

## BZA2 – VÍCEPDLAŽNÍ BUDOVY

- ÚVOD
- RÁMOVÉ KONSTRUKCE



- ZTUŽUJÍCÍ STĚNY – zásady umístění, typy stěn, deformace, tuhosti, navrhování, vyztužení, konstrukční zásady

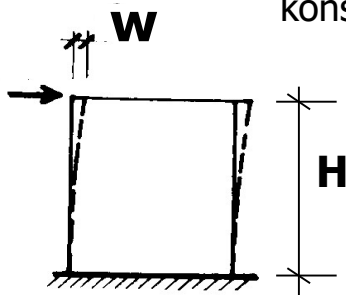


- ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE
- SCHODIŠTĚ
- SUTERÉNNÍ A OPĚRNÉ STĚNY

## STABILITA BUDOV

-1. skupina MS porušení ztrátou stability polohy  
- překlopení

-2. skupina MS vodorovný průhyb od větru  
konstrukce jako celku



$$w \leq H / 800$$

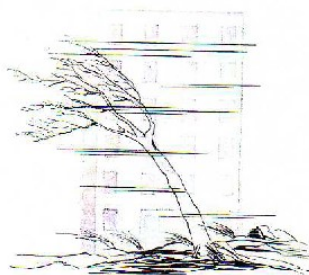
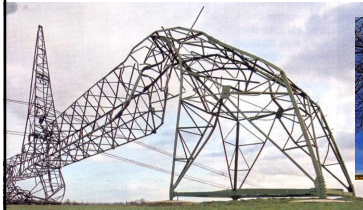
(konstr. se ztužujícími stěnami)

$$w \leq H / 500$$

(konstr. bez ztužujících stěn)

## zatížení větrem – ČSN EN 1991-1-4

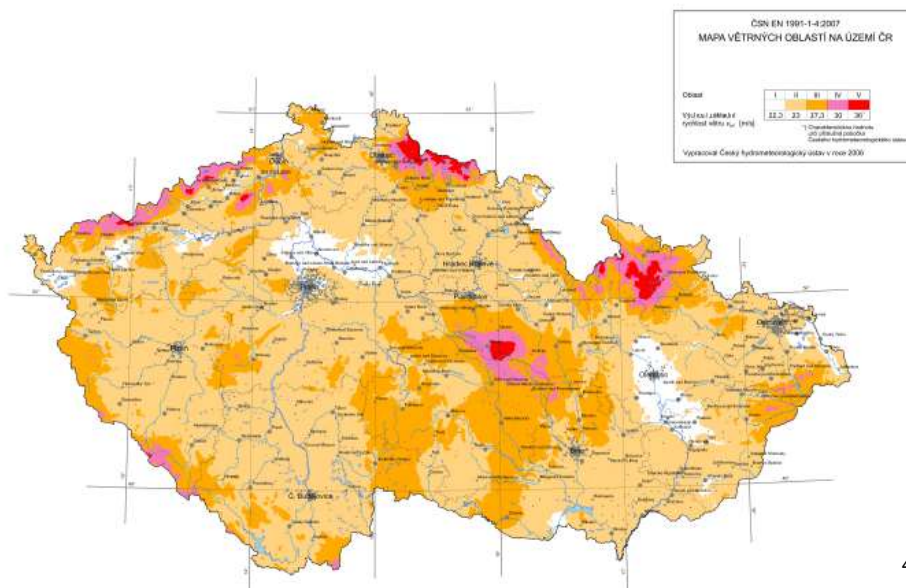
- $w_d = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot C_{pe,i} \cdot \gamma_f$        $\gamma_f = 1,5$
- $w_k$  ... charakteristická hodnota tlaku větru na  $1m^2$  obvodového pláště  
viz mapa větrných oblastí ČR



- $C_e(z)$ ... součinitel expozice – podle charakteru terénu a výšky nad terénem
- $C_{pe}$   $C_{pi}$  ... tvarový součinitel pro tlak a sání pro betonové "tuhé" rámy uvažujeme obv. součet na návětrné straně budovy

3

## mapa větrných oblastí ČR



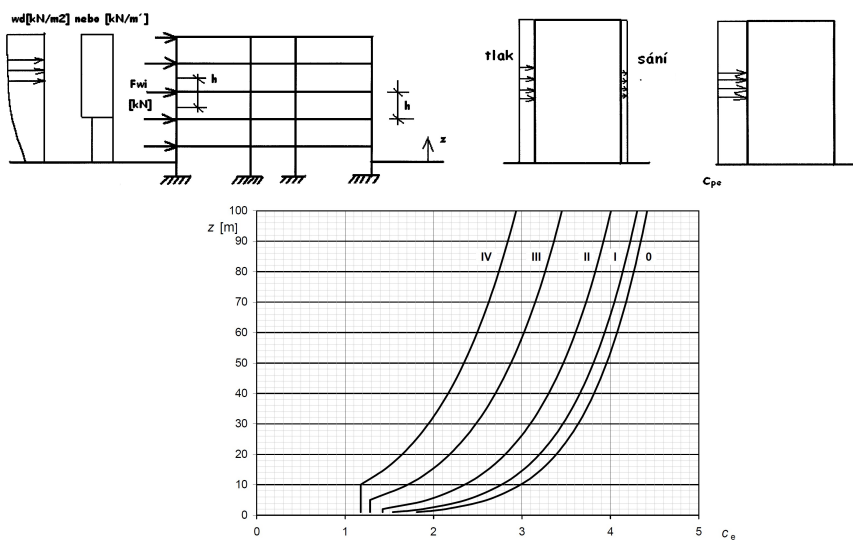
4

## kategorie terénu a její parametry

Kategorie terénu	v ČR
0 moře a přímořské oblasti	není
I jezera nebo plochá krajina bez překážek	většina území ČR
II oblasti s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky (stromy, budovy)	
III oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, budovami nebo překážkami (vesnice, lesy)	
IV Městské oblasti, ve kterých je nejméně 15% povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15m	některé části Prahy, Brna, ...

5

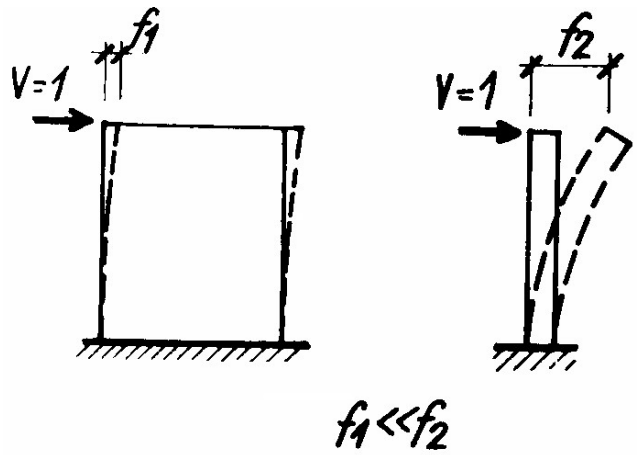
## $C_e(z)$ ... součinitel expozice



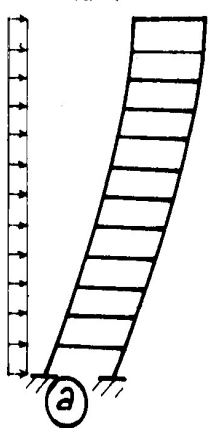
součinitel  $C_e(z)$ ...dle kategorie terénu a referenční výšky  $z$

6

přenášení účinků zatížení větrem



RÁM



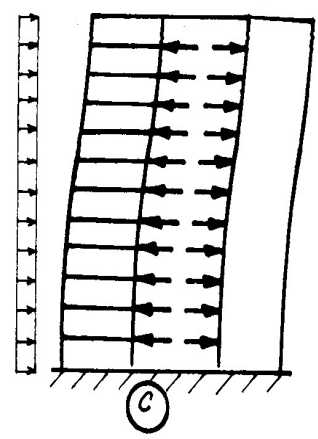
(a)

STĚNA



(b)

KOMBINOVANÁ SESTAVA

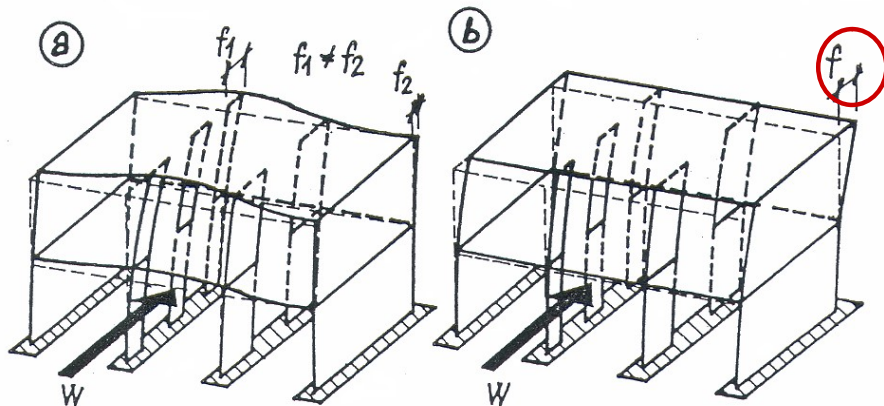


(c)

nejčastěji kombinace

## NETUHÉ stropy

## TUHÉ stropní tabule



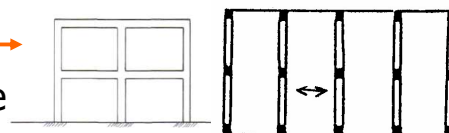
zatížení od větru se rozdělí zhruba jako u zatížení svislého (více přebírají vnitřní rámy)

zatížení od větru se rozdělí podle tuhosti jednotlivých prvků (všechny rámy zhruba stejně)

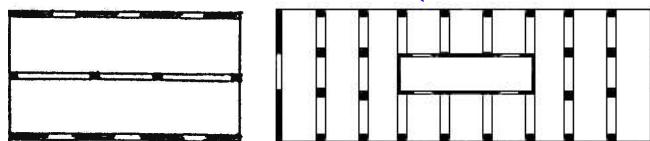
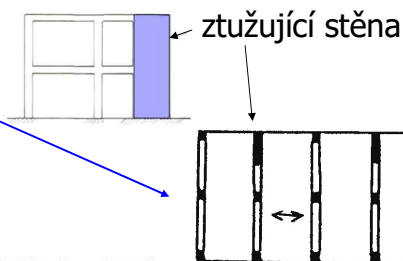
9

