

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

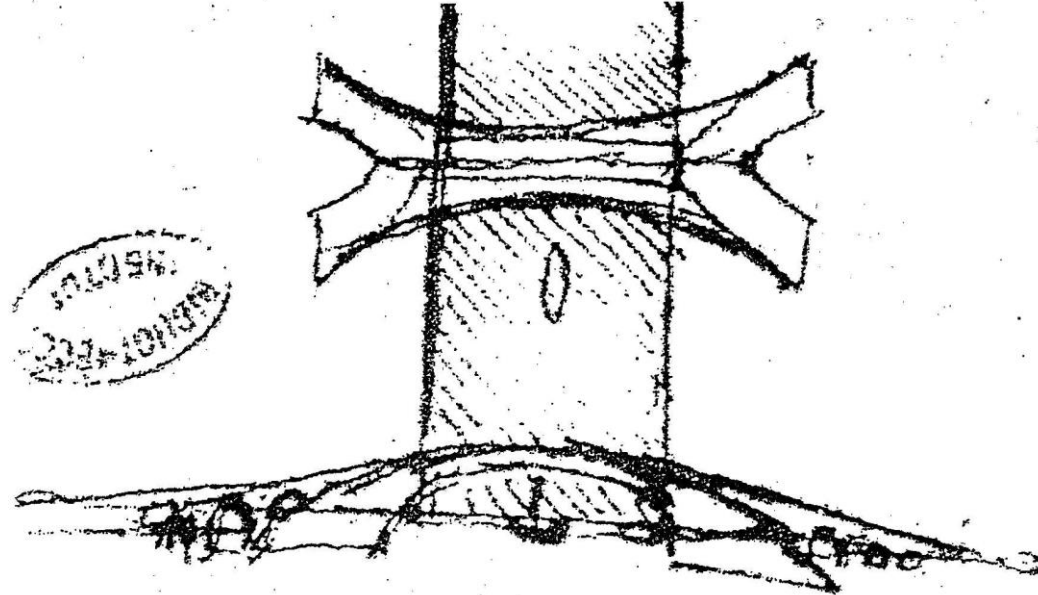




<http://www.arcspace.com/features/j-mayer-h-architects/metropol-parasol/>



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)



Sandöbron: världens längsta betongbåge, när den skulle byggas (1939)

Spännvidd ca 250 m



Sandöbron - formställningen



<http://www.famgus.se/Gudmund/SandoB-Bygget.htm>



Man kan bygga både långt och högt med trä



Långt



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



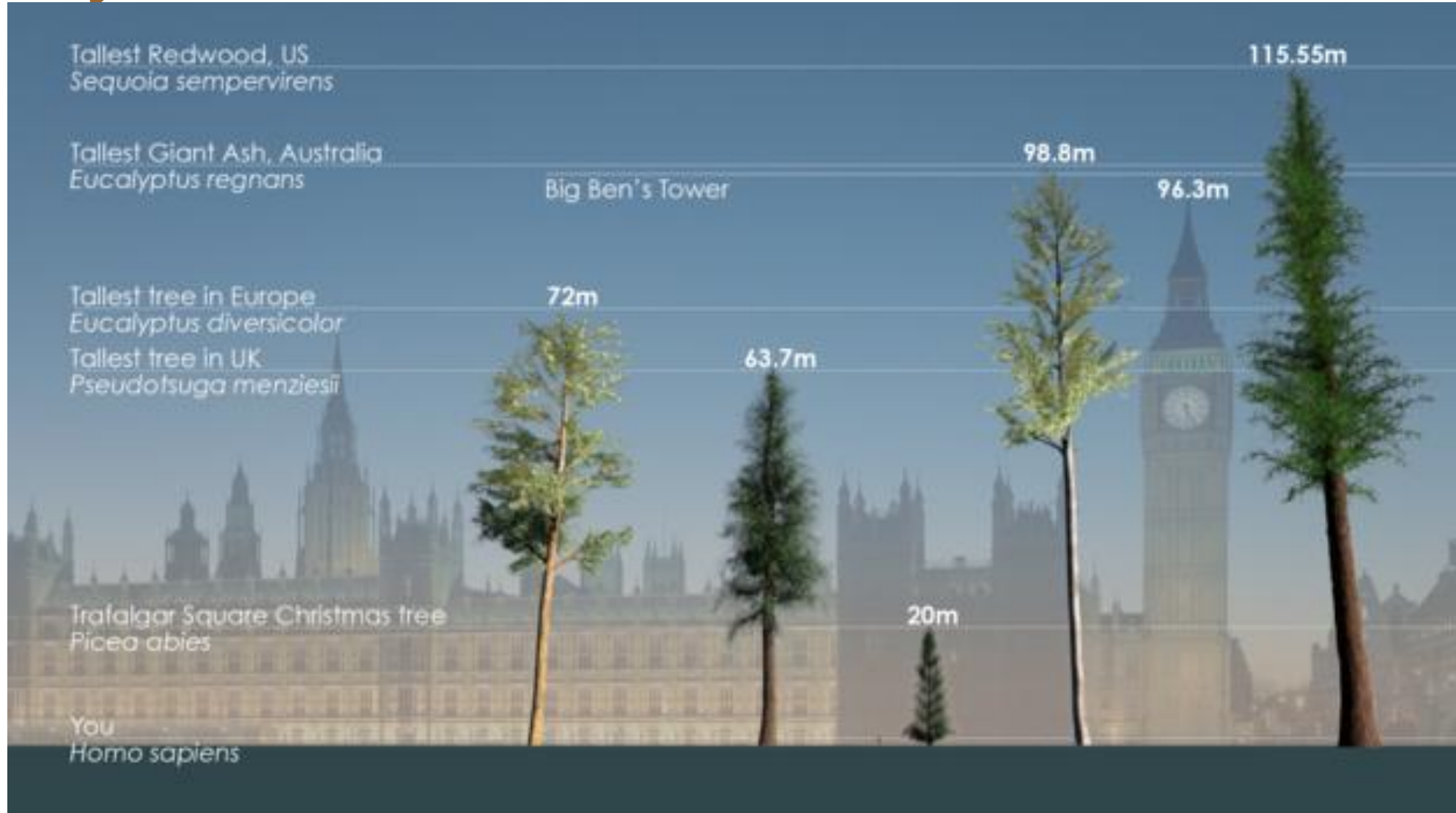
Hur långt kan vi bygga egentligen?

Det är kvoten mellan materialets hållfasthet och densitet som är avgörande!

Material	Draghållfasthet σ [MPa]	Densitet ρ [kg/m ³]	Kvoten σ/ρ [m]
Stål, S355	355	7800	0,05
Limträ GL30c	19,5	430	0,05
Betong, C40-50	----	----	----



Högt: "by nature"

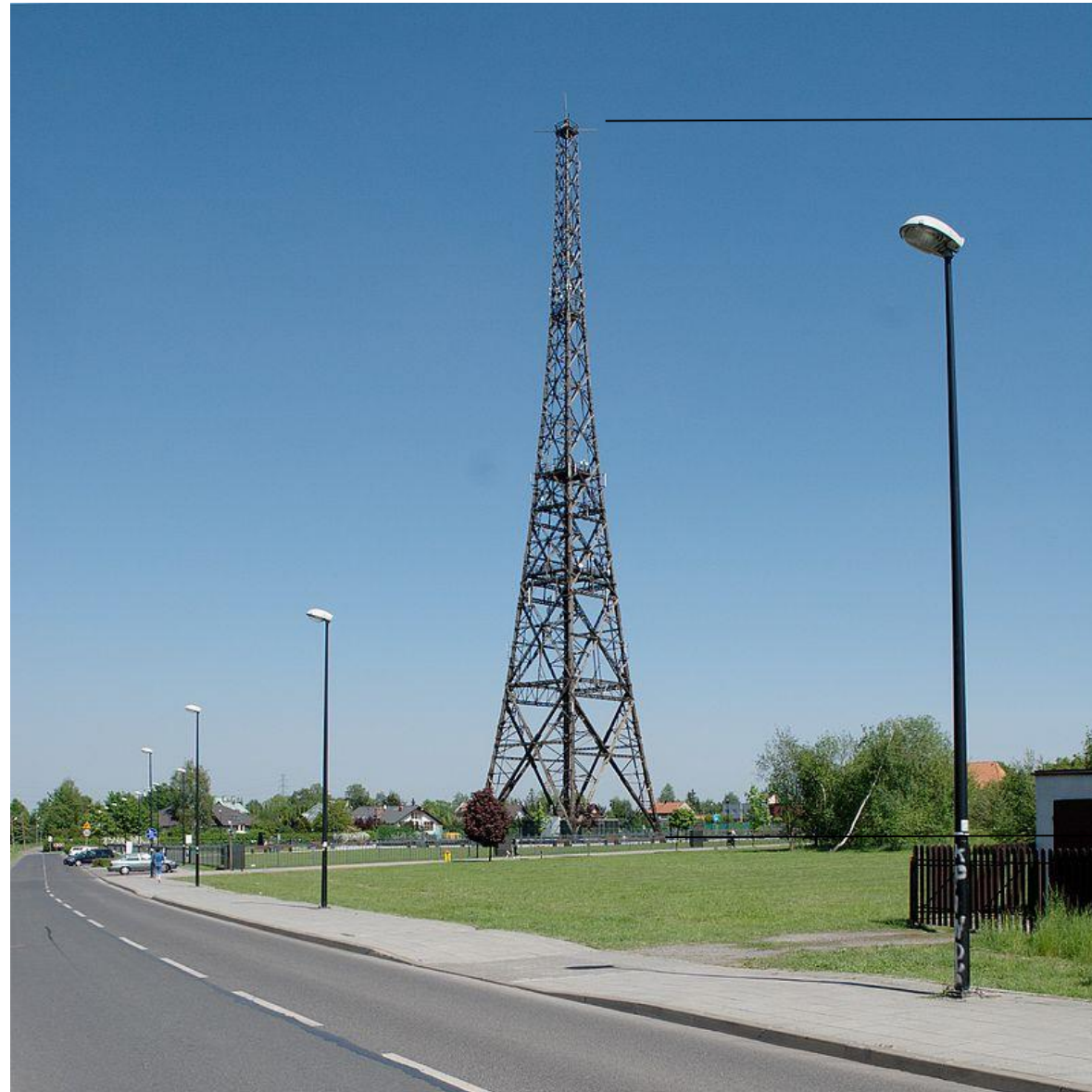


<http://www.bbc.com/earth/story/20141222-the-worlds-new-tallest-tree>



Radiomast i Polen

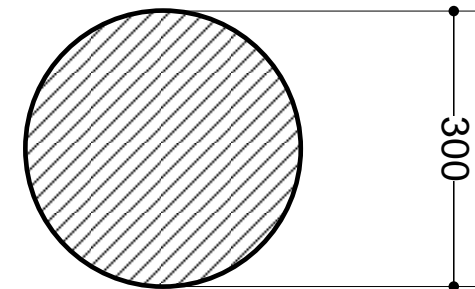
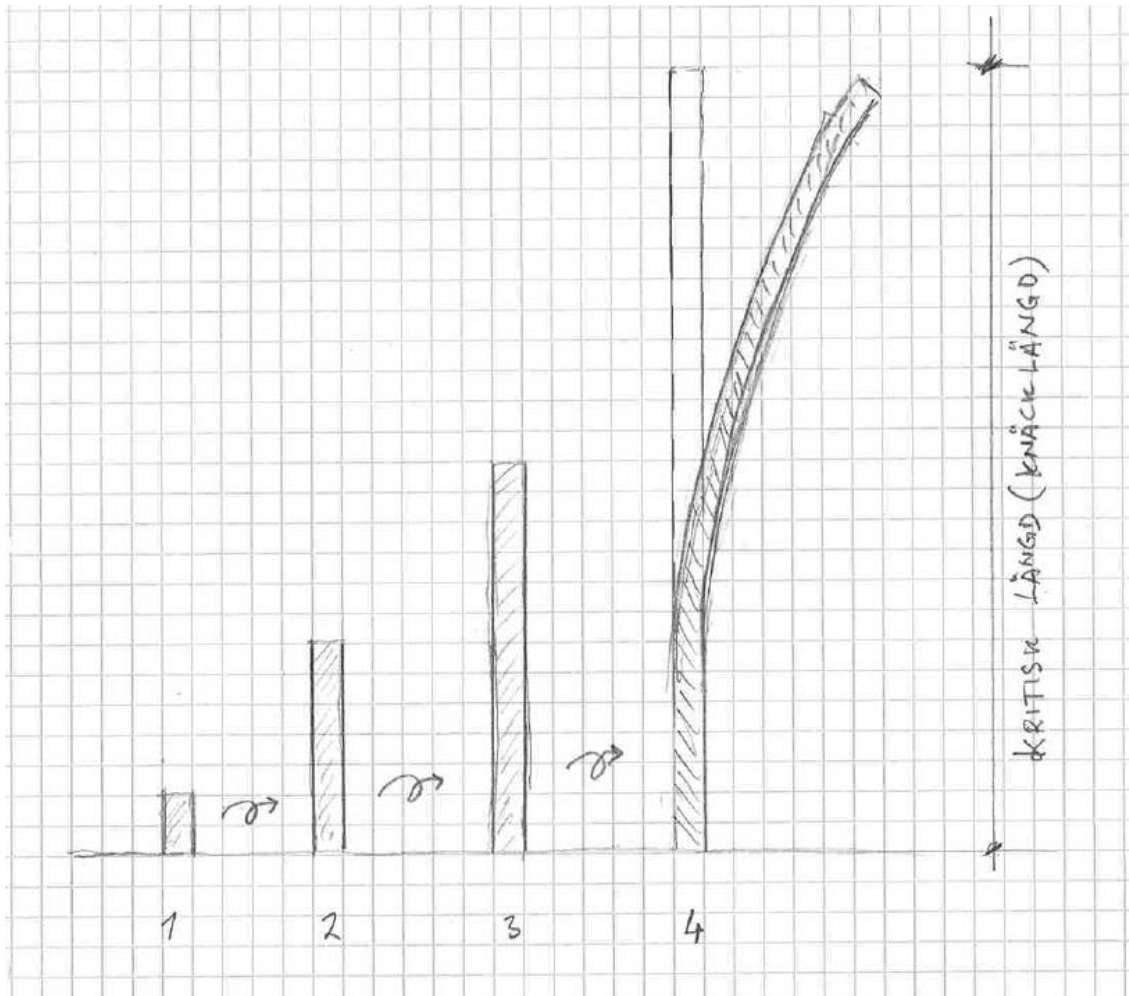
Högt: "man-made"



118 m



Men hur högt kan man bygga innan det knäcker?



