

# KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

## Přednášky:

1. Ocelové konstrukce - halové stavby
2. Ocelové konstrukce - haly velkých rozpětí
3. Ocelové konstrukce - patrové budovy
4. Ocelové konstrukce - vysoké budovy
5. Ocelové konstrukce - ocelové a ocelobetonové mosty, lávky
6. Ocelové konstrukce - předběžný návrh prvků ocelových nosných konstrukcí
7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení
9. Dřevěné konstrukce - spoje, ochrana proti znehodnocení a požáru
10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly
11. Dřevěné konstrukce - historie, krovy, stropy, zesilování
12. Dřevěné konstrukce - předběžný návrh prvků dřevěných nosných konstrukcí

# 10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly

Obsah přednášky:

## 1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce

### 1a. Nosníky z lepeného dřeva

1b. Rámy a oblouky

1c. Příhradové nosníky

## 2. Dřevěné patrové budovy

## 3. Shrnutí

# 1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce

## 1a. Nosníky z lepeného dřeva

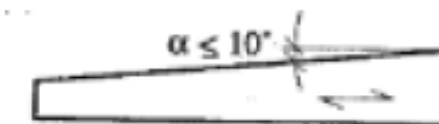


### Přímé nosníky

- prosté (o jednom poli)
- spojitě (o více polích)



### Pultové nosníky

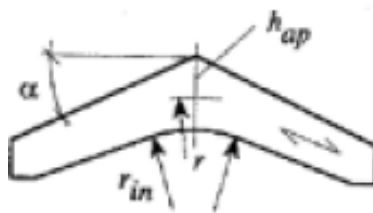
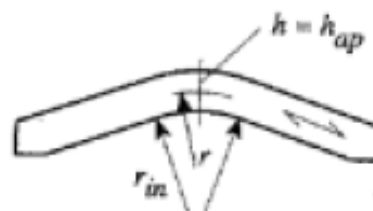


### Sedlové nosníky



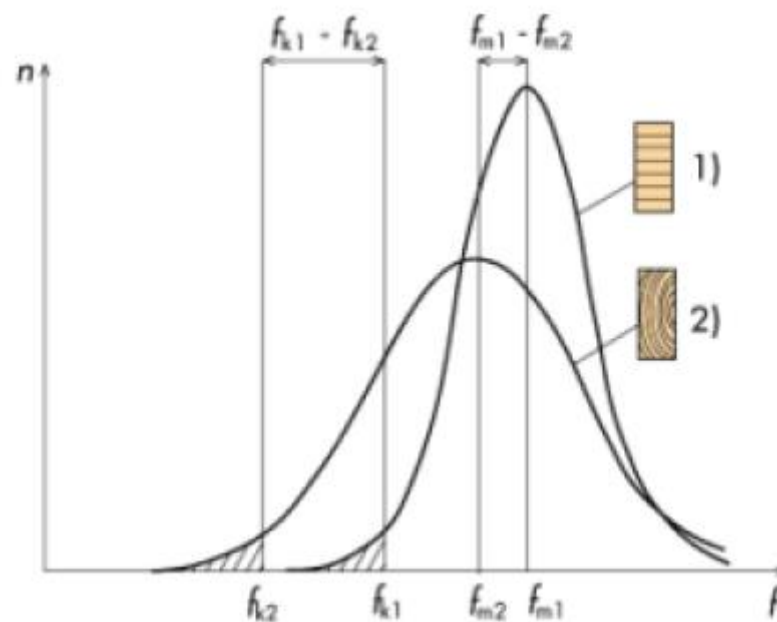
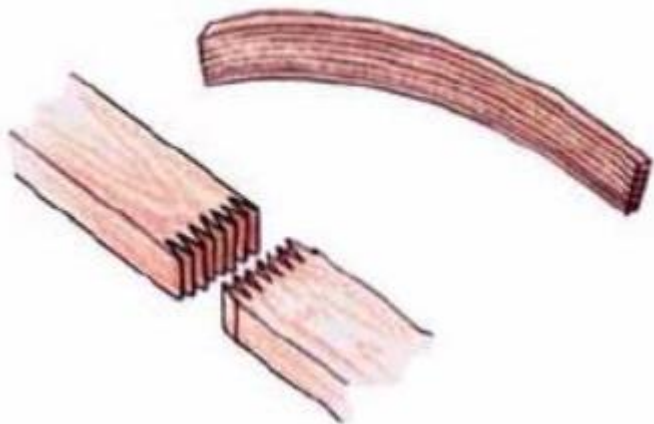
### Zakřivené nosníky

- konstantní výška
- proměnná výška



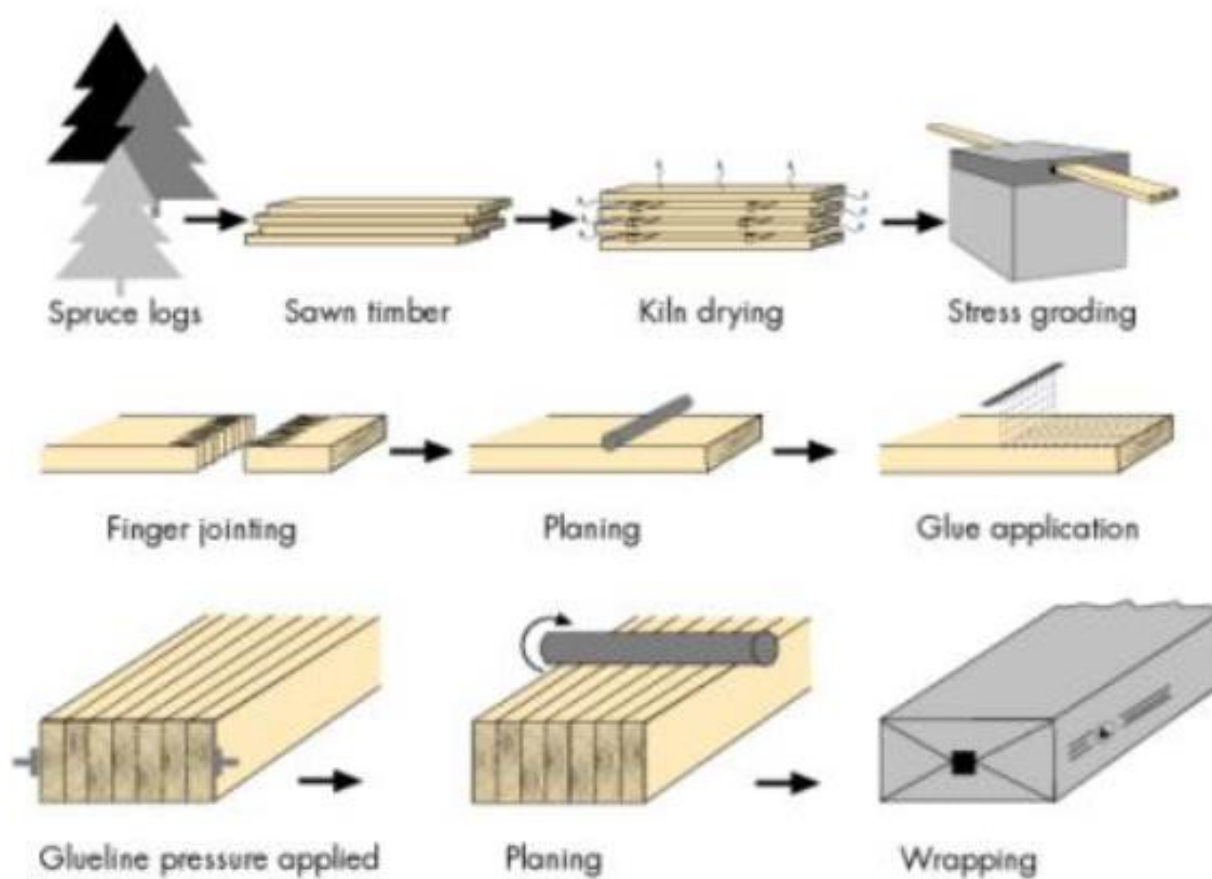
## Lepené dřevo

- odstranění přirozených vad
- zubovitý sraz – lepení
- nekonečná lamela
- vytvoření téměř libovolného tvaru
- cca 4-5x dražší než hraněné řezivo (u nás kolem 25 000 Kč/m<sup>3</sup>)



- 1) Lepené dřevo - vyšší průměrná pevnost  
- menší rozptyl pevnosti
- 2) Rostlé dřevo

## Proces výroby lepeného dřeva

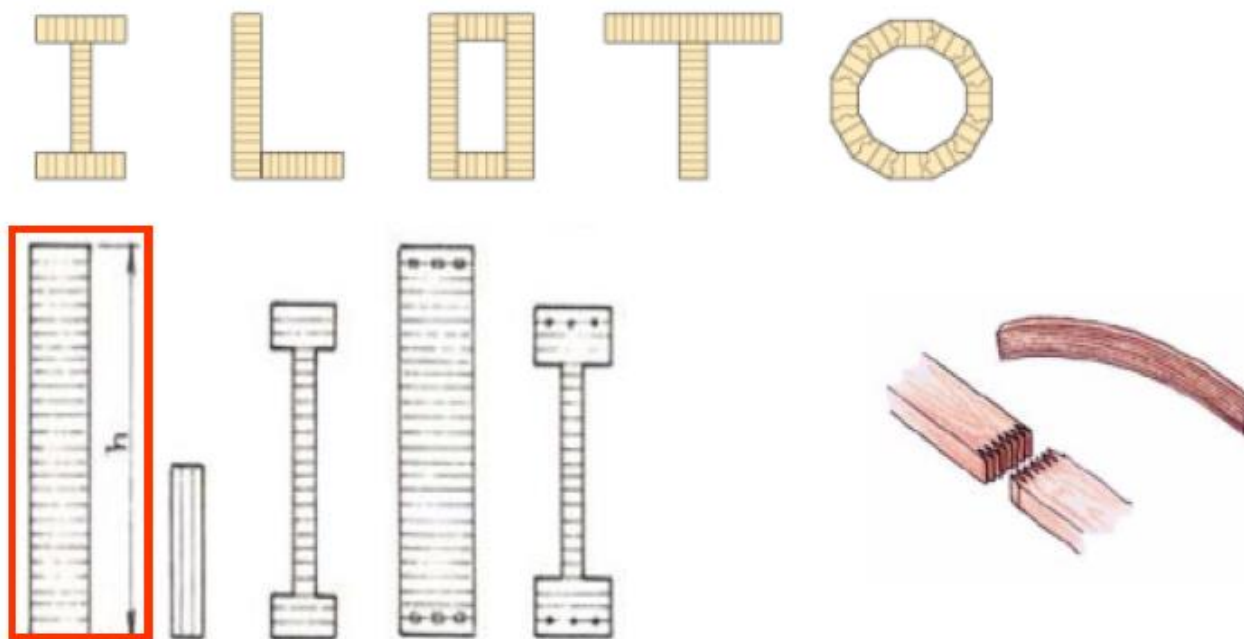


### Legenda:

- smrkové klády
- řezivo
- sušení v peci
- třídění
- zubovitý spoj
- rovnání
- nanes. lepidla
- tlak v lince
- rovnání
- balení

## Výrobní rozměry

- šířka 60 – 240 mm (některé zahraniční zdroje do 225, 215 mm); širší se vyrábějí z více lamel (vyšší cena)
- výška min. 105 mm (3 lamely po 35-50 mm), max. 2 m; vyšší lze dodatečně slepovat (vyšší cena)
- délka podle výrobní linky, někde až 60 m, důležitější jsou možnosti přepravy

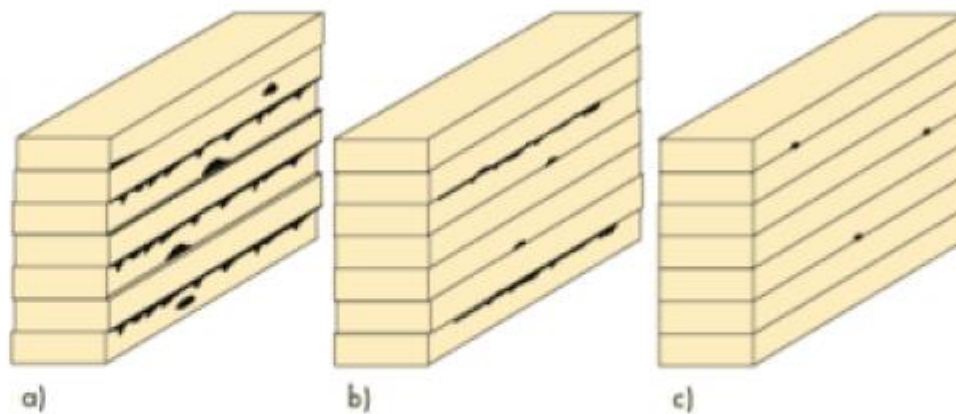
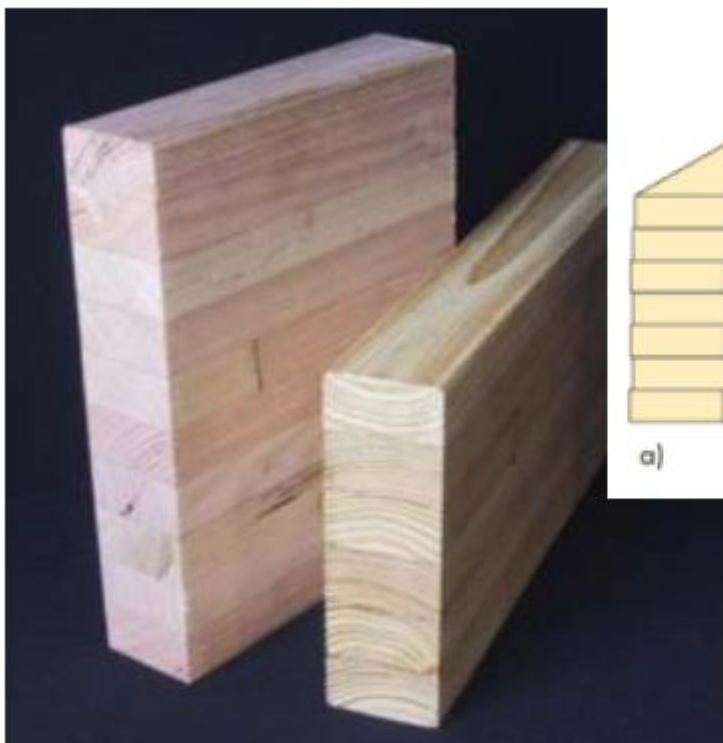


Různé třídy úpravy povrchu:

- a) zarovnání
- b) použití v průmyslu
- c) architektonické prvky



Značka certifikovaného výrobce





## Třídy lepeného dřeva

Značení:

- lepené dřevo: GLxx , kde xx značí pevnost dřeva v ohybu v MPa, např. GL24h (označení podle třídy dřeva použitého na lamely)

Popis	Značka	Velič.	GL 24h	GL 28h	GL 32h	GL 36h
Pevnost v ohybu	$f_{m,g,k}$	[MPa]	24	28	32	36
Pevnost v tahu rov. s vlákny	$f_{t,0,g,k}$		16,5	19,5	22,5	26
Pevnost v tahu kol. k vláknům	$f_{t,90,g,k}$		0,4	0,45	0,5	0,6
Pevnost v tlaku rov. s vlákny	$f_{c,0,g,k}$		24	26,5	29	31
Pevnost v tlaku kol. k vláknům	$f_{c,90,g,k}$		2,7	3,0	3,3	3,6
Pevnost ve smyku	$f_{v,g,k}$		2,7	3,2	3,8	4,3
Modul pružnosti (stř. h. 0°)	$E_{0,g,mean}$		11600	12600	13700	14700
Modul pružnosti (5 % kv.)	$E_{0,g,05}$		9400	10200	11100	11900
Modul pružnosti (stř. h. 90°)	$E_{90,g,mean}$		390	420	460	490
Hustota	$\rho_{g,k}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	380	410	430	450

## Přímé nosníky s konstantním rozměrem

- nejběžnější

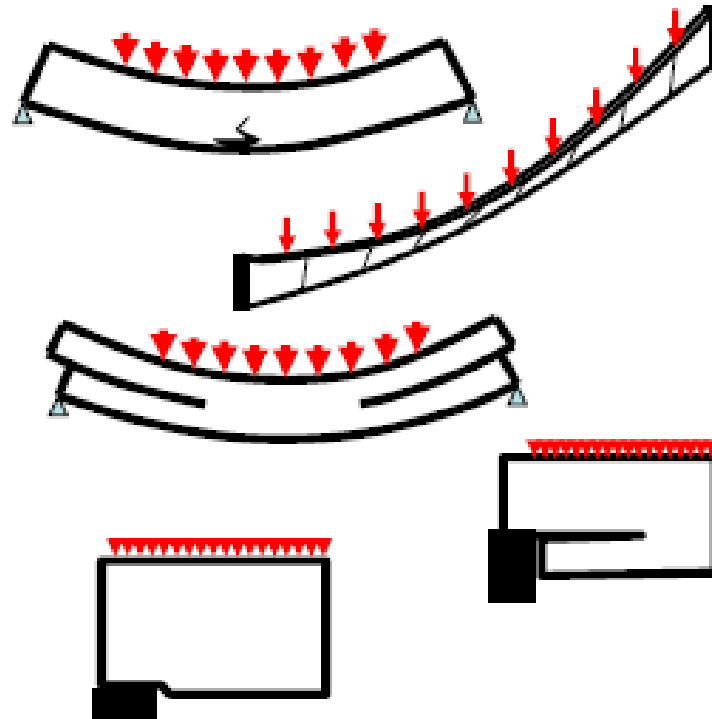


- lze vyrobit „téměř vše“, prakticky:
  - pokud přesáhne šířka 240 mm, vhodné zvážit lépe více nosníků (zdvojené atd.)
  - šířka nejméně  $h/7$  k zajištění stability
- většinou se vyrábí „standardní nosníky“ v souladu s národními zvyklostmi (ty vyrobí každý výrobce v kratším termínu než individuální požadavky)

## Prosté nosníky

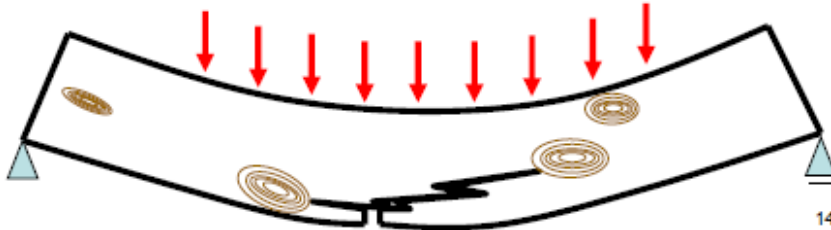
- střechy, stropy, průvlaky apod.
- **výška cca  $L/17$ , rozpětí až 30 m**
- obvykle se vyrábějí s nadvýšením rovným průhybu od zatížení stálého + dlouhodobého
- průhyb postačí obvykle vyčíslit od momentu

- způsoby překročení MSÚ:
  - ztráta únosnosti v ohybu
  - ztráta stability při ohybu
  - ztráta únosnosti ve smyku
  - porušení ú zářezu
  - porušení v uložení



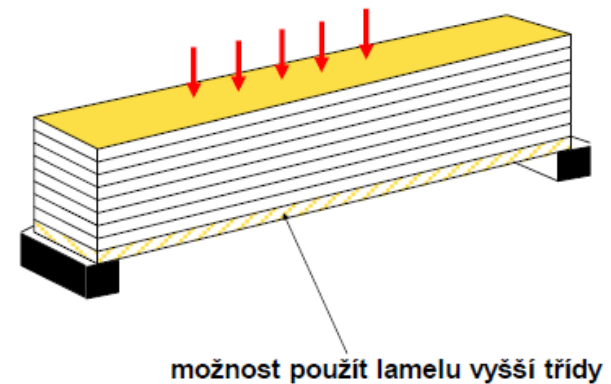
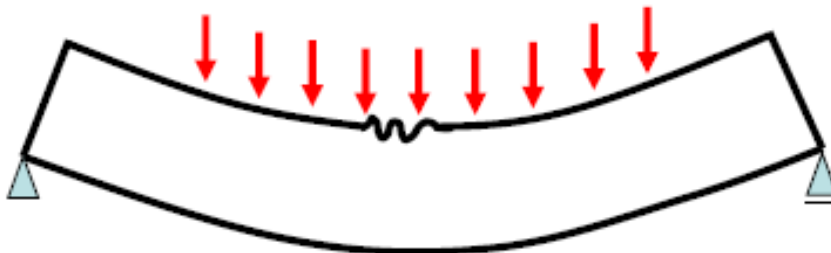
### Porušení v tahu za ohybu

