



Zděné konstrukce

Petr Bílý

Katedra betonových a zděných konstrukcí
Fakulta stavební ČVUT v Praze

Mé velké díky za poskytnutí rad a podkladů ke zpracování přednášky patří panu Ing. Pavlu Košatkovi, CSc.

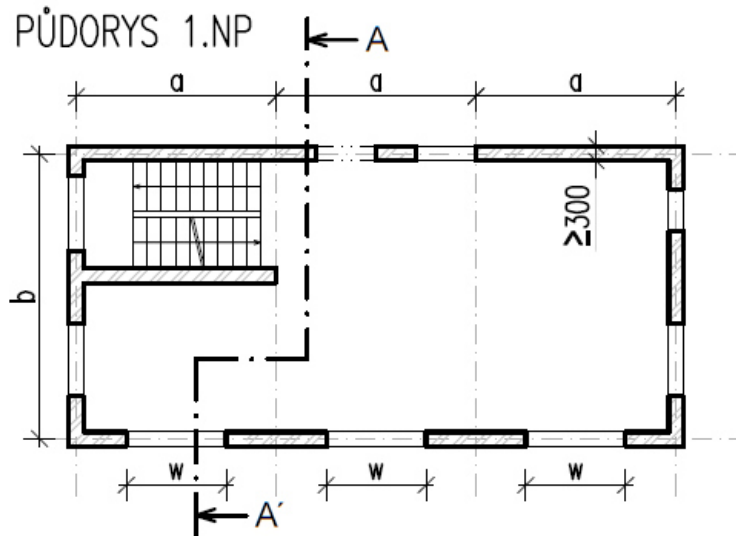
Organizace předmětu

- Společné přednášky a cvičení
- Konzultace v B731
- Kontakt: petr.bily@fsv.cvut.cz
- Zápočet za část ZDK:
 - Účast na hodinách
 - Kvalitně a včas vypracované cvičení
 - Úspěšné složení zápočtového testu

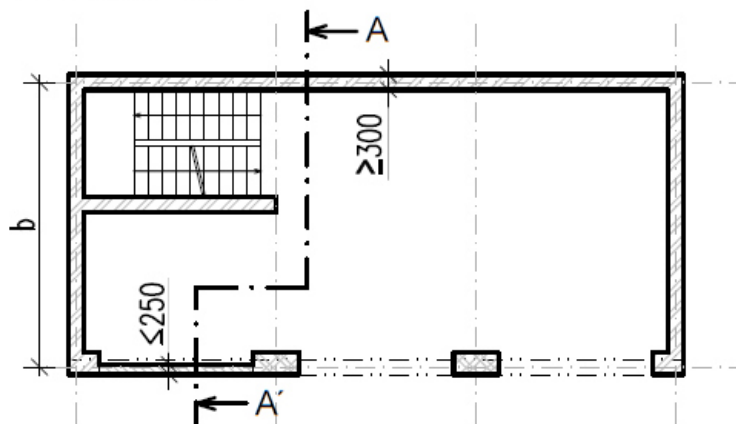


Domácí cvičení

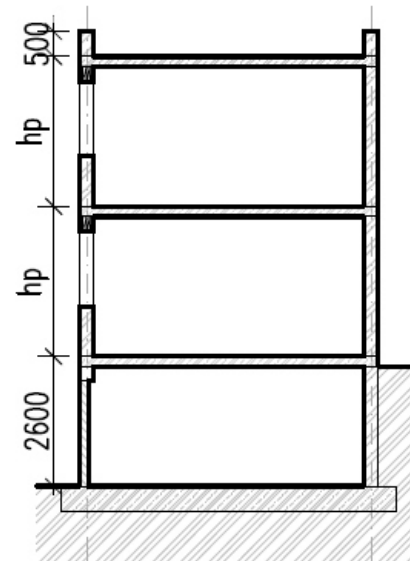
PŮDORYS 1.NP



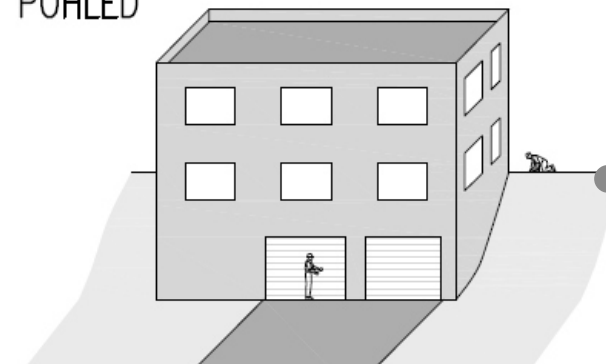
PŮDORYS 1.PP



ŘEZ AA'



POHLED



- Stropní kce
- Překlad
- Výkres skladby
- Pilíř
- Suterénní stěna
- Výplňové zdivo



Literatura

- <http://people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1/133BZKQ.htm>
- <http://people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1/FRVS2013.htm>
- ČSN EN 1996-1-1: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce, ČNI 2006
- Košatka, P.: Příklady navrhování zděných konstrukcí 1, nakladatelství ČVUT, 1.dotisk 2010
- Košatka, P., Lorenz, K., Vašková, J.: Zděné konstrukce 1, nakladatelství ČVUT, 2.dotisk 2010
- ČSN EN 1996-3: Navrhování zděných konstrukcí – Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí, ČNI 2007



Dokončené rodinné a bytové domy podle svislé nosné konstrukce

Rok	Nosná konstrukce rodinných domů				Nosná konstrukce bytových domů			
	zděná	betonová	dřevěná	smíšená	zděná	betonová	dřevěná	smíšená
2000	95,3	1,4	1,4	2,0	77,3	6,1	0,0	16,7
2005	93,5	1,7	3,0	1,9	79,9	3,6	2,1	14,4
2010	88,8	1,9	7,0	2,3	76,3	5,1	3,0	15,6
2015	83,6	2,4	13,4	0,6	72,1	14,7	2,6	10,7
2020	82,0	1,5	15,6	0,8	76,8	20,0	0,7	2,4
2021	83,0	1,7	14,6	0,7	69,2	22,5	0,7	7,6

Zdroj: Český statistický úřad





Základy navrhování

Program Eurokódů pro stavební konstrukce

- EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí
- EN 1994 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobeton. konstrukcí
- EN 1995 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí
- **EN 1996 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí**
- EN 1997 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí
- EN 1998 Eurokód 8: Navrhování kcí odolných proti zemětřesení
- EN 1999 Eurokód 9: Navrhování konstrukcí z hliníkových slitin



Eurokód 6 zahrnuje

- ČSN EN 1996-1-1: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce
- ČSN EN 1996-1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru.
- ČSN EN 1996-2: Navrhování zděných konstrukcí – Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva
- ČSN EN 1996-3: Navrhování zděných konstrukcí – Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí



Princip návrhu zděných konstrukcí

- Dílčí součinitele spolehlivosti γ_M podle Národní přílohy normy ČSN EN 1996-1-1

Zdicí prvky kategorie I na návrhovou maltu	2,0 (2,5/2,2)
Zdicí prvky kategorie I na předpisovou maltu	2,2 (2,7/2,5)
Zdivo vyzdžené ze zdicích prvků kategorie II	2,5 (3,0/2,7)
Kotvení výztuže	2,2
Betonářská a předpínací výztuž	1,15

- Hodnoty v závorce platí pro zdivo z porobet. prvků na lehkou maltu/maltu pro tenké spáry



Princip návrhu zděných konstrukcí

- Při ověřování spolehlivosti zděných konstrukcí v tlaku se obvykle vystačí s návrhem podle MSÚ.
- MSP u ohýbaných prvků kontrolujeme zpravidla jen pomocí mezních štíhlostí.