Kritisk längd för en ”stolpe” med diameter d=300 mm

Material	E-modul [MPa]	Densitet [kg/m ³]	Kritisk längd [m]
Stål, S355	210000	7800	49
Limträ GL30c	13000	430	51
Betong, C40-50 (armerad)	35000	2500	35

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



Det innebär att trä är ett material som lämpar sig för att bygga stort!



Världens största kupol: "Superior Dome"

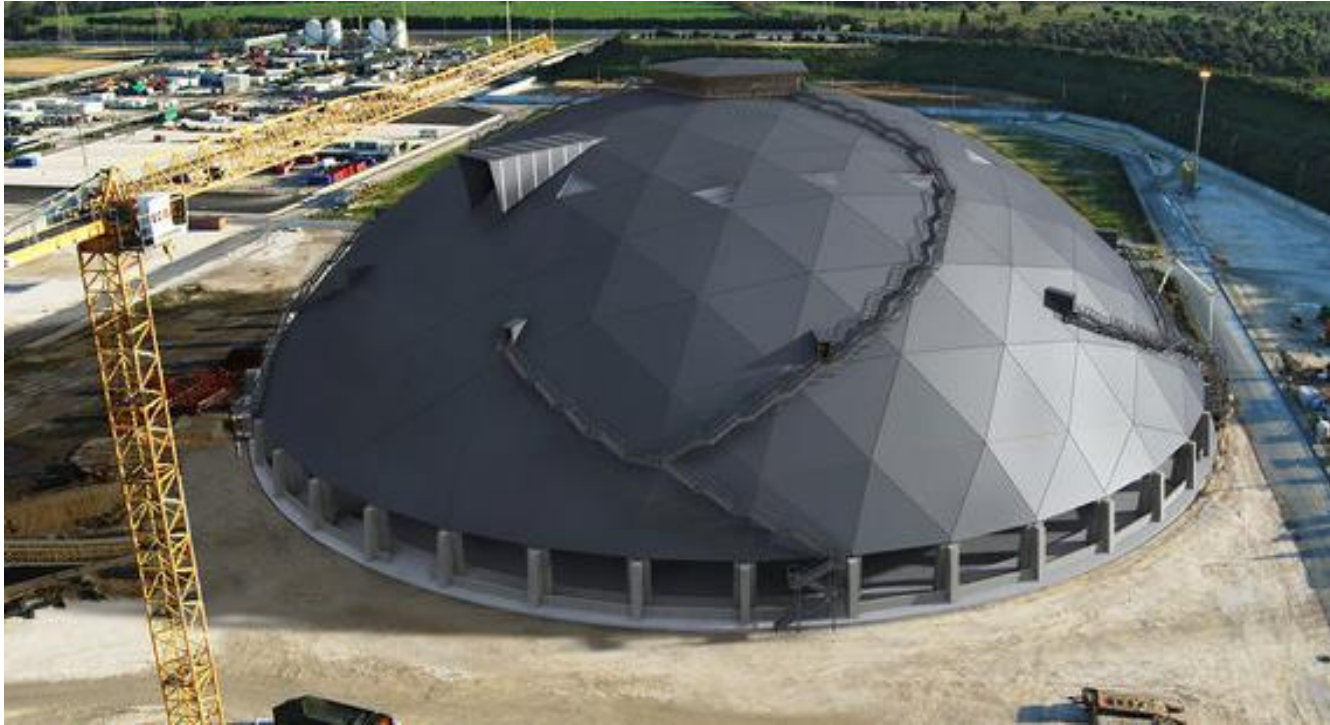


Geodetisk kupol
Arena i Northern Michigan University,
Michigan, USA.
Diameter: 163 m
Pilhöjd: 49 m
Byggår: 1995

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



Två "jättekupoler": kollager i Brindisi - Italien



Diameter: 143 m
Pilhöjd: 43 m
Byggår: 2014

Foto Rubner Holzbau



Äntligen till dagens diskussion:

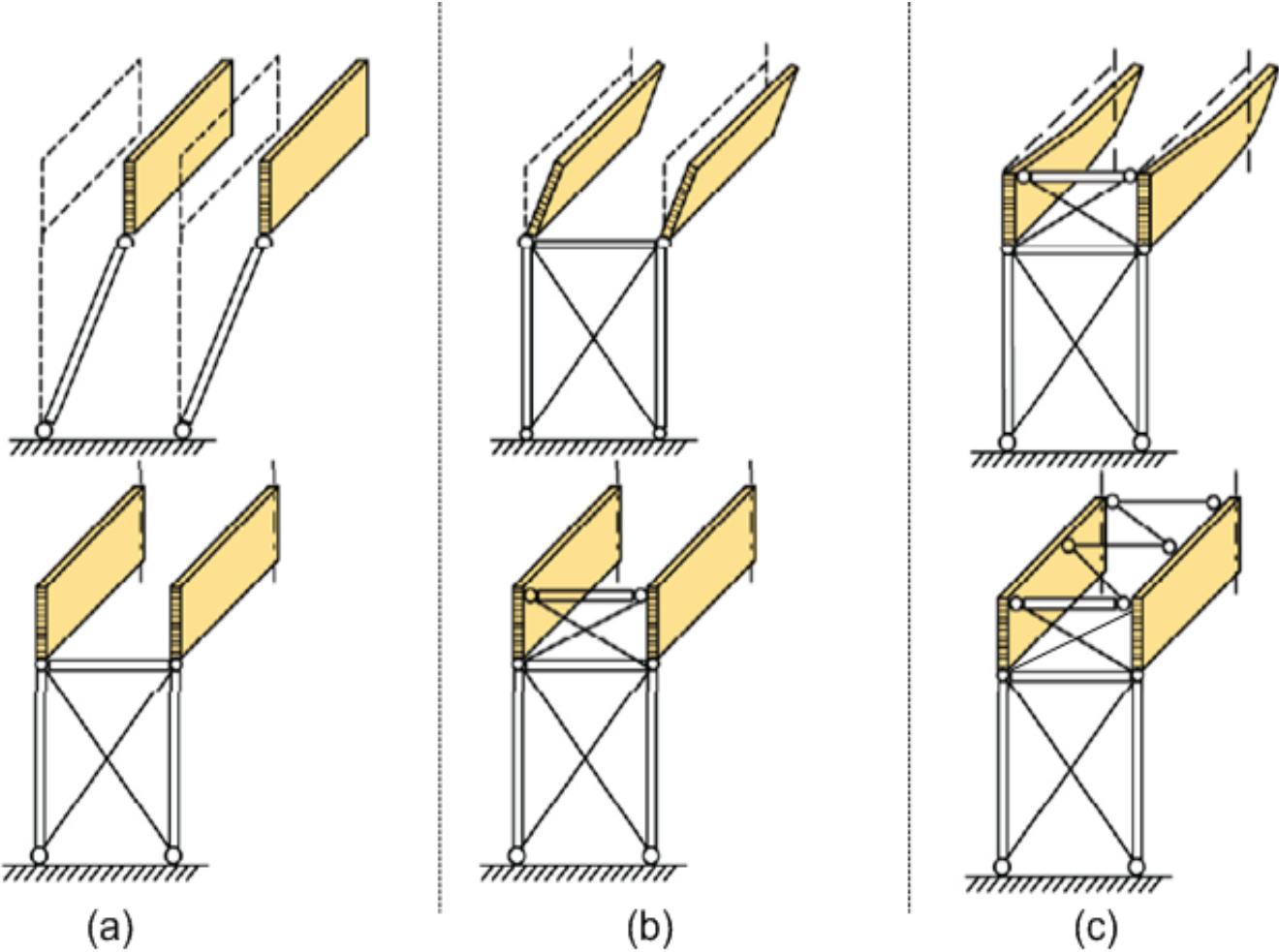
- Stabilisering
- Förbandsteknik



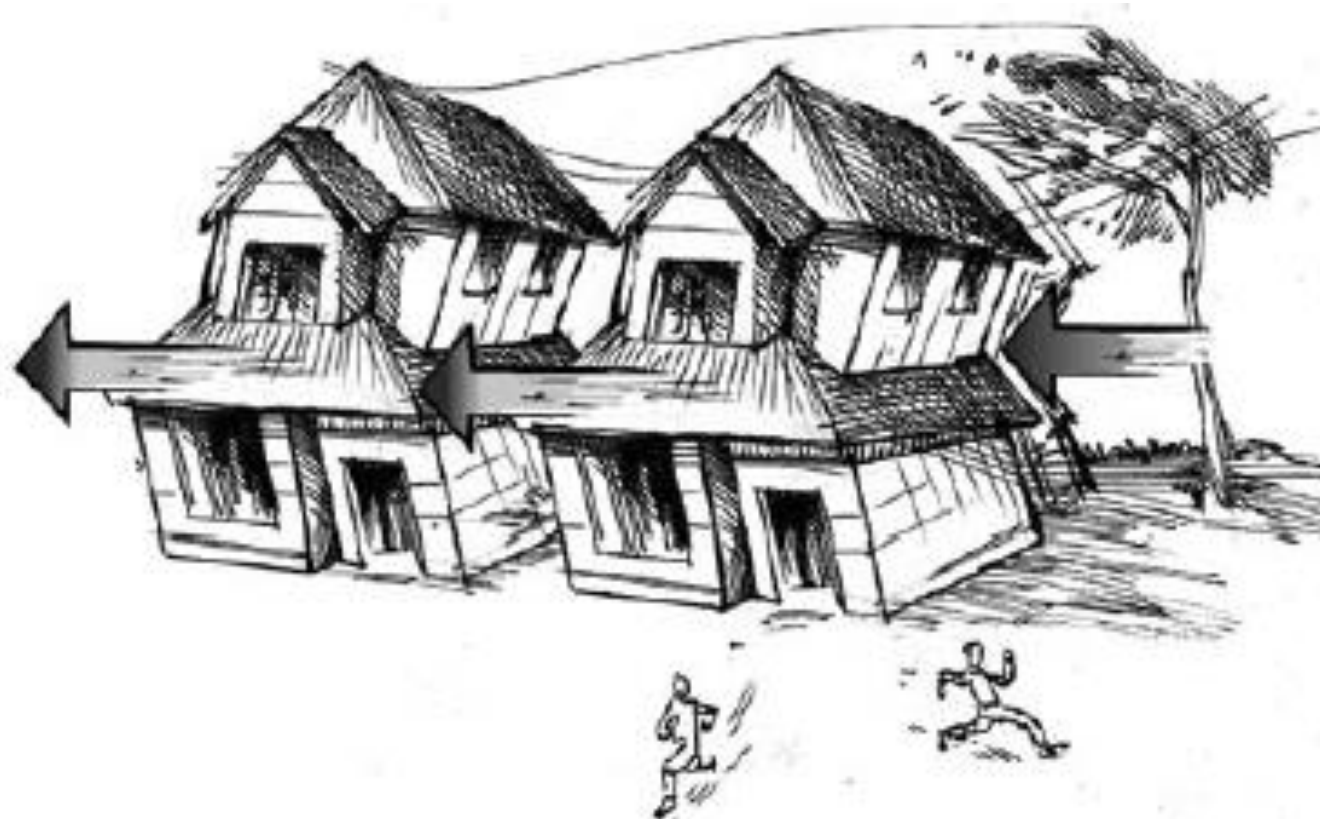
Stabilisering av (stora) limträkonstruktioner