## ztužené a neztužené rámy

- neztužený rám →  
– svislé i vodorovné zatíže

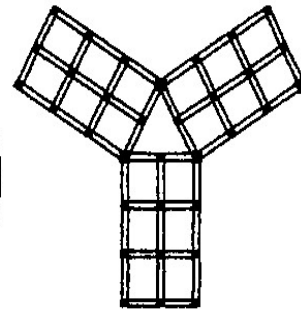
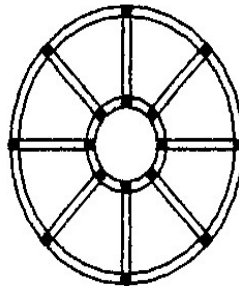
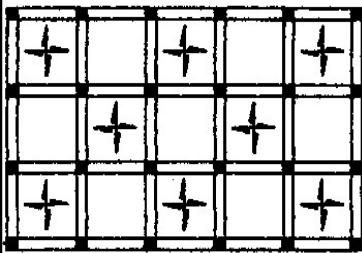
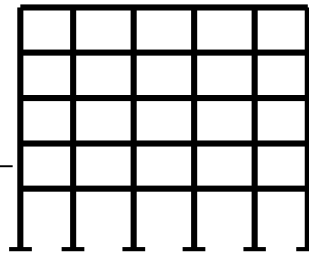
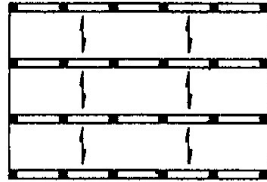
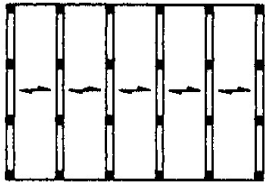


- ztužený rám  
– pouze svislá zatížení, vodorovná přenesou ztužující prvky

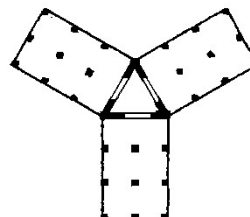
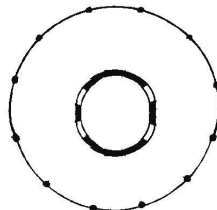
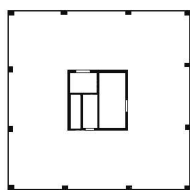
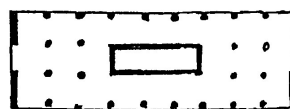
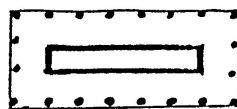
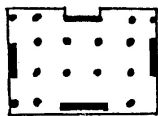
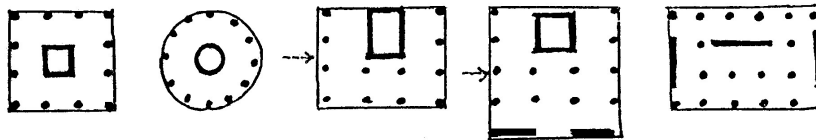


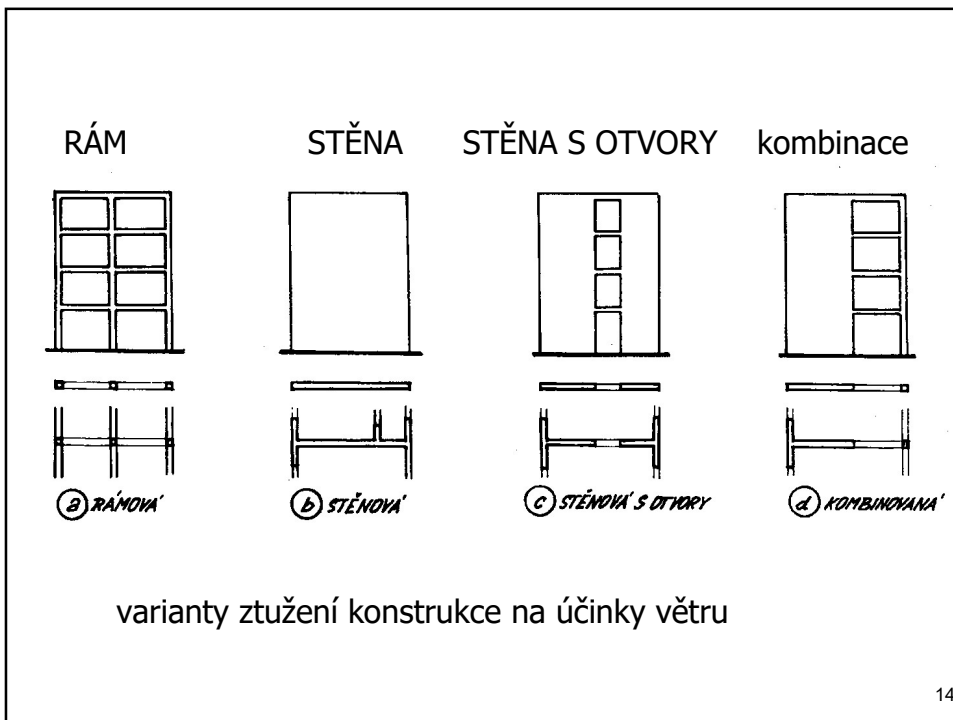
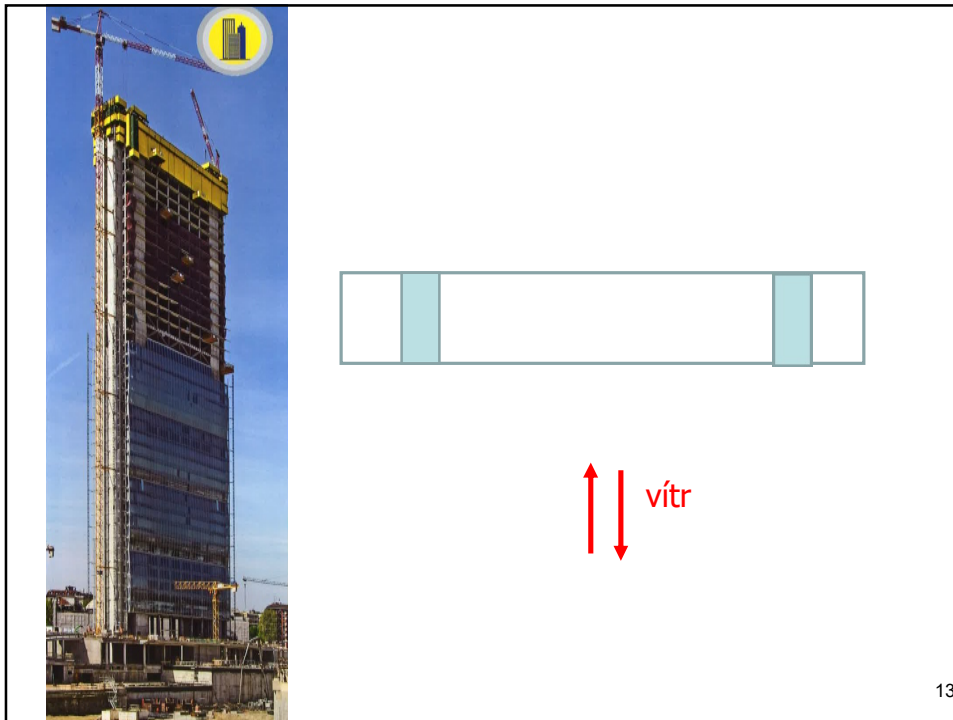
10

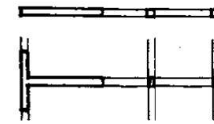
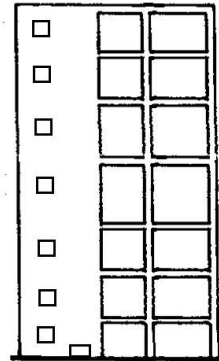
tuhost systému - **RÁMY**  
příčné                      podélné



**lokálně podepřené desky** ... nutné jsou ztužující prvky  
– stěny, jádra



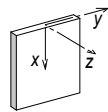




**d. KOMBINDYANA'**

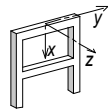
**Prostorová tuhost a stabilita stavebních konstrukcí**

**Ztužující systémy:**



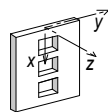
**Smyková stěna**

- ohybová tuhost  $EI_z$
- smyková tuhost  $GA_{sy}$



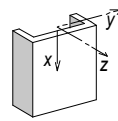
**Rám**

- ohybová tuhost
- náhr. smyk. tuhost  $GA_{sy}$



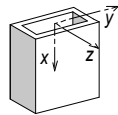
**Stěna s prostupy**

- náhr. ohyb. tuhost  $EI_z$
- náhr. smyk. tuhost  $GA_{sy}$



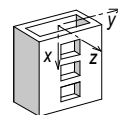
**Otevřený profil jádra**

- ohybová tuhost  $EI_z$  a  $EI_y$
- smyková tuhost  $GA_{sy}$  a  $Ga_{sy}$
- tuhost v krutu  $GI_T$
- tuhost v ohyb. kroucení  $EC_M$



**Uzavřený profil jádra**

- ohybová tuhost  $EI_z$  a  $EI_y$
- smyková tuhost  $GA_{sy}$  a  $Ga_{sy}$
- tuhost v krutu  $GI_T$
- tuhost v ohyb. kroucení  $EC_M$



**Uzavřený profil s otvory**

- náhr. ohyb. tuhost  $EI_z$  a  $EI_y$
- náhr. smyk. tuhost  $GA_{sy}$  a  $Ga_{sy}$
- tuhost v krutu  $GI_T$
- tuhost v ohyb. kroucení  $EC_M$

ztužující systémy rovinné

ztužující systémy prostorové 16

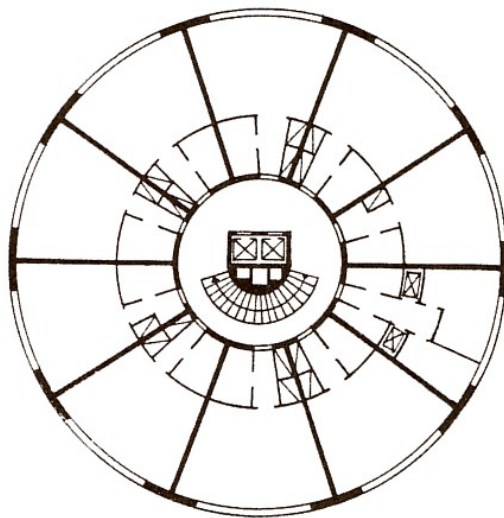




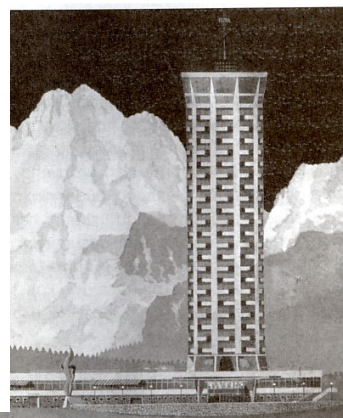
20-ti podlažní budova  
Kanada  
stropní desky z lehkého betonu  
(pro odlehčení stavby)  
  
převážně sloupový systém



uvolnění dispozice  
vnitřní sloupy  
+ **OBVODOVÁ**  
**nosná a ztužující stěna**  
s otvory dle architektonických  
požadavků (vzhled fasády)



společné uspořádání lůžkového podlaží

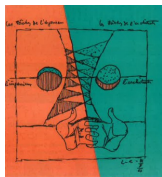


Pohled na hotel

Výšková budova  
s ideou pyramidálního tvaru ve tvaru indiánského týpí  
inspirační podnět z roku 1957  
návrh Dr. Ing. Františka Čížka