Stropní konstrukce

V prezentaci jsou pro ilustraci obecných principů použity obrázky z katalogů společností HELUZ a Wienerberger.

Detaily jiných výrobců se mohou lišit.

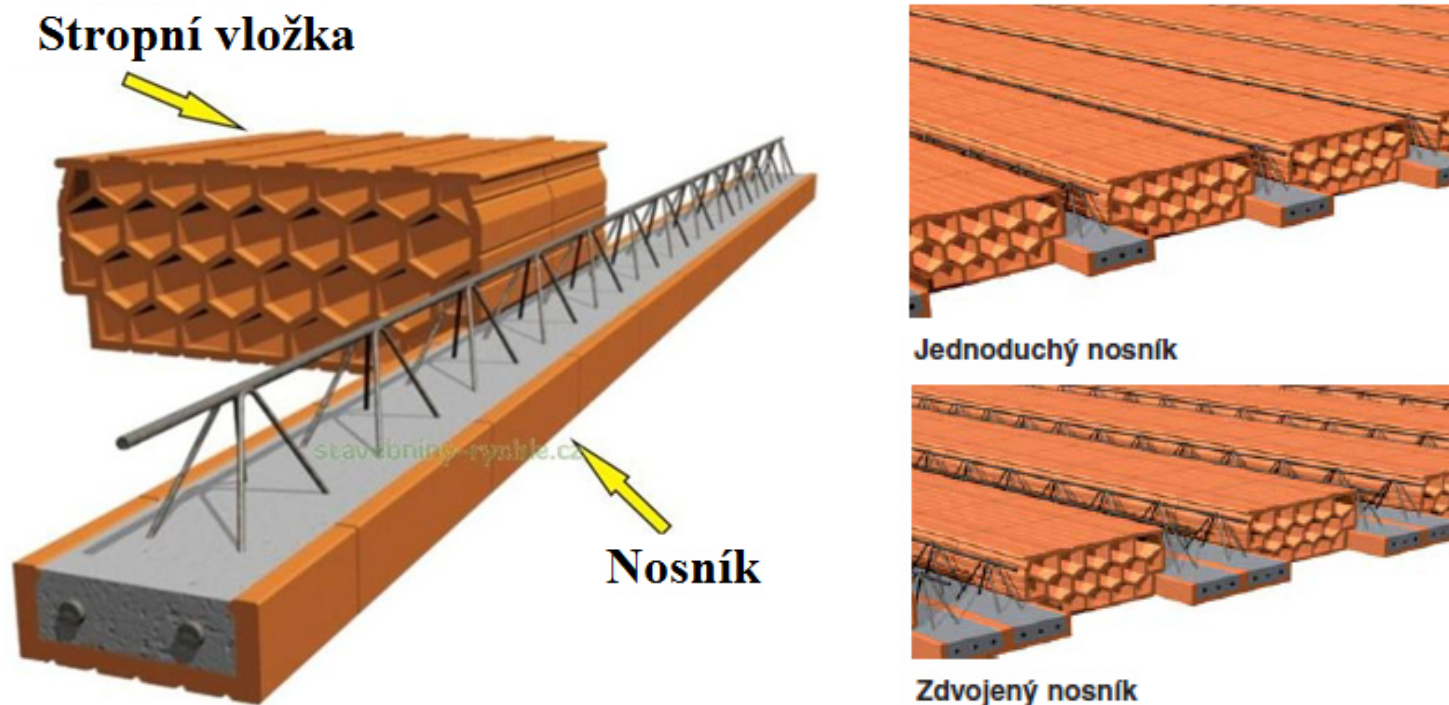
Vždy je nutno nastudovat podklady konkrétního výrobce!!!

Hlavní typy stropních konstrukcí zděných staveb

- Dřevěné trémové – typické u historických staveb
- Železobetonové – typické u rozsáhlejších staveb
- **Vložkové stropy** – lehké prvky, jednoduchá manipulace X pracnost => výhodné pro menší stavby. **Světly rozpon až 8 m.**
- Keramické panely – alternativa vložkových stropů; rychlá výstavba X náročnější manipulace



Vložkové stropy

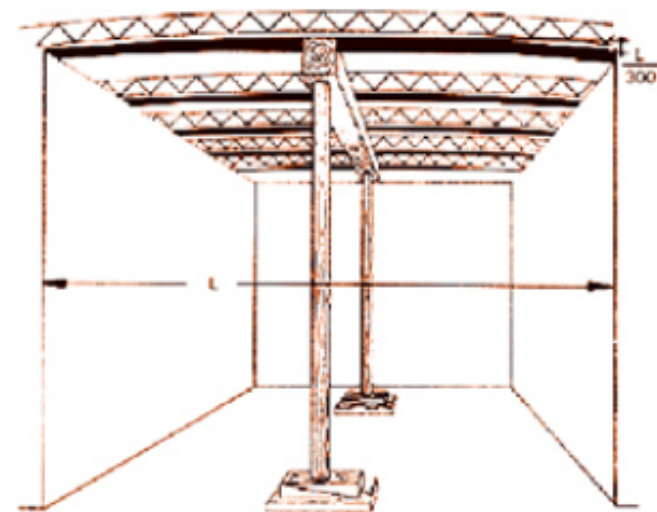


- Nosníky – čistý ŽB, popř. keramická forma. Prostorová výztuž. Zdvojené – na vyšší zatížení.
- Vložky – keramika, beton, porobeton