- častější způsob porušení v ohybu
- křehké porušení
- ve skutečnosti jde obvykle o kombinaci porušení v tahu a ve smyku



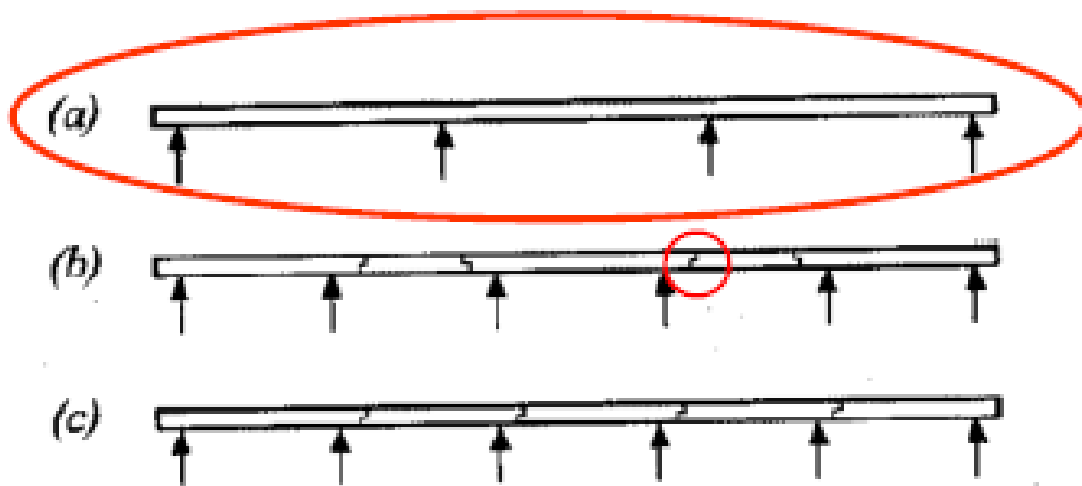
### Porušení v tlaču za ohybu

- pravděpodobnější u vyšších tříd dřeva
- vzácný způsob porušení



## Nosníky přes více polí

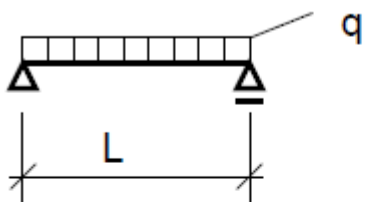
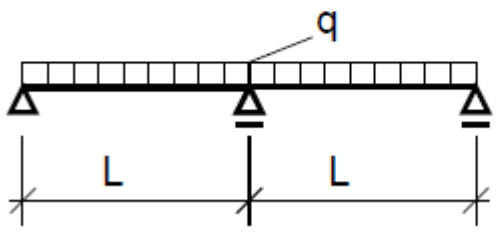
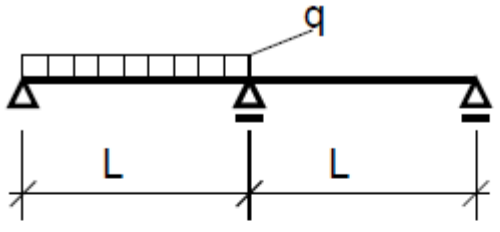
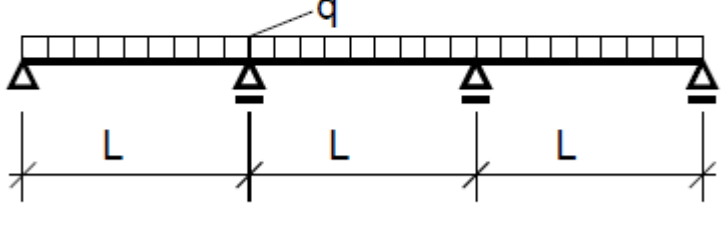
- spojité (a) nebo Gerberovy (b, c) nosníky
- příznivější rozdělení ohybového momentu
- větší tuhost
- výška cca  $l/20$  až  $l/25$  (prosté nosníky cca  $l/17$ )
- zpravidla bez nadvýšení



spojité u lepených částější

Gerberovy nosníky: kratší pole „zavěšena“, aby se zamezilo tahu kolmo na vlákna

10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly

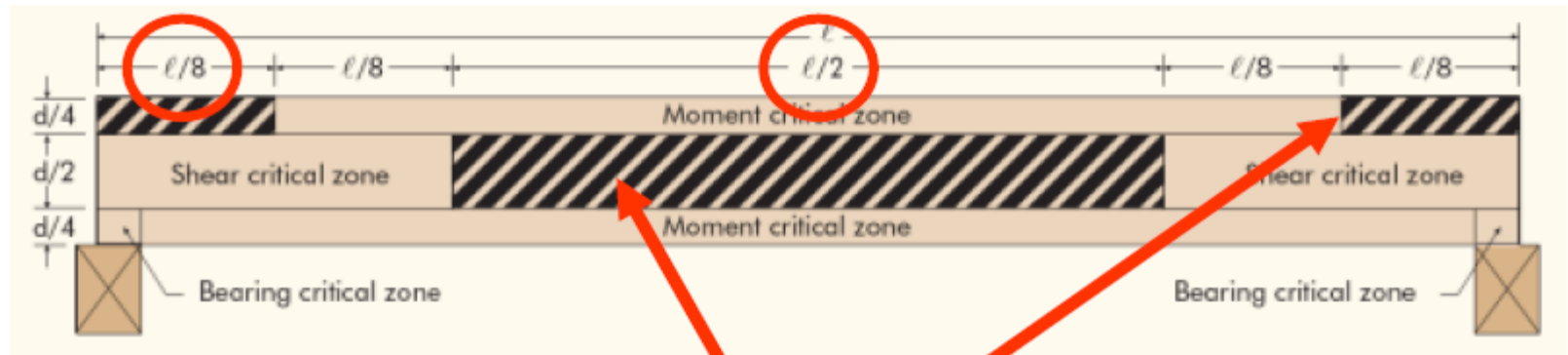
	M+	M-	V	w
	$1/8 qL^2$	-	$0,5 qL$	<u><math>0,013 qL^4/(EI)</math></u>
	$0,0703qL^2$	$-1/8 qL^2$	$0,625qL$	<u><math>0,0092 qL^4/(EI)</math></u>
	$0,0957qL^2$	$-0,0625qL^2$	$0,625qL$	$?? qL^4/(EI)$
	$0,080qL^2$	$-0,100qL^2$	$0,600qL$	$0,0068 qL^4/(EI)$

## Nosníky s otvory





- provedení otvorů:



Oblasti, kde lze případně provést menší prostupy (otvory) pro vedení kabelů apod.

Menší otvory méně redukují příčný řez

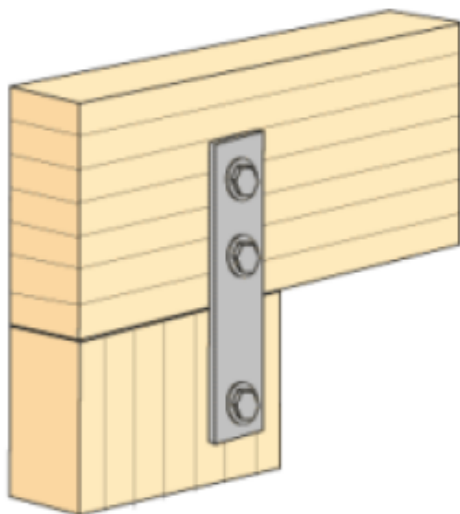


Zaoblení otvorů snižuje špičky napětí



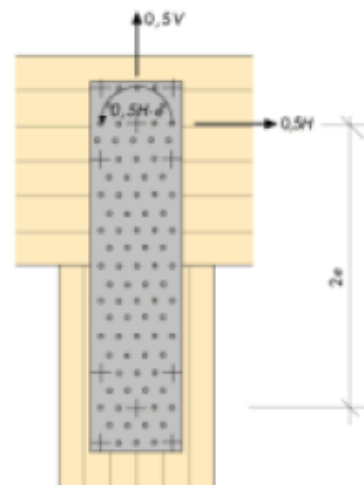
## Detaily uložení

### Detaily uložení na dřevěný sloup

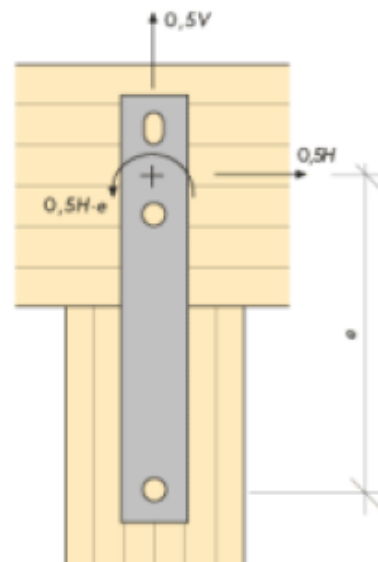


Uložení na dřevěný sloup pomocí bočních ocelových plechů

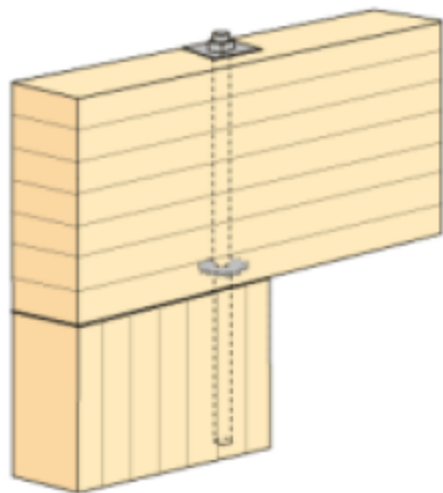
- co nejbližže okraji, aby nebránilo pootočení ( $4d$ )



tuhý spoj



tuhý spoj jen na jednom konci  
(nemá větší význam)



Kloubové uložení pomocí vlepované tyče

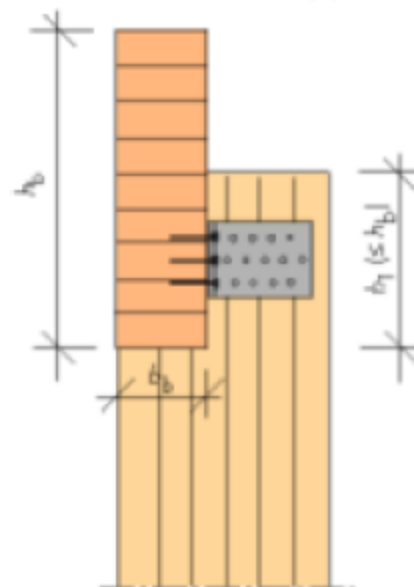
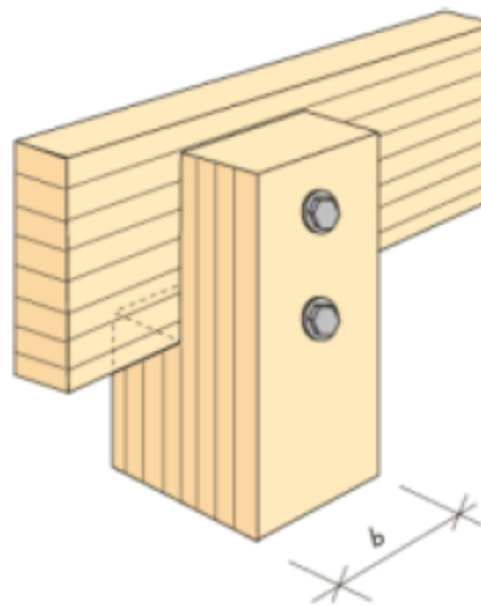
- skrytý přípoj

(pozor na vysychání – nutno dotahovat – názory se různí, spíše se toto řešení nedoporučuje)

-do výšky 500 mm

-ne dynamicky namáhané prvky

-ne v třídě provozu 3



Zapuštěný nosník

-excentrické namáhání sloupu

-jednoduchá montáž

## Pultové nosníky

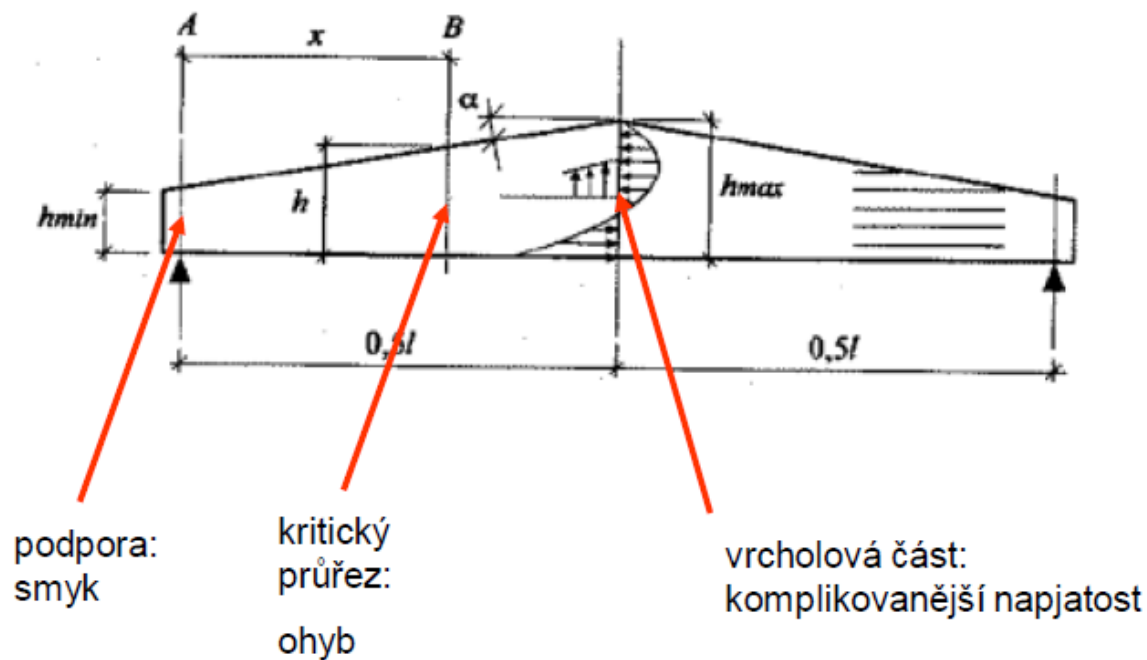
- velký objem (nevýhodné)
- přímo lze osadit sekundární prvky střechy
- samy tvoří sklon střechy
- do cca 30 m
  
- sklon obvykle: min 1:40 ( $\alpha = 1,5^\circ$ )  
max 1:10 ( $\alpha = 5^\circ$ )
  
- střední výška: **min L/20**
- nejmenší výška: **min L/30**



Horní okraj –  
přeřezaná vlákna

## Sedlové nosníky

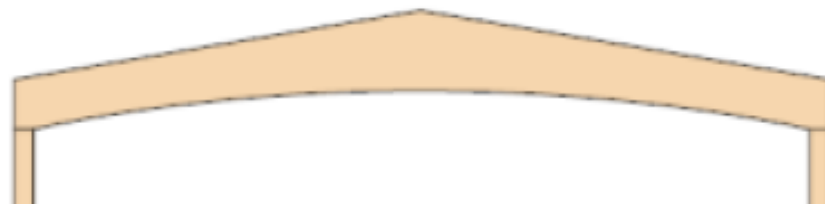
- stejné přednosti jako pultové nosníky
- výhodnější tvar, sleduje průběh ohyb. momentu
- výška ve vrcholu alespoň  $L/20$
- do 30 m



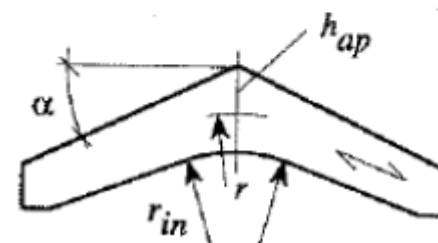
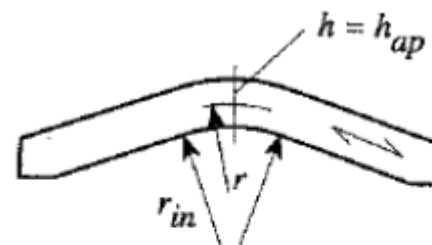


## Zakřivené nosníky

- sklon 1/10 až 1/3 (5-20°)
- výška v podpoře alespoň L/30, ve vrcholu obvykle L/15 až L/10



- a) s konstantní výškou
- b) sedlový nosník se zakřiveným dolním okrajem (někdy též „nadvýšený sedlový nosník“ nebo „vyklenutý nosník“)





# 10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly

Obsah přednášky:

## 1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce

1a. Nosníky z lepeného dřeva

1b. Rámy a oblouky

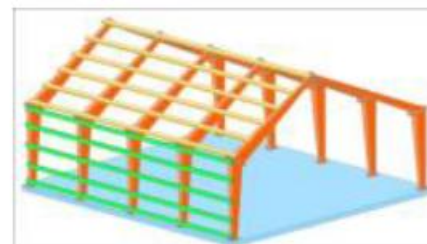
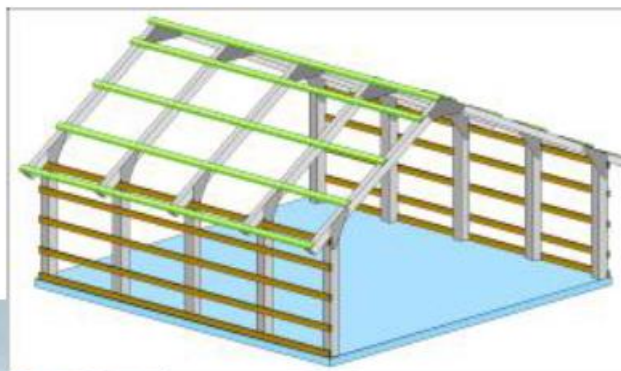
1c. Příhradové nosníky

2. Dřevěné patrové budovy

3. Shrnutí

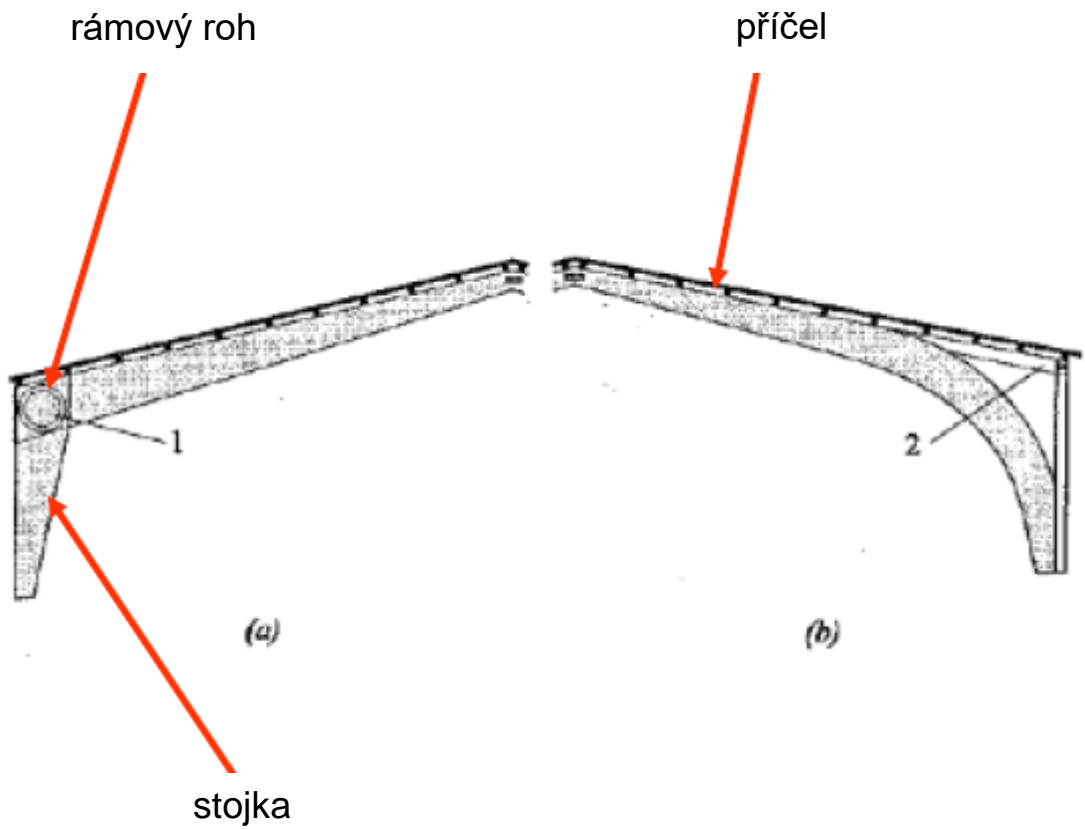
# 1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce

## 1b. Rámy a oblouky



1

# Rámové konstrukce



10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly



a)



b)



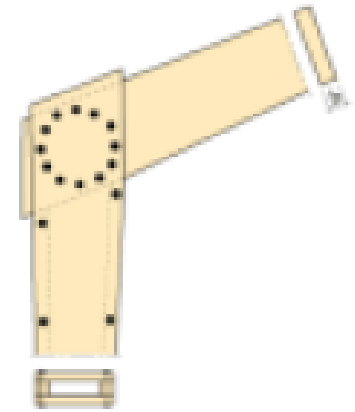
c)



d)

## Rám

- rovinná konstrukce s rámovým rohem, který je schopen přenášet ohybový moment
- jako hlavní nosná konstrukce průmyslových objektů, sportovních hal apod.
- rámy s nosnými prvky:
  - a) konstantní výšky
  - b) proměnné výšky
  - c) zakřivenými
- obvykle jednoduché systémy v osových vzdálenostech 5-10 m
- pro návrh rozhodující:
  - 1) řešení rámového rohu
  - 2) přepravní možnosti



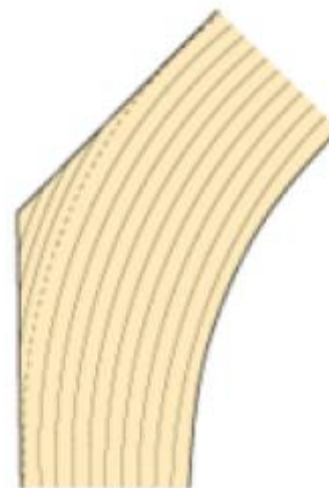
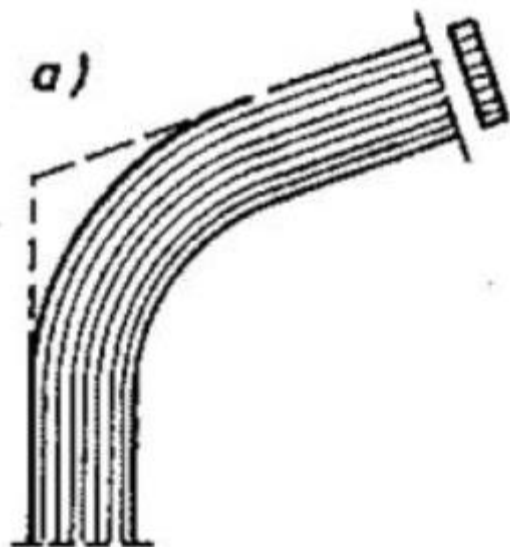
- obvykle 3-klobový systém
- sklon pokud možno alespoň  $14^\circ$  (25 %) – redukce ohybového momentu ve vrcholu
- výška příčného řezu v rohu:  $h_r = h/15 + L/30$
- výška příčného řezu v podpoře:  $h_f = 0,7 h_r$
- výška příčného řezu ve vrcholu:  $h_n = 0,3 h_r = 250 \text{ mm}$



## Rámový roh

### a) zakřivený rámový roh

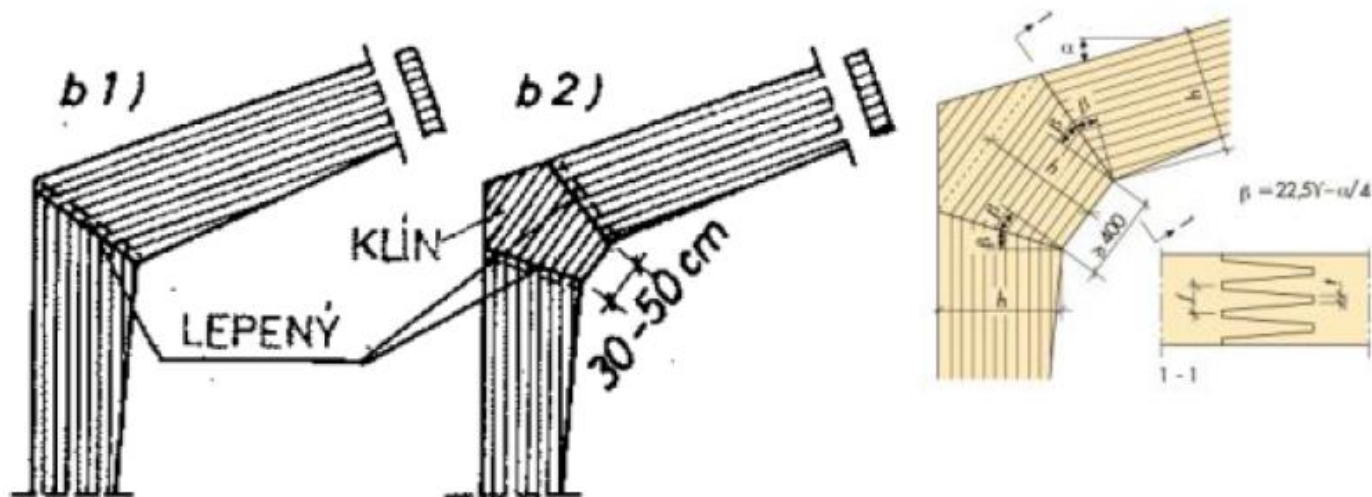
- poloměr zakřivení „ $r$ “ alespoň  $200t$ , kde  $t$  je tloušťka lamely (obvykle cca 30 mm)  
→  $r = \text{cca } 6 \text{ m}$
- neumožňuje montáž na staveništi
- neumožňuje zpětné rozebrání



## Rámový roh

### b) lepený rámový roh

- lepený zubovitý spoj, zuby rovnoběžně se spojem
- do šikmo seříznuté stojky a příčle se vyfrézuje zazubení a díly se slepí
- zazubení se provede v dílně, slepení na stavbě
- tuhý, ale křehký spoj
- problém s trvalou pevností spoje – používat kvalitní lepidla, přísné postupy
  
- umožňuje montáž na staveništi
- neumožňuje zpětné rozebrání

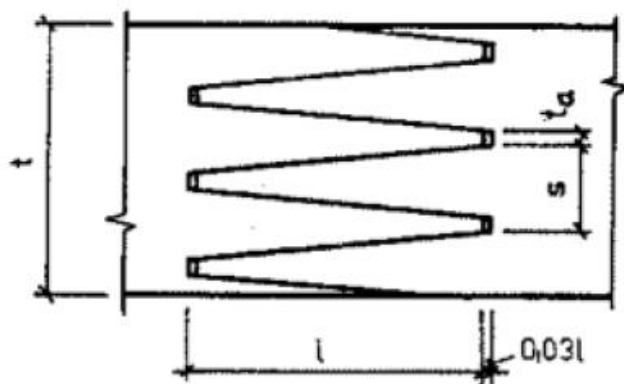




## Rámový roh

### b) lepený rámový roh

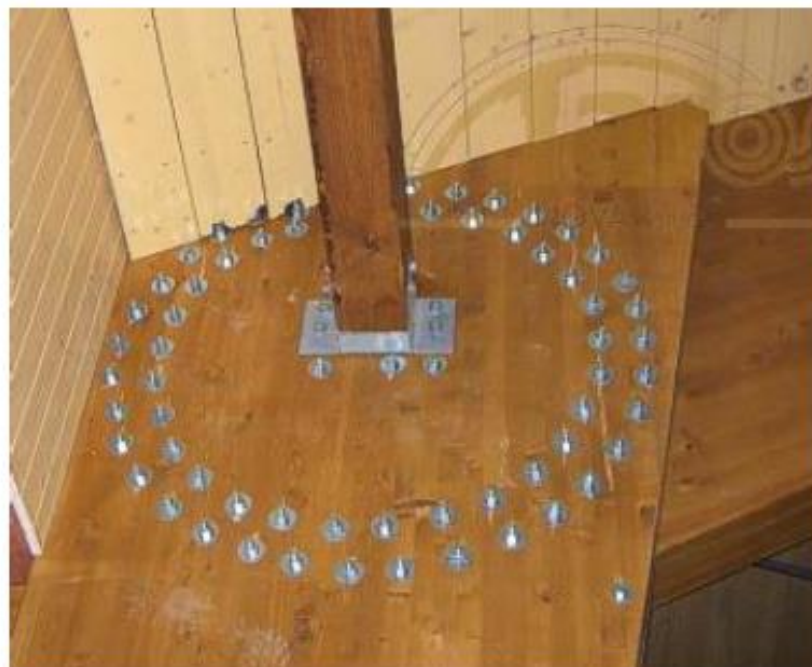
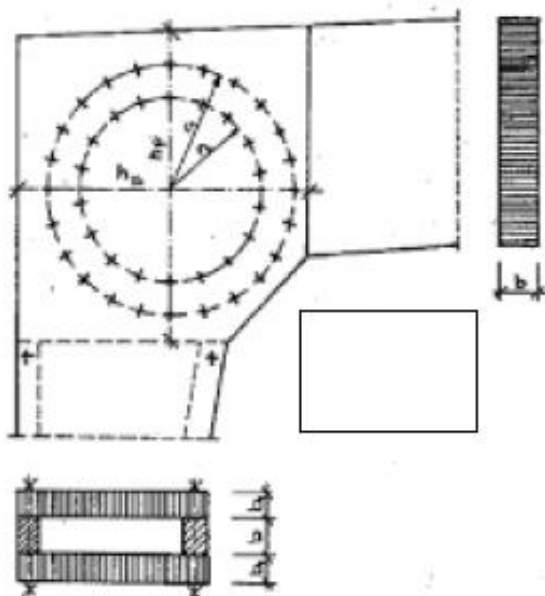
- délky zubů se provádějí ve 3 velikostech:
- mini  $l = \text{cca } 7,5 \text{ mm}$   $t_a = \text{cca } 0,2 \text{ mm}$
- midi  $l = \text{cca } 22 \text{ mm}$   $t_a = \text{cca } 1 \text{ mm}$
- maxi  $l = \text{cca } 50\text{-}60 \text{ mm}$   $t_a = \text{cca } 2 \text{ mm (rámy)}$



## Rámový roh

### c) svorníkový rámový roh

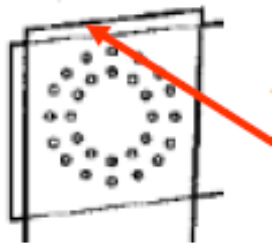
- spojovací prostředky: kolíky, svorníky, hmoždíky, kroužky apod.
- umožňuje montáž na staveništi
- umožňuje zpětné rozebrání



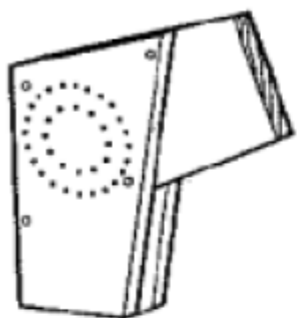
## Rámový roh

### c) svorníkový rámový roh

- obvykle jednodílná příčel, dvojdílná stojka
- obvykle trojkloubový systém
- problémy s rozštěpením, proto:
  - raději kruhové rozmístění, nedoporučuje se rozmístění spojovacích prostředků do pravoúhlé sítě
  - protažení zhlaví přes okraje příčle i stojky
  - vystřídané uspořádání vnitřního a vnějšího kruhu
  - umístění ocelové tyče (svorníku) do středu otáčení

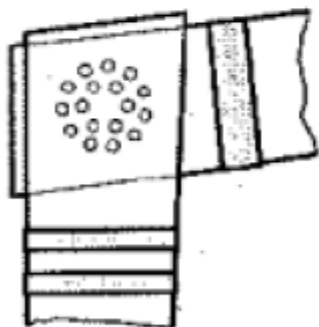
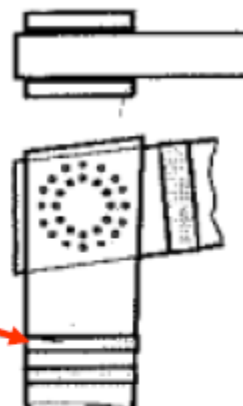


protažení zhlaví přes okraje příčle i stojky



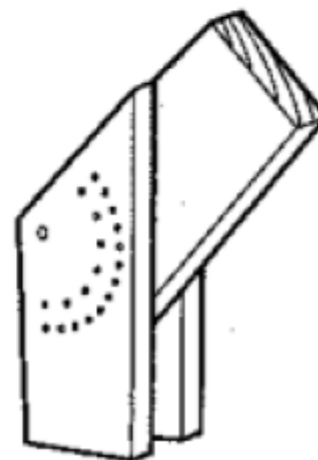
Typický roh s kolíky

Zesílení pomocí přilepených překližkových desek nebo zhuštěného vrstveného dřeva



Roh se zalisovanými hmoždíky

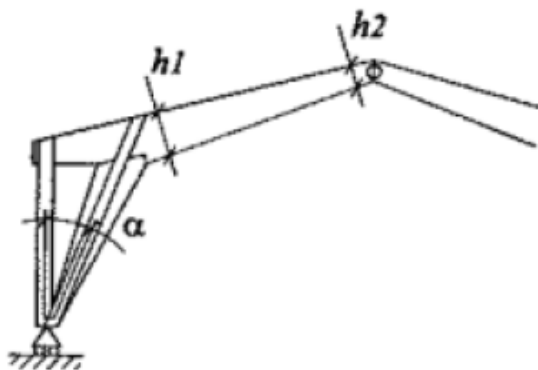
Speciální uspořádání kolíkového spoje  
(ocelová tyč ve středu otáčení)



## Rámový roh

### d) příhradové konstrukce stojky a rohu

- umožňují montáž na staveništi
- umožňují zpětné rozebrání



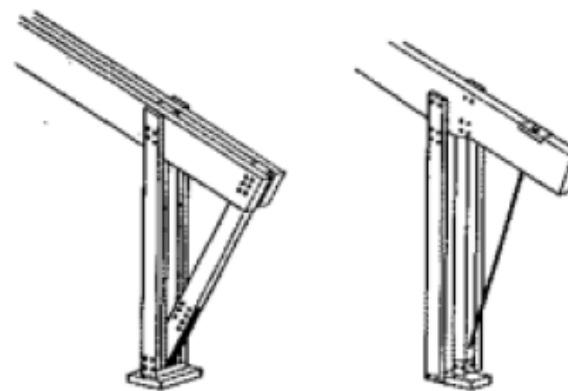
-vnitřní tlačení prut (dřevo)

-vnější táhlo (dřevo, ocel)

$$h_1 = 1/40-1/30 L$$

$$h_2 = 1/60-1/40 L$$

$$\alpha = 10-20$$



Statically výhodné

Nutno důkladně prověřit všechny kombinace (střídání tahu a tlaku)

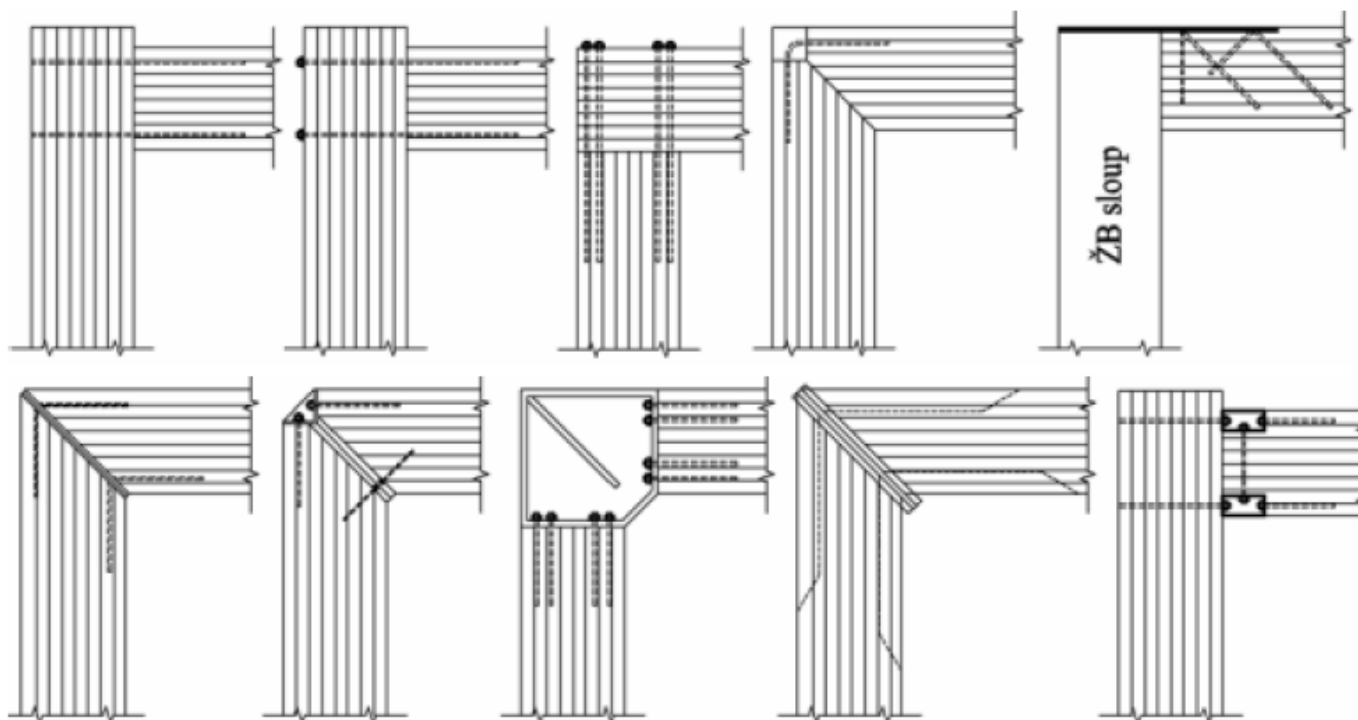
Může přinášet dispoziční obtíže (šikmá stěna)

Lze i 2kl. rám s průběžnou příčlím až do 30 m („sedlová“ příčlím)

## Rámový roh

### e) rámové rohy s vlepovanými tyčemi

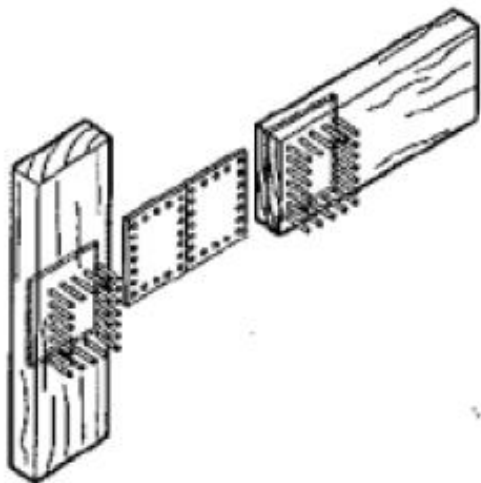
- řada možností, často pracnější
- problémy s vysycháním a delaminací
- umožňují montáž na staveništi
- obvykle umožňují zpětné rozebrání



## Rámový roh

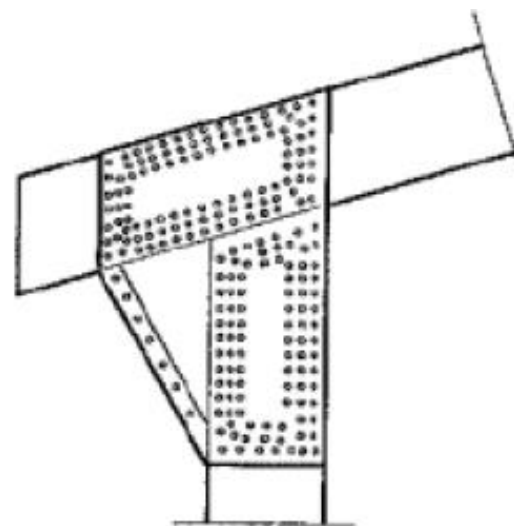
### f) rámové rohy se styčnickovými deskami