Globalstabilisering - principiösning



Stabilisering under monteringsfasen



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

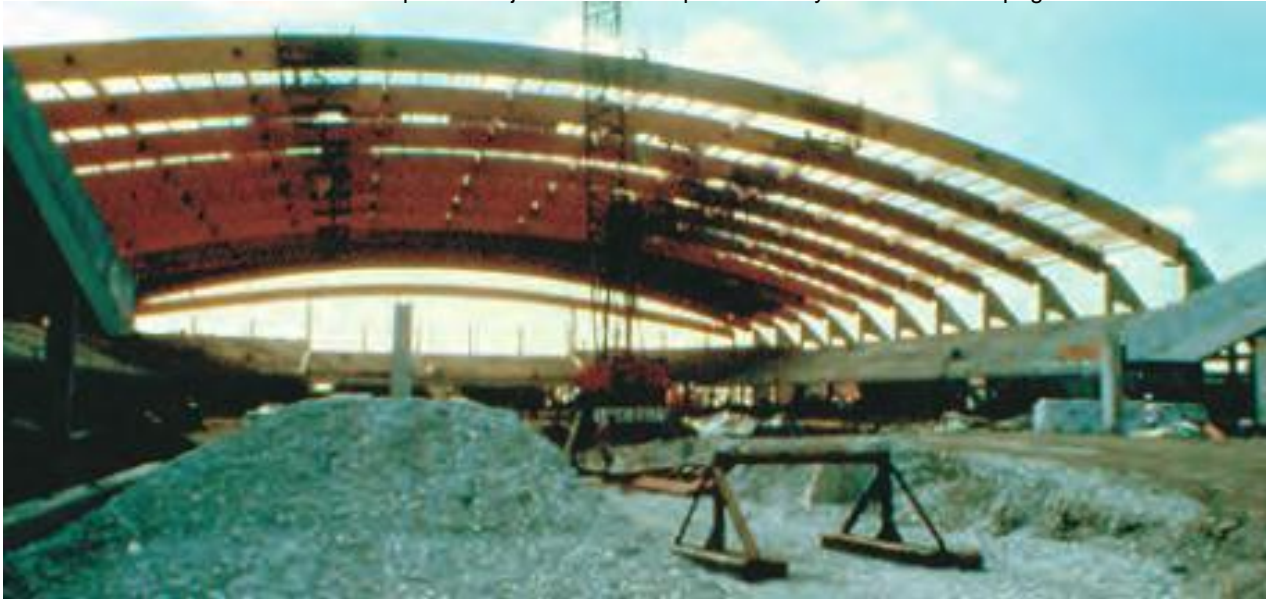


Ofta sker haverier under monteringsfasen



Rosemont Horizon Stadium,

<http://www.wje.com/assets/flipbook/history/files/assets/se0/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

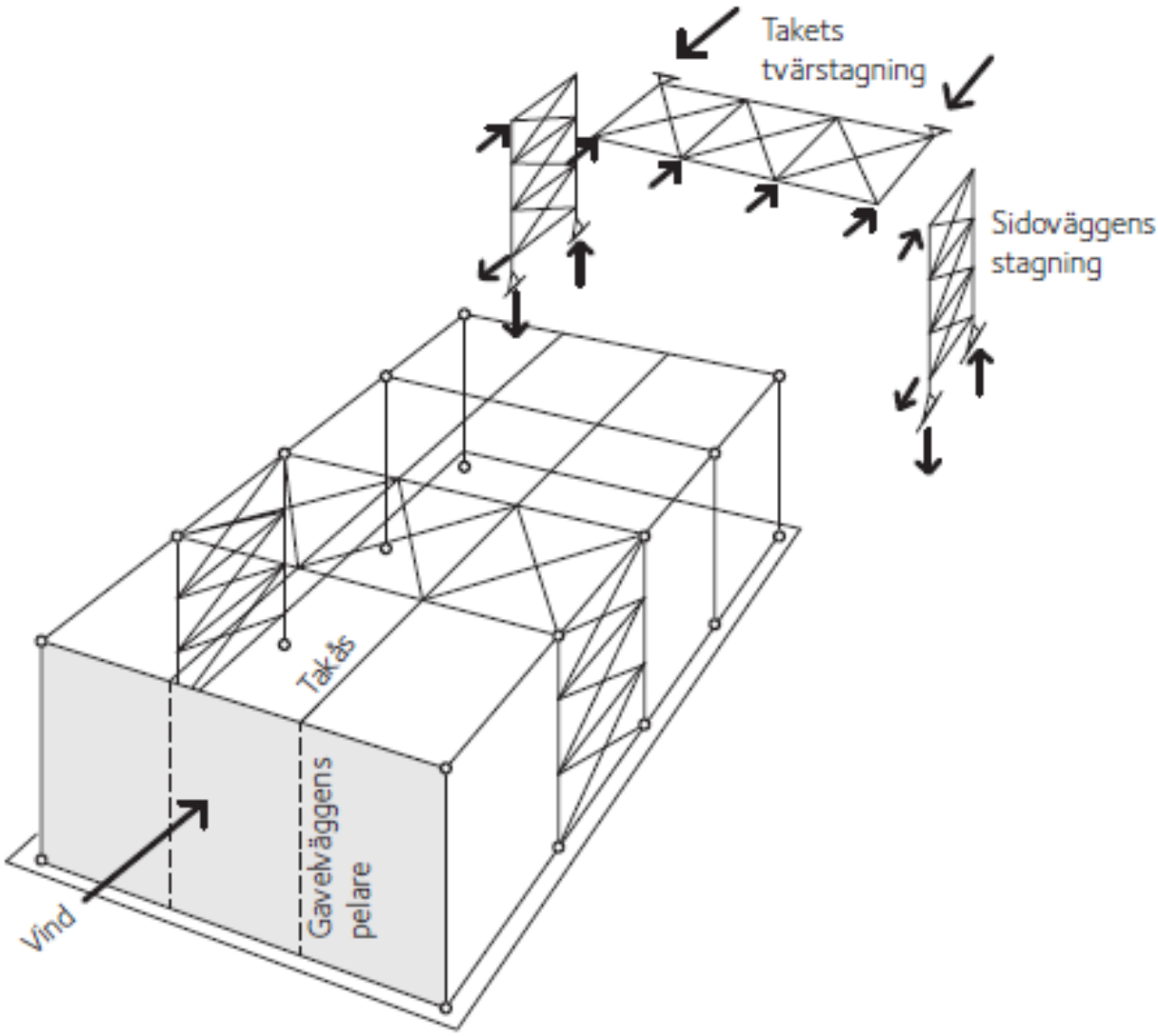


Stabiliseringssystemets huvuduppgifter

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



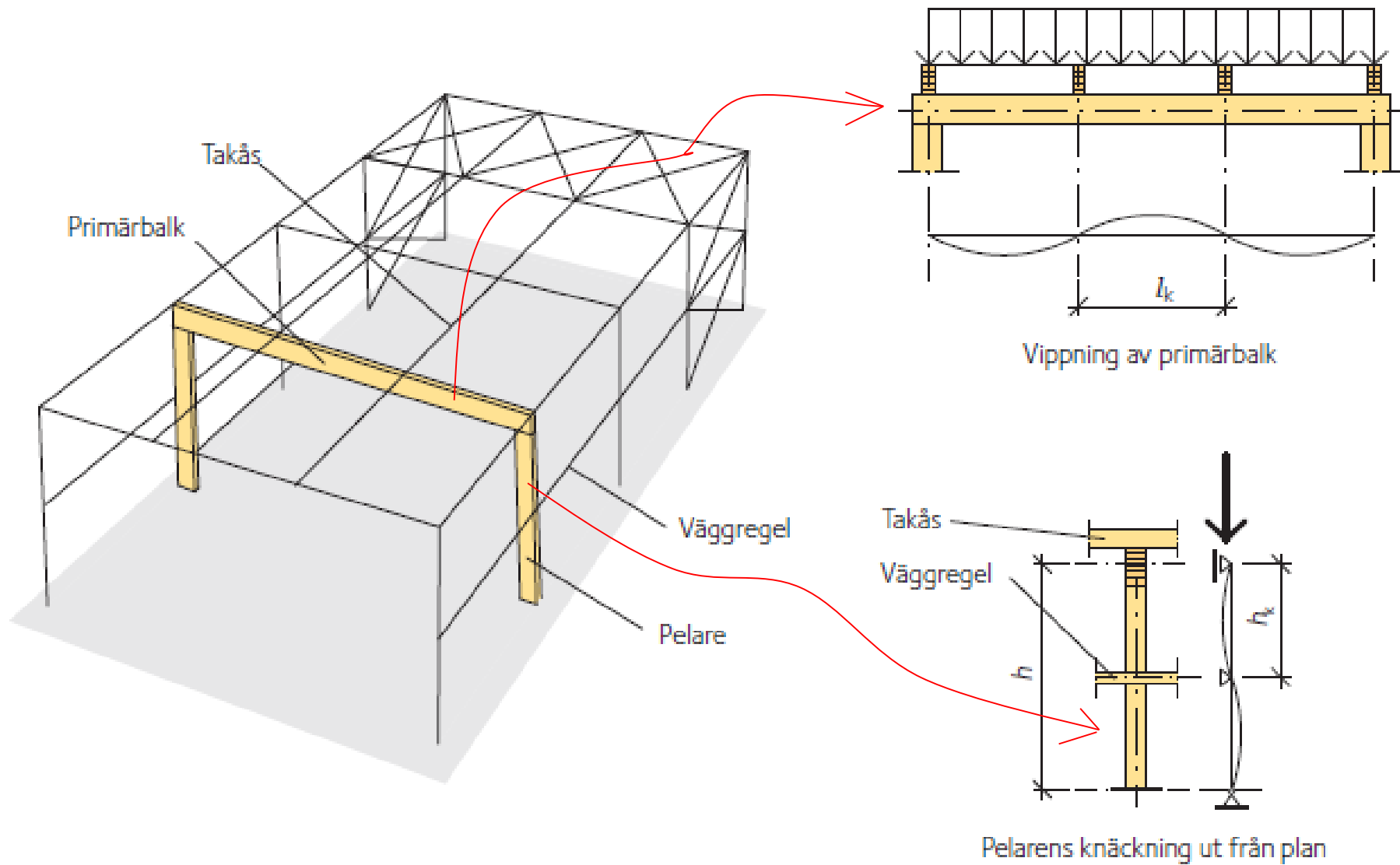
Lastöverföring av horisontallast vinkelrätt mot gavelväggen



I de visade fallen så tjänar stabiliseringssystemet till både:

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



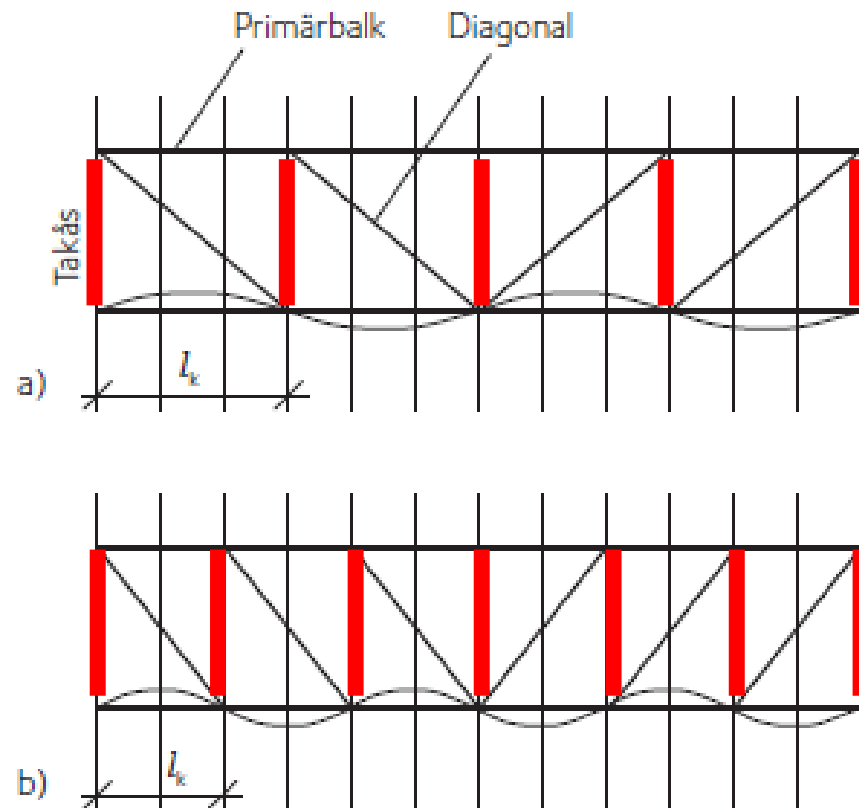


Man ska dock inte glömma att:

- 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

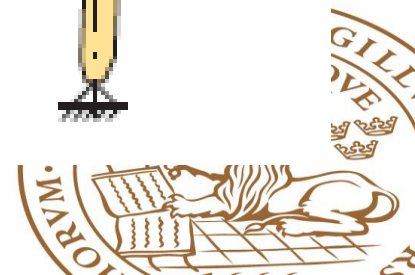
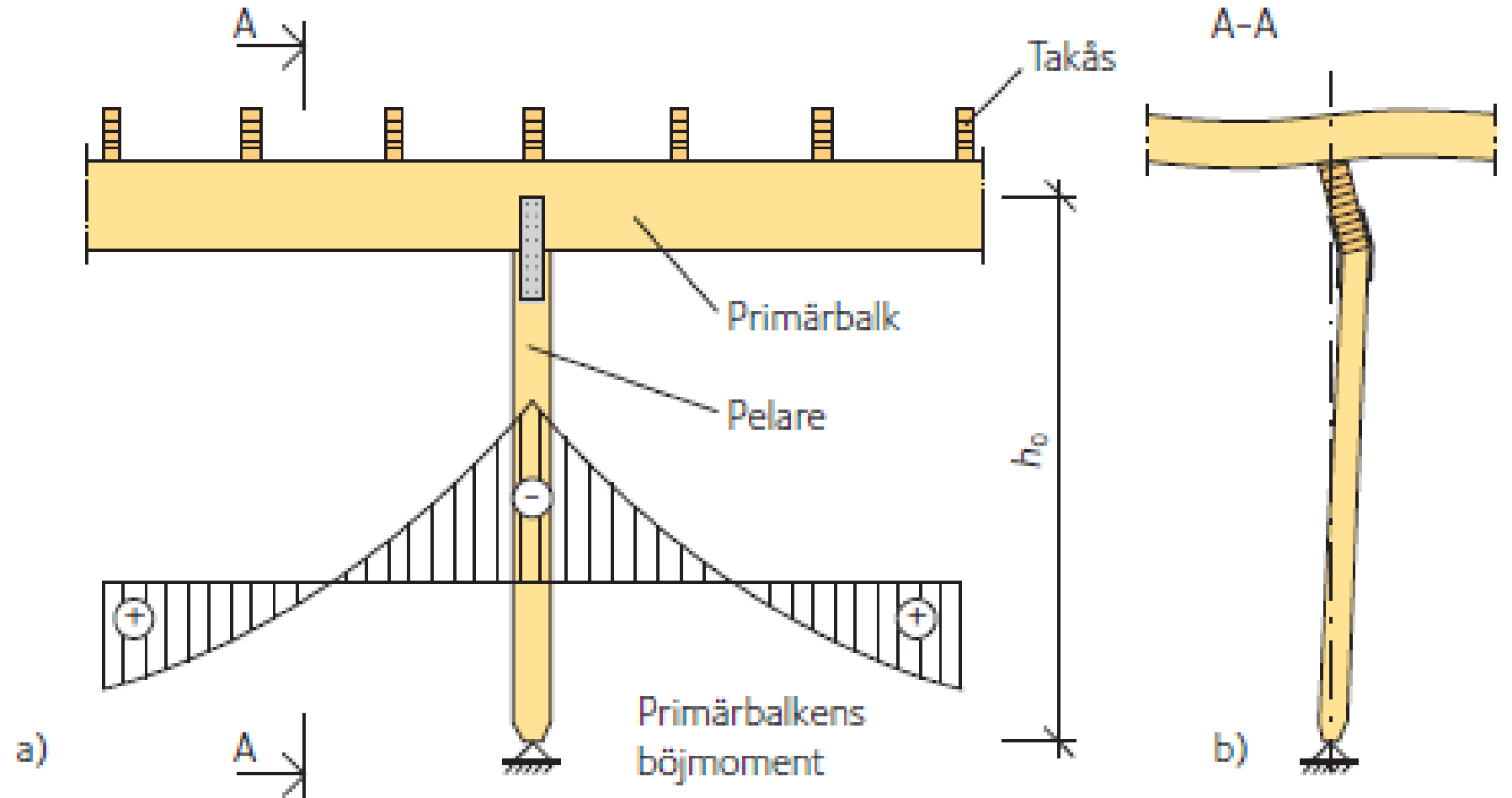


...1) inte alla sekundära element kan räknas som "stabiliserande"



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

- Situation 1



Rosvallahallen, kollapsade under snövintern 2010

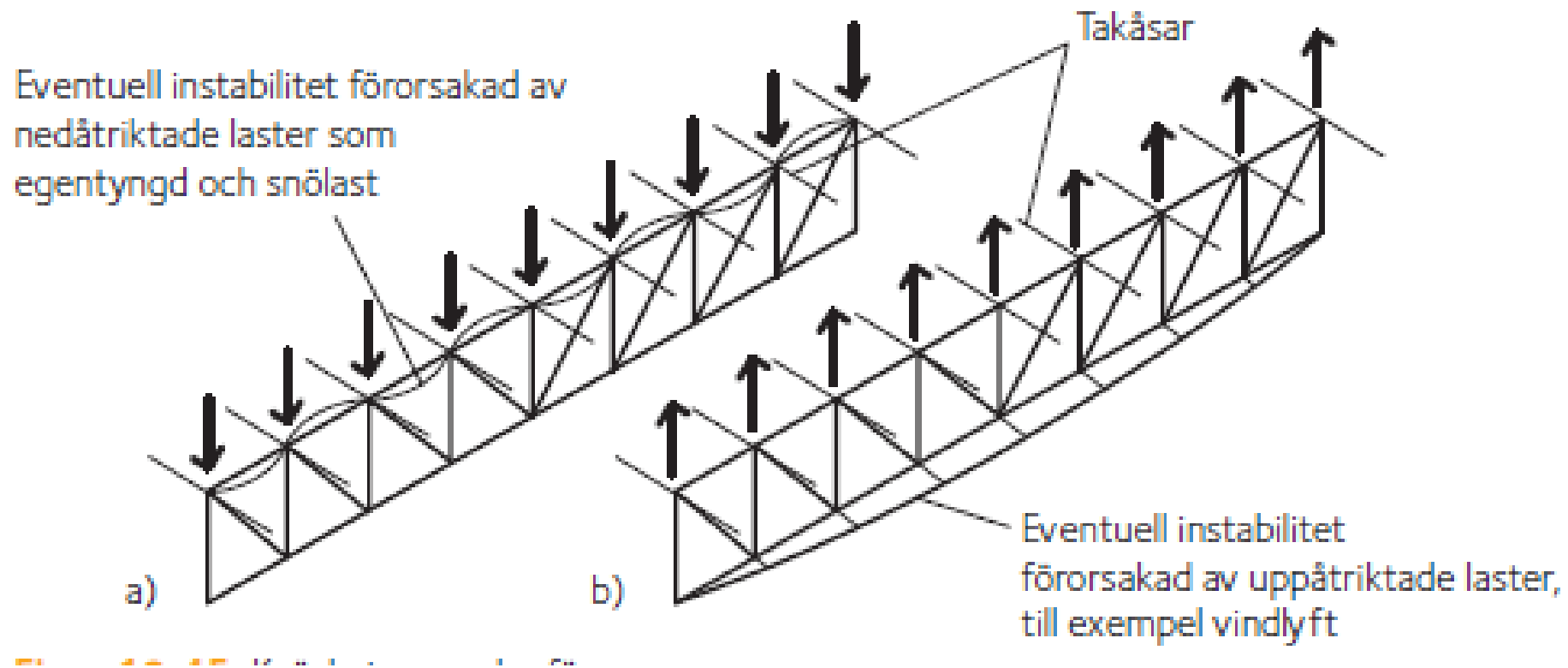


Kontinuerliga (Gerberskarvade)
huvudbalkar

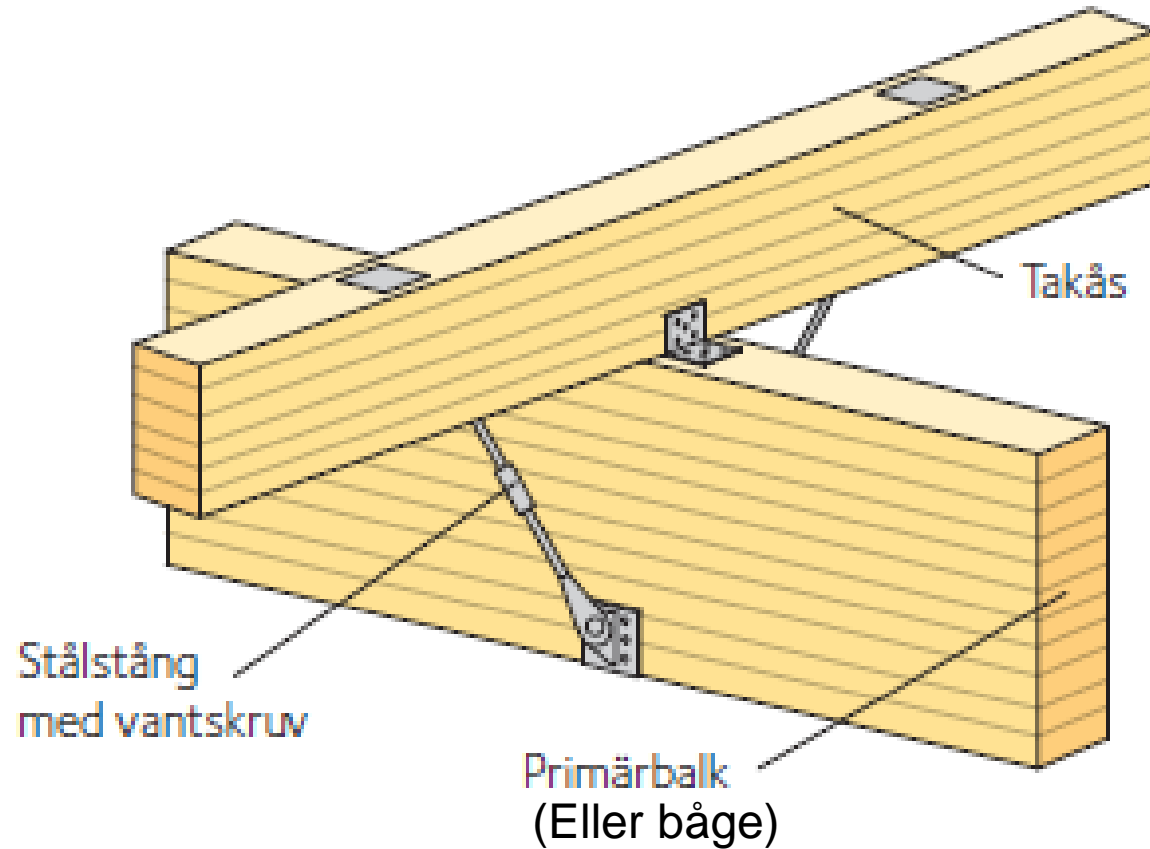


2) ...att det kan finnas situationer där man behöver extra stabiliserande element för att förhindra knäckning/vippning

Situation 2



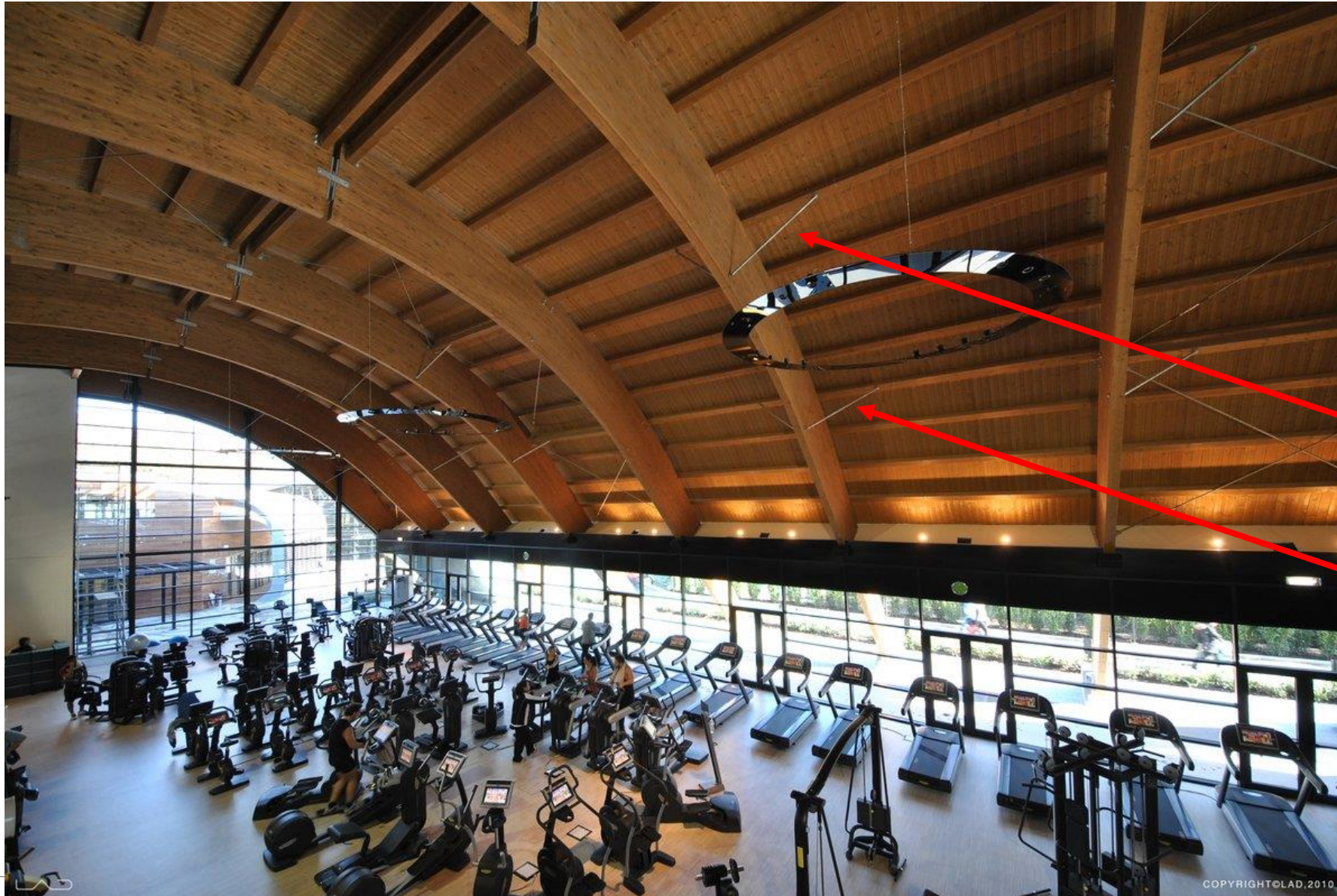
Metod för stagning av balks/båges trycksida