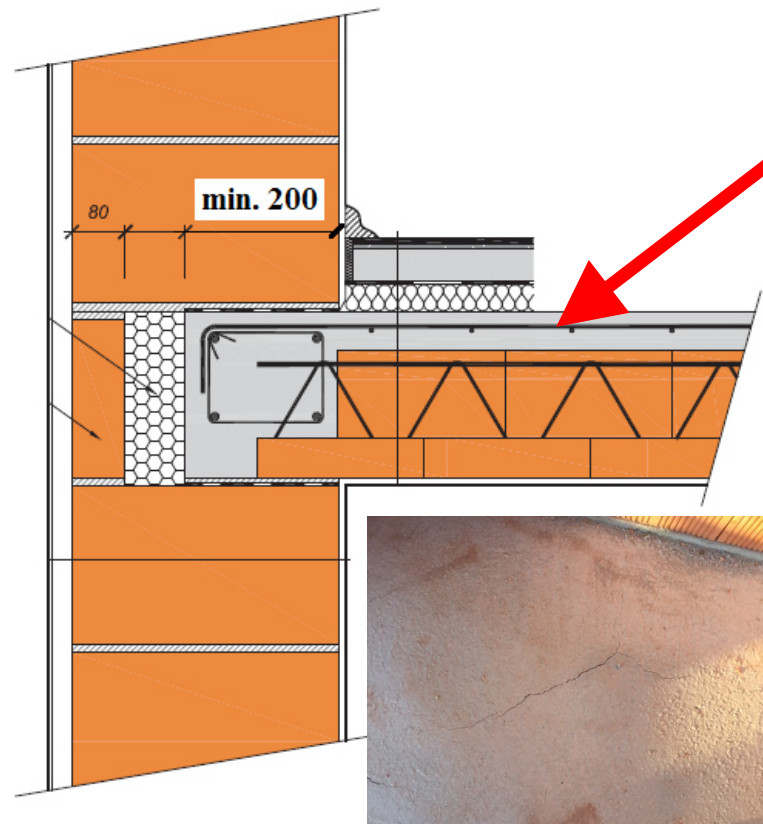
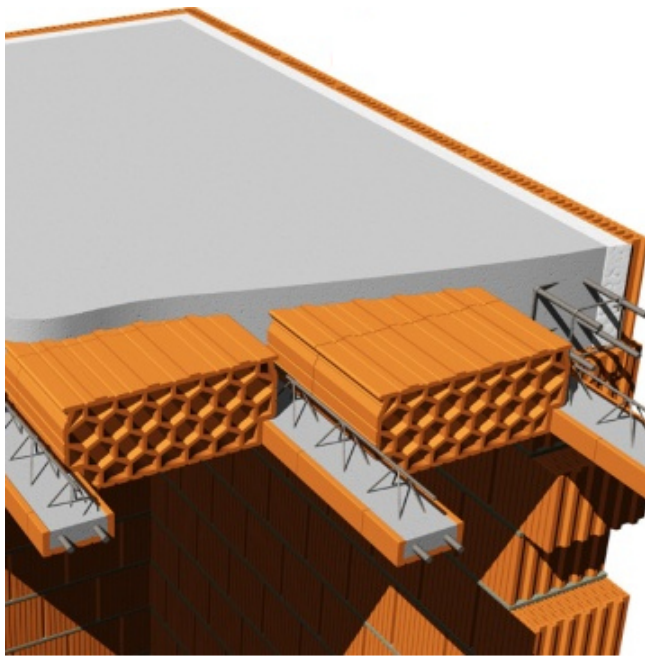
Vložkové stropy

- Uložení nosníků na stěnu – dodržet minimální délku uložení, způsob podepření, popř. i min. nadvýšení dané výrobcem!



Vložkové stropy

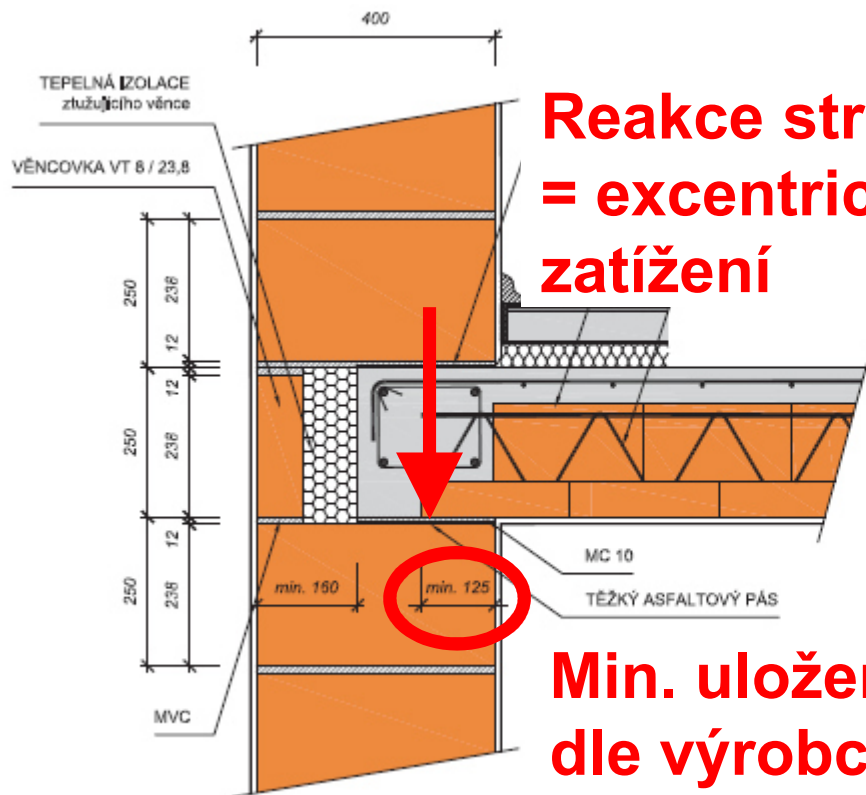
- Zmonolitnění konstrukce – dodržet min. výšku nabetonávky a třídu betonu danou výrobcem!
- Dodržet minimální rozměry ztužujícího věnce!



ČSN EN 15037-1:
Nabetonávka má být spojitě vyztužena sítí plně zakotvenou v podporách. Plocha min. 50 mm²/m, tj. např. KARI 4/200-4/200