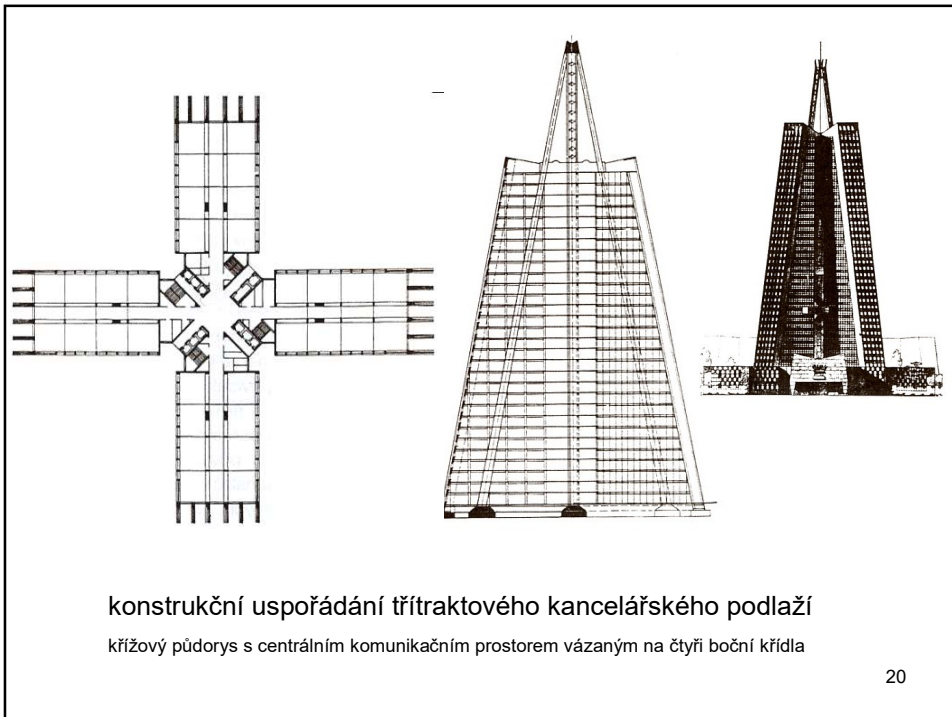
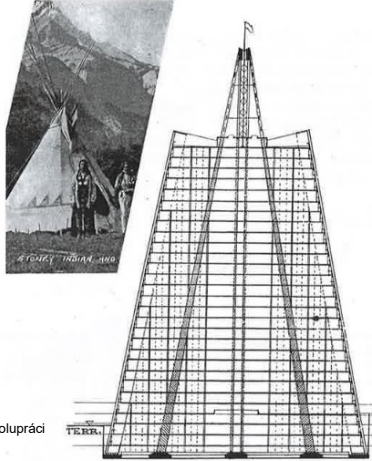
naprosto mimořádná osobnost betonového stavitelství 50. – 80. let 20. století  
ve sféře projektové a konstrukční činnosti zcela přesahující běžnou profesionální tvorbu –  
**podněcoval spolupráci mezi statikem – tvůrcem konstrukce a architektem**  
– z jeho **spolupráce a dialogu s architekty** vznikly odvážné architektonicky výrazné objekty

ve spolupráci s arch. Josefem Havlíčkem  
soutěžní návrh na radnici v Torontu  
→ model z roku 1958



Emblém Le Corbusiera ke spolupráci  
architekta a inženýra  
1960

August Perret: Architektura a konstrukce jsou dva neodlučitelné pojmy.



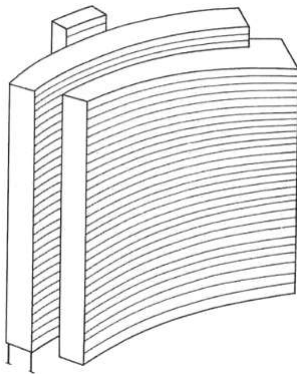
konstrukční uspořádání třítraktového kancelářského podlaží

křížový půdorys s centrálním komunikačním prostorem vázaným na čtyři boční křídla

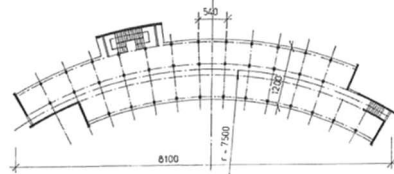
návrh správní budovy Severočeských hnědouhelných dolů v Mostě  
115m

úprava ztužujícího systému Dr. Ing. František Čížek  
+ Stavoprojekt Hradec Králové, 1968

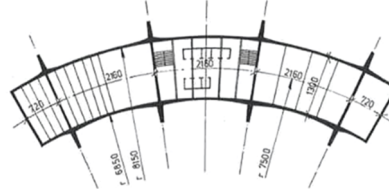
objemová kompozice



+ původní návrh uspořádání dispozice

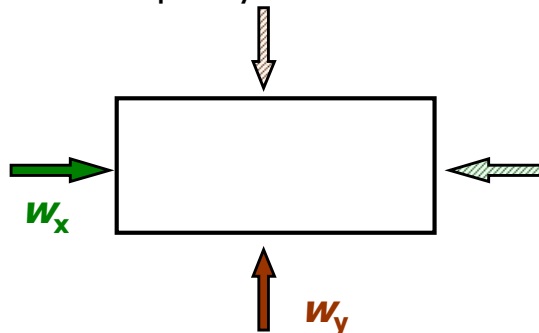


upravený návrh – uspořádání nosné konstrukce  
s vyznačením prvků superstruktury podle vítězného návrhu



21

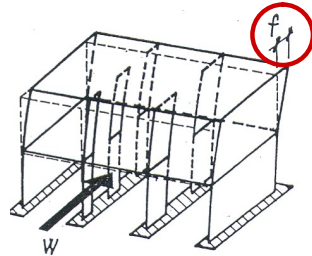
- ztužující prvky - po výšce konstantní průřez
- u budov obdélníkového půdorysu se ztužujícími prvky ve směru hran půdorysu - posuzují se pouze dva směry větru:
  - vítr působící ve směru podélných stěn
  - vítr působící ve směru příčných stěn



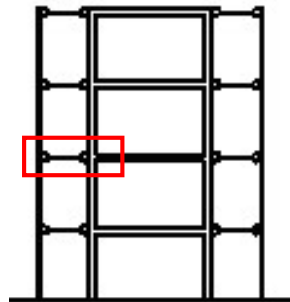
22

## předpoklady návrhu ztužujících prvků

- tuhá stropní tabule (betonová)



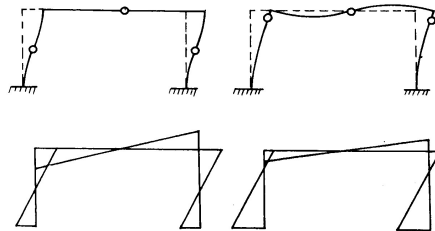
- kloubové připojení stropní tabule ke ztužujícím prvkům