- jednodílná příčel i stojka
- umožňují montáž na staveništi
- obvykle umožňují zpětné rozebrání



Roh s ocelovou deskou a kolíky

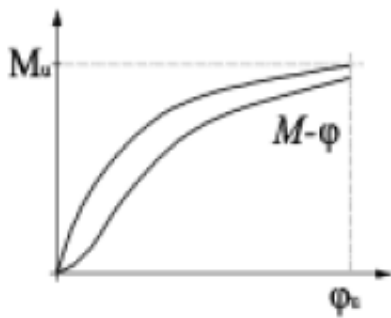
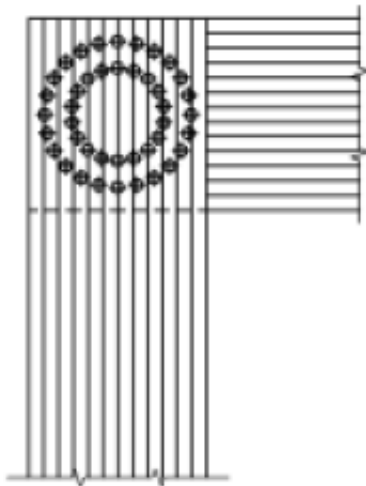
(dobrá požární odolnost)



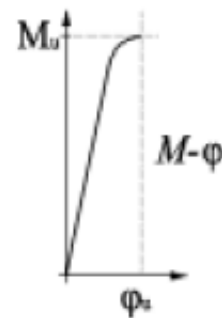
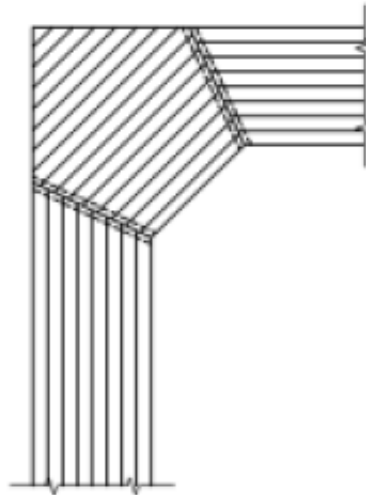
Roh s vně připojenými překližkovými deskami s hřebíky

- většina skutečných rámových rohů působí jako polotuhé
- tuhost rámového spojení se obvykle vyjadřuje  $M-\varphi$  závislostí

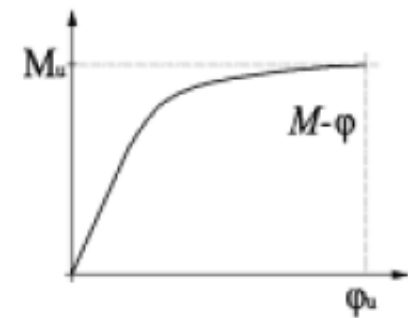
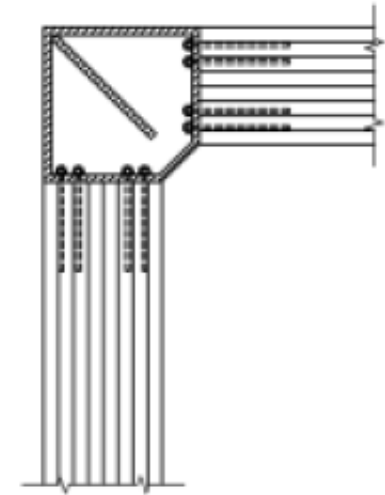
Mechanické (poddajnější)



Lepené (tužší)



Hybridní

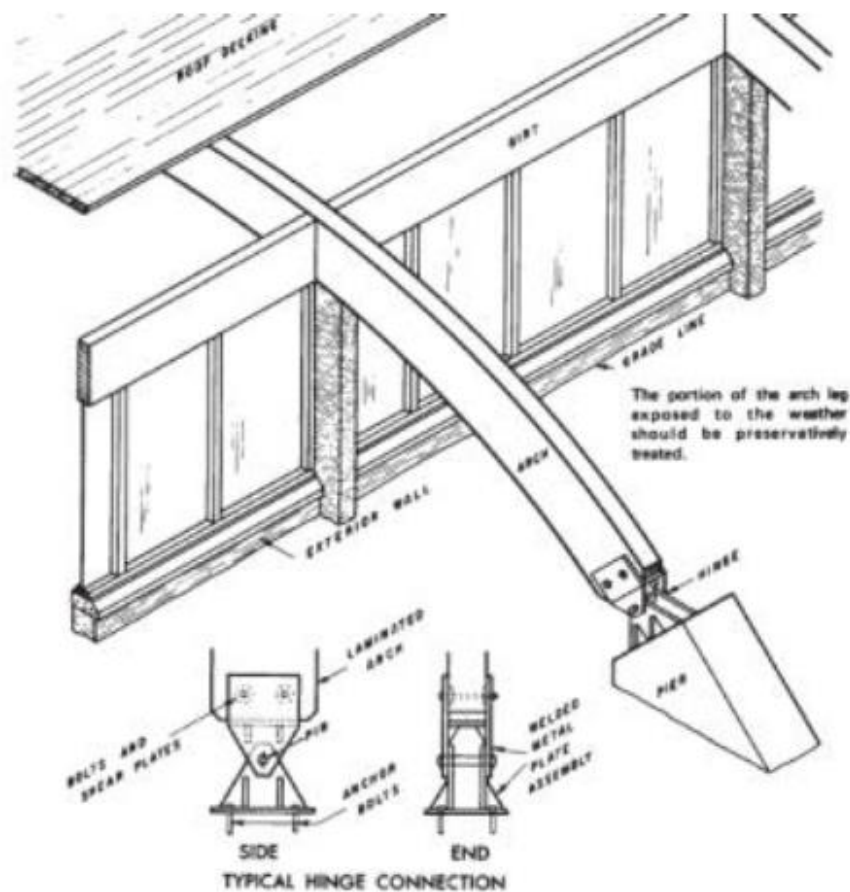




## Oblouky



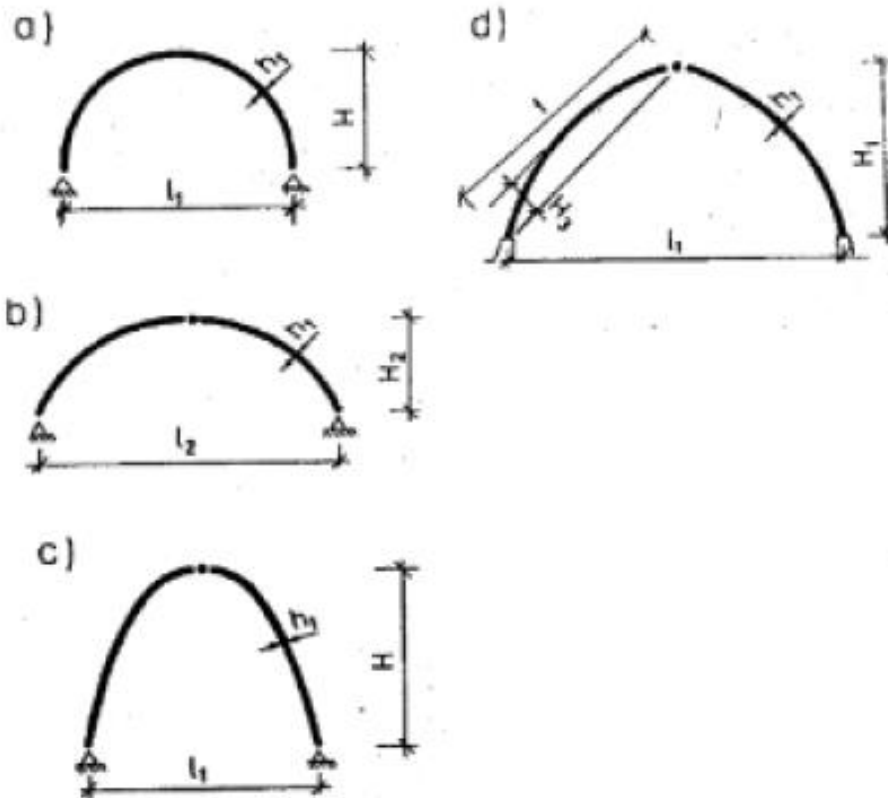
- u obloukových konstrukcí je vnější zatížení transformováno do nosné konstrukce prostřednictvím normálové síly (obdobně jako např. u kleneb)
- momenty a posouvající síly jsou menší u rámu
- důležitou roli hraje uložení na základ a založení



- typy oblouků:

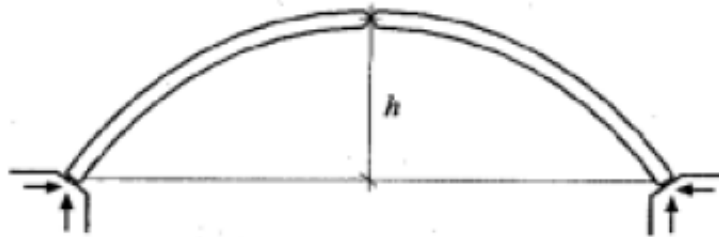
- dvojklobový kruhový oblouk (a)
- trojklobový parabolický oblouk (b, c)
- trojklobový složený oblouk (d)

rozpětí  $L = 20-60$  m  
rozpětí  $L = 20-100$  m  
rozpětí  $L = 20-60$  m



## Konstrukční zásady

- oblouky lze použít pro větší rozpětí než rámy (malé momenty)
- ideální jsou kruhové a parabolické tvary
- z hlediska přepravy je vhodnější používat trojkloubové oblouky
- do cca 60 m lze ze 2 dílů
- nad 60 m nutno provádět montážní styky
- připojení k základu se provádí obvykle kloubově
- lze použít i táhlo, pokud funkčně ani vzhledově nevádí

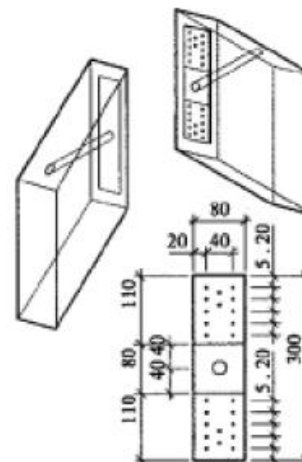


## Detaily rámu a oblouků

### Kloub ve vrcholu

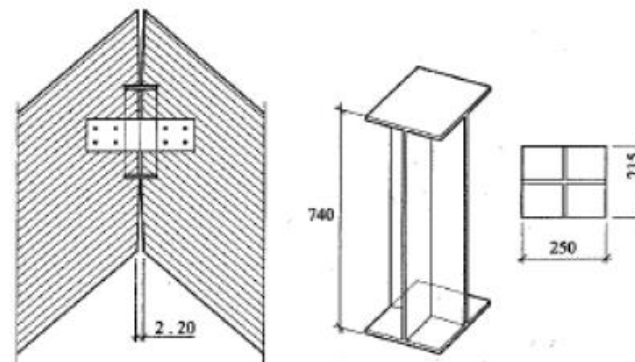
#### a) ocelové desky se svorníkem

- svorník alespoň  $D = 20$  mm
- ocelové desky s hřebíky
- pro velké sklony (alespoň  $40^\circ$ )
- pro menší rozpětí



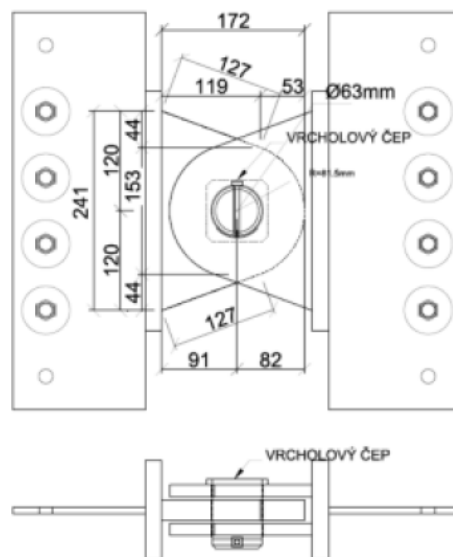
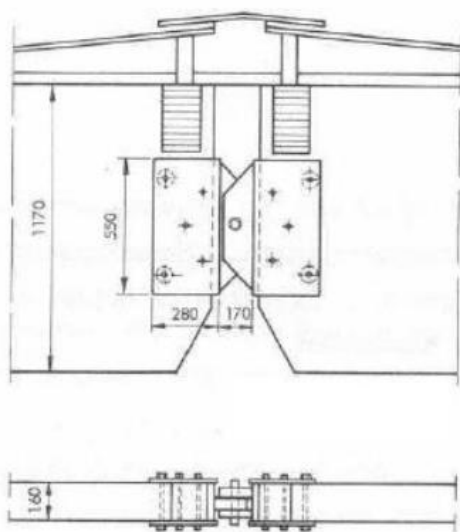
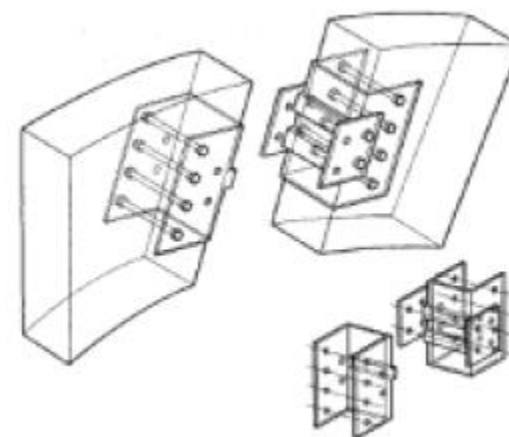
#### b1) vrcholový kontaktní ocelový kloub

- ocelový prvek z plechů cca 8 mm
- ocelové příložky
- svorníky cca 20 mm
- kontaktní přenos normálové síly



## b2) vrcholový kloub

- ideální kloubové chování
- přenos normálové síly kontaktem
- přenos posouvající síly svorníky a ocelovými prvky
- jednodušší montáž
- pro velká rozpětí
- nákladnější



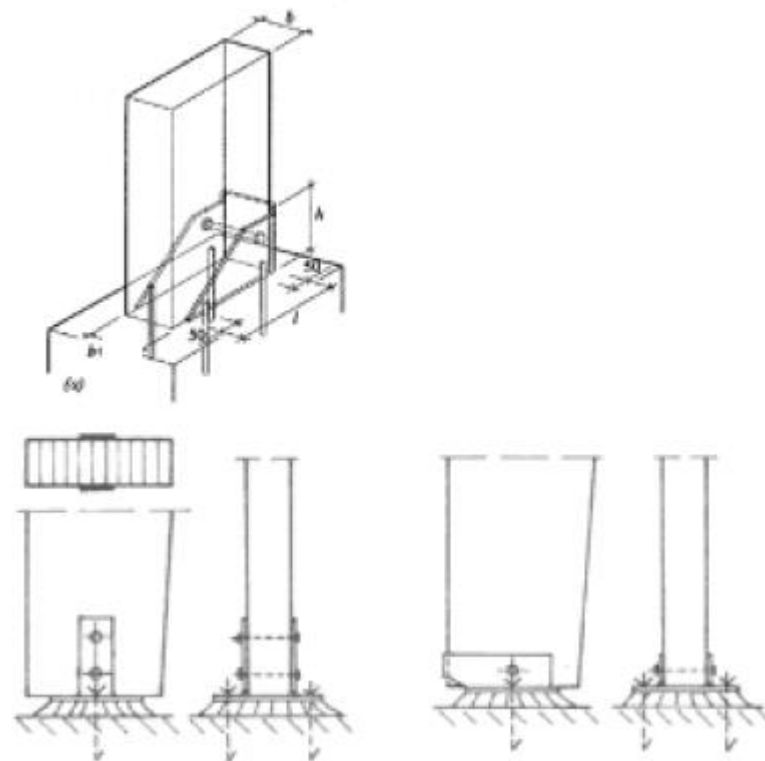
## Detaily ráků a oblouků

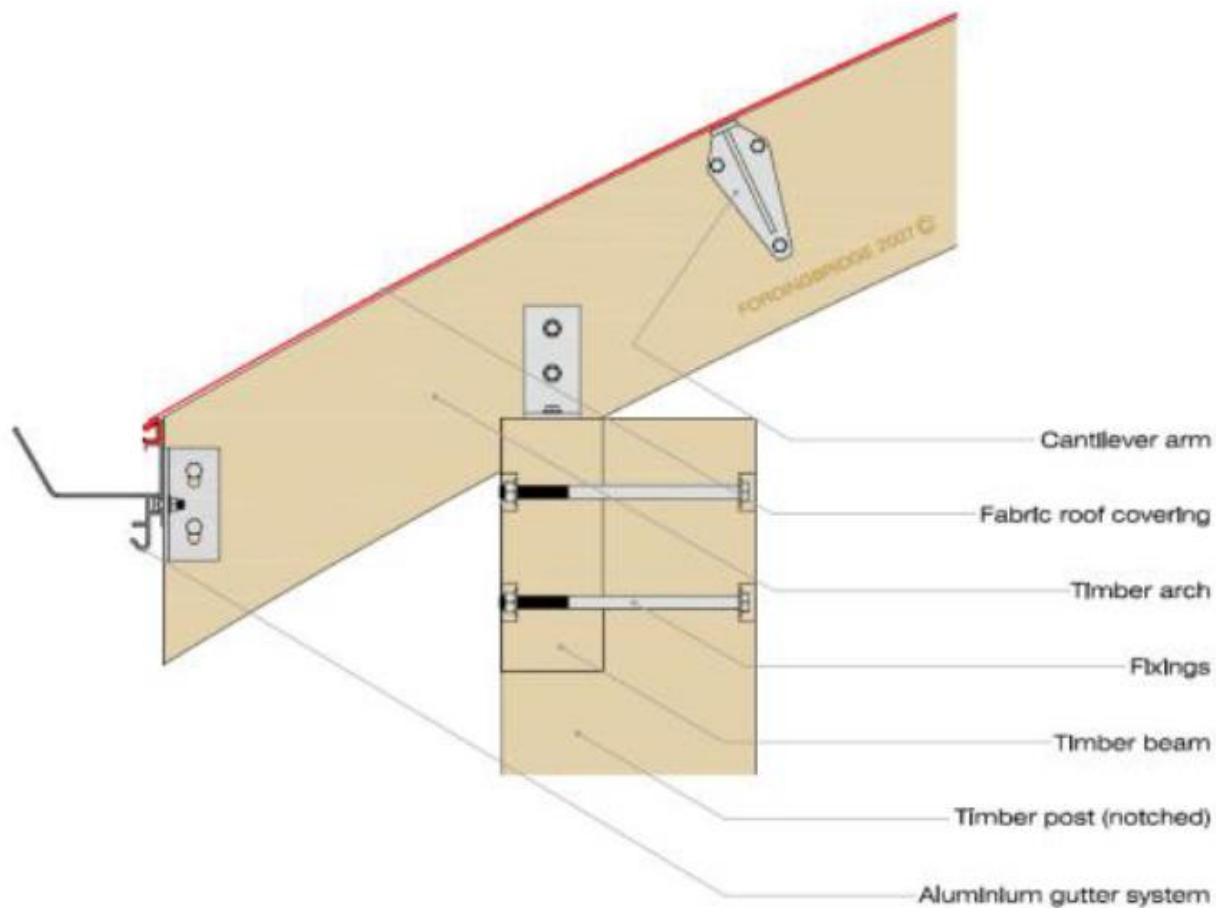
### Uložení

- přenos vodorovných sil pomocí kontaktního napětí dřevo/ocel
- při ukládání na beton nutno zabránit pronikání vlhkosti do paty sloupu
- nadzdvihávání sloupu brání kotevní šrouby a svorníky

#### a) kotvené ocelové botky

- pro lehké rámy
- možno použít dodatečně vrtaných kanálků
- pozor na montážní tolerance u zabetonovaných částí