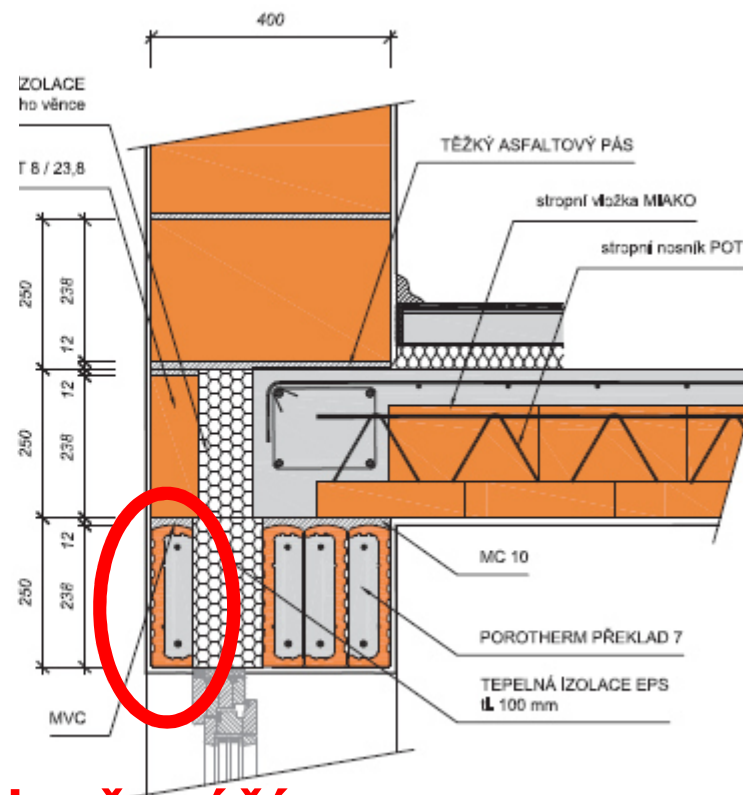


Vložkové stropy – detaily uložení



Reakce stropu = excentrické zatížení

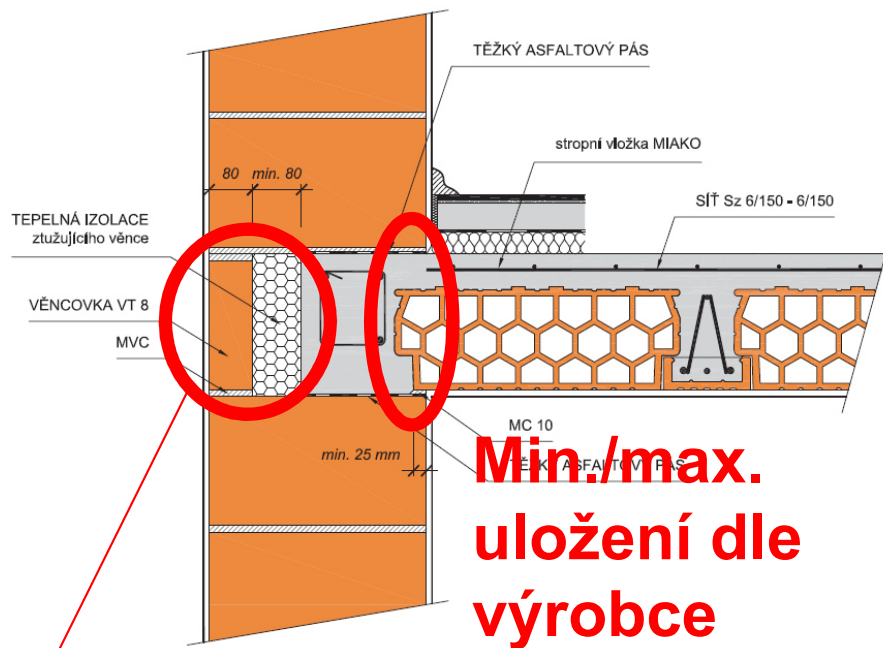
Min. uložení dle výrobce



Nepřenáší reakci od stropní kce



Vložkové stropy – detaily uložení

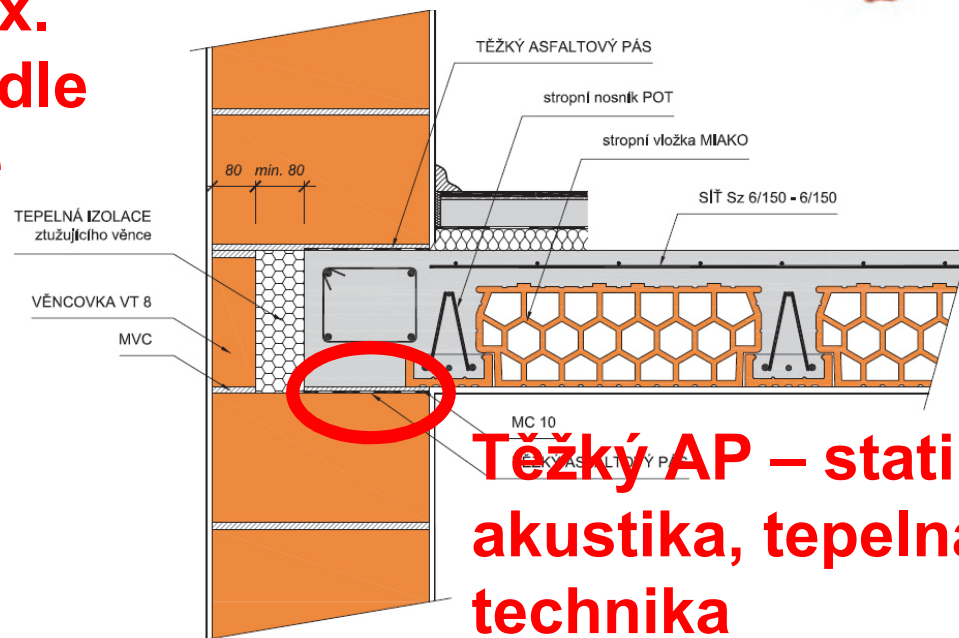
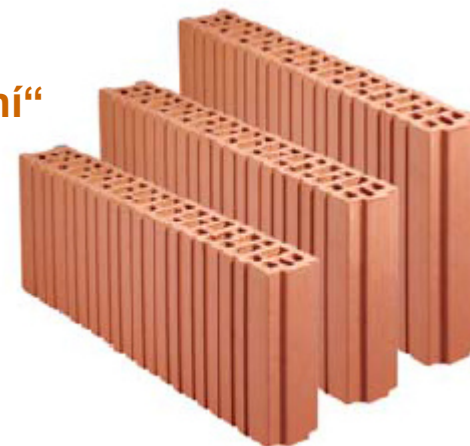