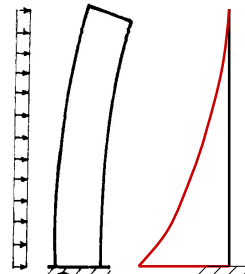
23

Deformace → momenty od účinků zatížení větrem

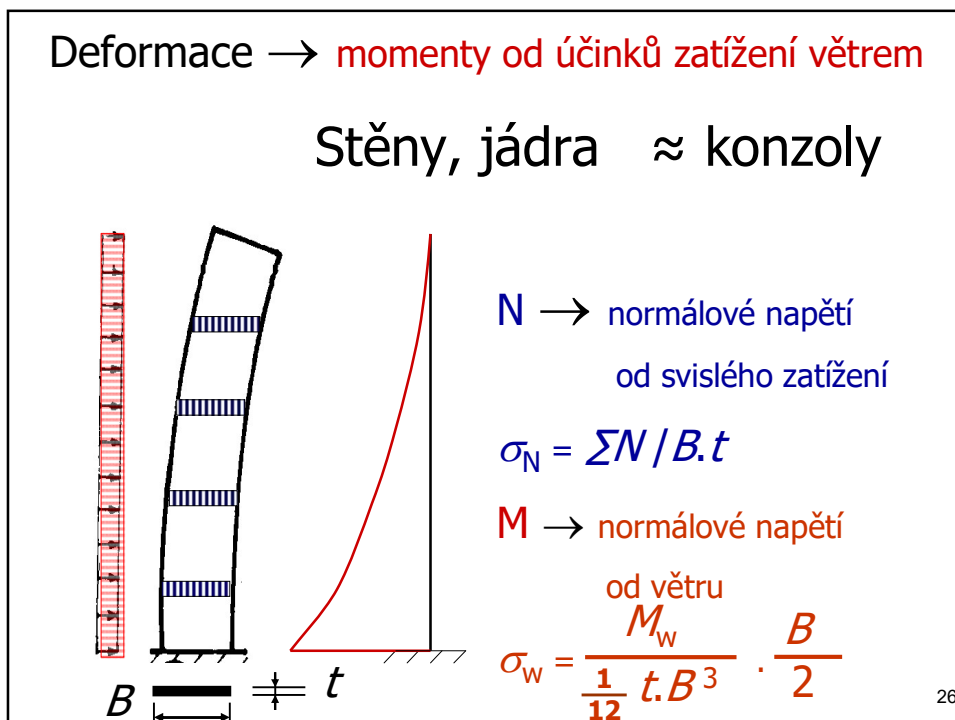
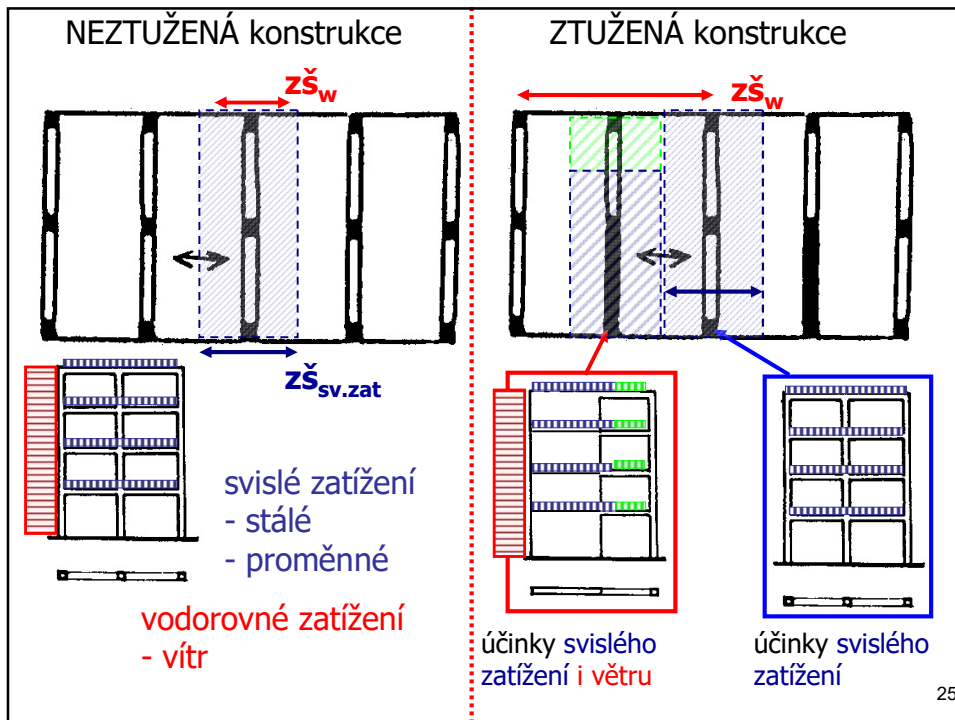
Rámy – dle tuhostí prvků a styčnicků

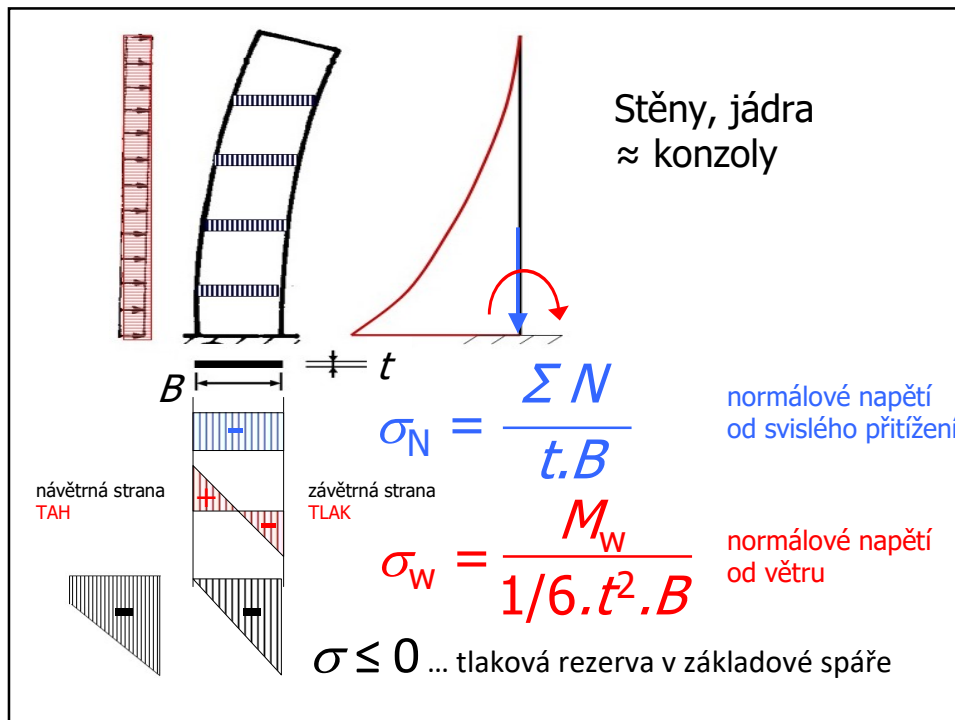


Stěny, jádra ≈ konzoly



$M$  → normálové napětí





Stěny, jádra  
≈ konzoly

normálové napětí  
od svislého přetížení

$$\sigma_N = \frac{\Sigma N}{B \cdot t}$$

normálové napětí  
od větru

$$\sigma_W = \frac{M_W}{1/6 \cdot B \cdot t^2}$$

$\sigma \leq 0$  ... tlaková rezerva v základové spáře

návětrná strana  
TAH

závětrná strana  
TLAK

Vyšetřujeme 3 zatěžovací stavy:

- minimální svislé přetížení (charakt. hodn.) + vítr (charakt. hodn.)  
... nemá vznikát tah v základové spáře  
⇒ počet a tuhost stěn
- minimální svislé přetížení (návrhové hodn.) + vítr (návrhové hodn.)  
⇒ pokud vzniká tah, je třeba kotvit základové konstrukce
- maximální svislé přetížení (návrhové hodn.) + vítr (návrhové hodn.)  
⇒ návrh svislé výztuže do stěn + vodorovná výztuž, spony

## ztužení skeletové konstrukce

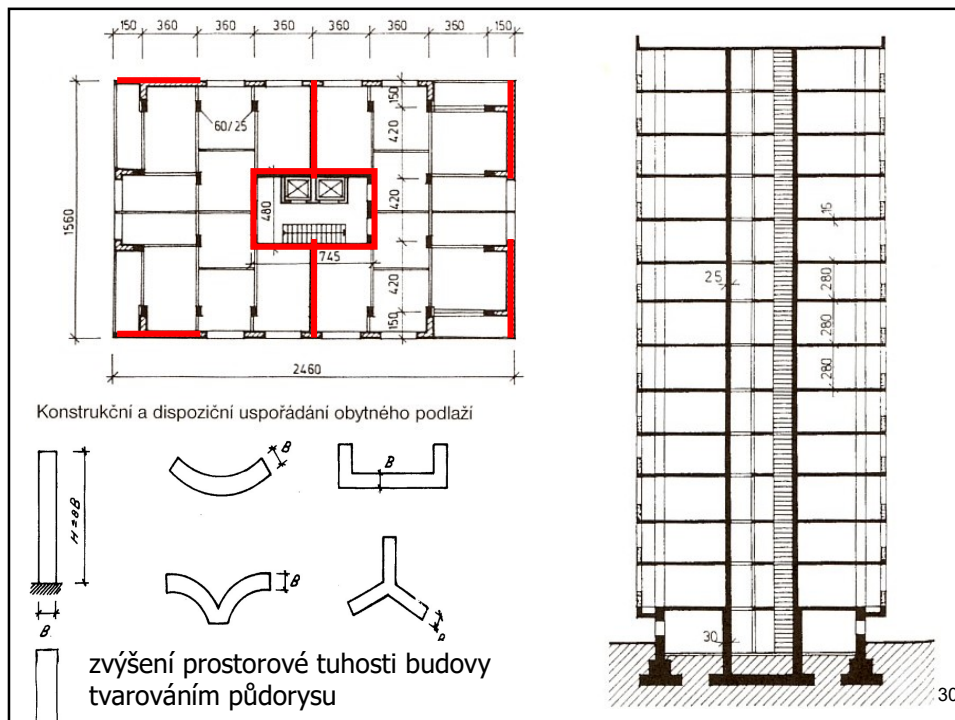
- nižší počet podlaží – vyhoví jen skelet
- vyšší objekty – sloupy, příčle (... rámy)  
– se ztužujícími prvky  
(technické možnosti a ekonomika)
- výškové objekty – speciální systémy

viz přednáška Vývoj konstrukčních systémů výškových budov a mrakodrapů  
[http://people.fsv.cvut.cz/www/hanzlhan/133bk1/BZA2\\_2019/SRUMA\\_vyskove\\_budovy\\_2019.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/www/hanzlhan/133bk1/BZA2_2019/SRUMA_vyskove_budovy_2019.pdf)

Ing. Vlastimil Šrůma, CSc., MBA

9.5.2023

29

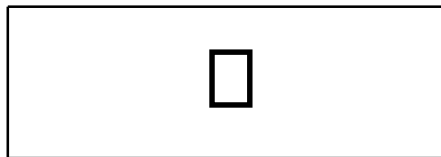


### zásady pro návrh ztužujících prvků :

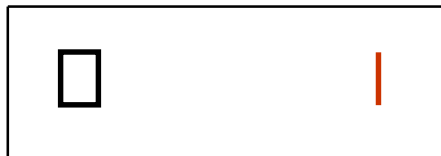
- využití ztužujících prvků vyplývajících z dispozice
- dostatečná tuhost ztužujících prvků (k zachycení téměř veškerého vodorovného zatížení → max. moment setrvačnosti)
- umístění ztužujících prvků:
  - nebránit deformacím od objemových změn (smršťování, teplotní změny)
  - symetrie, těžiště v místě výslednice zatížení větrem (zabránění namáhání prvků kroucením)
  - roviny stěn se nesmějí protínat v jednom bodě
  - max. možné svislé zatížení (zatěžovací plochy)