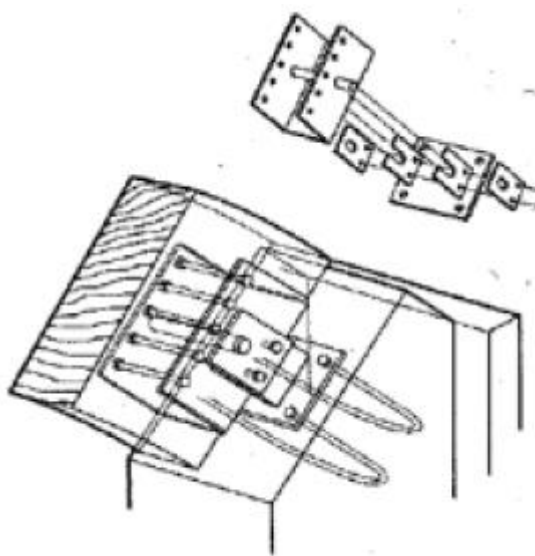
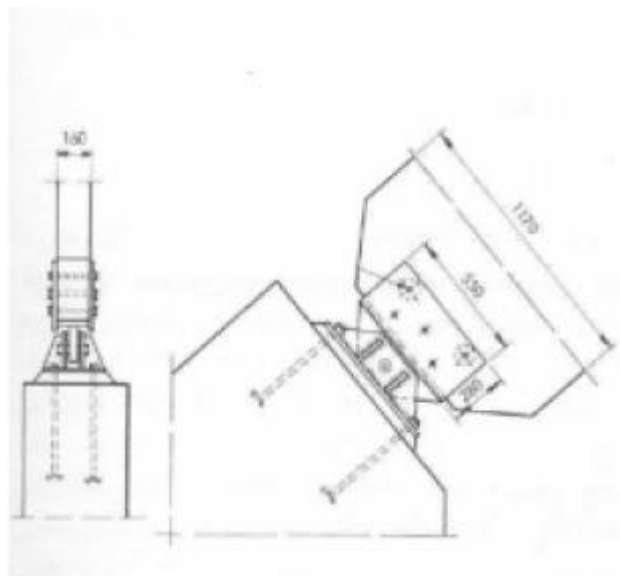
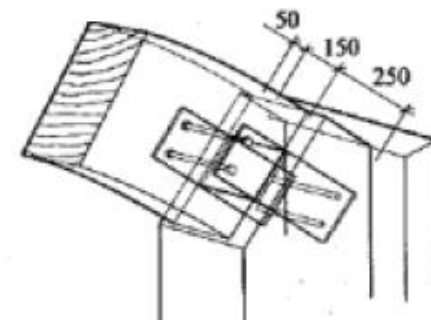


Kloubové uložení, které v závislosti na tuhostech a únosnostech jednotlivých částí přenáší nebo nepřenáší vodorovnou sílu



## b) ocelová ložiska

- zejména pro oblouky a velké rámy
- pozor na montážní tolerance u zabetonovaných částí
- přenos tlakové síly obvykle kontaktem



# 10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly

Obsah přednášky:

## 1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce

1a. Nosníky z lepeného dřeva

1b. Rámy a oblouky

1c. Příhradové nosníky

2. Dřevěné patrové budovy

3. Shrnutí

# 1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce

## 1c. Příhradové nosníky



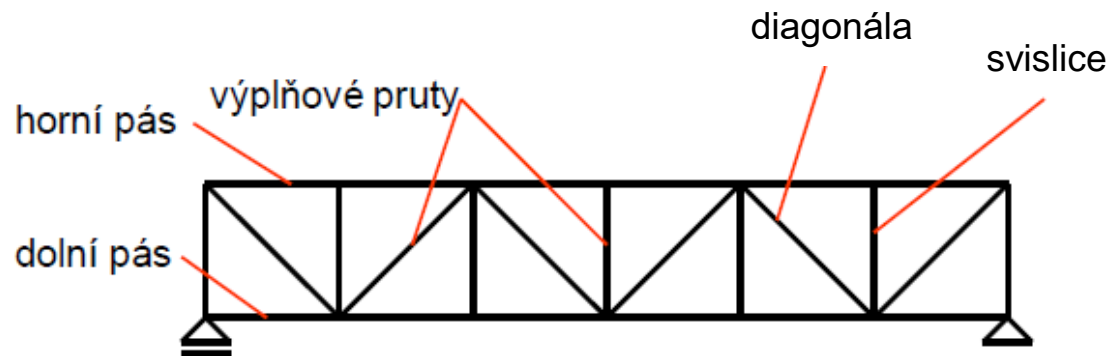
- příhradovým nosník – nosník, jehož prvky jsou namáhány převážně **osovými silami**
- výjimku může tvořit horní pás, který v případě mimostyčného zatížení přenáší i momenty a posouvající síly

### Výhody:

- malá vlastní tíha
- lze použít pro velká rozpětí
- malé průhyby
- prostor pro vedení instalací

### Nevýhody:

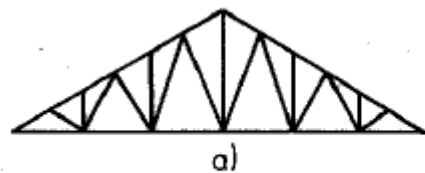
- velká výška
- pracné detaily



## Typy příhradových vazníků

### Základní tvary příhradových nosníků:

- a) trojúhelníkový
- b) pultový
- c) sedlový
- d) sedlový s lomeným spodním pasem
- e) mansardový
- f) segmentový



a)



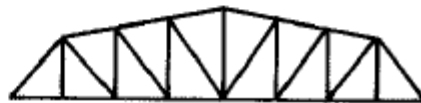
b)



c)



d)



e)



f)

Trojúhelníkové (šikmopásové) příhradové soustavy:

- a) Německá
- b) Anglická vzestupná
- c) Anglická sestupná
- d) Belgická
- e) + f) Polonceau



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Přímopásové příhradové soustavy:

- a) pravoúhlá sestupná (Prattova)
- b) pravoúhlá vzestupná (Howeova)
- c) kosoúhlá (Warrenova)
- d) složená
- e) násobná (mřížová)



a)



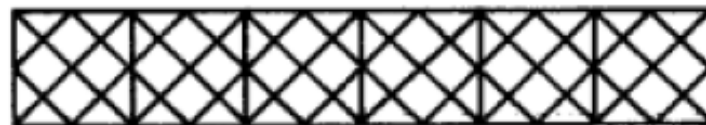
c)



b)



d)



e)

## Konstrukční zásady

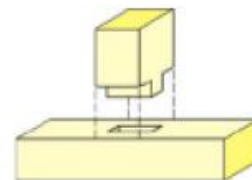
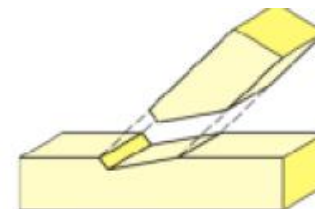
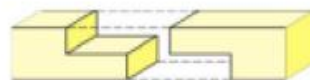
- rozpětí 7 - 200 m (dle STEP 1), běžně 6 – 30 m, lze do cca 60 m
- vzdálenost 0,6 – 3 m
- každý prut je součástí trojúhelníku
  
- výška trojúhelníkového vazníku:
  - min.  $L/5$  (dle ČSN 73 1701)
  - min  $L/6$  (dle EN 1995)
  
- výška ostatních vazníků:
  - min.  $L/6$  (dle ČSN 73 1701)
  - $L/10$  –  $L/8$  přímopásové (dle EN 1995)
  - $L/8$  –  $L/6$  obloukové (dle EN 1995)
  
  - obecně:  $L/12$  –  $L/5$
  
- pozor na malé úhly, zejména u podpor
- pozor na ztužení



## Spoje příhradových nosníků

### klasické (tesařské)

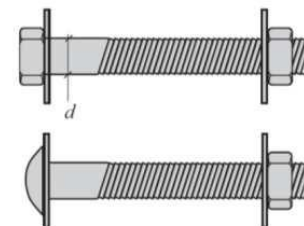
- dnes pouze v odůvodněných případech



překlátování  
zapuštění  
čepový spoj

### s kovovými spojovacími prostředky

- nejběžnější spojovací prostředky pro návrh příhradových nosníků
- kolíkové spoje (hřebíky, kolíky, svorníky), desky s prolisovanými trny, hmoždíky, ...



### lepené

- u příhradových nosníků běžně ne

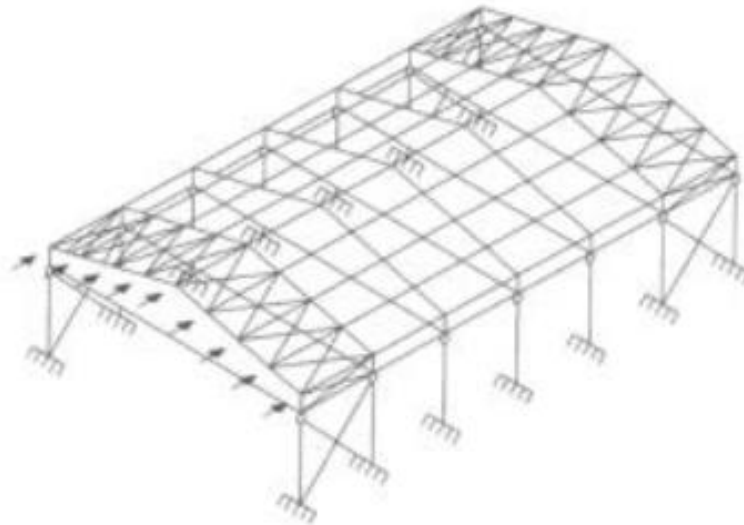


10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly



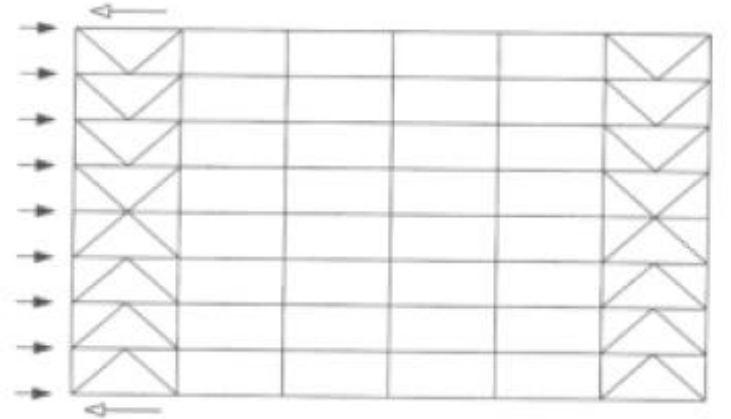
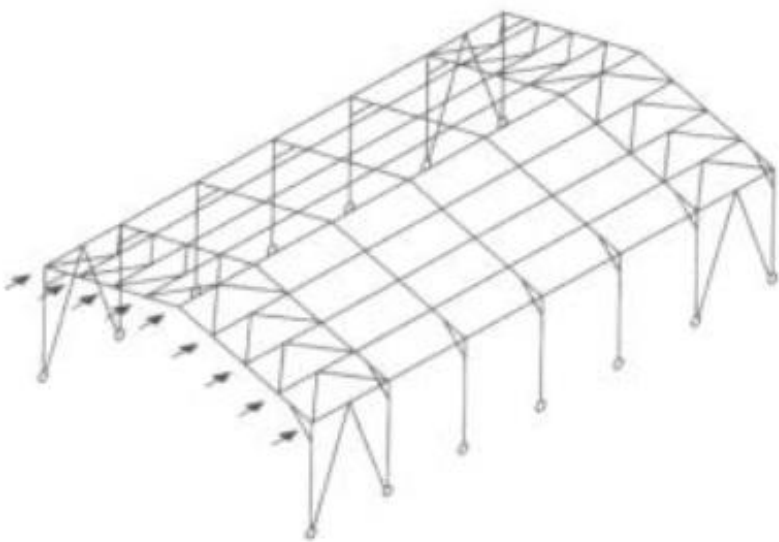
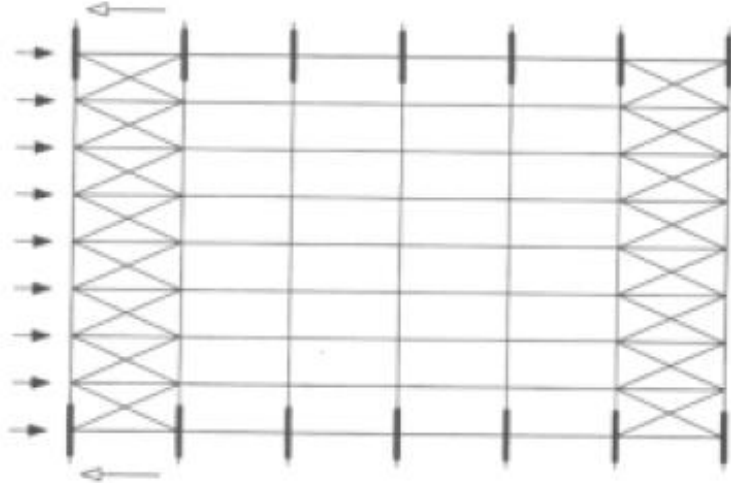
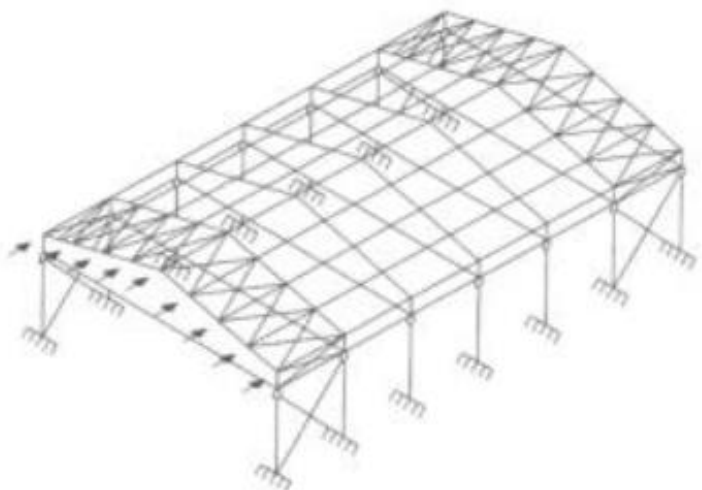
## Prostorová tuhost objektu

- sekundární nosné prvky, které zajišťují stabilitu a použitelnost objektu (ztužidla)
- přídatné prvky zajišťující přenos sil ke ztužidlu po délce střechy („přídatné vaznice“)

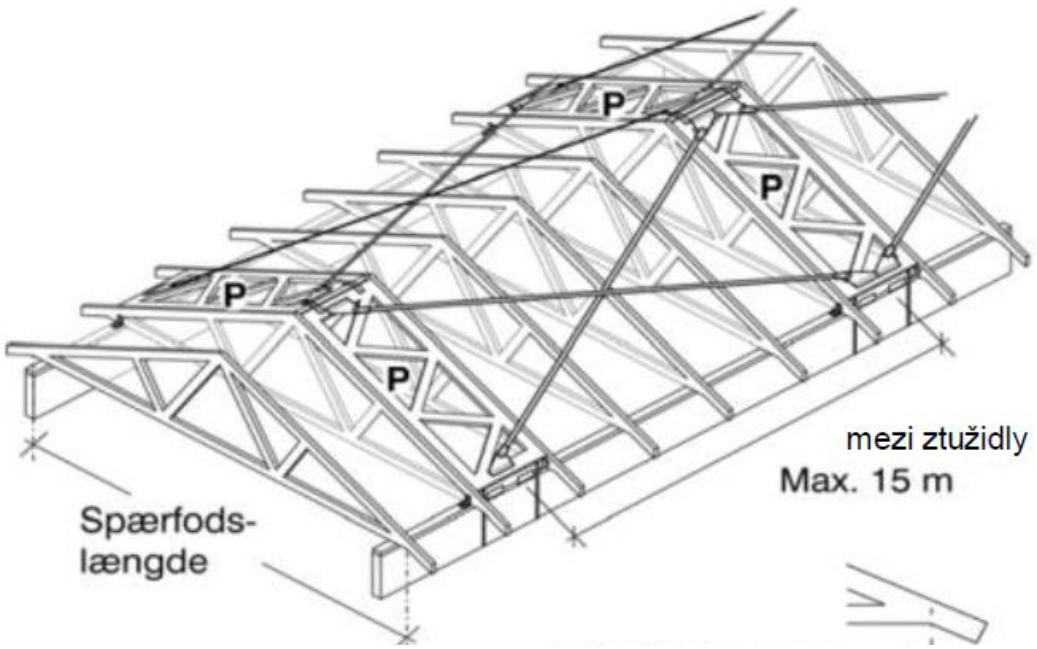
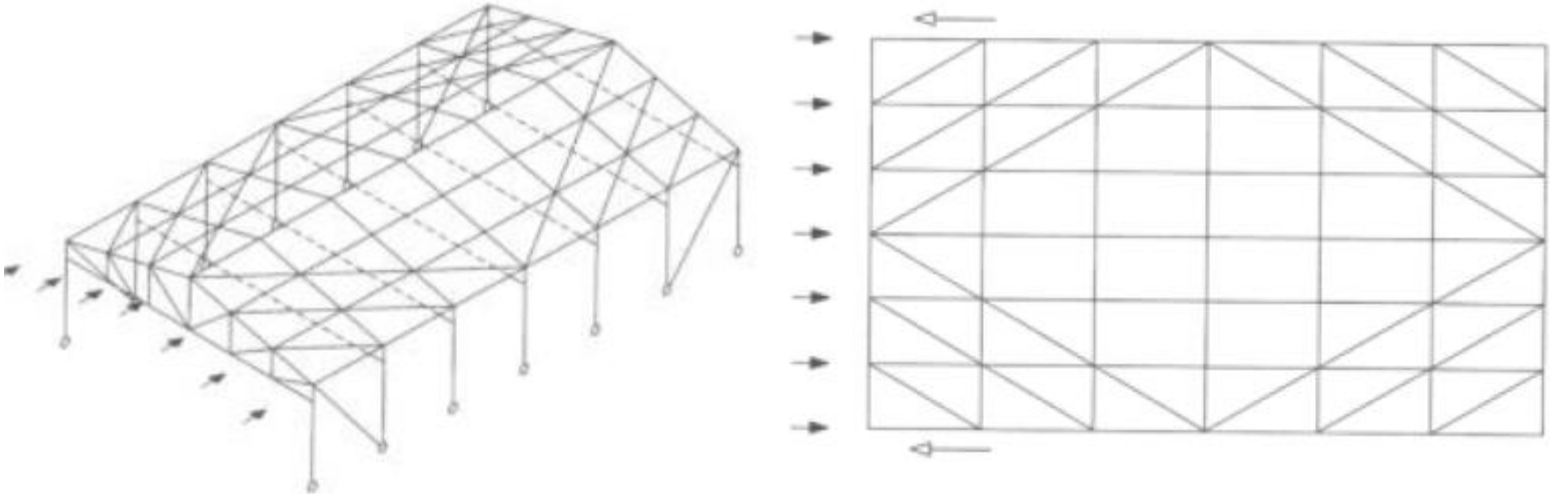


- zatížení ztužení je způsobováno:
  - vnějšími silami (vítr, zemětřesení)
  - silami vznikajícími vlivem imperfekcí
  - silami, kterými se stabilizují některé prvky (proti vybočení, klopení a překlopení)

- klasický příčný větrový nosník v krajních polích (+ po cca 25 m)



10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly



# 10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly

Obsah přednášky:

1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce
  - 1a. Nosníky z lepeného dřeva
  - 1b. Rámy a oblouky
  - 1c. Příhradové nosníky
2. Dřevěné patrové budovy
3. Shrnutí

## 2. Dřevěné patrové budovy

### DŘEVĚNÉ KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY BUDOV

- obvykle do 3 nadzemních podlaží
- dělí se dále na konstrukce:
  - srubové (roubené)
  - hrázděné
  - sloupkové (frame structures)
  - skeletové
  - panelové (masívní)
  - buňkové
  - hybridní

## SLOUPKOVÉ A SKELETOVÉ STAVBY – NÁZVOSLOVÍ

-přístupů je více, ale nejčastější je asi toto:

**1. SKELETOVÉ STAVBY** = těžké skelety



**2. SLOUPKOVÉ STAVBY** = lehké skelety, montované domy, frame structures (často překládáno jako „rámové konstrukce“, což je trochu zavádějící)





## **1. SKELETOVÉ SYSTÉMY:**

- 1aa) Jednodílný hlavní nosník a jednodílný sloup, jedno patro
- 1ab) Jednodílný hlavní nosník a jednodílný sloup, více pater
- 1b) Vícedílný hlavní nosník (kleštinový) a jednodílný průběžný sloup
- 1c) Jednodílný hlavní nosník a vícedílný (kleštinový) průběžný sloup

## **2. SLOUPKOVÉ SYSTÉMY:**

- 2a) Platform Frame System (Plošinová konstrukce)
- 2b) Balloon Frame System (Vzestupná? Svislá? konstrukce)
- 2c) Modified Balloon Frame System (Modifikovaná BF)

# **1. SKELETOVÉ KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY**

(Zdroje: STEP, K. Schwaner, V. Bílek, K. Mikeš, M. Truhlář aj.)