**Min./max.
uložení dle
výrobce**

**Bez věncovky
přesah zdiva
max. 1/6t**

Věncovky

- „Ztracené bednění“
- Eliminace tepelných mostů
- Podklad pro omítku

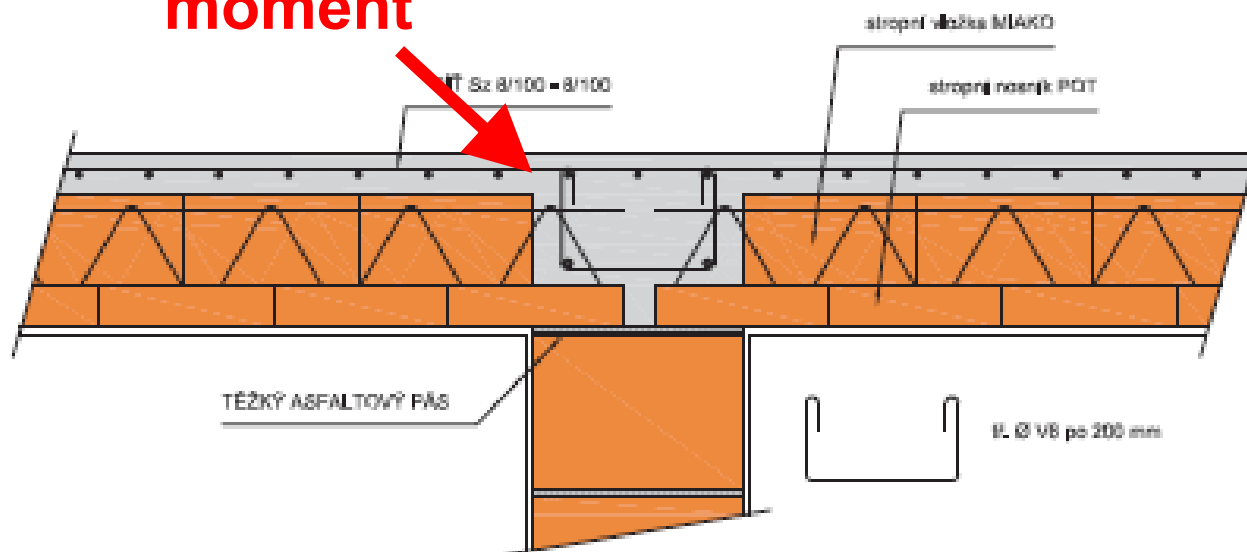


**Těžký AP – statika,
akustika, tepelná
technika**

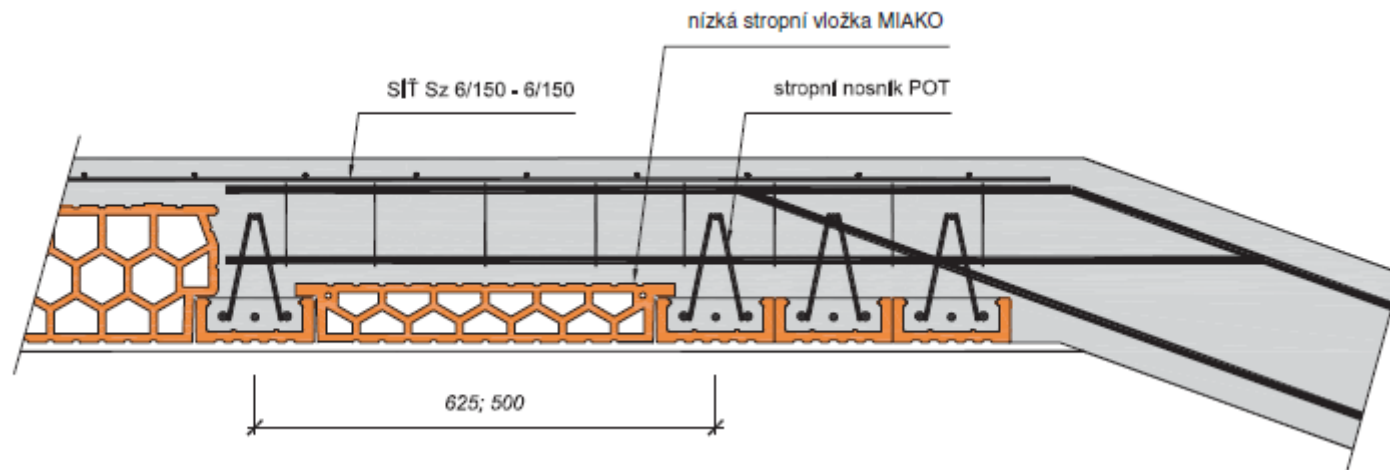


Vložkové stropy – vnitřní podpora

**Výztuž na
záporný
moment**

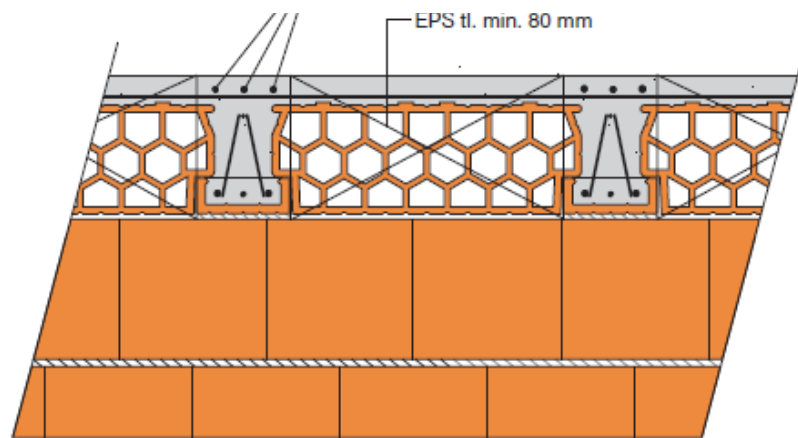
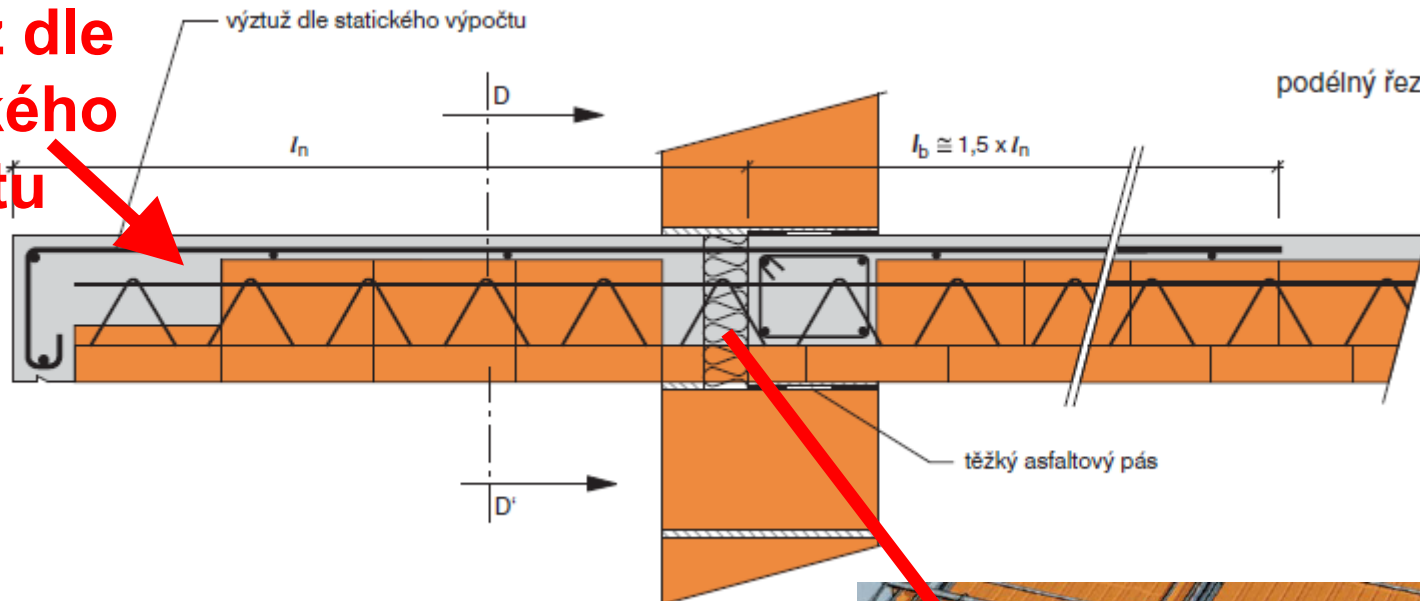