31

### Symetrické umístění ztužujících prvků

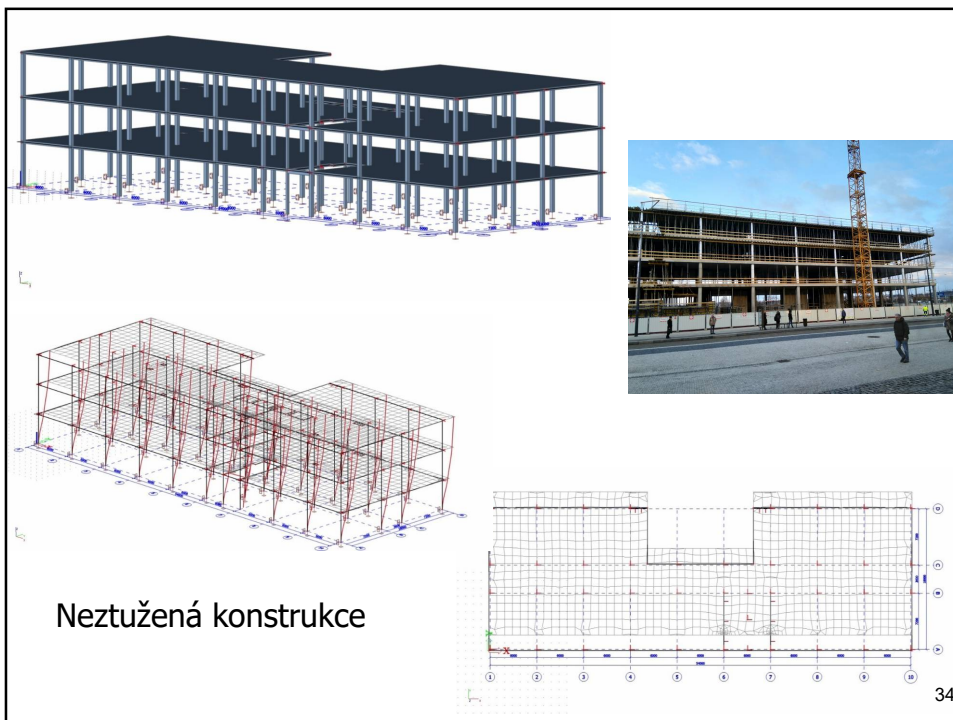
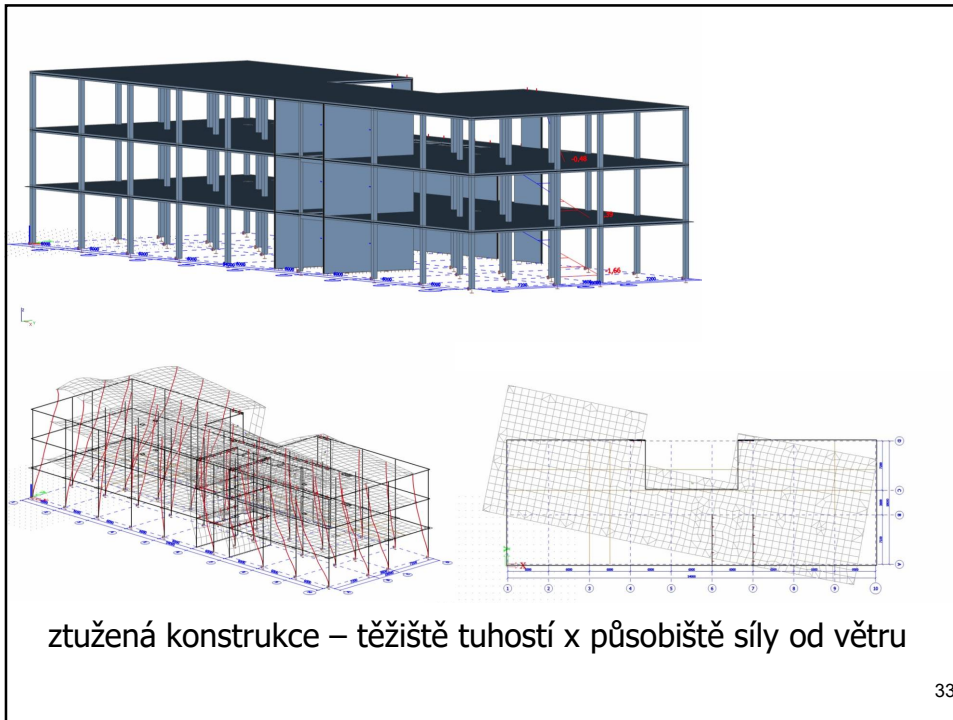


?

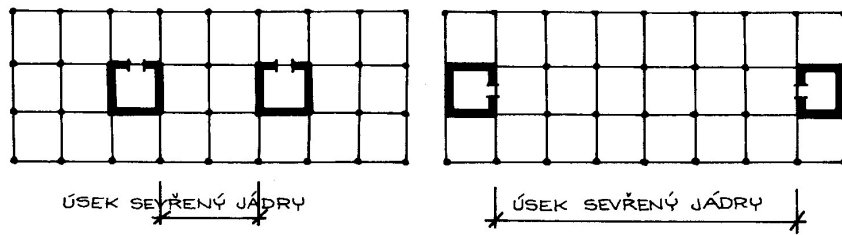


32





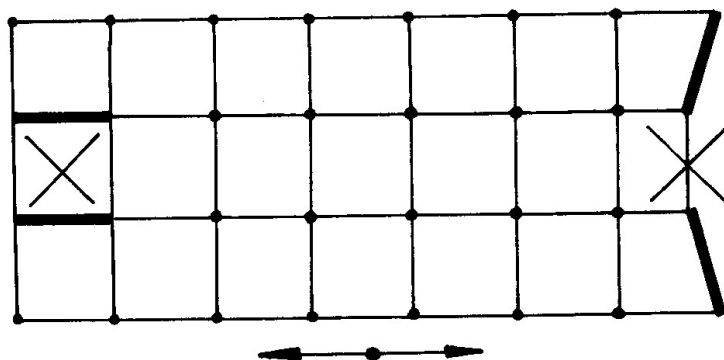
vhodné a nevhodné  
rozmístění ztužujících prvků  
(ze statického hlediska)



SMRŠŤOVÁNÍ

35

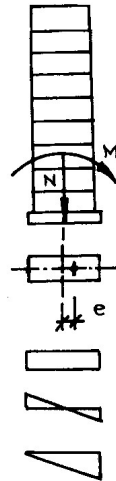
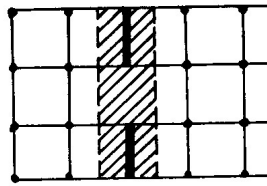
vhodné a nevhodné  
rozmístění ztužujících prvků  
(ze statického hlediska)



36

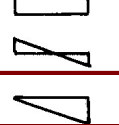
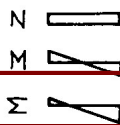
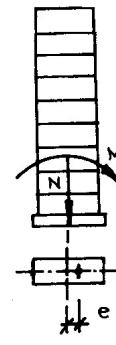
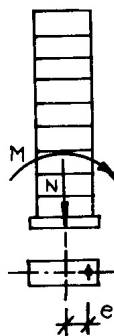
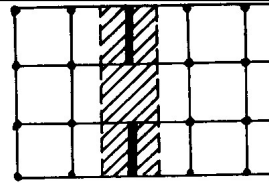
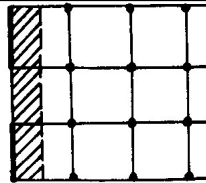
zatížení  
ztužujících stěn

- vítr  
=> ohybový moment
- svislé přetížení  
=> normálová síla



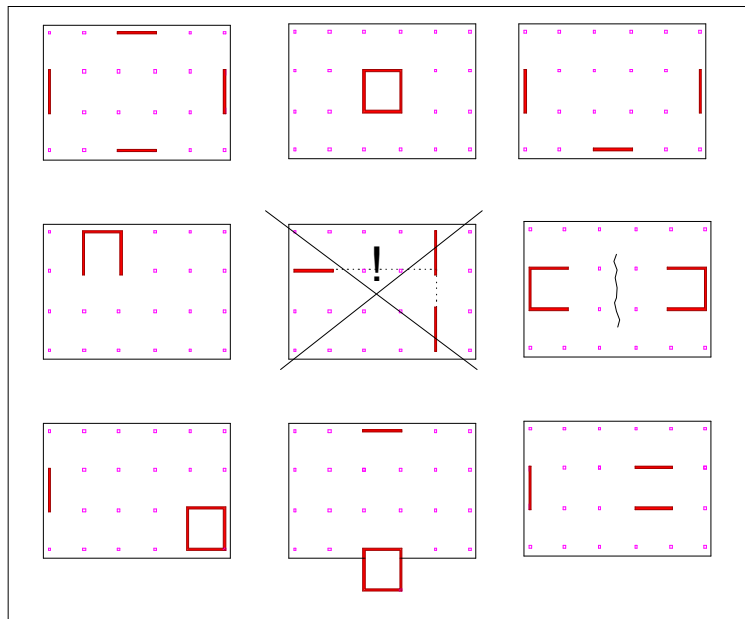
37

svislé přetížení !!!



38

### umístění smykových stěn a ztužujících jader



39

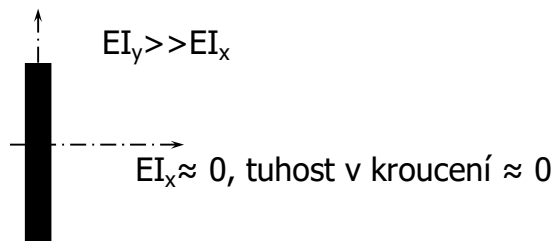
KONSTRUKCE SE  
ZTUŽUJÍCÍMI PRVKY = mnohokrát staticky  
neurčitý systém

→ zjednodušené idealizace  
předběžné návrhy  
interpretace a kontrola výsledků

40

## Idealizace

- stropní desky
  - tuhé pro přenášení zatížení ve své rovině
  - kloubově připojeny ke ztužujícím prvkům
- ztužující stěny (jednotlivé)
  - zanedbatelná tuhost kolmo ke své rovině
  - zanedbatelná tuhost v kroucení



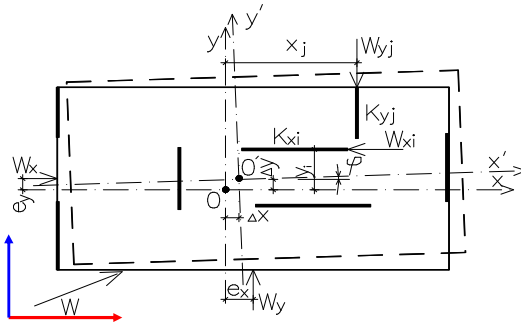
- ostatní svislé prvky (sloupy) - tuhost nepatrná

41

- Podle tvaru a uspořádání ztužujících prvků v půdoryse rozhodnout, zda uvažovat :
  - systém rovinných prvků (jednotlivých stěn)
  - prostorový systém (ztužující prvky s tuhostmi  $K_x, K_y, K_t$ )
- Ztužující systémy :
  - staticky určité
  - staticky neurčité

