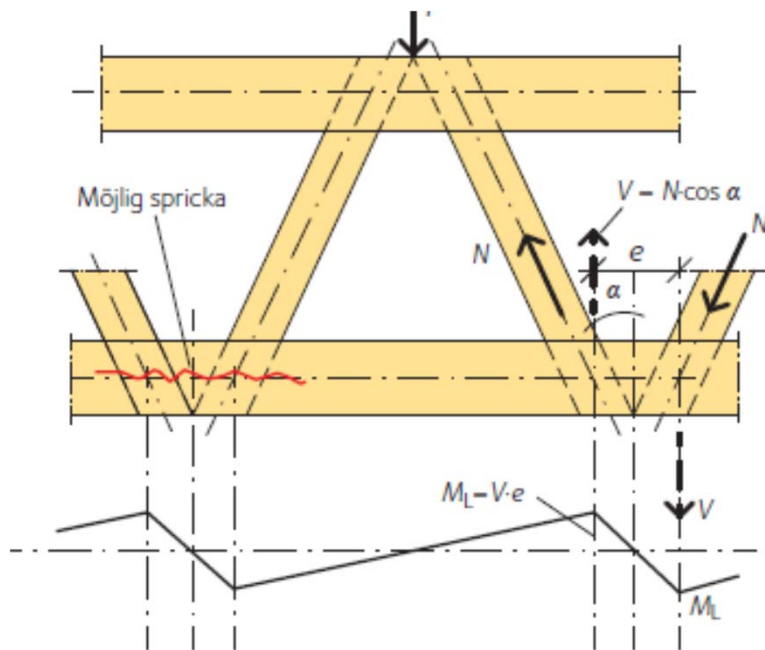
Lund University / Roberto Crocetti/



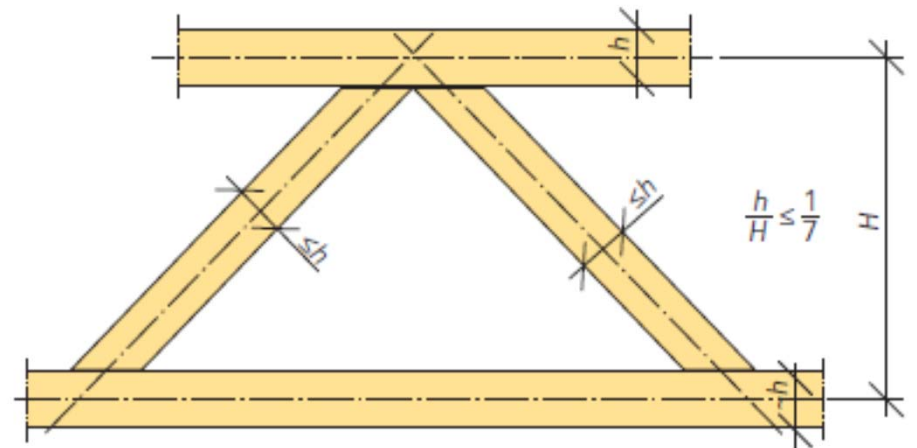
Regel nr. 3: främja duktilitet i förbanden



Regel nr. 4: undvik excentricitet i förbandet



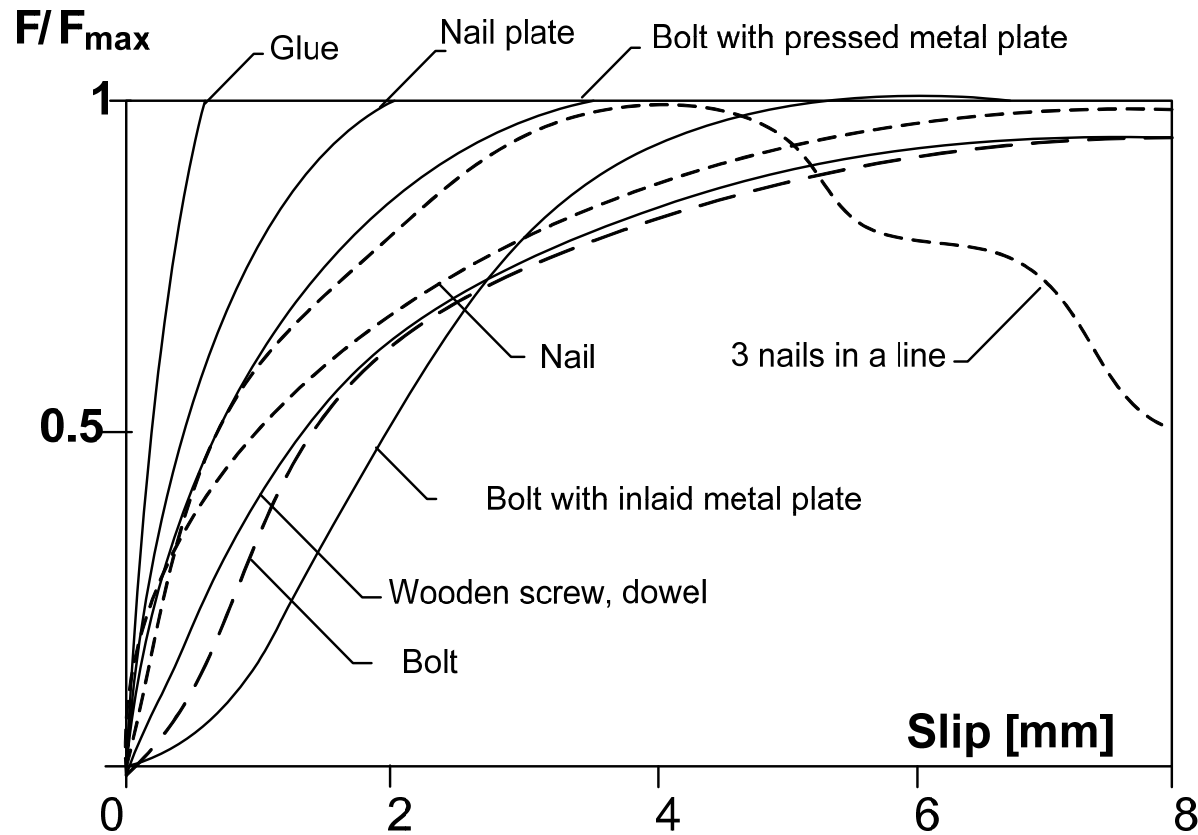
Fel!