Vložkové stropy – podepření schodiště, konzola

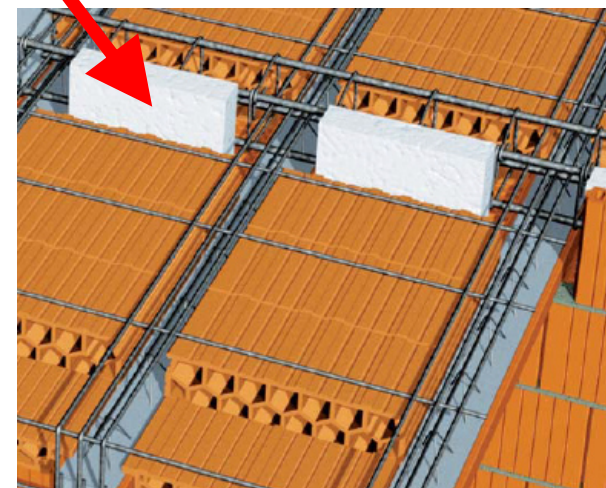


Vložkové stropy – balkonová konzola

Výztuž dle statického výpočtu

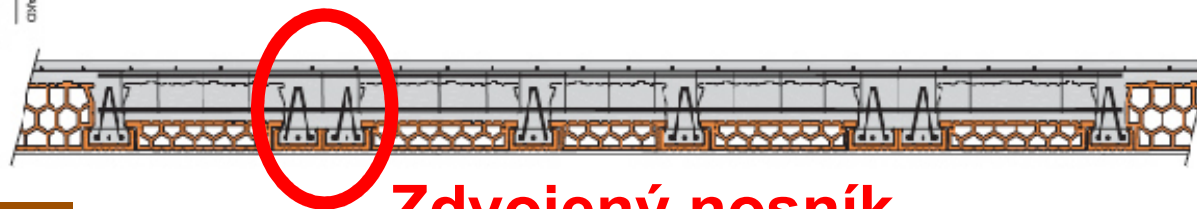
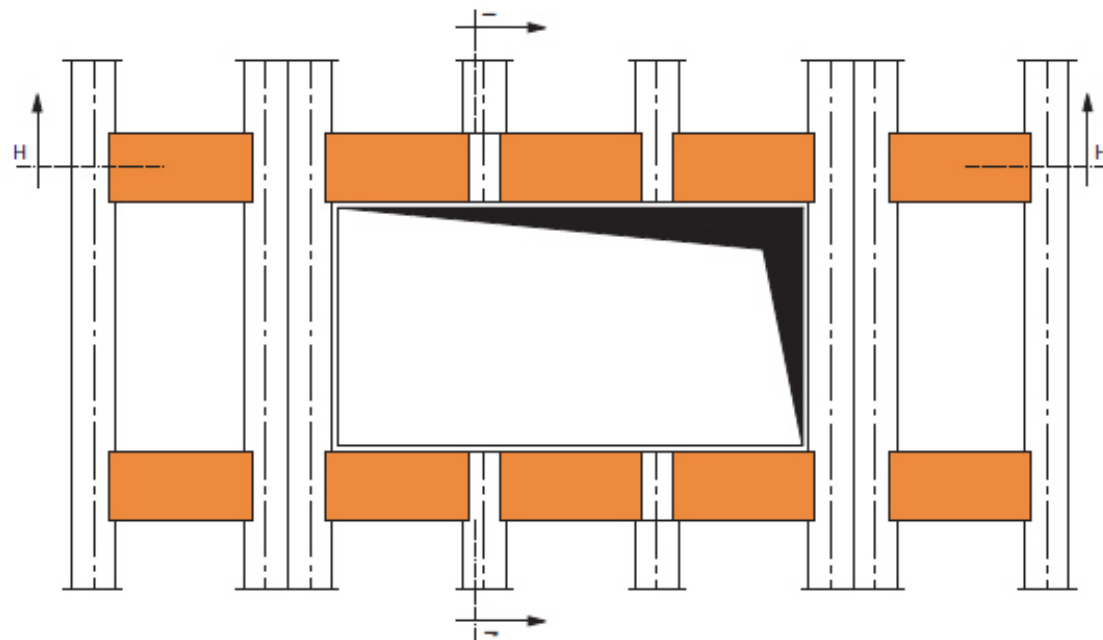
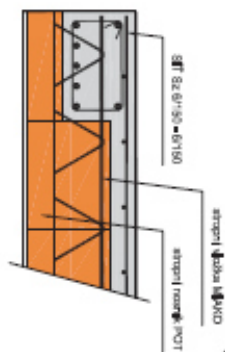
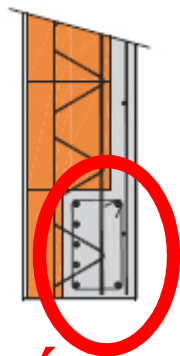


příčný řez D - D'