42

## Výpočet rozdělení vodorovného zatížení stěn



Účinkem vodorovného zatížení se stropní tabule vodorovně posune a potočí

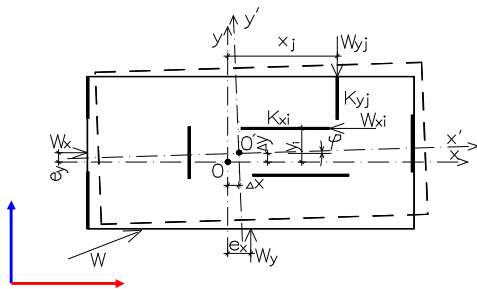
→ 3 neznámé: posuny  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , natočení  $\varphi$

→ 3 výminky rovnováhy

$$\rightarrow W_x = \sum_{i=1}^n W_{xi} \quad \uparrow \quad W_y = \sum_{j=1}^m W_{yj}$$

$$\curvearrowright W_{yj} e_x - W_{xi} e_y = \sum W_{yj} x_j - \sum W_{xi} y_i$$

43



Počátek O - v těžišti tuhostí stěn

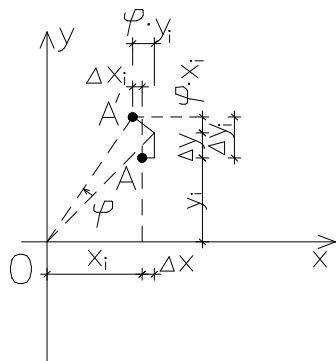
$$\sum_{j=1}^m K_{yj} x_j = 0$$

tuhost j-té stěny ve směru y

$$\sum_{i=1}^n K_{xi} y_i = 0$$

tuhost i-té stěny ve směru x

44



posuny bodů:  $\Delta x_i = \Delta x - \varphi y_i$

$$\Delta y_i = \Delta y + \varphi x_i$$

síly ve stěnách vzniklé translací  
a rotací:

$$W_{yj} = (\Delta y + \varphi x_j) K_{yj}$$

$$W_{xi} = (\Delta x - \varphi y_i) K_{xi}$$

z výminek rovnováhy  $\rightarrow \Delta x, \Delta y, \varphi$

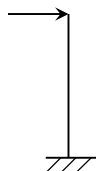
$\rightarrow$  síly působící v jednotlivých stěnách

45

- Pokud výslednice zatížení větrem prochází těžištěm tuhostí  $\rightarrow$  není natočení

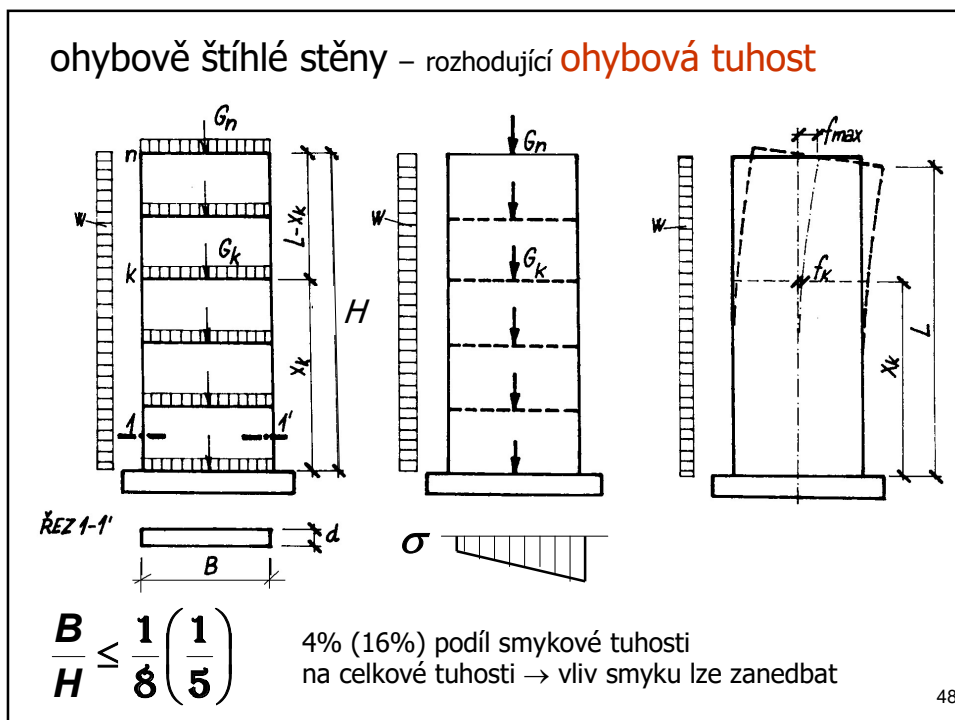
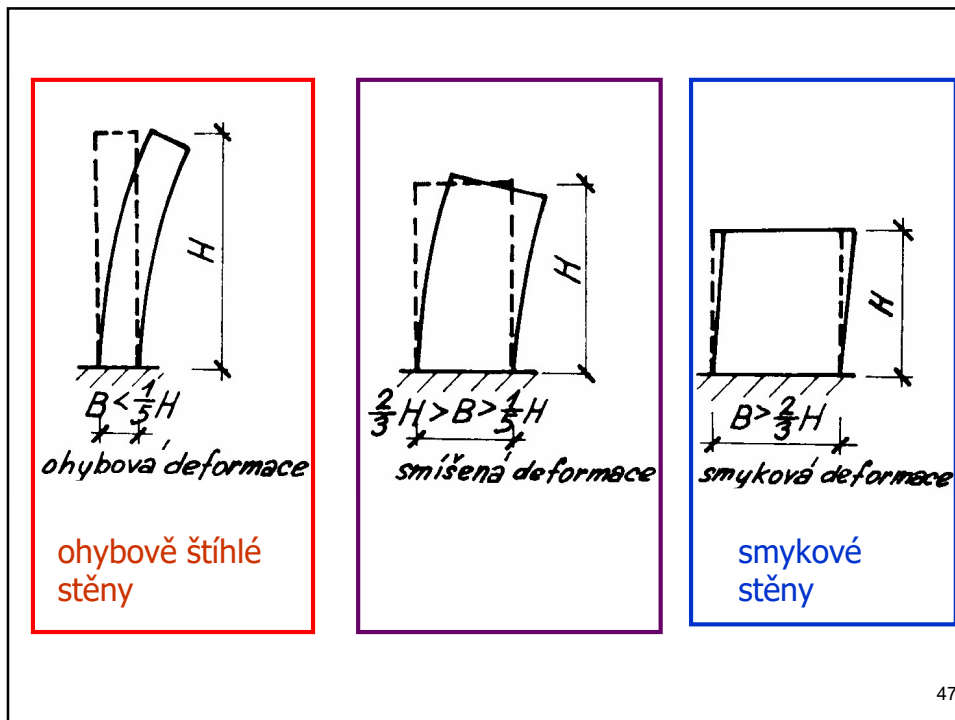
SÍLY v jednotlivých stěnách podle POMĚRU  
TUHOSTÍ

- TUHOSTI stěn
  - ohybová
  - smyková ?
  - komplexní



TUHOST = zatížení, které vyvodí  
jednotkový průhyb

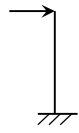
46



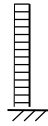


## Ohybová tuhost

Výpočet dle Mohrových vět – duální nosník

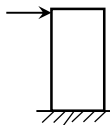


$$K = \frac{3EI}{H^3}$$

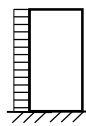


$$K = \frac{8EI}{H^4}$$

## Smyková tuhost



$$K_s = \frac{AG}{\kappa H}$$



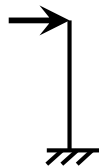
$$K_s = \frac{2AG}{\kappa H^2}$$

$G$  ... modul pružnosti betonu ve smyku

$\kappa$  ... součinitel (pro obdélník  $\kappa = 1,2$  a  $G = 0,435 \cdot E$ )

49

## Komplexní tuhost



$$y = y_H + y_V$$

$$y_1 = \frac{H^3}{3EI} + \frac{\kappa H}{GA}$$

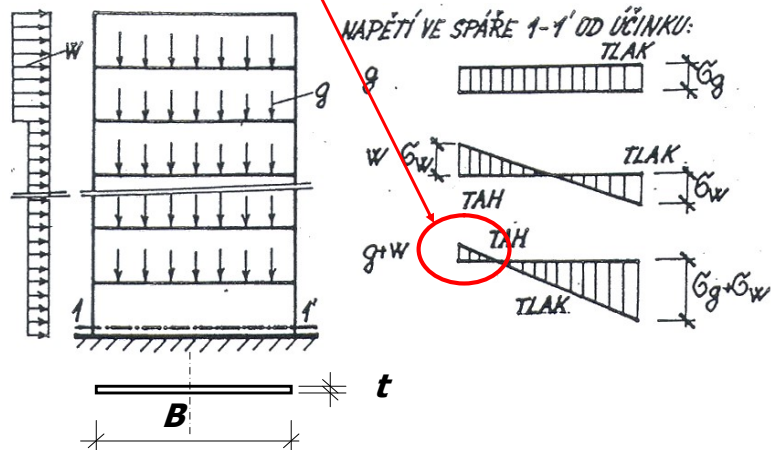
$$K_{\text{kompl}} = \frac{1}{\frac{H^3}{3EI} + \frac{\kappa H}{GA}}$$

$$\frac{1}{K_{\text{kompl}}} = \frac{1}{K_{\text{ohyb}}} + \frac{1}{K_{\text{smyk}}}$$

50

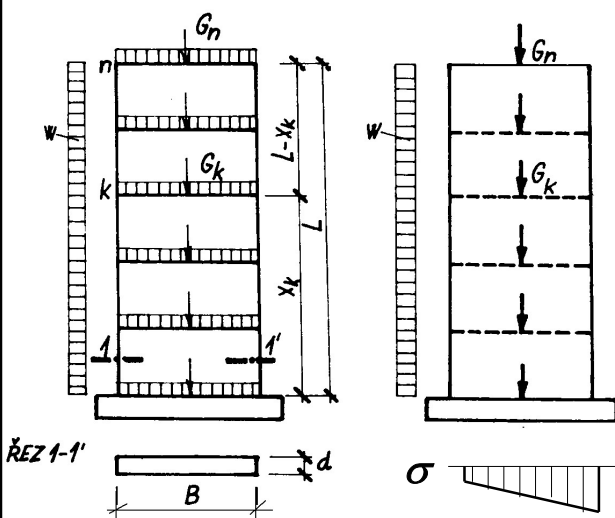
Zásady návrhu geometrie ztužujících prvků  
**(počet, tloušťka a délka stěn)**