- prostorové nosné konstrukce
- prutové prvky uspořádány v základním modulu
- nosná konstrukce je zřetelně oddělena od fasádních prvků

Rozdělení skeletů podle velikosti:

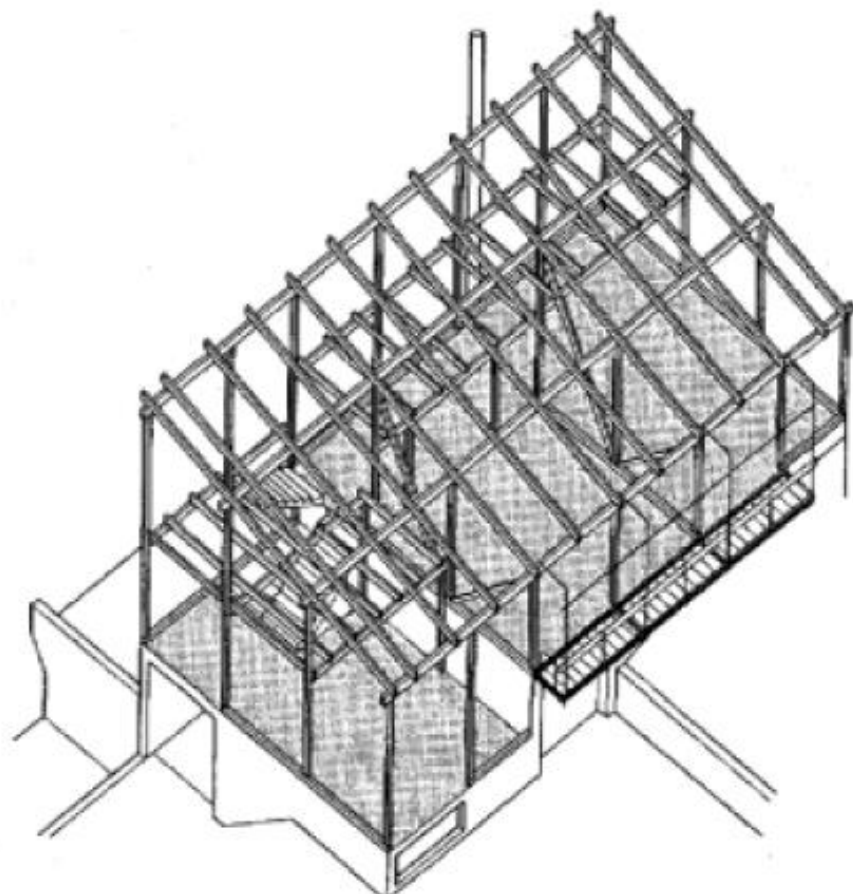
**- s malými modulovými vzdálenostmi (ještě ale nejde o „lehký skelet“)**

každý sloup nosný, malé průřezy, jednoduché, např. hřebíkové přípoje

**- s většími modulovými vzdálenostmi**

zřetelně oddělený primární a sekundární systém, větší průřezy (např. z lepeného dřeva), velká volná rozpětí, málo přípojů

Příklad skeletu:  
obytný dům v Gunzu

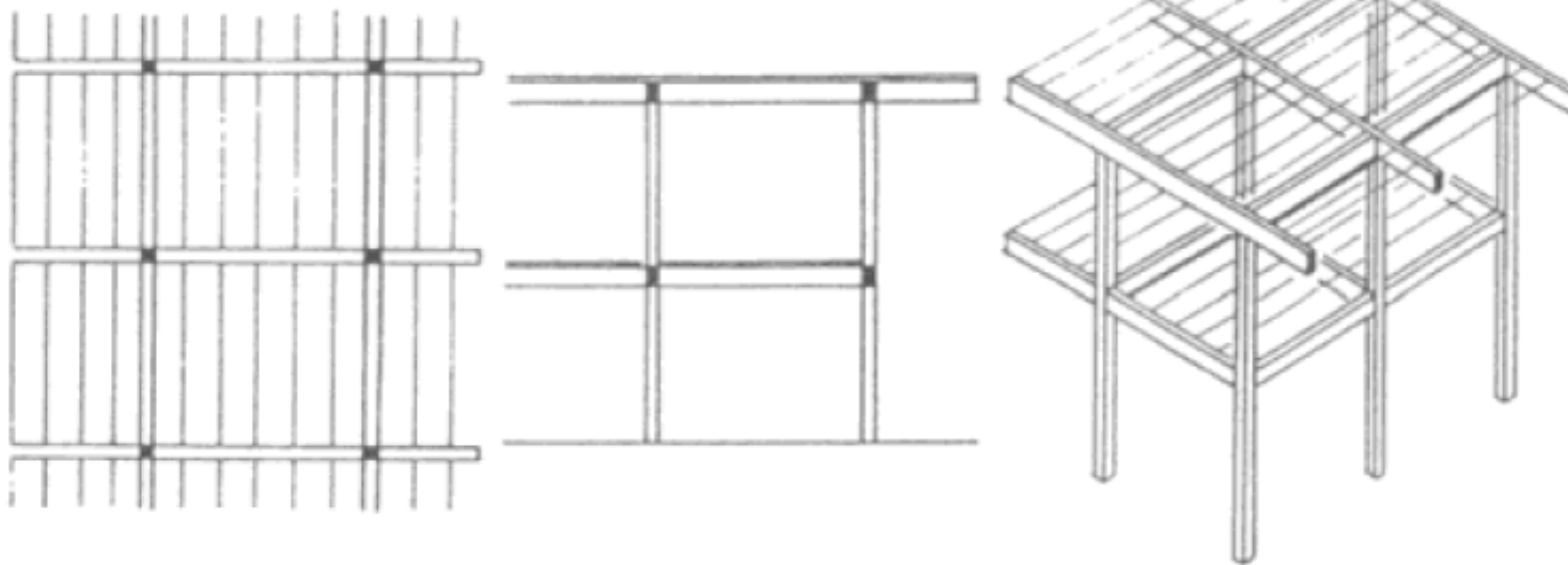


Architektonické možnosti

Nosná konstrukce:

- integrovaná do stěny
- částečně integrovaná
- neintegrovaná do stěny

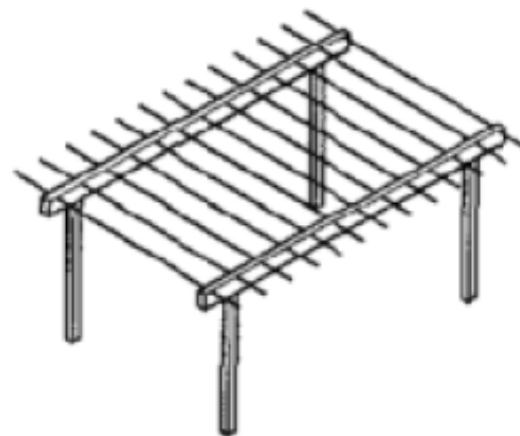
## 1a) JEDNODÍLNÝ SLOUP / JEDNODÍLNÝ PRŮVLAK



základní případy: - 1aa) jedno podlaží  
- 1ab) více podlaží

### 1aa) SKELET - Jednodílný hlavní nosník a jednodílný sloup, jedno patro

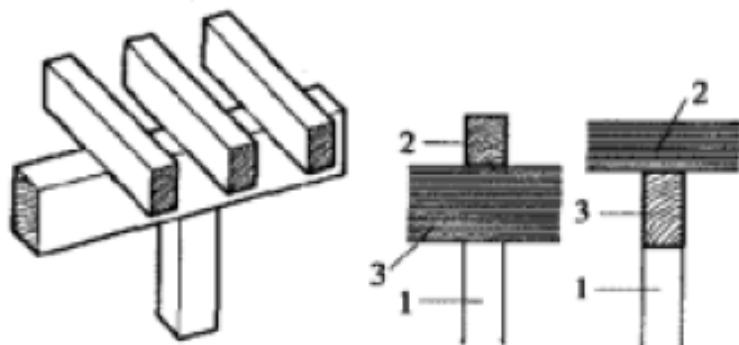
- spojitý nebo prostě podepřený hlavní nosník uložen **přímo na sloupu**
- vedlejší nosníky** mohou být uloženy na hlavní nosníky, nebo zavěšeny mezi nimi ve stejné úrovni
- při malém rozměru modulu může být na hlavní nosníky bezprostředně uloženo **nosné bednění** nebo desky na bázi dřeva
- přenos sil mezi hlavním nosníkem a sloupem je realizován **kontaktním tlakem**; je proto nutné přesné lícování ve spáře
- přečnivé konce** jsou možné v obou směrech



## Možné přípoje hlavního nosníku na sloup:

V zásadě jde o spoje pro **zajištění polohy** a případně působících zatížení na **nadzdvížení**:

- spoje na čep a dlab
- vnější a vnitřní příložky ze dřeva nebo materiálů na bázi dřeva
- **vnější nebo vnitřní ocelové plechy**
- vlepované závitové tyče
- přípoje na čelní dřevo pomocí speciálních hmoždíků
- **úhelníky z ocelového plechu**
- speciální spojovací prostředky (např. tvaru T)



1-sloup

2-vedlejší nosník

3-hlavní nosník

## 1ab) SKELET - Jednodílný hlavní nosník a jednodílný sloup, více pater

-jednodílný hlavní nosník, vedlejší nosník ve stejné (nebo různé) výškové úrovni a **jednodílný průběžný sloup**

-výhodou (s přípoji ve stejné výškové úrovni v obou směrech) je velmi **jednoduchá geometrie** pro připojování vnitřních a vnějších stěn

-pokud všechny hlavní nosníky probíhají v jednom směru a vedlejší nosníky jsou uloženy kolmo k tomuto směru, je vytvořen **klasický systém**

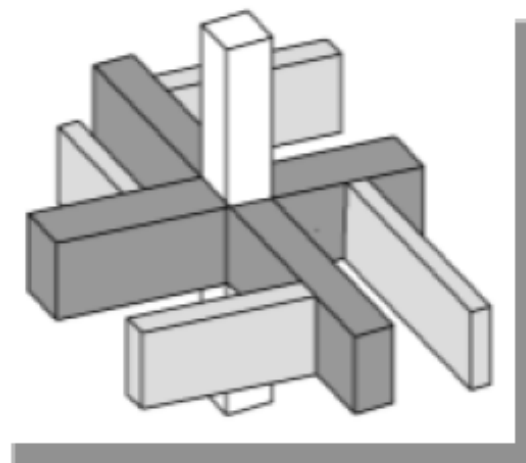
-jsou-li hlavní nosníky uspořádány ve stejné výškové úrovni v obou směrech a směr vedlejších nosníků je vystřídán, vzniká **šachovnicový systém**

*-při tomto uspořádání jsou hlavní nosníky **stejnoměrně namáhány** - spoje jsou symetrické a počet různých konstrukčních prvků a spojů může být výrazně redukován.*



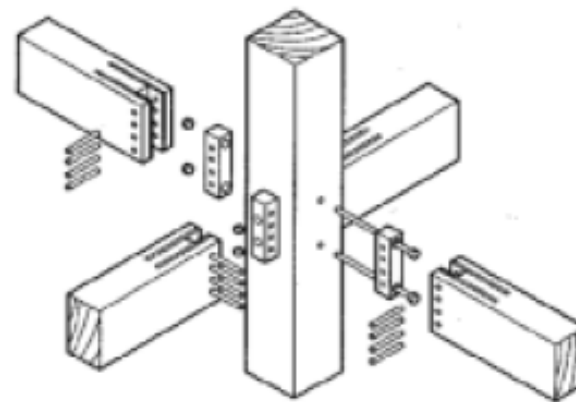
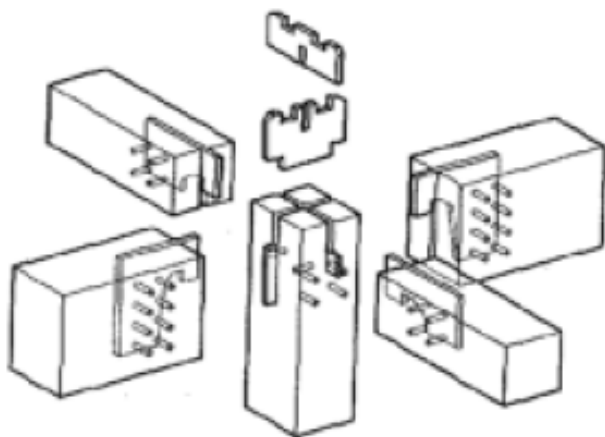
klasický systém  
(vlevo)

detail šachovnicového  
systému (vpravo)



### Možné přípoje hlavního nosníku na sloup:

- svařované zapuštěné ocelové prvky, kolíky
- integrální spojovací prostředky tvaru T
- tvarové součásti z ocelového plechu, např. patky nosníků
- uložení na příložkách a úhelnících
- kontaktní tlak u speciálně vytvořených průřezů sloupů
- patentované spojovací prvky (např. jako na obrázcích: hákové desky Janebo, systém BSB).





## 1b) SKELET - Vícedílný hlavní nosník (kleštinový) a jednodílný průběžný sloup

-systém pozůstává z jednodílných sloupů, které mohou procházet více patry, a průběžných **hlavních nosníků**, které jsou vytvořeny **jako kleštiny**

-**vedlejší nosníky** (stropní trámy) jsou zpravidla uloženy na hlavní nosníky, aby se využilo spojitého působení pro hospodárný návrh

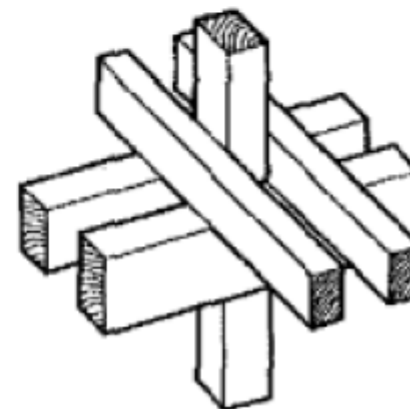
-mohou probíhat v osách modulové sítě **jako kleštiny** po stranách sloupu,

-nebo mohou být osazeny **jako prosté nosníky mezi sloupy**.

-systém vhodný pro dvou a vícepatrové budovy, zejména pokud jsou části stropu **v různých úrovních**, protože kleštiny mohou být připojeny na sloupy v libovolné výšce

-v obou směrech jsou možné **přečnávající konce**

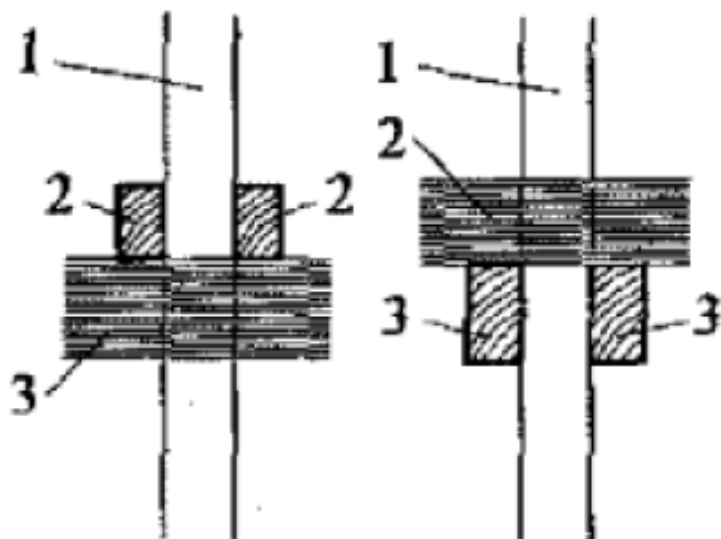
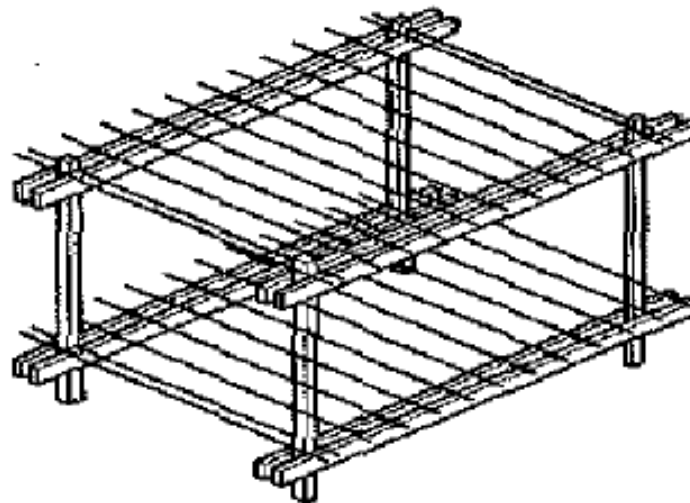
detail hlavních i  
vedlejších  
kleštinových nosníků



- vedlejší nosníky se zpravidla osazují na hlavní nosníky
- poměrně **vysoké stropy**
- ve spojení s kleštinovým uspořádáním dochází k dutinám, a proto ke **složitým detailům připojení** vnitřních stěn a fasády na skelet
- konstrukční princip je jednoduchý, vlastní konstrukce a nosné funkce jsou dobře patrné
- pro tento typ konstrukce jsou charakteristické **vyčnívající konce kleštinových nosníků** se staticky požadovanou délkou zhlaví a přesahováním
- zpravidla nelze zabránit průnikům pláštěm budovy
- vysoké stavebně fyzikální požadavky na moderní vnější stěny (těsnost proti větru, tepelné mosty, tloušťky izolace apod.) lze u tohoto typu konstrukce jen velmi obtížně splnit.