Vložkové stropy – prostupy

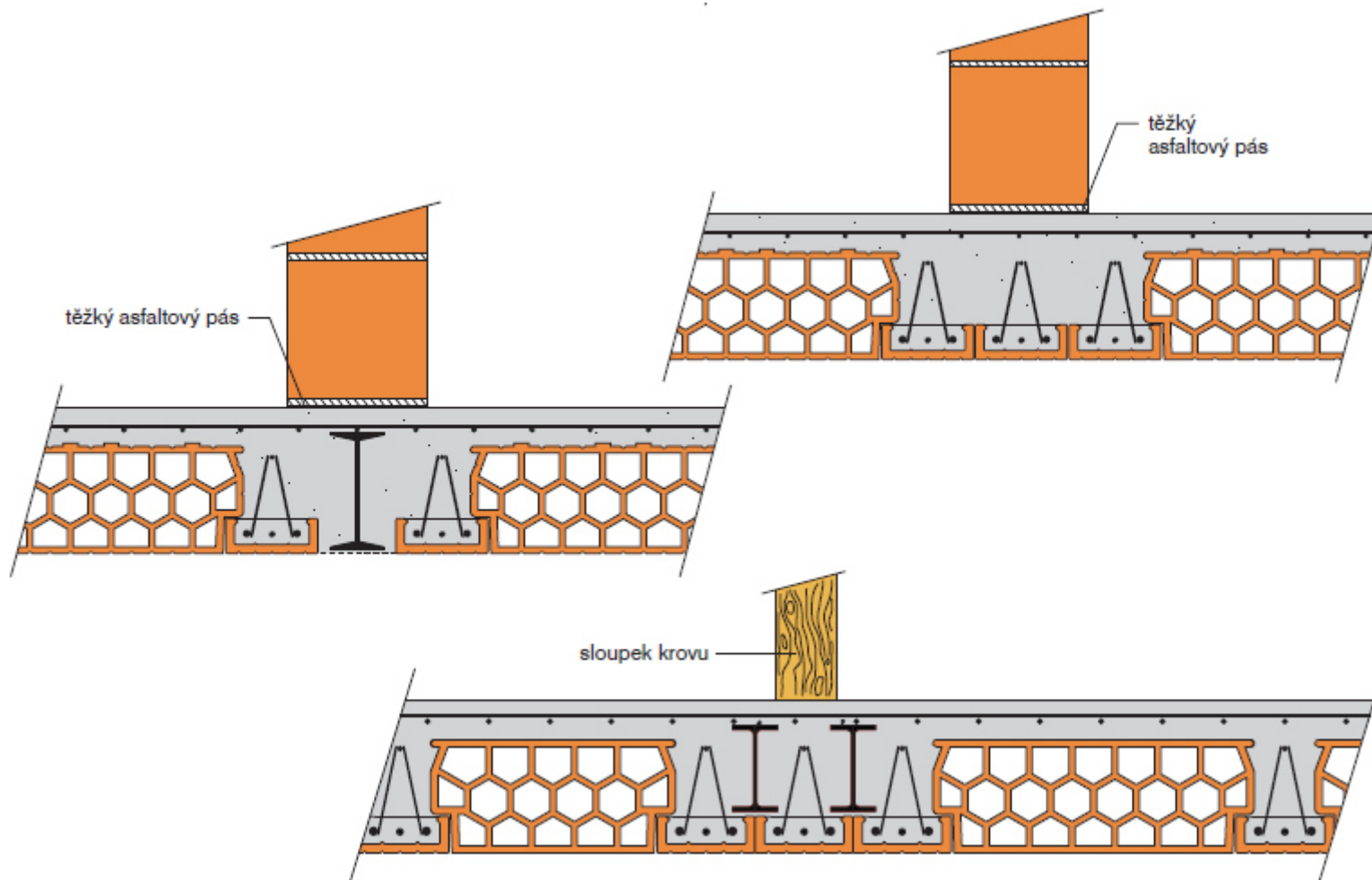
Trámová výměna



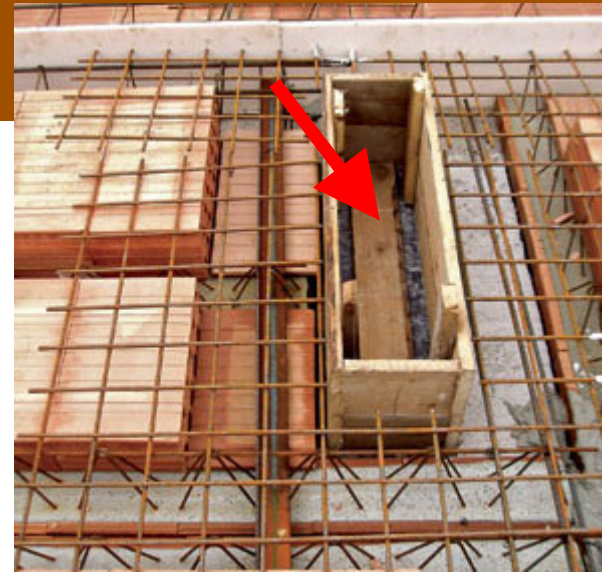
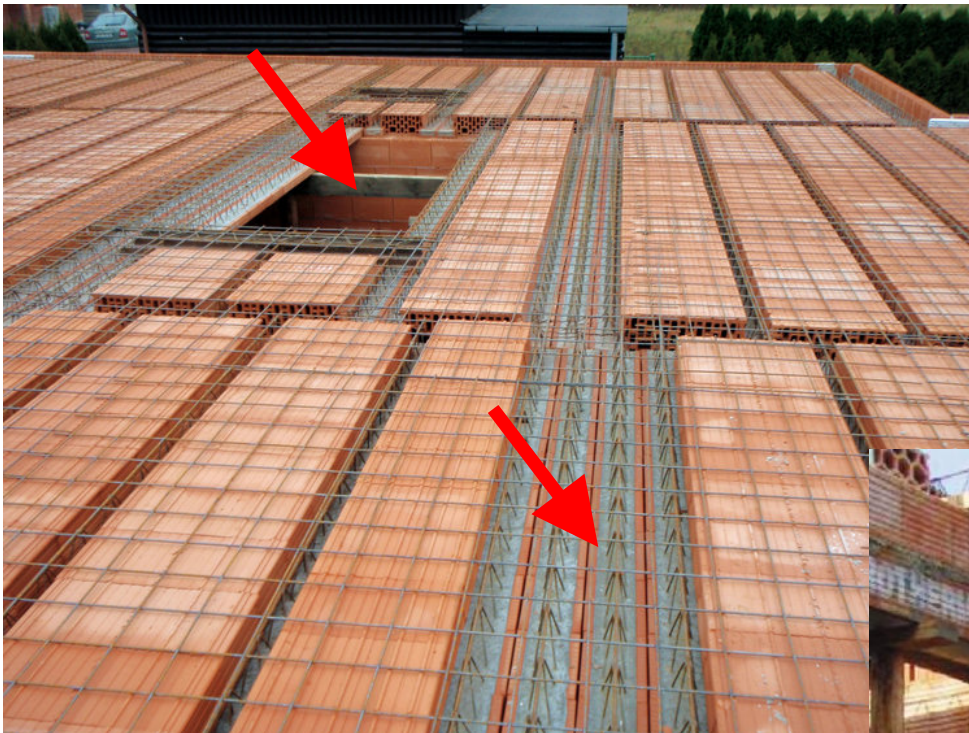
Zdvojený nosník

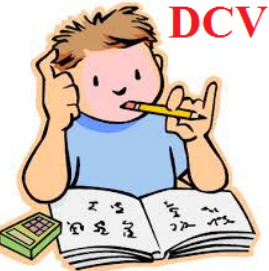


Vložkové stropy – těžké příčky, opření krovu



Vložkové stropy





Vložkové stropy – návrh

- Typické konstrukce při dodržení pokynů výrobce – tabulky

Únosnost stropu pro osovou vzdálenost nosníků **500 mm** a beton C 20/25, C 25/30

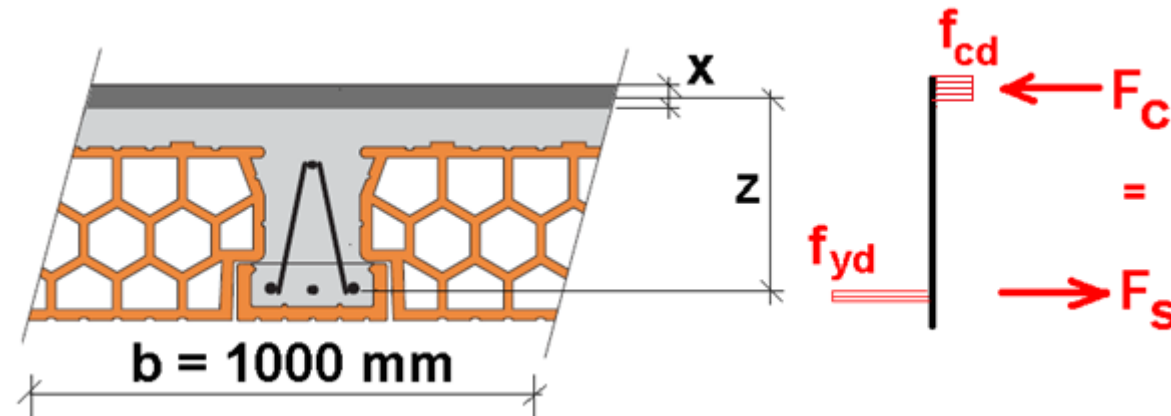
Délka nosníku [mm]	Světlé rozpětí [mm]	Výztuž trámečku průměr	MIAKO 15/50 PTH, h=210				MIAKO 19/50 PTH, h=250				MIAKO 23/50 PTH, h=290			
			beton C 20/25		beton C 25/30		beton C 20/25		beton C 25/30		beton C 20/25		beton C 25/30	
			g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k	g_{rd}	g_k
1750	1500	2 ∅ 8	19,71	19,71	21,52	21,52	22,28	22,28	24,32	24,32	23,74	23,74	25,93	25,93
2000	1750	2 ∅ 8	16,59	16,59	18,15	18,15	18,77	18,77	20,53	20,53	19,96	19,96	21,85	21,85
2250	2000	2 ∅ 8	14,20	14,20	15,59	15,59	16,09	16,09	17,64	17,64	17,08	17,08	18,75	18,75
2500	2250	2 ∅ 8	12,32	12,32	13,56	13,56	13,97	13,97	15,36	15,36	14,08	14,08	16,30	16,30
2750	2500	2 ∅ 8	10,79	10,79	11,91	11,91	12,25	12,25	13,51	13,51	12,95	12,95	14,31	14,31
3000	2750	2 ∅ 10	11,58	11,58	12,76	12,76	13,17	13,17	14,50	14,50	13,95	13,95	15,38	15,38
3250	3000	2 ∅ 10	10,36	10,36	11,45	11,45	11,80	11,80	13,02	13,02	12,47	12,47	13,79	13,79

- Odhad tloušťky z empirie – $(1/25 - 1/20)L$



Vložkové stropy – návrh

- Speciální detaily, odchylky od pokynů výrobce – **podrobná analýza** – jako plná ŽB deska (viz NNK). Vložkový strop působí jako žebrový ŽB strop.