- omezení tahového napětí v patní spáře ... minimální svislé přetížení + vítr
- omezení průhybu



51

maximální zatížení stěny → namáhání → návrh výztuže  
**maximální vítr + maximální svislé zatížení**



- dodržovat konstrukční zásady
- posoudit podmínky spolehlivosti

52

## Vodorovná a příčná výztuž stěn

### vodorovná výztuž:

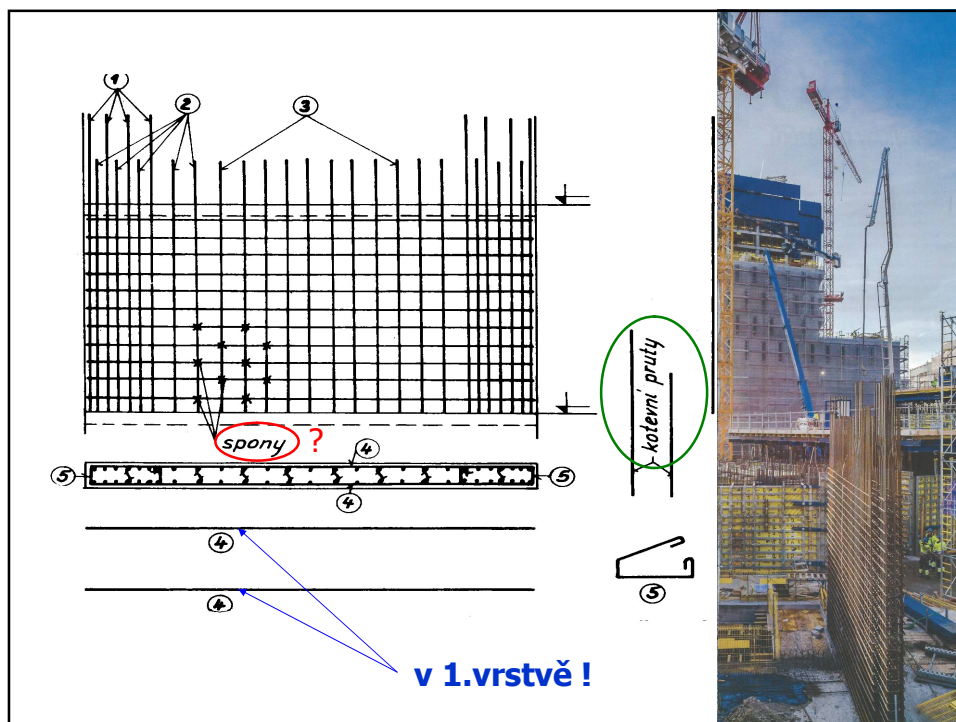
- fixace podélné výztuže
- zabránění vybočení podélné výztuže
  - ⇒ výztuž v 1. vrstvě
- smršťování



### příčná výztuž:

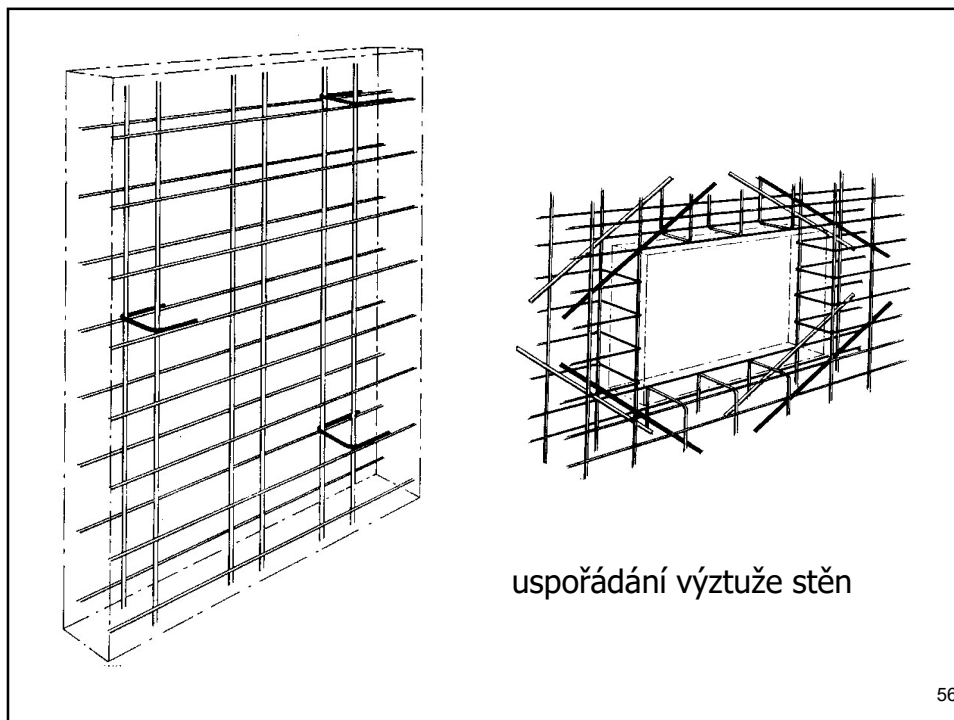
- spony
- a) při větším stupni vyztužení stěny
- b) pokud podélná výztuž blíže k povrchu

53



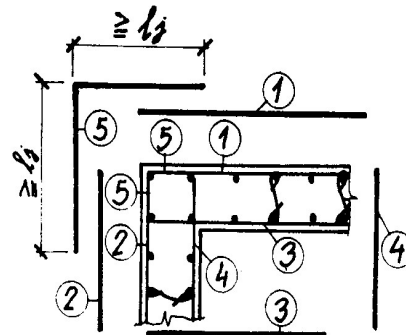
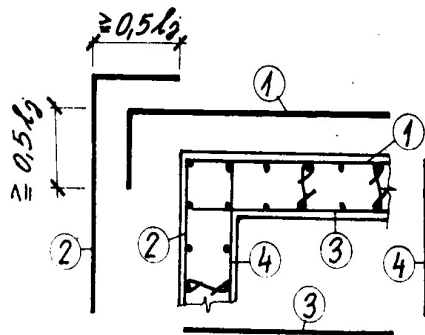
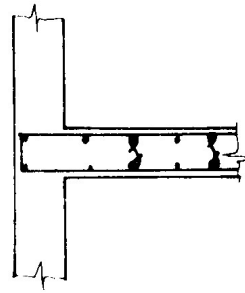
Parametr (viz obr. 18.1)		Desky	Trámy	Sloupy	STĚNY
Podélná nosná výztuž $\varnothing$	průřezová plocha výztuže $A_s \geq A_{s,min}$ ; $A_s \leq A_{s,max}$	$A_{s,min} = 0,26 f_{ctm} b_l d / f_{yk} \geq 0,0013 b_l d$	$\geq 0,0013 b_l d$	$A_{s,min} = 0,1 N_{Ed} / f_{yd} \geq 0,002 A_c$	$A_{s,vmin} = 0,002 A_c$
		$A_{s,max} = 0,04 A_c^{2)}$		$A_{s,max} = 0,04 A_c^{2)}$	$A_{s,vmax} = 0,04 A_c^{2)}$
	maximální osová vzdálenost prutů	$s_{s,t,max} = 2 h \leq 300 \text{ mm}$	-	-	$s_{wl,t,max} = 3 h \leq 400 \text{ mm}$
	minimální počet prutů	$(1000 / s_{s,t,max}) \varnothing / \text{m}$	-	$\phi_{min}^{3)}$ v každém rohu	$(1000 / s_{wl,t,max}) \varnothing / \text{m}$
minimální světlost mezi pruty	<b>max. z hodnot: <math>1,2 \phi</math>; <math>d_g + 5 \text{ mm}</math>; <math>20 \text{ mm}</math>;</b> <b><math>d_g</math> – rozměr největšího zrna kameniva</b>				
Příčná výztuž	minimální průměr $\phi_{t,min}$	-	viz vztahy (18.8) až (18.10)	$\phi_{t,min} \geq 6 \text{ mm}$ (5 mm svař. síť)	Při $A_s \geq 0,02 A_c$ spony – kde $\phi_{t,min}$ a $s_{wl,t,max}$ <i>stejně jako u sloupů</i> <sup>5/6)</sup>
	maximální vzdálenost $s_{t,max}$			$s_{cl,t,max}^{4)} \leq 20 \varnothing \leq b \leq 400 \text{ mm}$	
Rozděl. výztuž (vodor. u stěn)	minimální průřezová plocha	$A_{st,min} \geq 0,2 A_s$	-	-	$A_{s,hmin}^{7)} \geq 0,25 A_{s,v}$ ; $A_{s,hmin}^{7)} \geq 0,001 A_c$
	maximální vzdálenost $s_{max}$	$s_{st,t,max} = 3 h \leq 400 \text{ mm}$	-	-	$s_{wl,hmax} = 400 \text{ mm}$

55

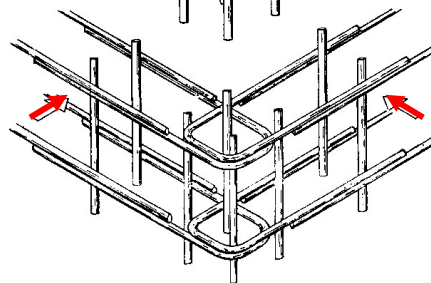
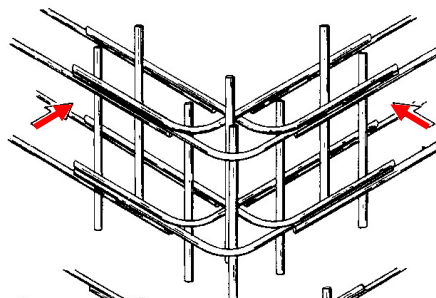