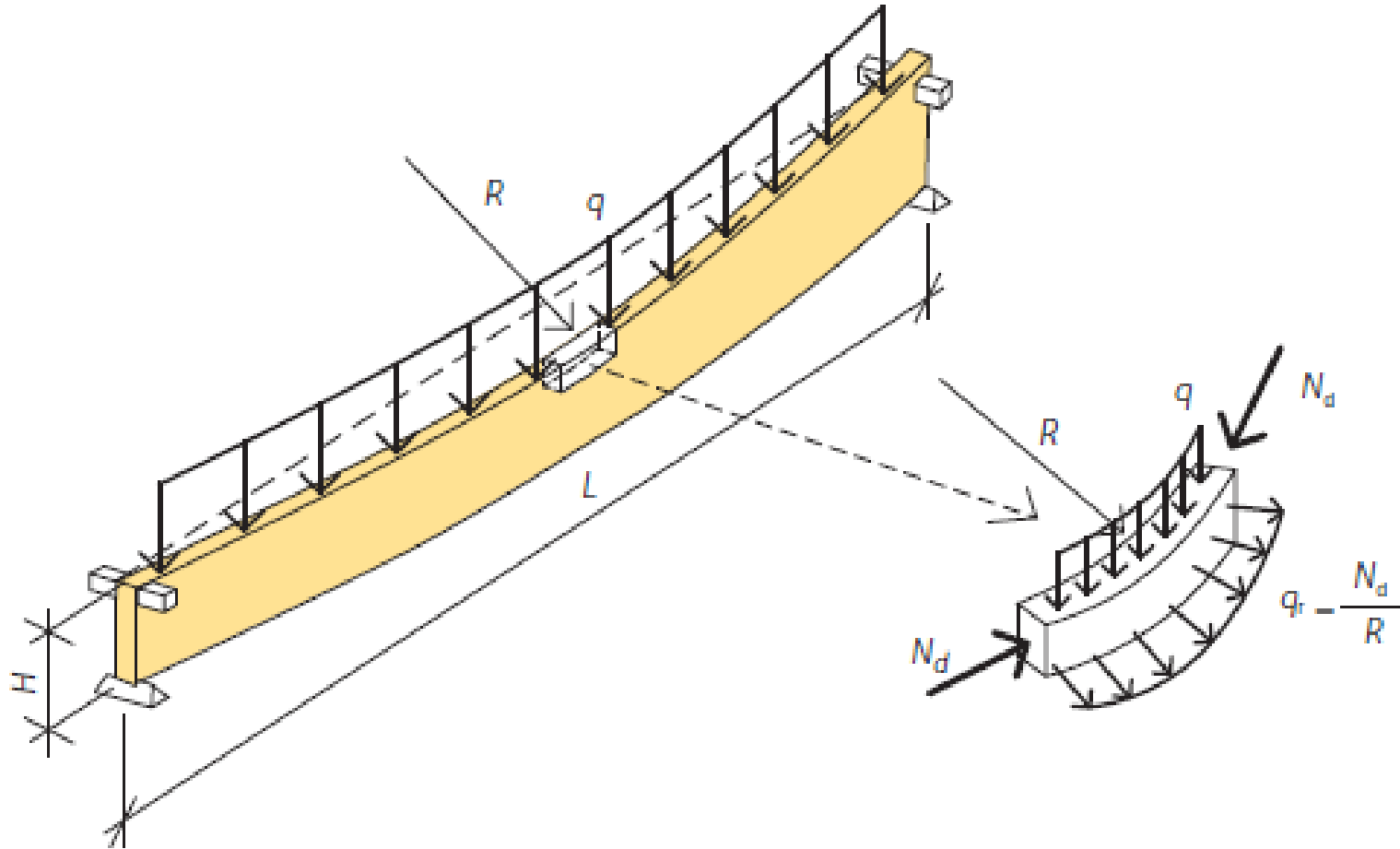
Stagning av trycksidan vid bågkonstruktioner



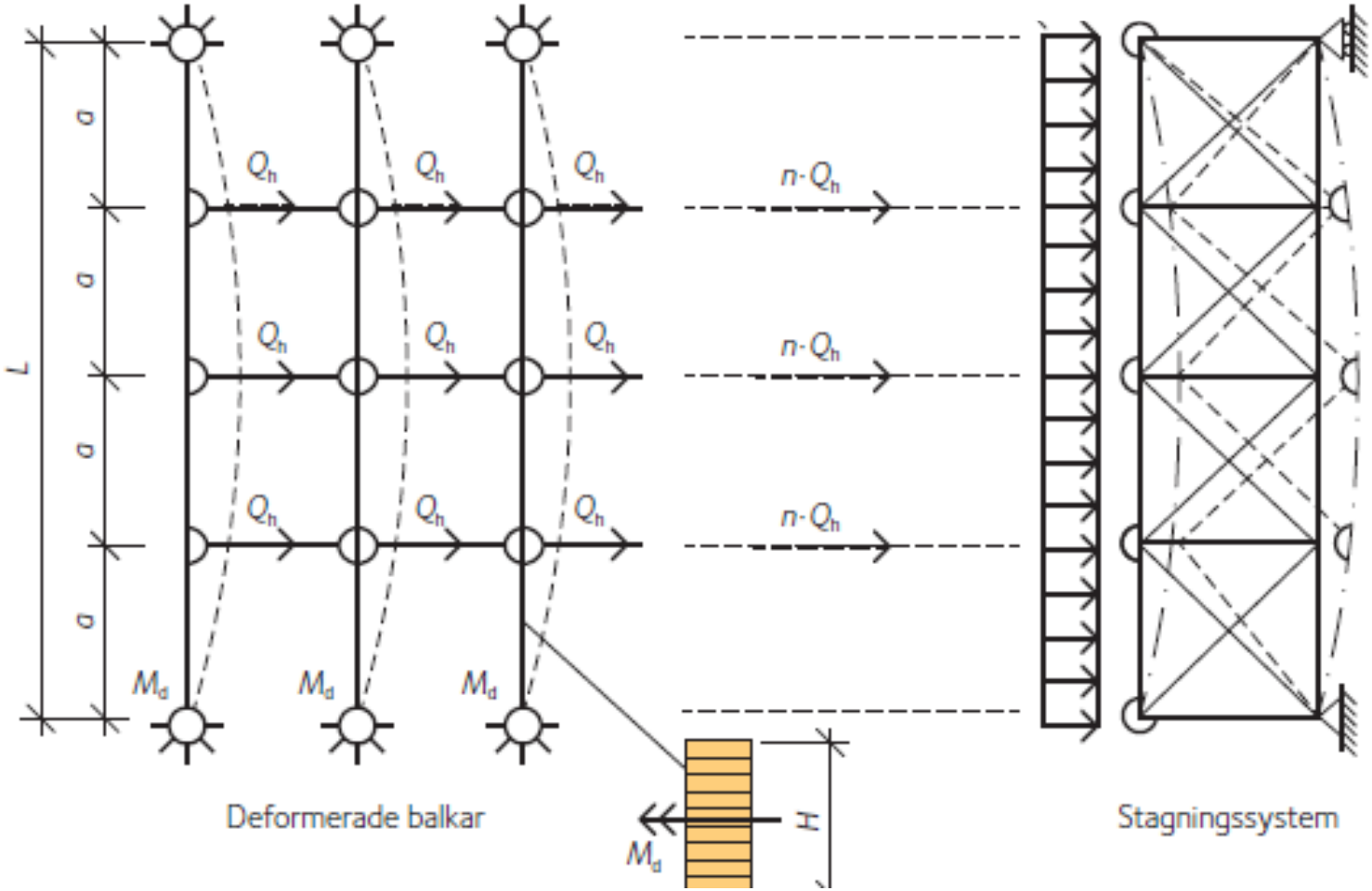
Stagning av trycksidan vid bågkonstruktioner



Laster förorsakade av imperfektioner



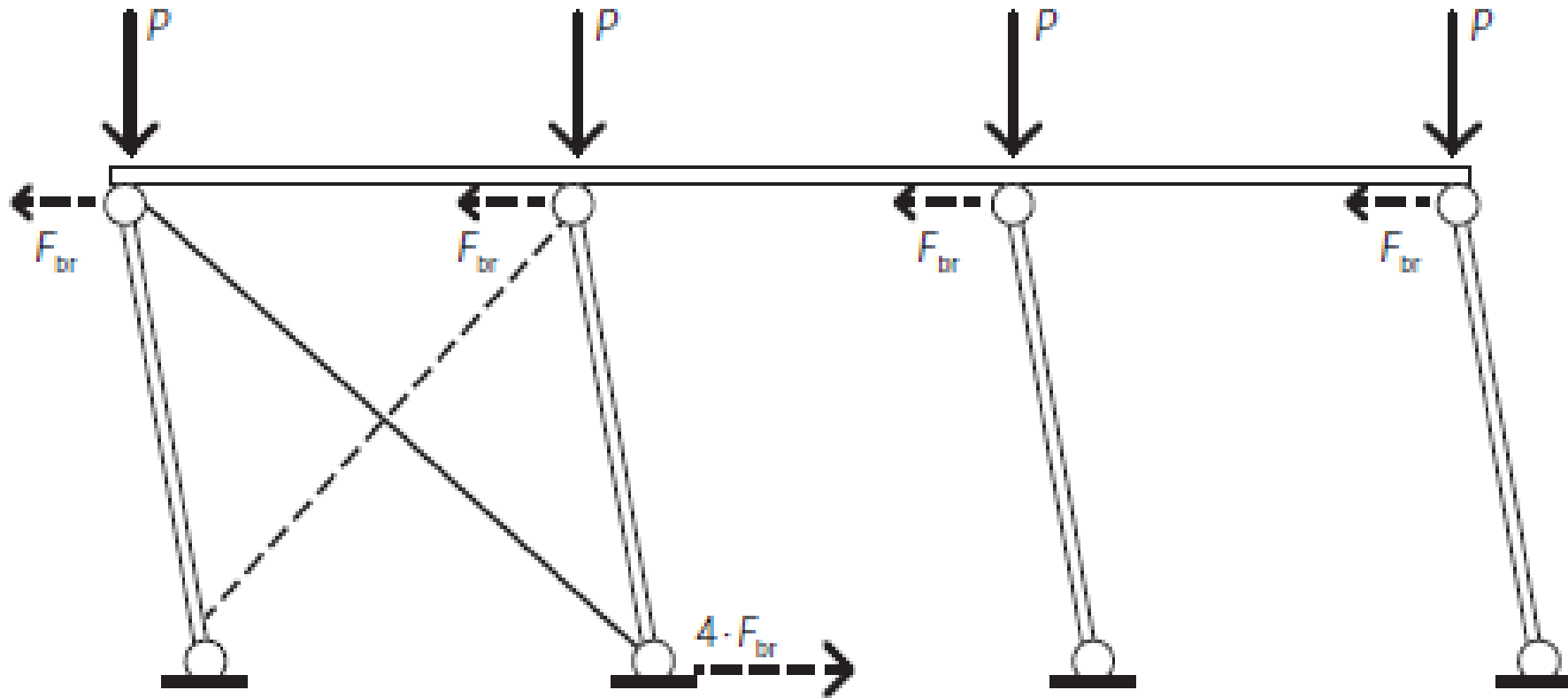
Laster förorsakade av imperfektioner



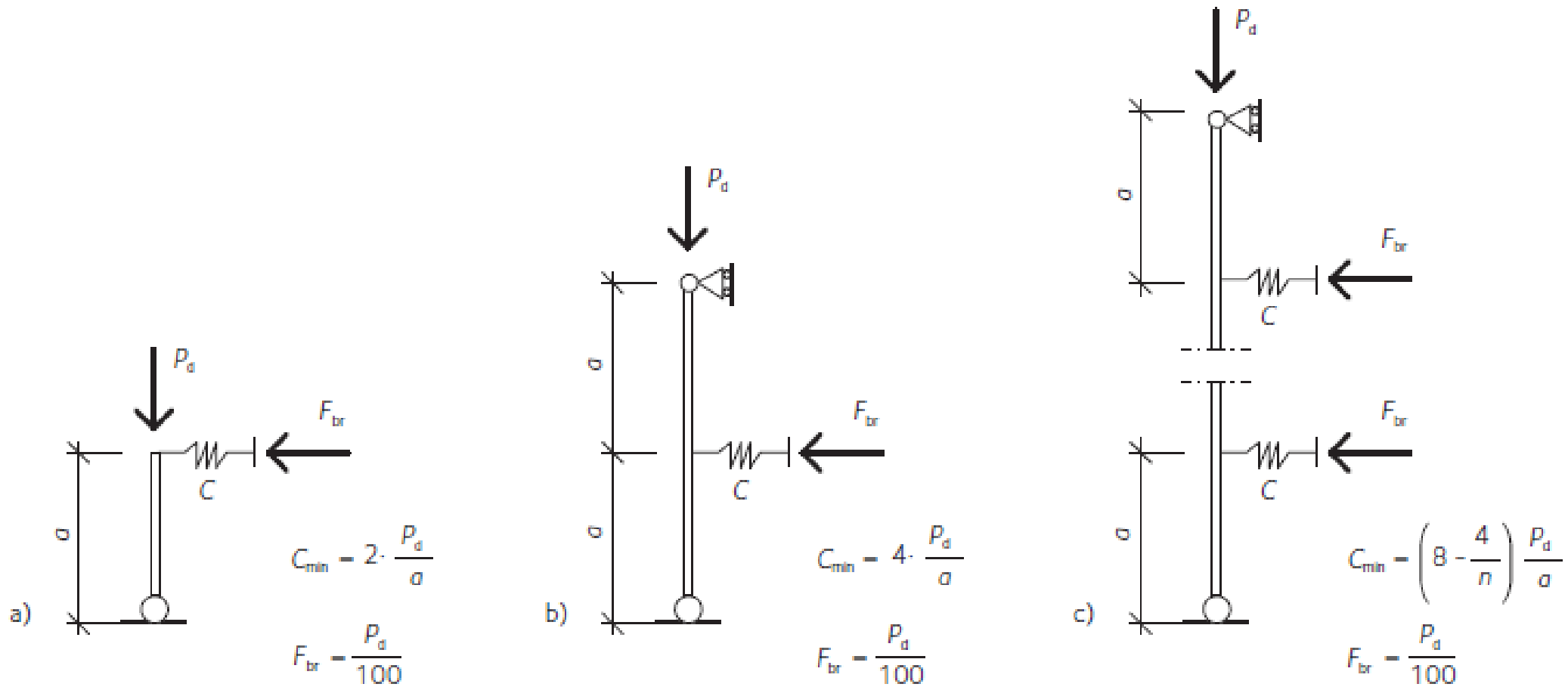
Imperfektionslaster
adderas till vindlaster!