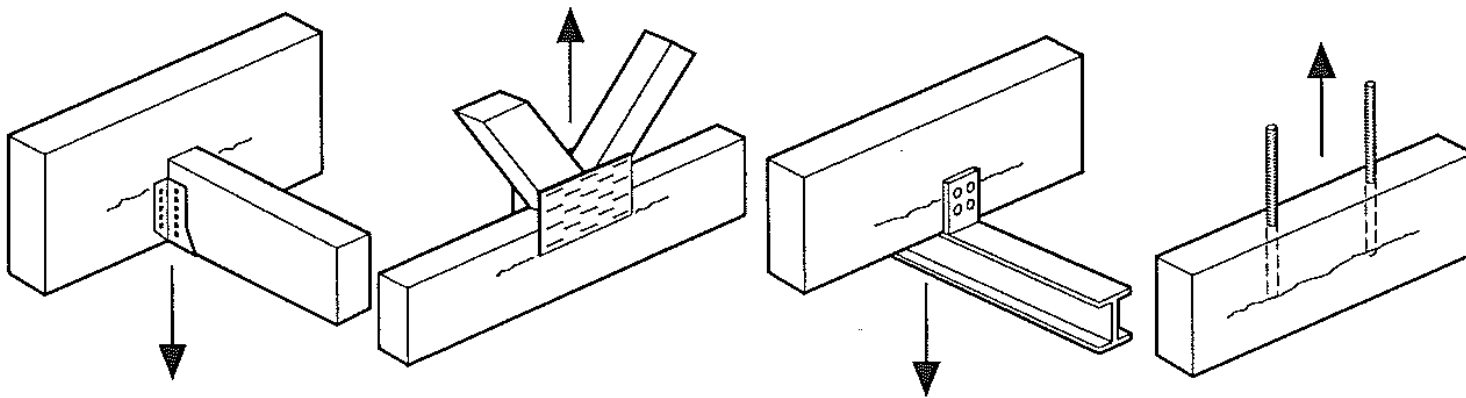
Rätt!