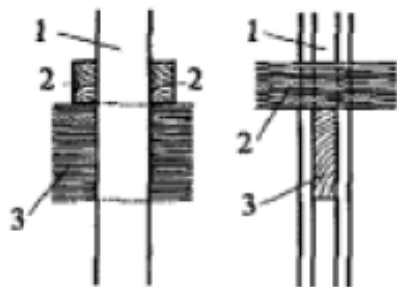
## Možné přípoje hlavního nosníku na sloup:

- kolíky nebo přesné svorníky,
- hmoždíky,
- uložení na dřevěných příložkách,
- ocelové úhelníky**

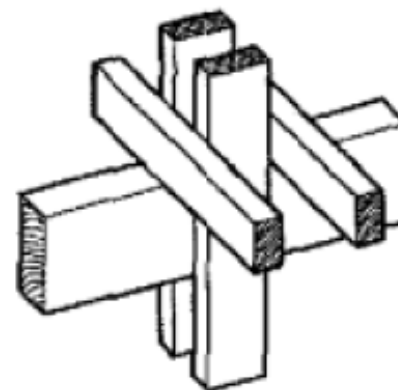


## 1c) SKELET - Jednodílný hlavní nosník a vícedílný (kleštinový) průběžný sloup

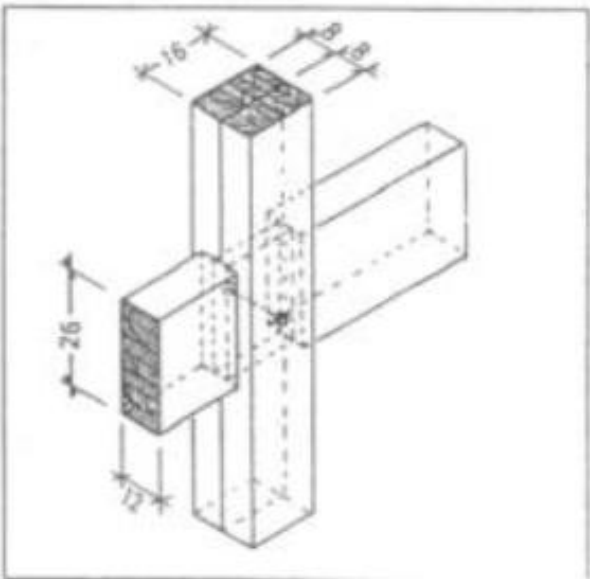
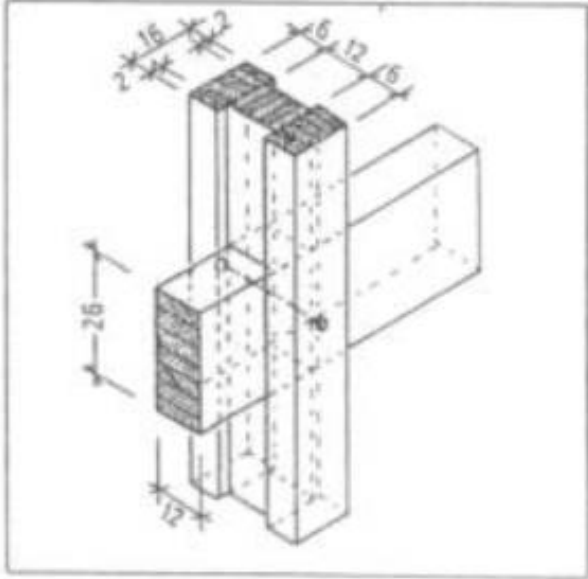
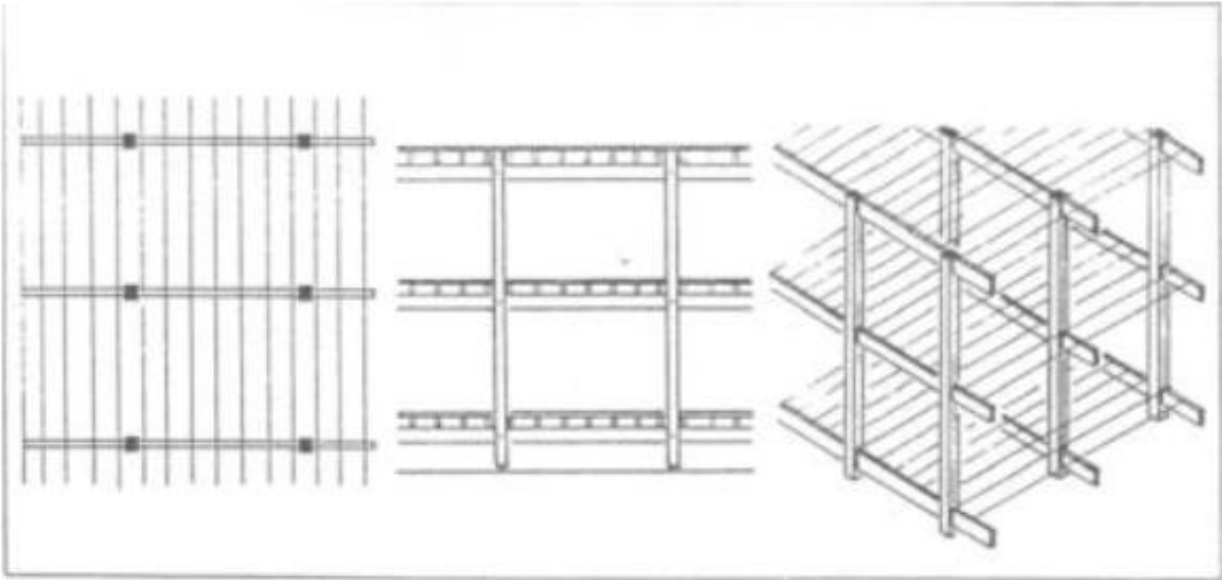
- tento způsob konstrukce se často používá z **architektonických důvodů** 😊
- průběžné hlavní nosníky jsou připojeny k **dvoudílným sloupům** mechanickými spojovacími prostředky
- velká štíhlost dílčích částí sloupu často vyžaduje **použití vložek**
- při vhodném řešení může být hlavní nosník osazen přímo na této vložce
- možné **přečnivající konce** v obou směrech
- malé průřezové rozměry dílčích částí sloupu jsou problematické z hlediska posouzení **požární odolnosti** (zvětšit profily)
- složitý konstrukční princip** obdobně jako 1b) platí podobná omezení pro připojování výplňových a fasádních prvků



detail možného řešení styčníku



10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly



## SKELETY – STATICKÝ VÝPOČET

1. ZTUŽENÍ !!!
2. VZPĚRNÉ DÉLKY
3. DETAILY

## ZTUŽENÍ SKELETU

- nosná konstrukce funkčně **oddělena** od prvků fasády a vnějších stěn
- přenos vodorovných musí být **prokázán výpočtem**
- **vodorovné síly** jsou vyvozené
  - větrem,
  - šikmou polohou sloupů
  - počátečními deformacemi nosníků
  - účinkem výrobních a montážních imperfekcí
  - zemětřesením apod.
- skeletové konstrukce se vyztužují ve **vodorovném a svislém směru**

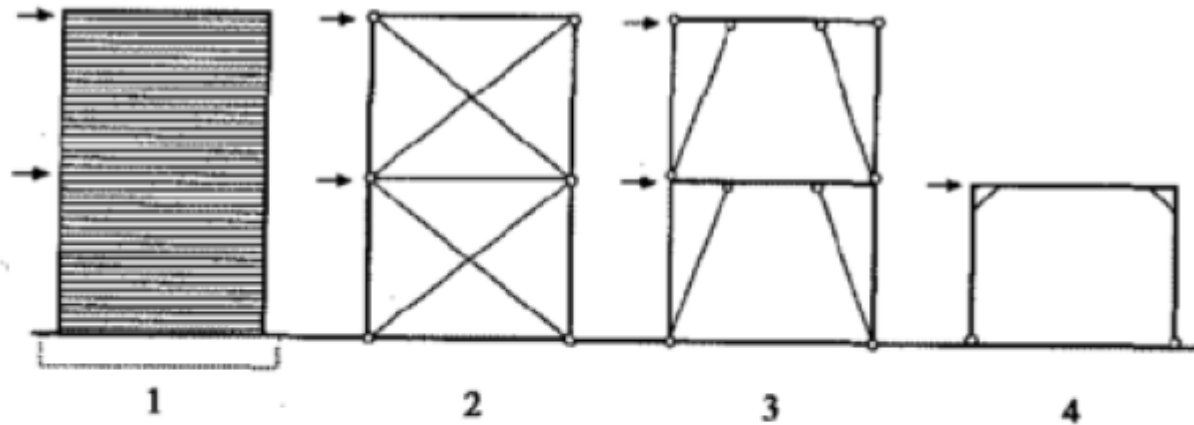
-vyztužení **ve svislém směru** se provádí použitím

- výztužných stěn,
- příhradových výztužných konstrukcí,
- rámů,
- vetknutých sloupů
- nebo tuhého schodiště apod.

-vyztužení **ve vodorovném směru** lze provést použitím

- plášťů z desek na bázi dřeva,
- ocelových diagonál,
- diagonálně uloženého dřevěného bednění na pero a drážku.
  - desky z lepeného lamelového dřeva,
- skříňové nosníky z desek na bázi dřeva,
- vrstvené dřevo,
- žebrové desky,
- kombinované systémy ze dřeva a betonu





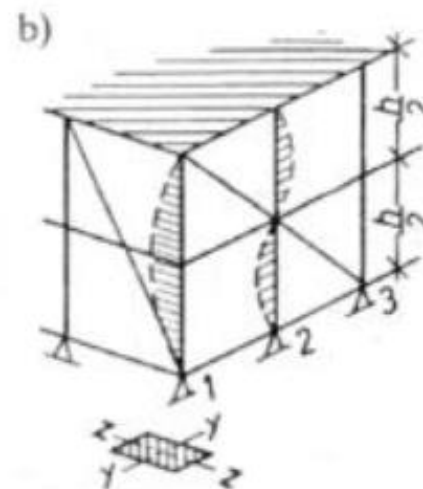
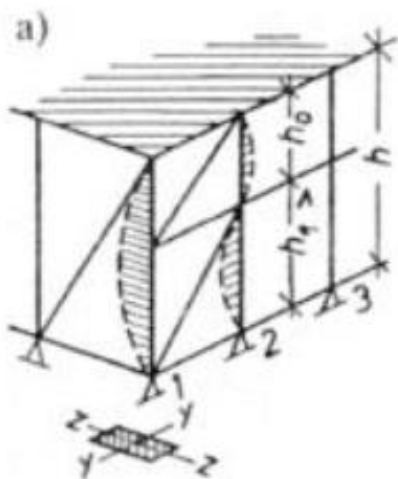
*Vertikální výztužné elementy.*

*(1) Výztužná stěna (dřevo, zdivo, beton),*

*(2), (3) příhradová ztužidla,*

*(4) rámové rohy.*

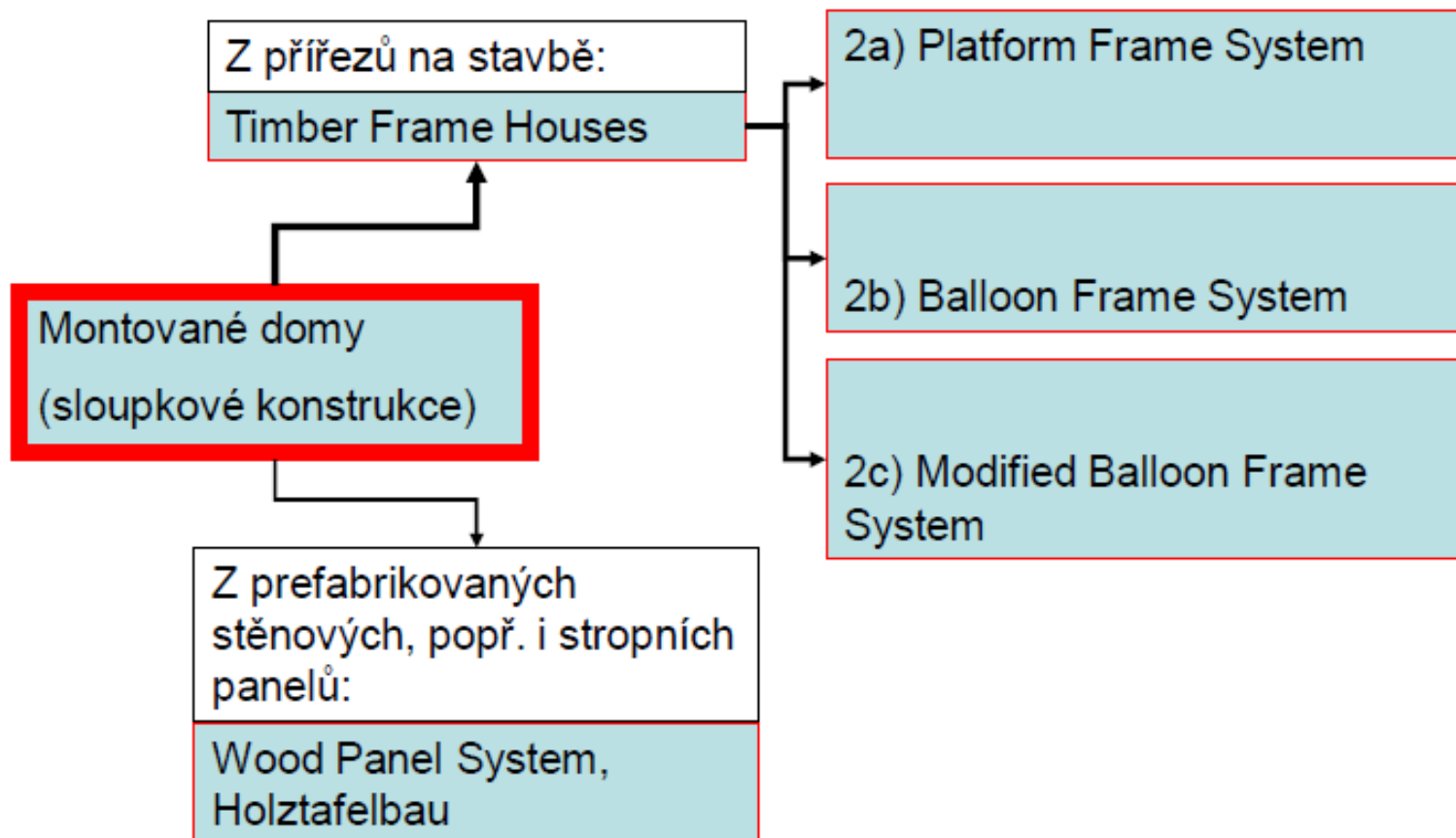
## Důležité u skeletů je správně určit vzpěrné délky sloupů:



a) sloupy 1, 2, 3:  $\ell_{ef,y} = h$ ,  $\ell_{ef,z} = h_1$ ;    b) sloupy 1, 2, 3:  $\ell_{ef,y} = h$ ,  $\ell_{ef,z} = h/2$ ;

## 2. SLOUPKOVÉ KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY

(Zdroje: STEP, [biosystems.okstate.edu/](http://biosystems.okstate.edu/), B. Roald, S. Thelandersson, H. Hartl, V. Bílek, K. Mikeš, M. Truhlář aj.)



-Montované domy na bázi dřeva s nosnou kostrou z řeziva a **výztužnými plášti z deskových materiálů** (na bázi dřeva, sádrovláknitých nebo sádrokartonových desek)

-**Sloupky hustě ve stěnách (400 mm, u nás spíše 600 mm)**

-**Timber frame system**: severoamerický systém je někdy také označován „2x4“ (podle původního průřezu základních konstrukčních prvků řeziva v palcích)

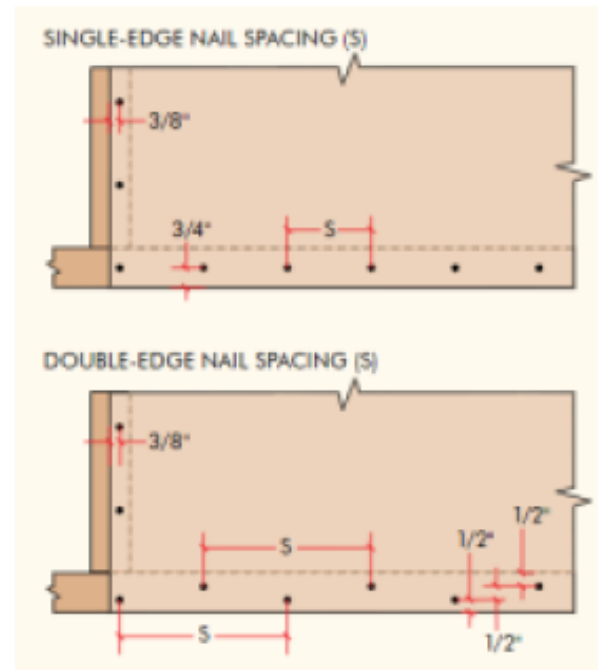
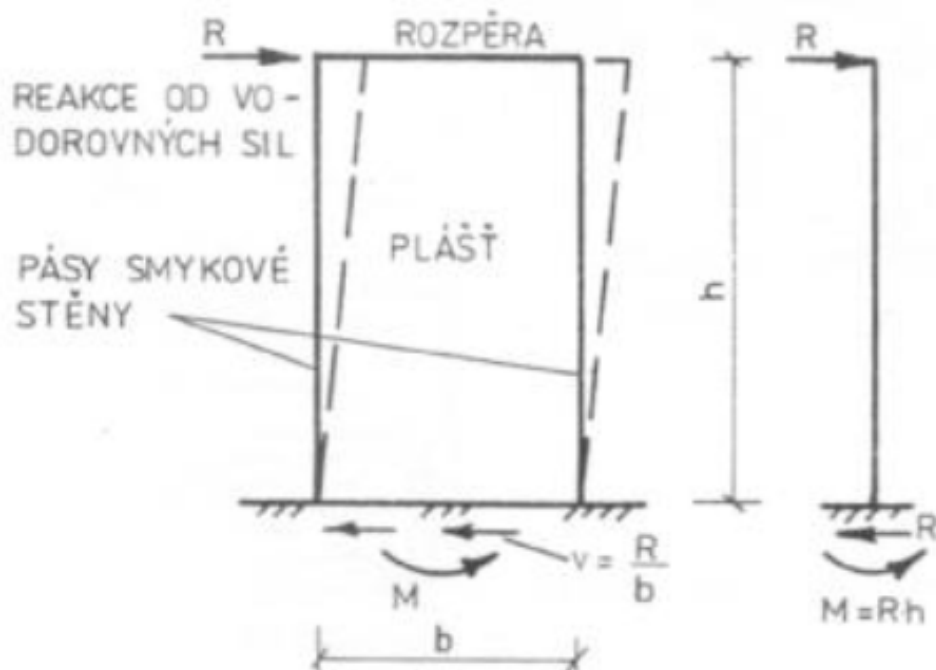
-**Holztafelbau (Wood Panel System)**: spíše v Německu, v Evropě

-mezi oběma systémy **není významný rozdíl** z konstrukčního, statického ani stavebně fyzikálního hlediska

-**rozdíl spočívá ve stupni industrializace výroby, přepravy a montáže**

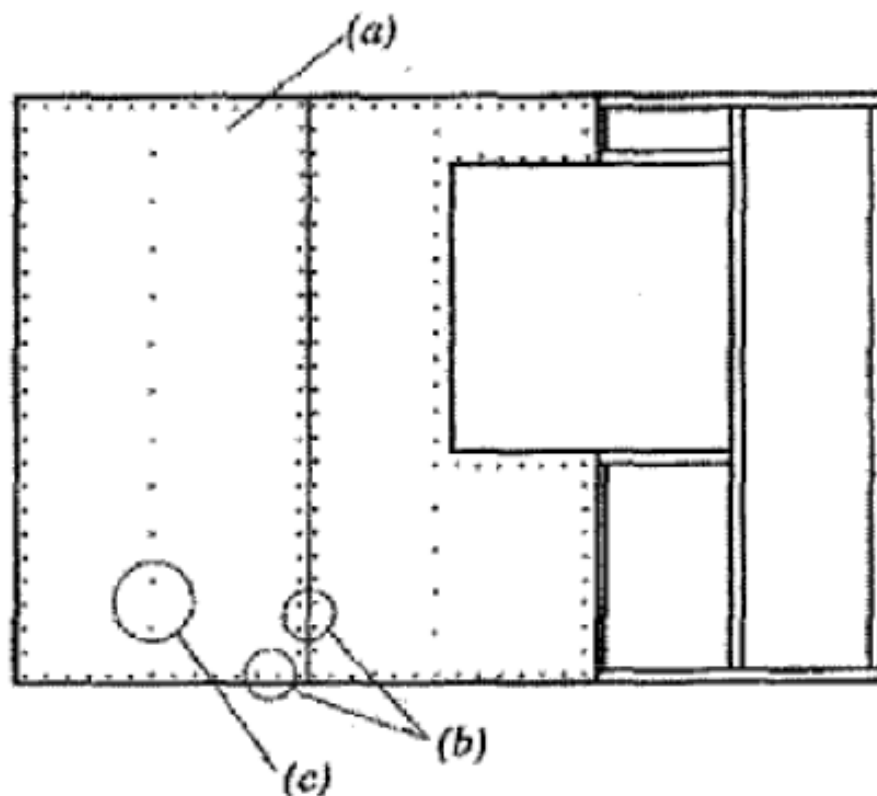
-někdy dochází ke kombinaci obou systémů

-není proto na místě uvedené dva systémy (domy na bázi dřeva montované z přířezu nebo z panelu) stavět do protikladu



- smyková stěna přenáší vodorovné zatížení do základů
- zděné, betonové, dřevěné, z mat. na bázi dřeva apod.
- dřevěné stěny** mají deskový plášť (OSB, překližky) + rám
- o únosnosti ve smyku rozhoduje obvykle **spoj** (hřebíky, spony)

## Ztužení sloupkových konstrukčních systémů



Výztužná stěna s pláštěm z deskového materiálu (NBI Building Details A523.251).

(a) Plášť z deskového materiálu, (b) rozteč hřebíků cca 100 mm podél okrajů desek, (c) rozteč hřebíků uvnitř desky cca 200 mm.