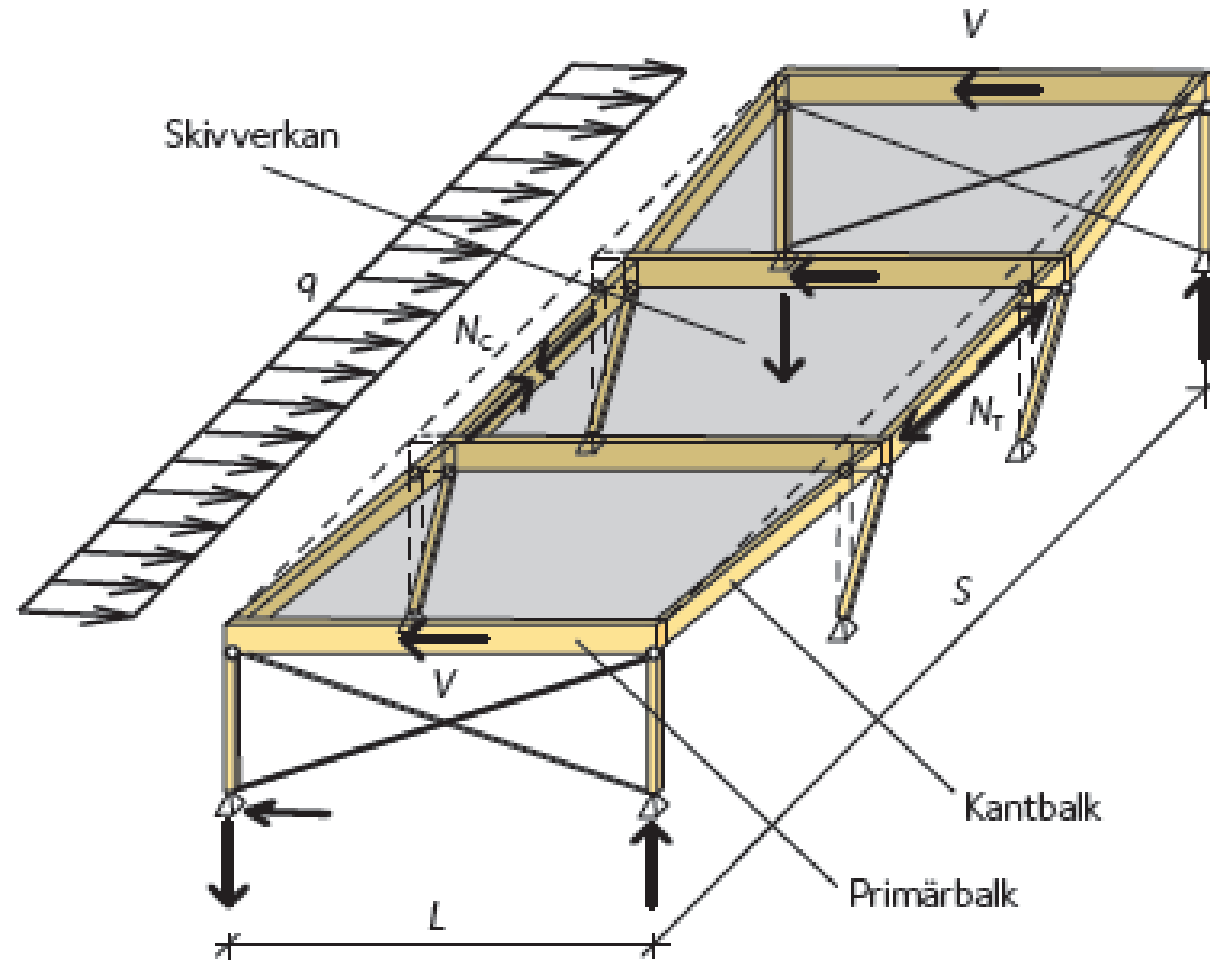
Styvhetskrav på stabiliseringssystemet



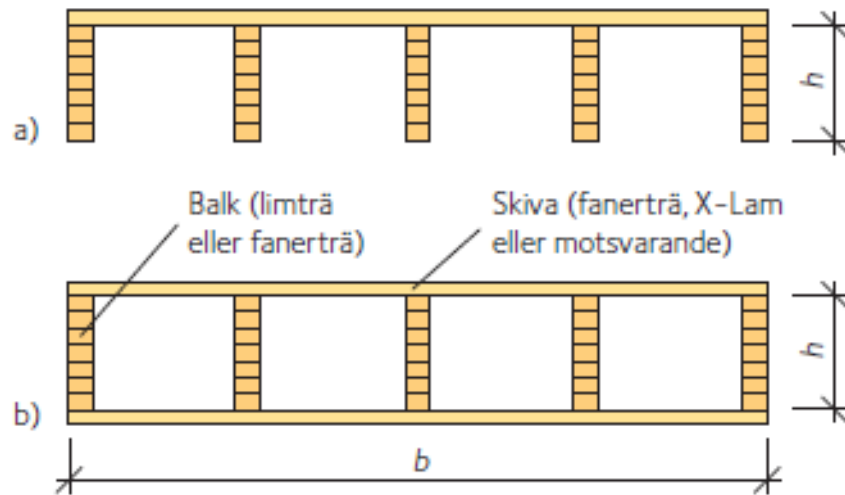
Styvhetskrav på stabiliseringssystemet



Stabilisering genom skivverkan

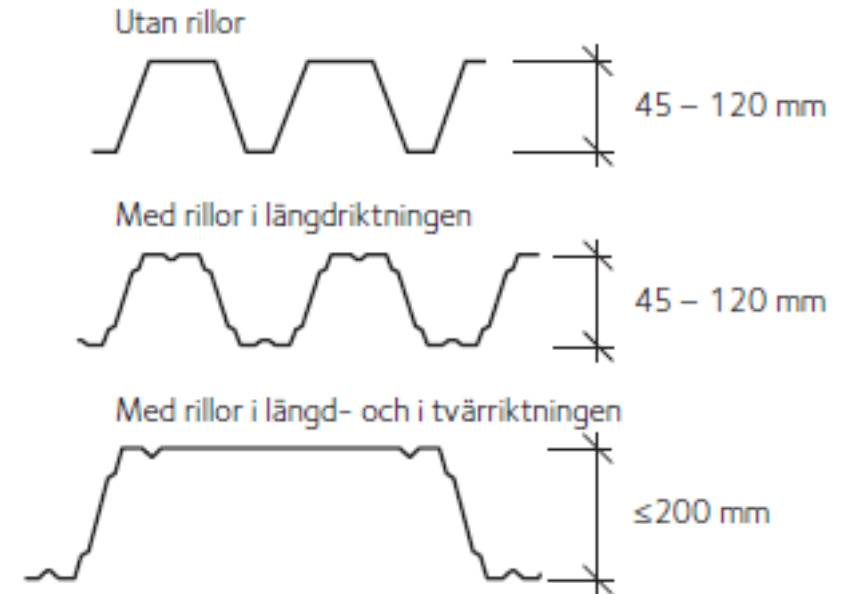


Stabilisering genom skivverkan



Figur 13.30 Typiska tvärsnitt för taksystem av trä.

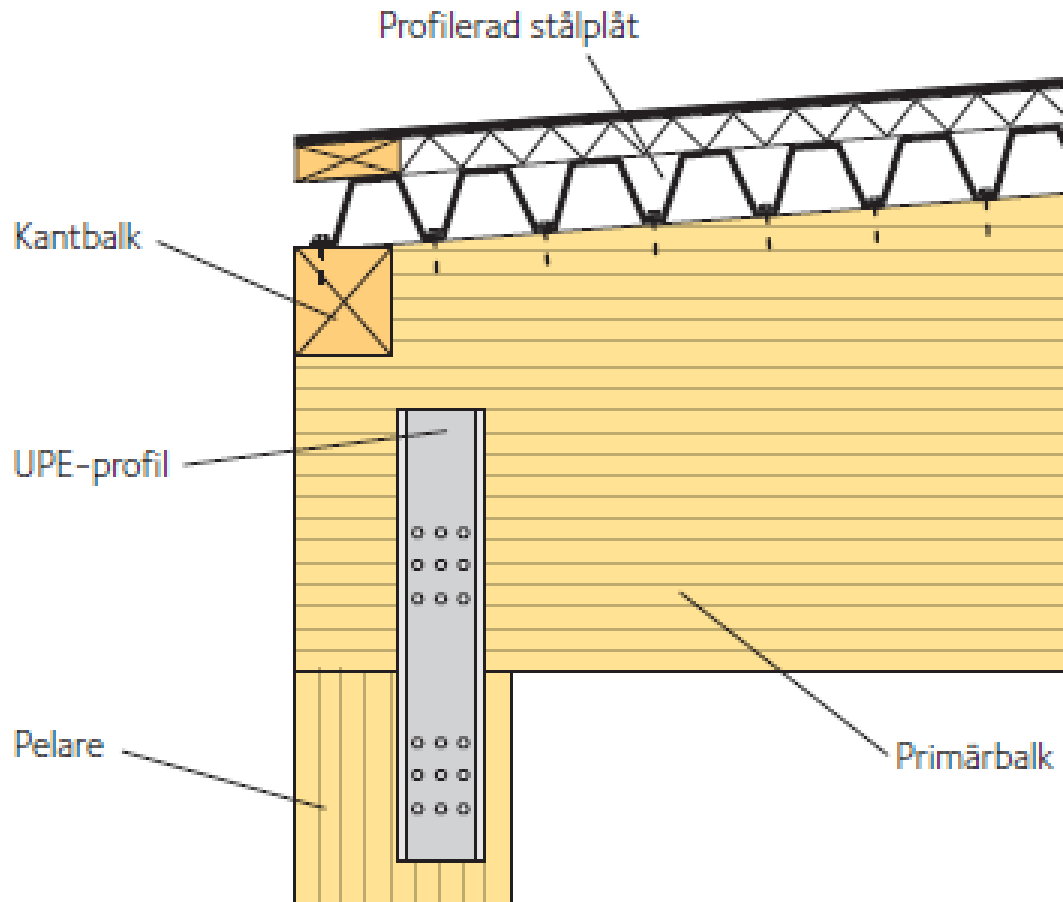
- a) Öppet tvärsnitt,
- b) lådtvärsnitt.



Figur 13.31 Typiska tvärsnitt för profilerad stålplåt.



Stabilisering genom skivverkan



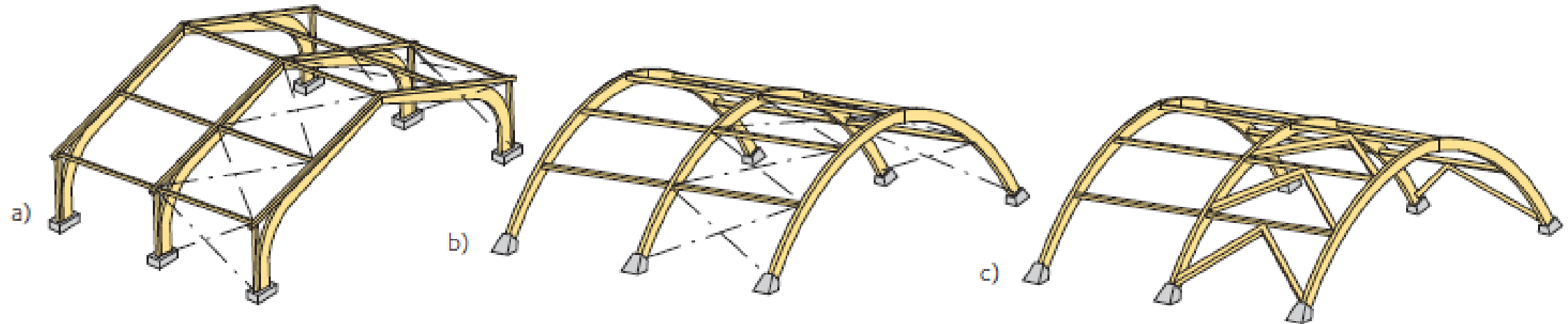
Figur 13.34 Exempel på förband mellan profilerad stålplåt och primärbalk.



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 bågbroar medelst vindkryss



Stabilisering av bågbroar medelst styva ramar



Stabilisering under monteringsfasen



Stabilisering under monteringsfasen



Träförband

A collection of various metal fasteners for wood, including bolts, nuts, and plates, arranged on a wooden surface. The items include several bolts with hexagonal heads and nuts, some with washers, and two metal plates with pre-drilled holes. The background is a light-colored wooden plank surface.