56

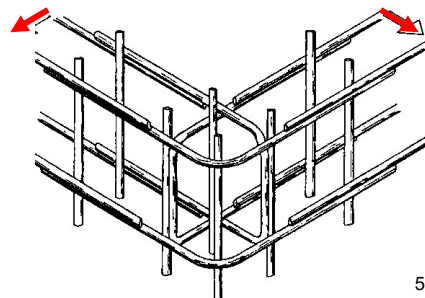
detaily vyztužení  
styčnicků



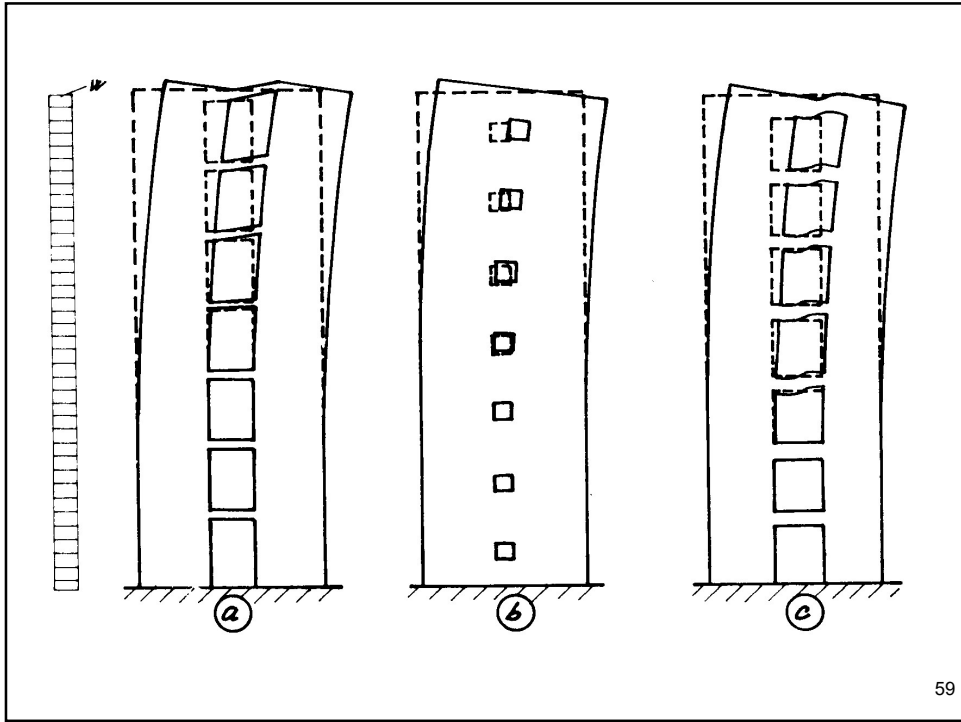
57



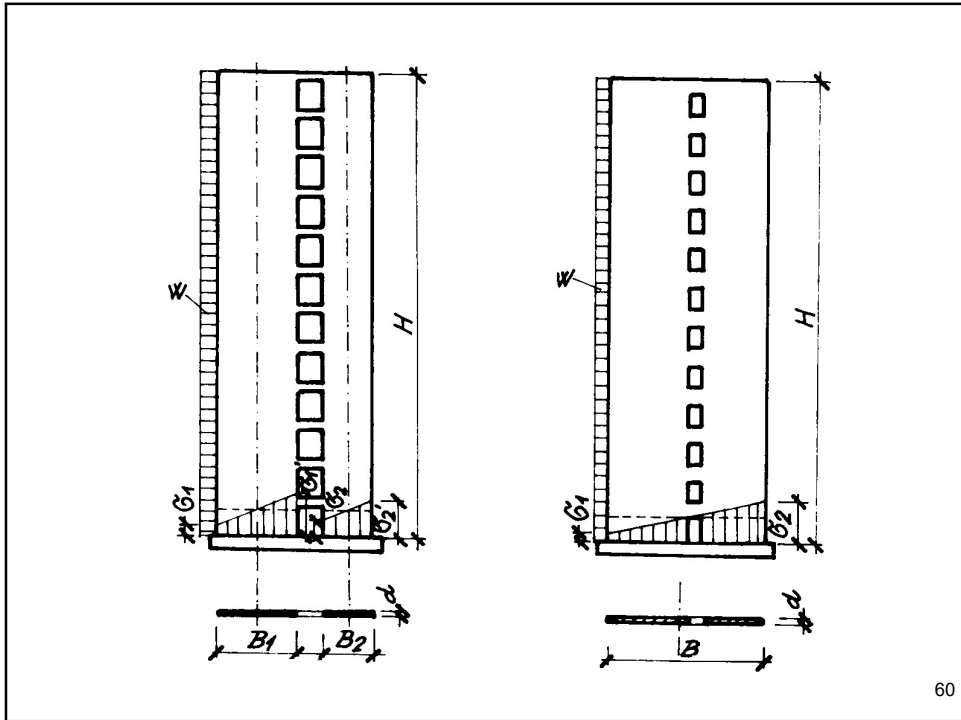
vyztuž stěn v rozích



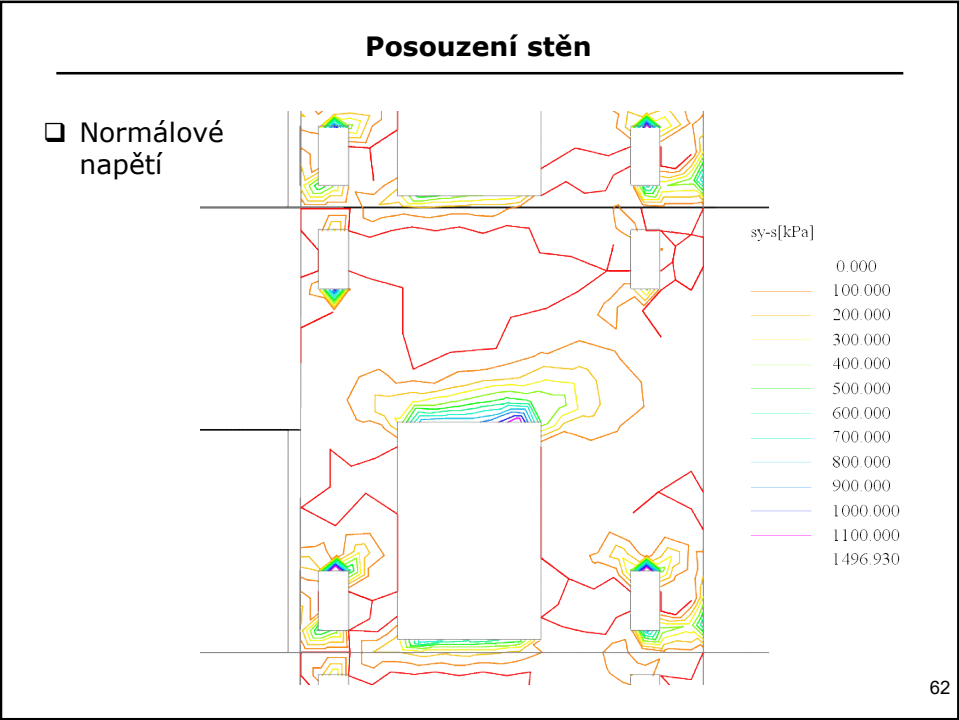
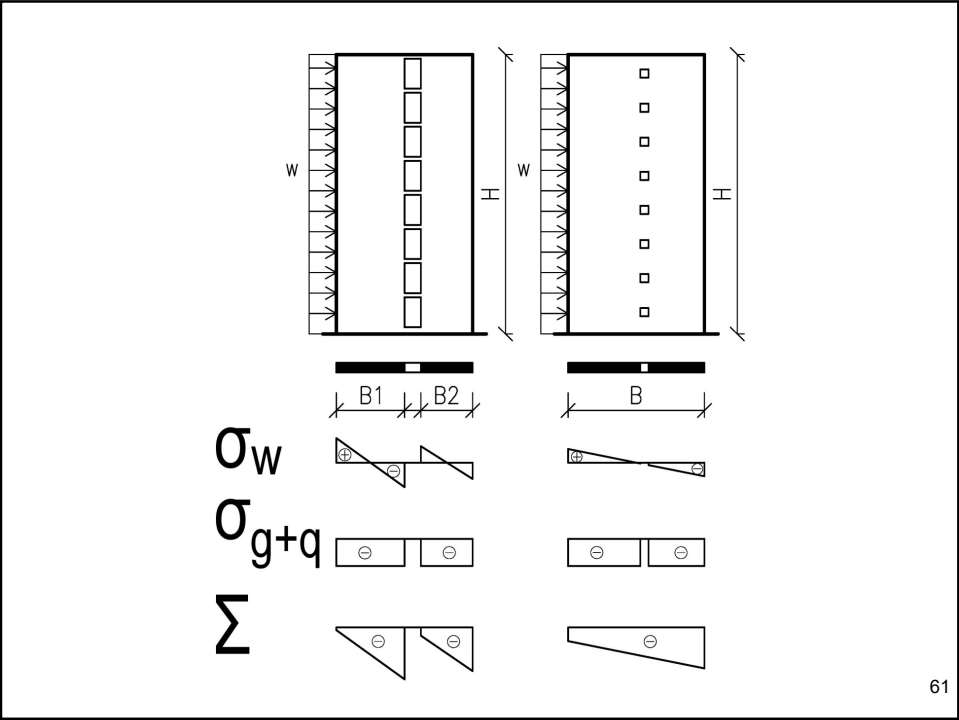
58



59

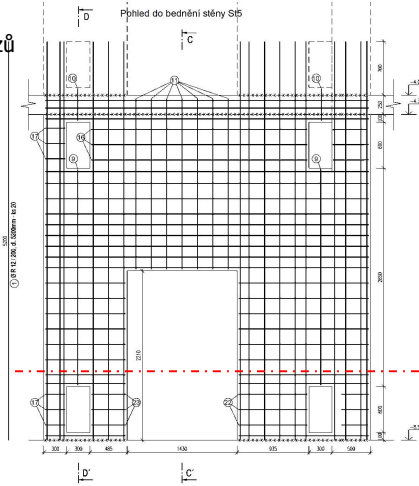
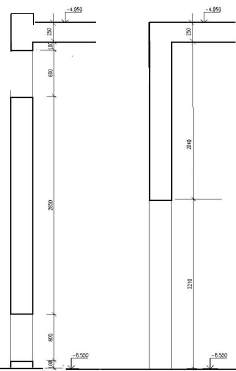


60



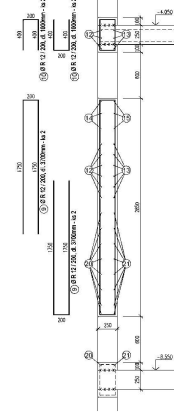
## Výztuž stěn

pokud je otvorů více, nutno  
doplnit dostatečný počet řezů



+ ŘEZ C - C'

REZ D - D'



ve výkresu tvaru – řez svislými nosnými konstrukcemi zhruba ve třetině výšky  
**tlustá čára** ... nosné konstrukce přes celou výšku podlaží, tence nadpraží otvorů