## Ztužení sloupkových konstrukčních systémů

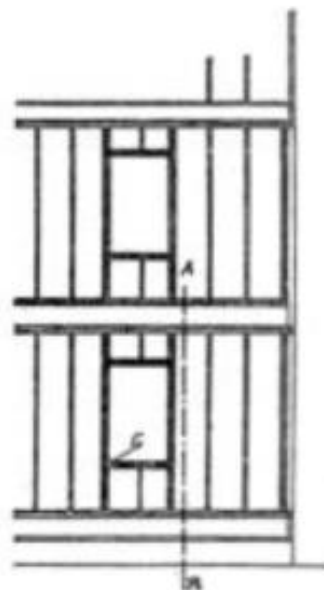
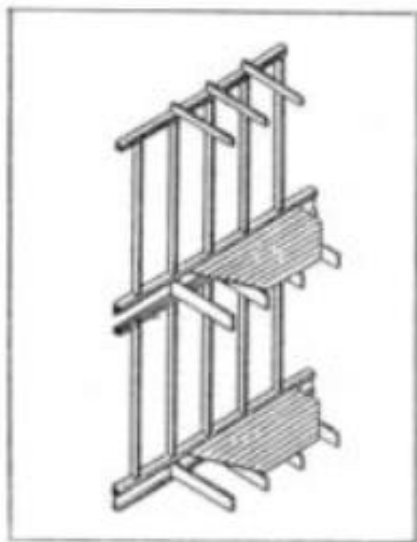




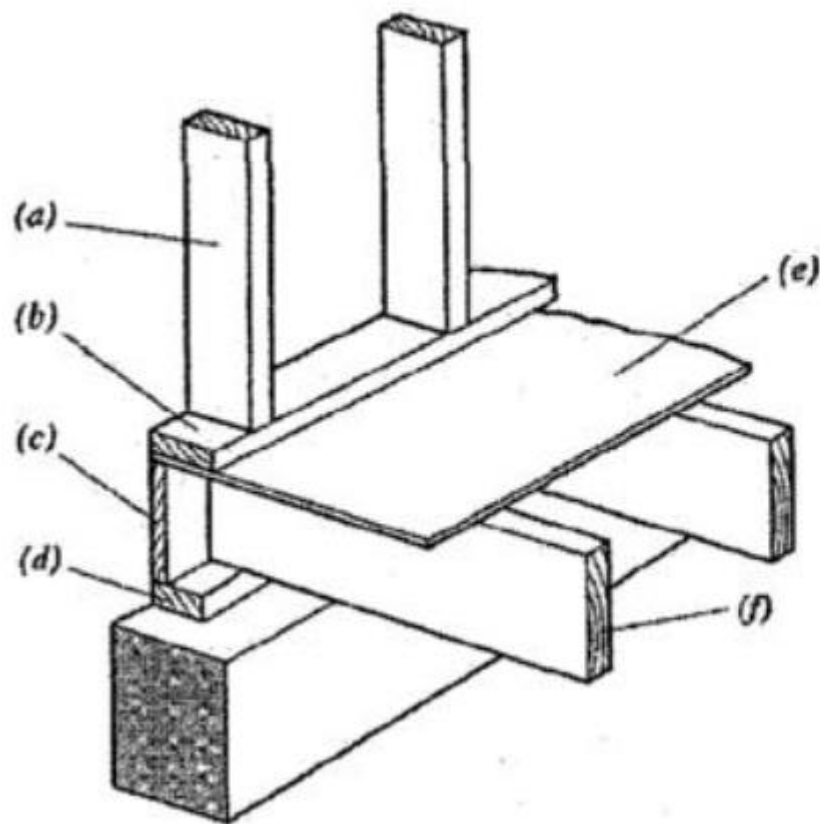
Průběžné opláštění (vlevo) zajišťuje větší tuhost než jednoduché připojení (vpravo)



## 2a) Platform Frame (Plošinová konstrukce)



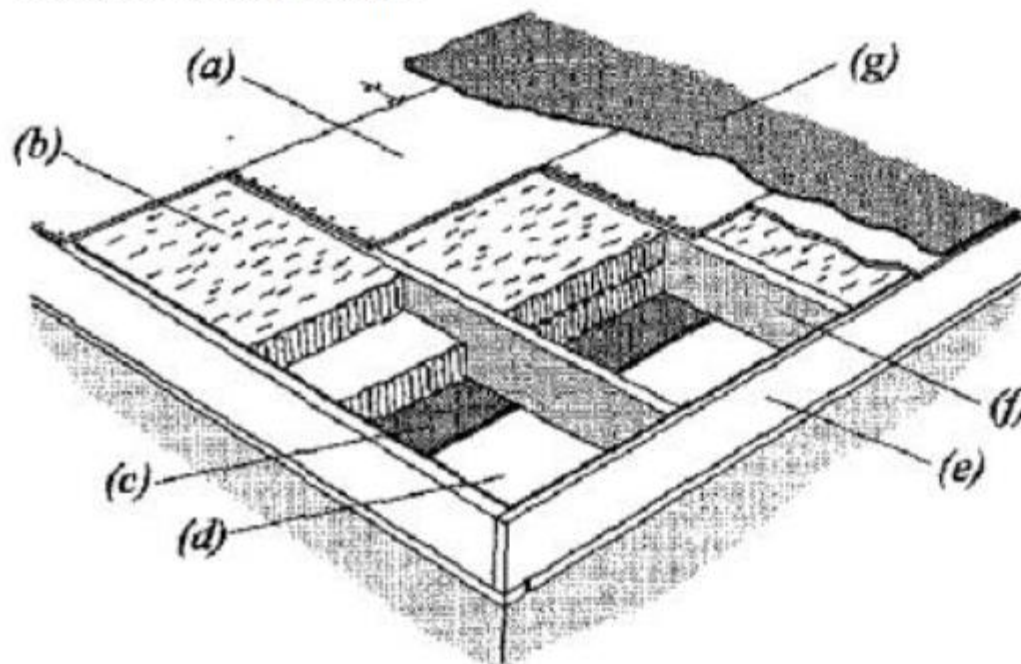
- Jednotlivá podlaží vytvořená **z dílů posazených vzájemně na sebe**
- Dnes nejpoužívanější systém.



*Plošinová konstrukce  
(NBI Handbook 38).*

- (a) Stěnový sloupek,*
- (b) dolní rám/práh,*
- (c) okrajová fošna,*
- (d) pozednice,*
- (e) hrubá podlaha,*
- (f) stropní nosník.*

### Příklad skladby stropu

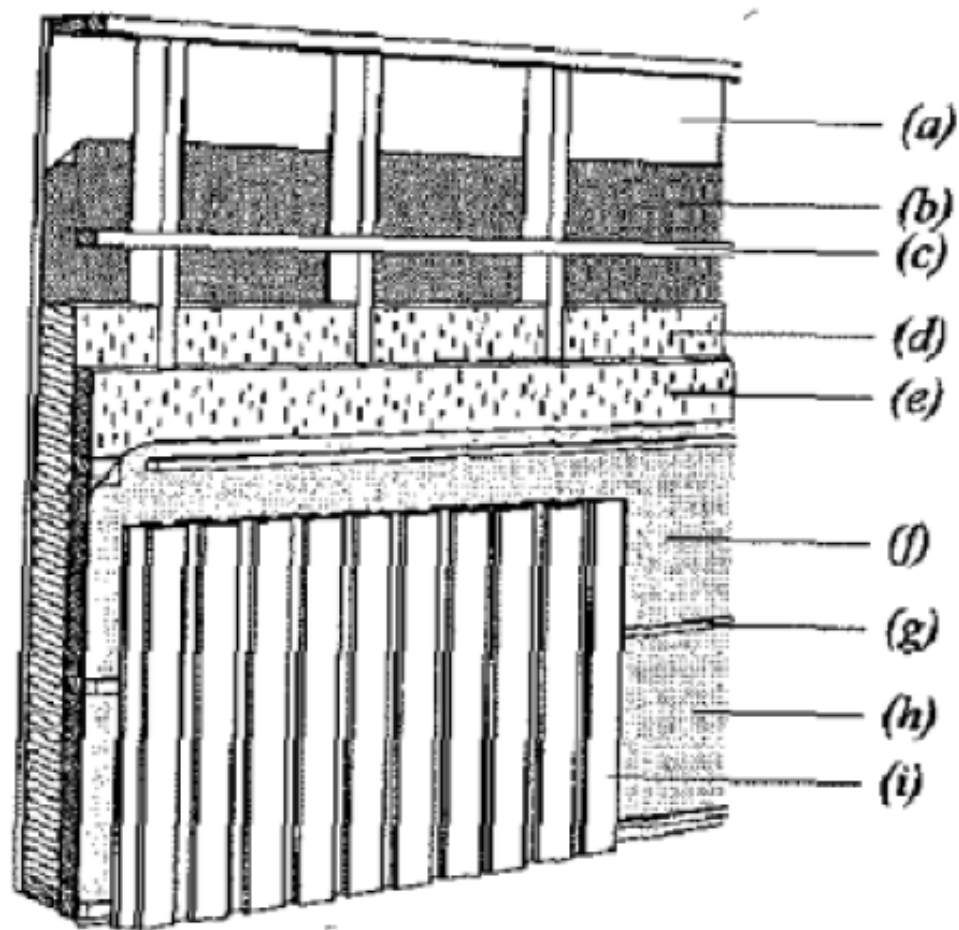


(NRI Building Detaily)

- (a) Hrubá podlaha,
- (b) tepelná izolace,
- (c) bariéra proti větru,
- (d) stropní podhled,
- (e) okrajový nosník
- (f) stropní nosník
- (g) podlahová krytina.

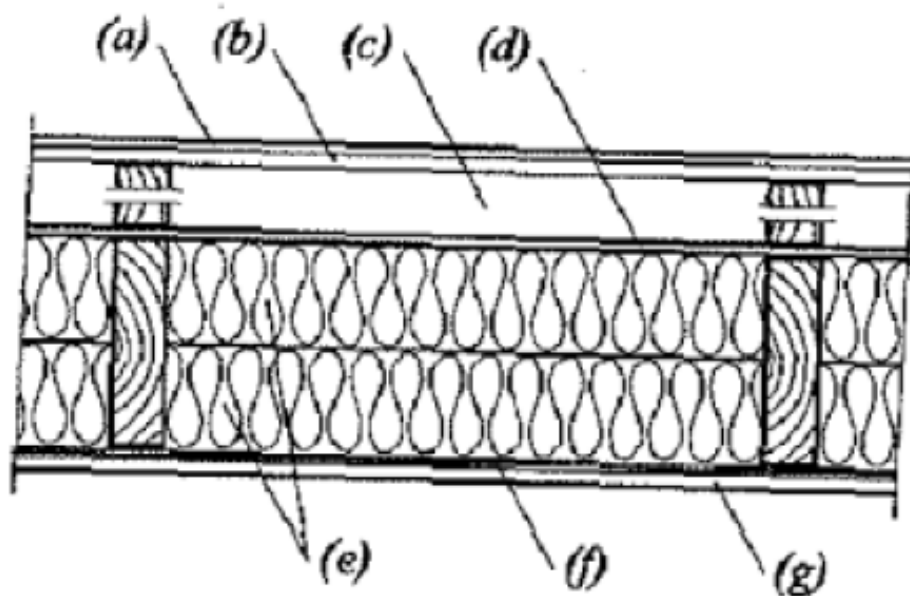
## Příklad skladby stěny

*(NRI Building Detaily A)*



- (a) vnitřní obložení
- (b) vrstva s difuzním odporem
- (c) paždík,
- (d) minerálně vlna 100 mm
- (e) minerální vlna 50 mm
- (f) bariéra proti větru
- (g) latě
- (h) odvětraný prostor
- (i) venkovní obklad

## Příklad skladby střechy



(NRI Building Detail A)

(a) krytina,

(b) bednění,

(c) odvětraný prostor,

(d) bariéra proti větru,

(e) tepelná izolace,

(f) vrstva s difuzním odporem,

(g) obložení stropu.

-**stěny osazeny přímo na stropní konstrukci**, která slouží jako pracovní plošina během montáže domu.

-**bezpečnost** během montáže

-možnost použít jak prefabrikované panely, tak i konstrukční prvky montované na staveništi.

-**nosná kostra** (anglicky frame), která přenáší všechna vodorovná a svislá zatížení do základů.

-**venkovní obklad není nosný**, jeho účelem je ochrana budovy před vlivy povětrnosti a zajištění požadovaného vzhledu.

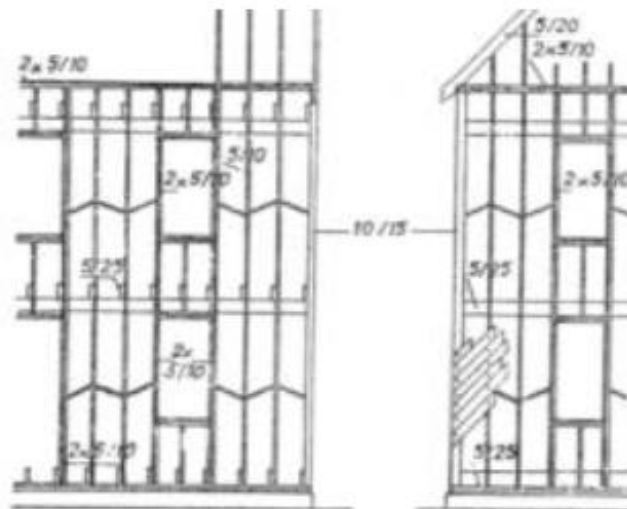
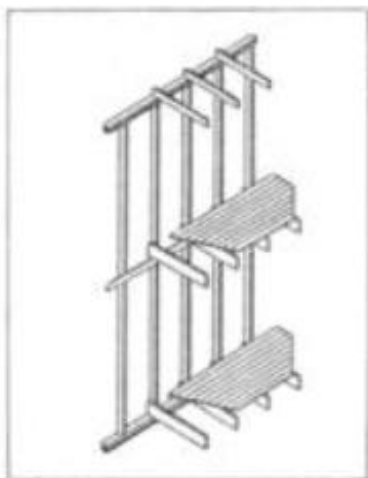
-běžné **stěny** dřevěných domů jsou vytvořeny ze svislých dřevěných sloupků, průvzdušné vrstvy a bednění na vnější straně a vrstvy s vysokým difuzním odporem a obložení na vnitřní straně, dutiny jsou vyplněny minerální vlnou.

-**strop** je vytvořen z dřevěných žeber.

-**střešní vazníky** nebo krokve jsou v osové vzdálenosti 0,6 nebo 1,2 m, podle zatížení sněhem anebo tradice.

-modul střešní konstrukce odpovídá u dobře navržených domů stěnovým sloupkům.

## 2b) Balloon Frame (Stoupající? konstrukce)

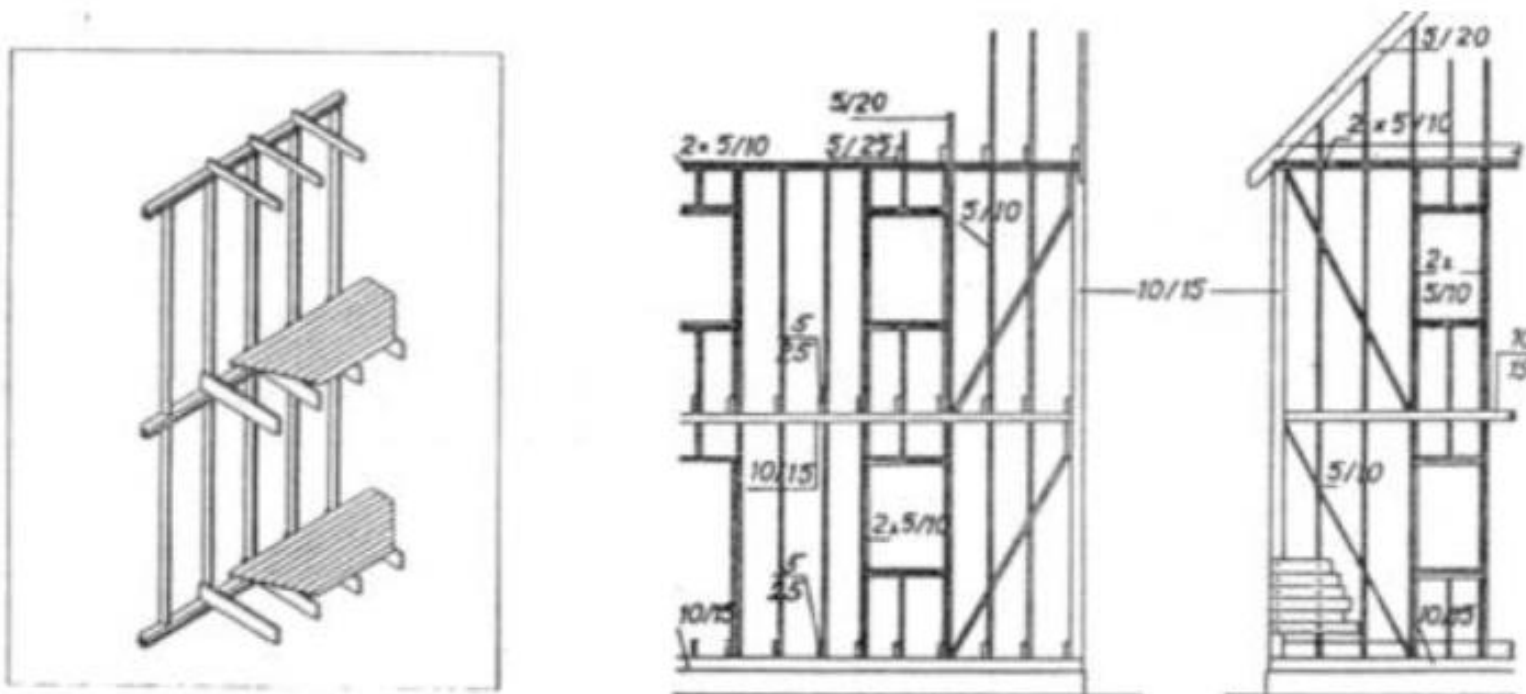


-Sloupky **probíhají od základového soklu až po okap** (konstrukci střechy)

-Patrový práh je tvořen jednoduchým průvlakem, který je za sloupky průběžný a na kterém leží stropní nosníky

-Vzpěrná délka sloupků se zkracuje ztužením

## 2c) Modifikovaná konstrukce Balloon Frame



Sloupky jsou na patrovém prahu přerušeny, ale **rohový sloupek** je obvykle **průběžný** (větší hranol nebo několik fošen)



# 10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly

Obsah přednášky:

1. Rovinné a prostorové dřevěné konstrukce
  - 1a. Nosníky z lepeného dřeva
  - 1b. Rámy a oblouky
  - 1c. Příhradové nosníky
2. Dřevěné patrové budovy
3. Shrnutí

## 3. Shrnutí

- Nosníky z lepeného dřeva
  - výhody a nevýhody lepeného dřeva
  - způsoby porušení nosníků z lepeného dřeva
  - provedení otvorů v prostém nosníku
- Rámy a oblouky
  - možnosti provedení rámového rohu u dřevěných rámových konstrukcí
  - tvary a typy oblouků
  - možnosti provedení kloubu ve vrcholu obloukových dřevěných konstrukcí, možnosti uložení
- Příhradové nosníky
  - výhody a nevýhody příhradových nosníků
  - z jakých částí se skládá příhradový nosník?
  - typy spojů u příhradových nosníků
- Skeletové konstrukční systémy – typy, základní charakteristiky, ztužení
- Sloupkové konstrukční systémy – typy, základní charakteristiky, ztužení

## Zdroje:

- Kol.: Handbook 1 – Timber structures – Leonardo da Vinci – TEMTIS project – 2008
- Kuklík, P.: Dřevěné konstrukce 10 – Základy navrhování, ČVUT v Praze, 2004.
- Dolejš, J.: Přednášky ODA2, ČVUT 2018.
- Böhm, M., Reisner, J., Bomba, J. (2012) Materiály na bázi dřeva. Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2251-6.
- <http://www.ekonomicke-domy.cz/technologie-drevo.html>

# KOVOVÉ A DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE 2

## Přednášky:

1. Ocelové konstrukce - halové stavby
2. Ocelové konstrukce - haly velkých rozpětí
3. Ocelové konstrukce - patrové budovy
4. Ocelové konstrukce - vysoké budovy
5. Ocelové konstrukce - ocelové a ocelobetonové mosty, lávky
6. Ocelové konstrukce - předběžný návrh prvků ocelových nosných konstrukcí
7. Dřevěné konstrukce - úvod, historie DK, vlastnosti dřeva, dřevo a výrobky na bázi dřeva
8. Dřevěné konstrukce - navrhování - tah, tlak, ohyb, smyk, průhyb; zatížení
9. Dřevěné konstrukce - spoje, ochrana proti znehodnocení a požáru
10. Dřevěné konstrukce - rovinné a prostorové dřevěné konstrukce, patrové budovy, haly
11. Dřevěné konstrukce - historie, krovy, stropy, zesilování
12. Dřevěné konstrukce - předběžný návrh prvků dřevěných nosných konstrukcí

**DĚKUJI ZA POZORNOST**