Regel nr.5: undvik förbindare med olika styvheter i samma förband



Regel nr.6: undvik risk för fläkning



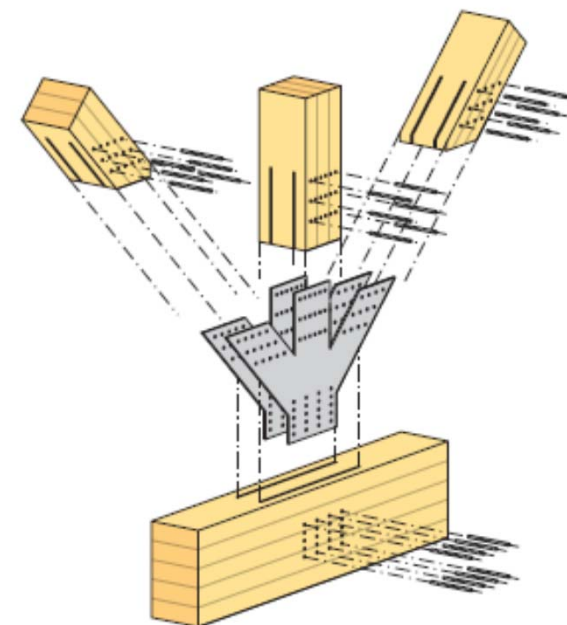
Några exempel på förband



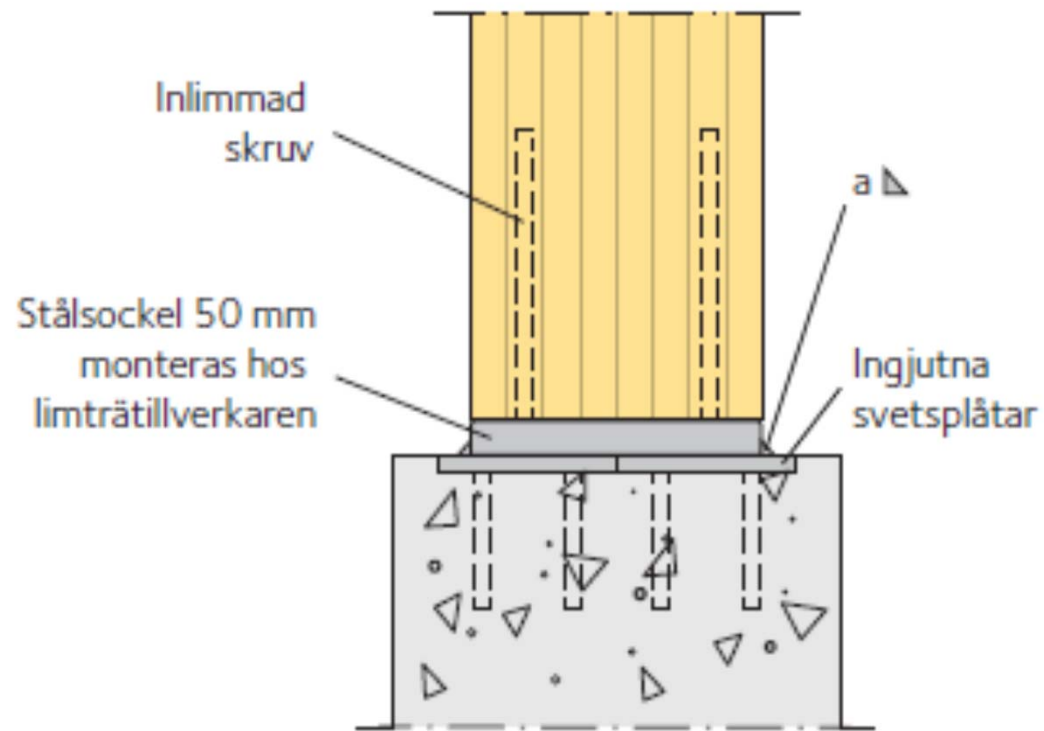
Förband med sneda helgängade träskruvar



Förband med inslitsade plåtar och dymlingar



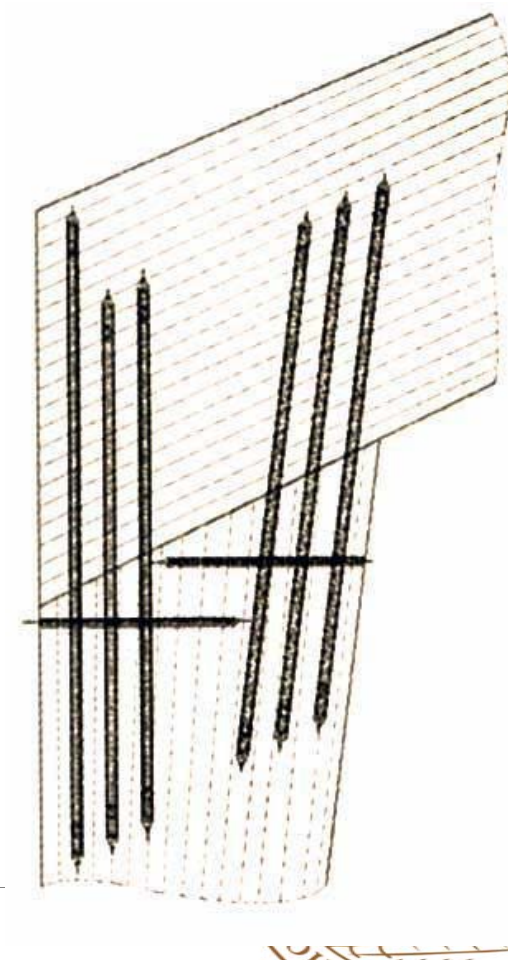
Förband med inlimmade skruvar



Förband mellan limträelement med inlimmade skruvar



Courtesy: Simonin



Fiskformat fackverk: knutpunkter med inlimmade skruvar



Courtesy: Simonin



Förband i stora träkonstruktioner: exempel på en led



Tack för uppmärksamheten