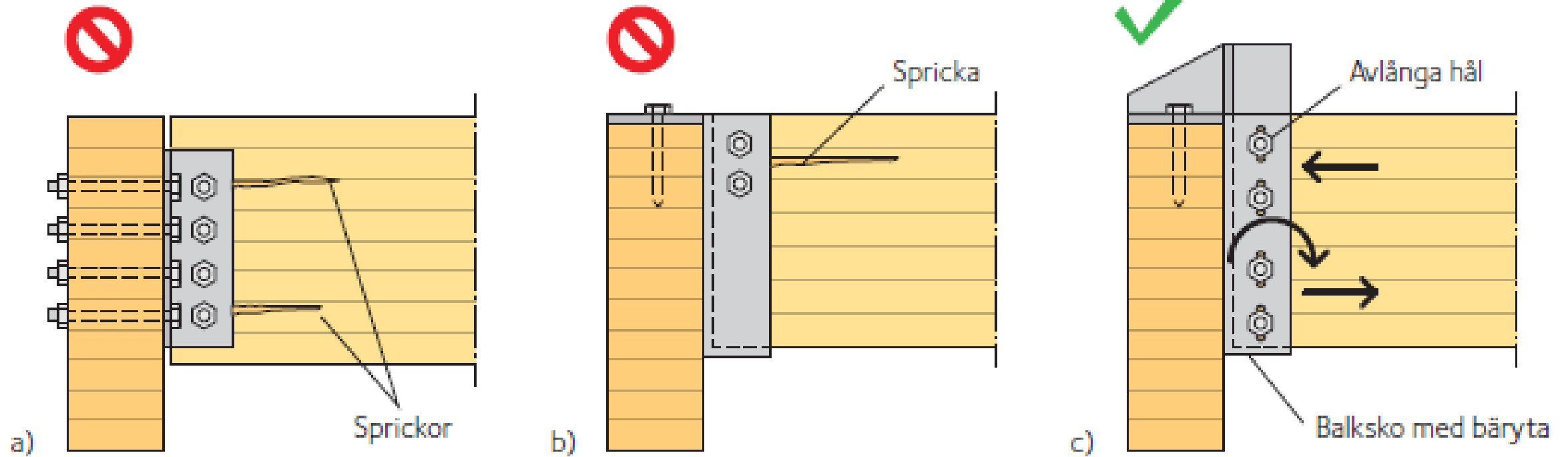
Förband är ofta dimensionerande i träkonstruktioner

Regel nr. 1

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



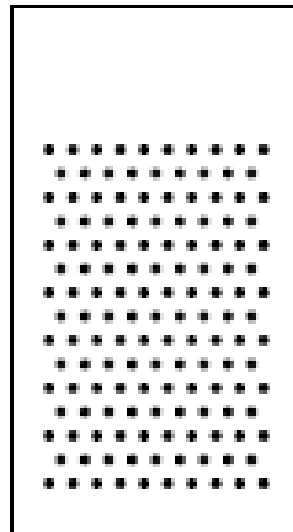
Fuktrörelser: balk-pelars infästning



Samma area, olik spikningstäthet

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

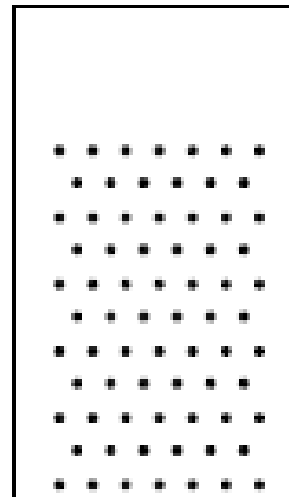
143 spikar



RECTL

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

72 spikar



NORML

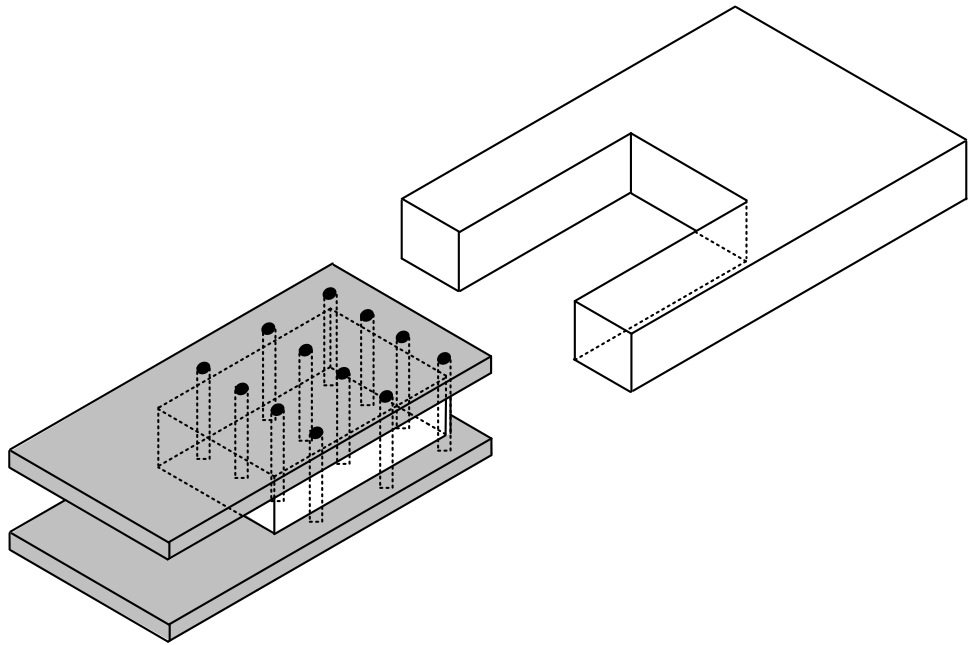
$R_{\text{mean}} = 178 \text{ kN}$



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

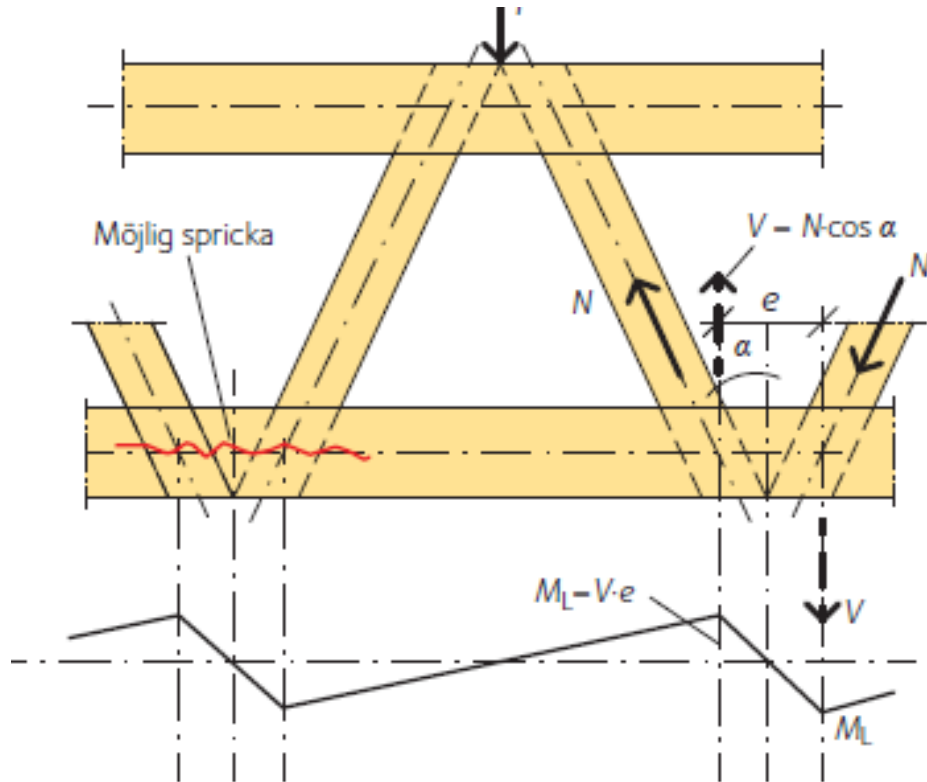
Jørgen Munch-Andersen Danish Timber Information Council, Denmark
Philipp Dietsch Technische Universität München, Germany



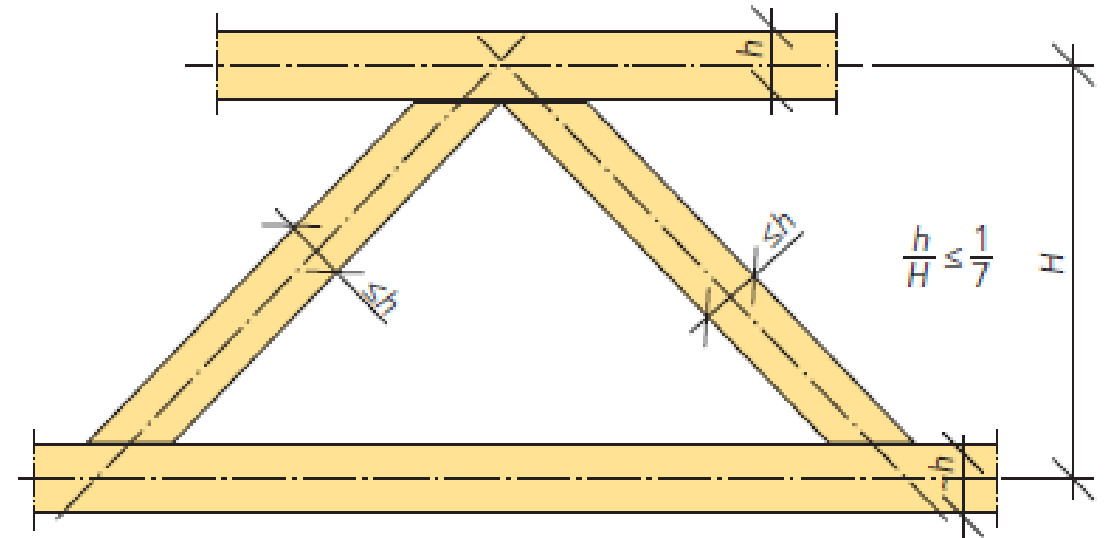
Regel nr. 3: främja duktilitet i förbanden



Regel nr. 4: undvik excentricitet i förbandet



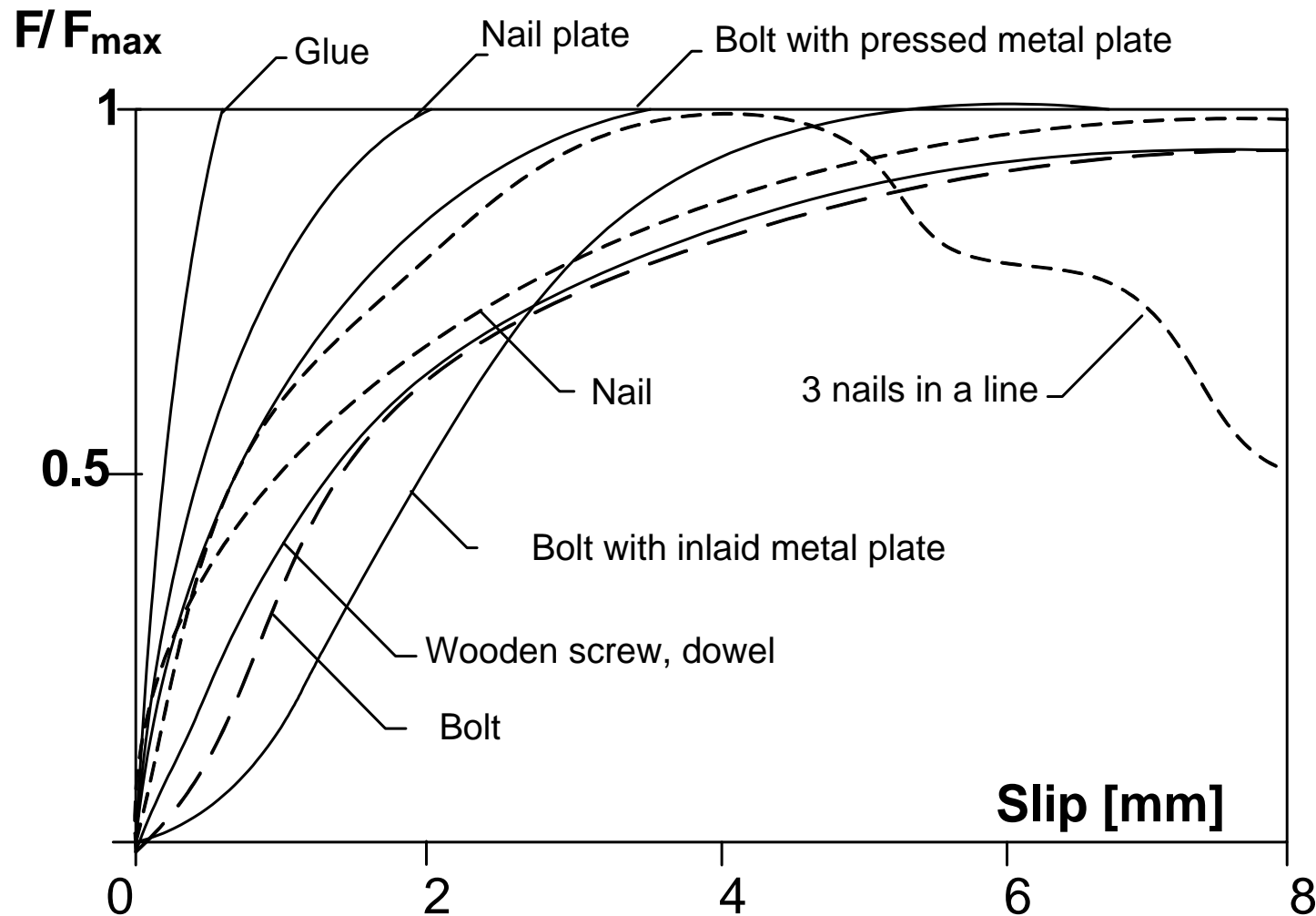
Fel!



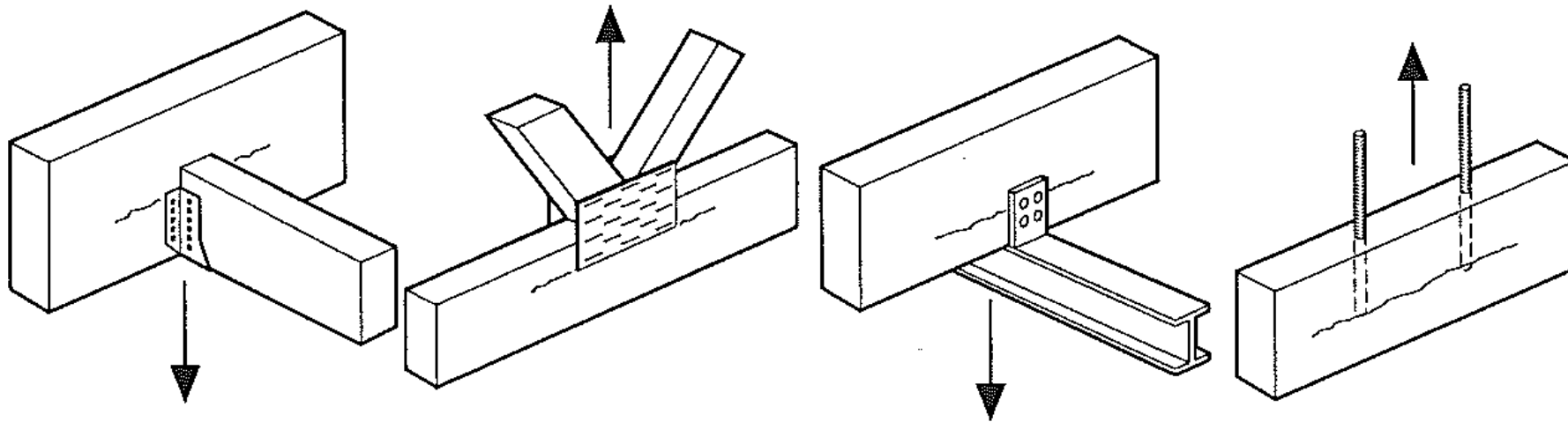
Rätt!



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



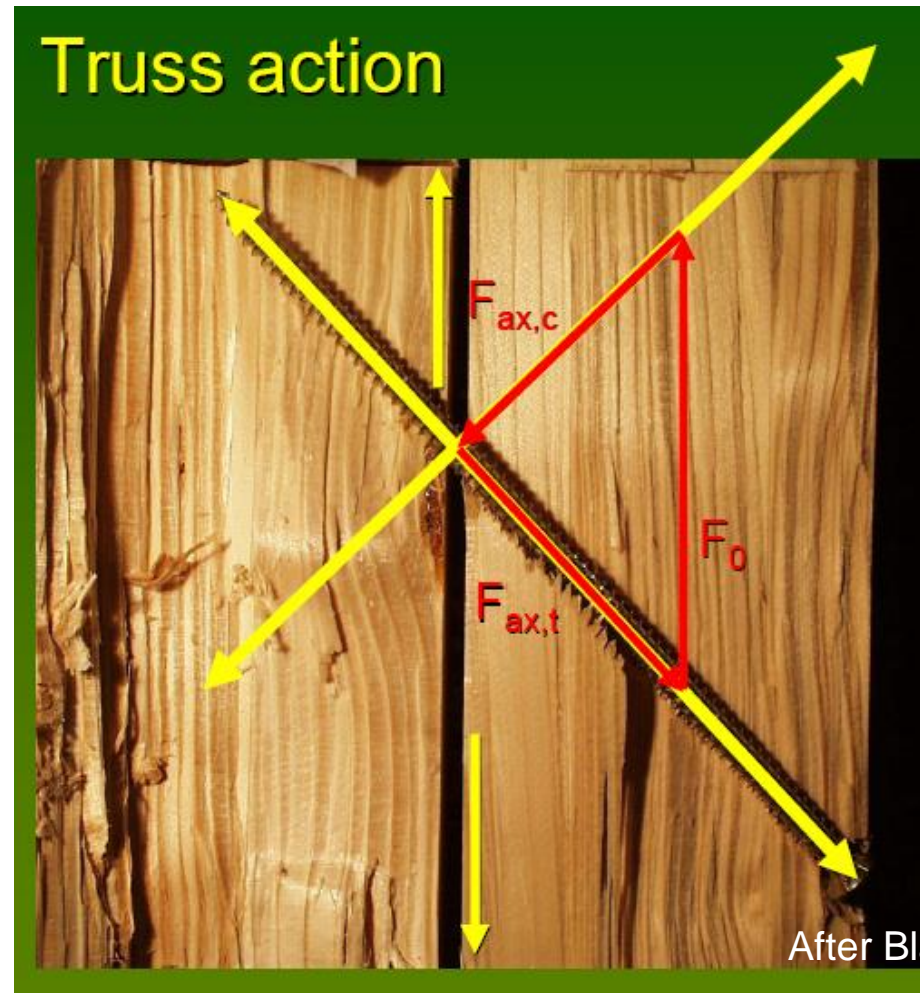
Regel nr.6: undvik risk för fläkning



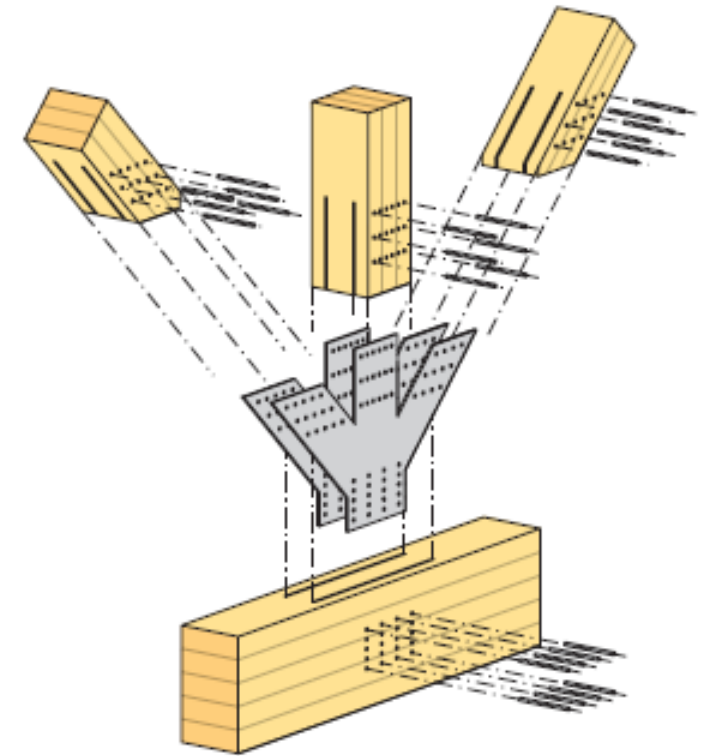
Några exempel på förband



Förband med sneda helgängade träskruvar



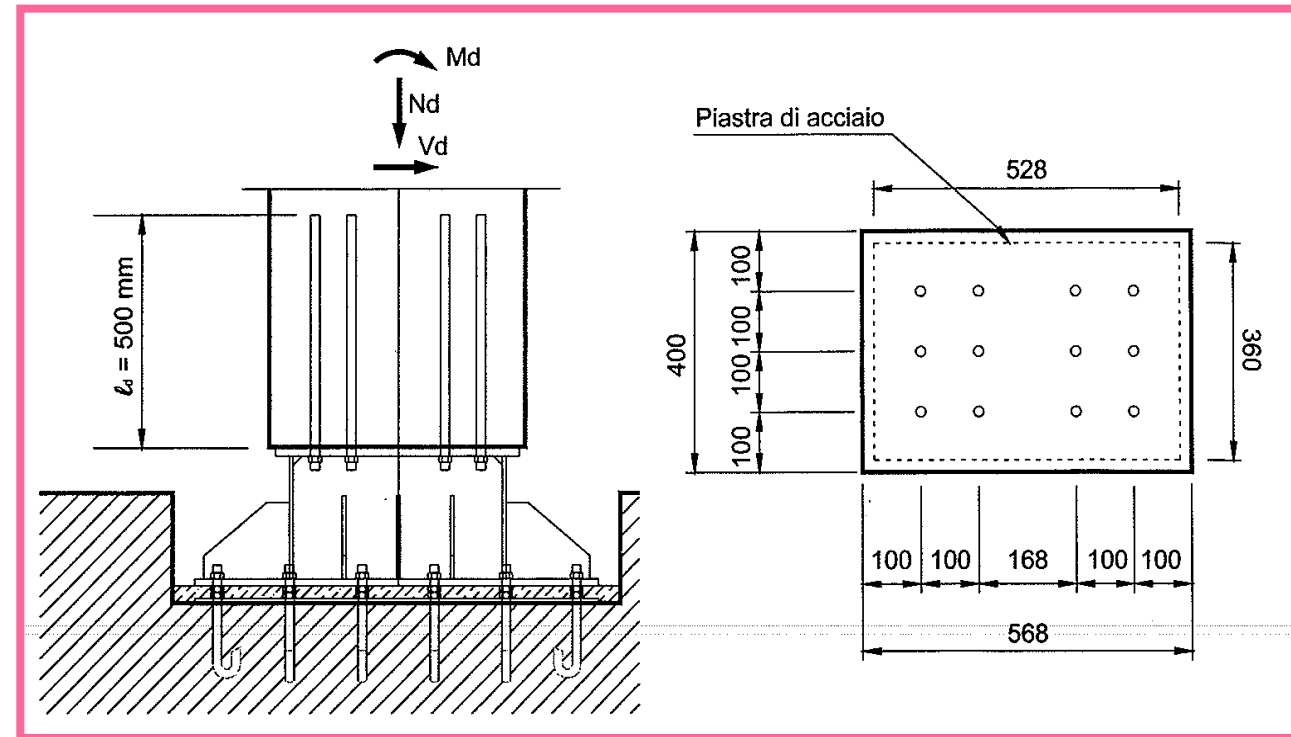
Förband med inslitsade plåtar och dymlingar



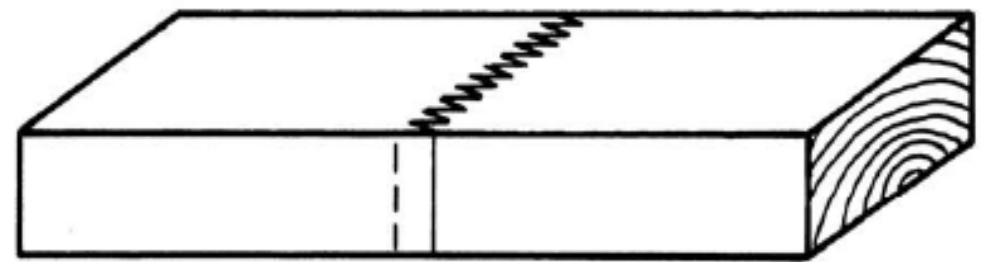
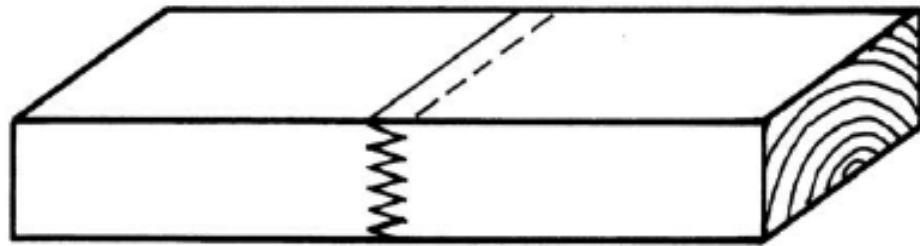
Förband med inlimmade skruvar



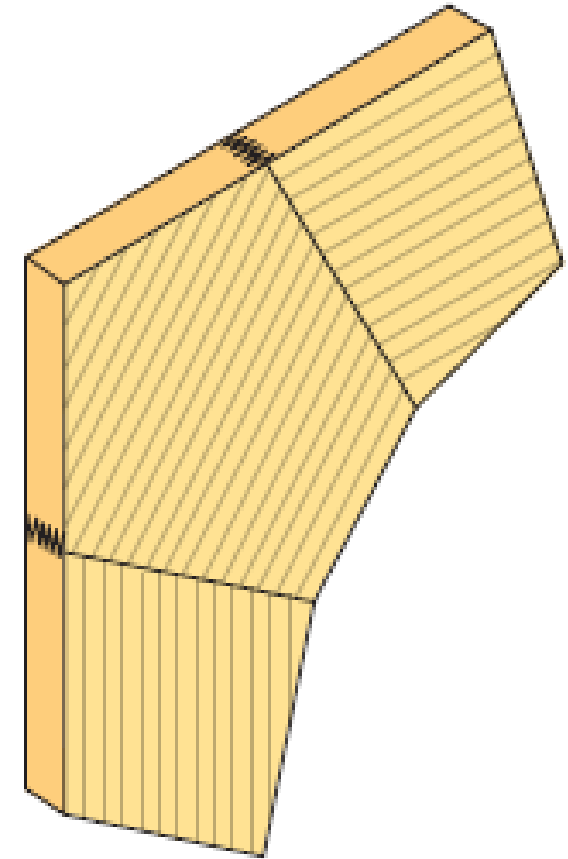
<http://forestry-tannert.sites.olt.ubc.ca/files/2011/06/Rod.jpg>



Limmade förband: ”små fingerskarvar”



Limmade förband: ”stora fingerskarvar”



Figur 10.11 Fingerskarvat ramhörn med mellanstycke.



”Riktiga leder”



Tack för uppmärksamheten!