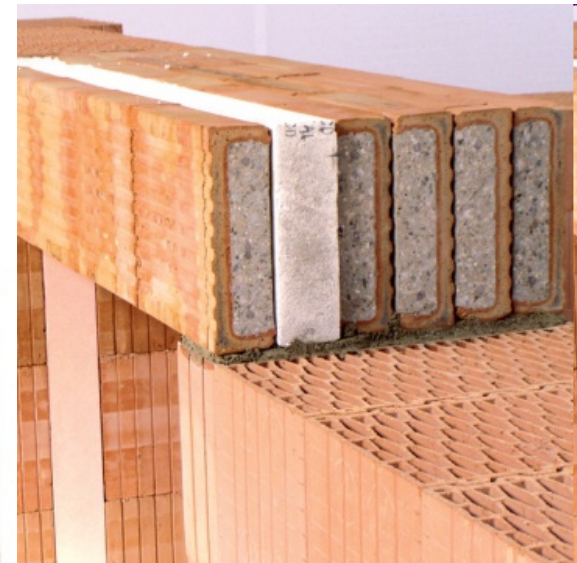




Překlady

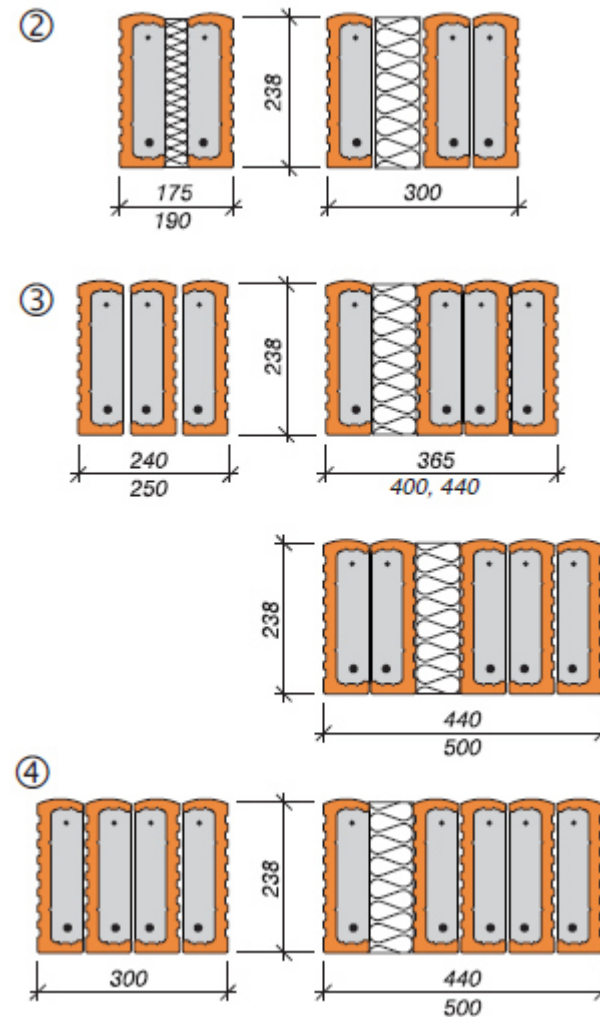
Překlady

- Prvky sloužící k překlenutí otvorů ve stěnách
- Prefabrikáty (keramické, ŽB, vyztužený porobeton) nebo monolitické (větší rozpory a zatížení)



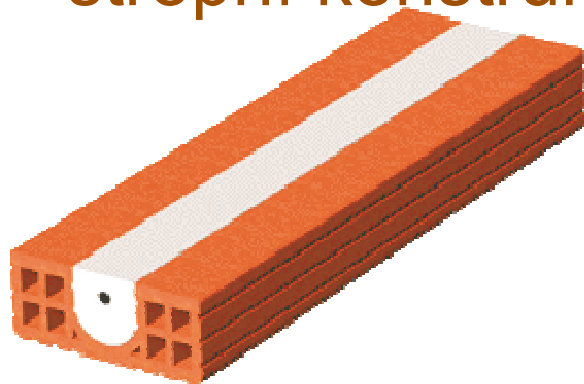
Klasické prefa překlady (keramické, ŽB, PoroB)

- Zabudovávají se ve skupinách podle tloušťky zdiva.
- *Překlady obecně:* Dodržet minimální uložení na stěnu, ukládat vždy do maltového lože tl. min. 10 mm

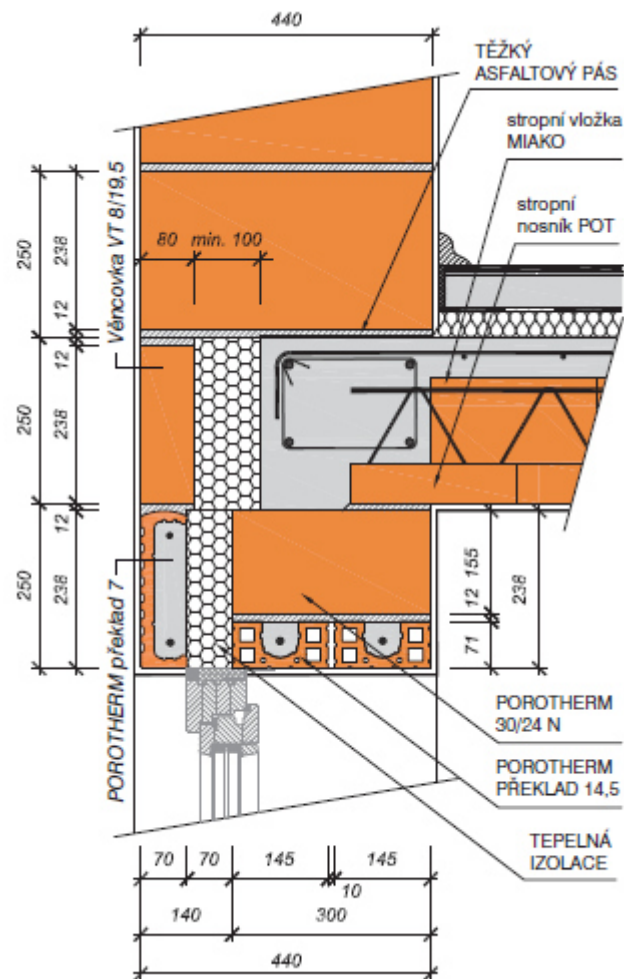
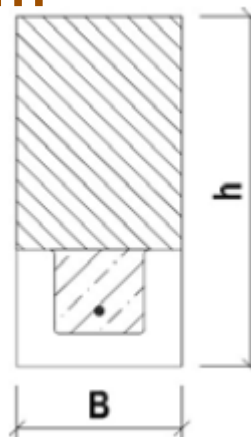


Ploché překlady

- Nejsou nosné samy o sobě
- Nutno spřáhnout s tlakovou zónou (nadbetonávka, nadezdívka)
- Za účinnou tlakovou zónu nelze považovat zdivo nad stropní konstrukcí!!!

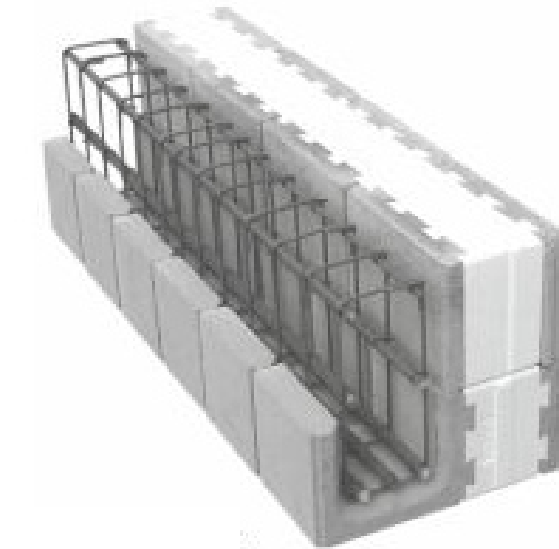
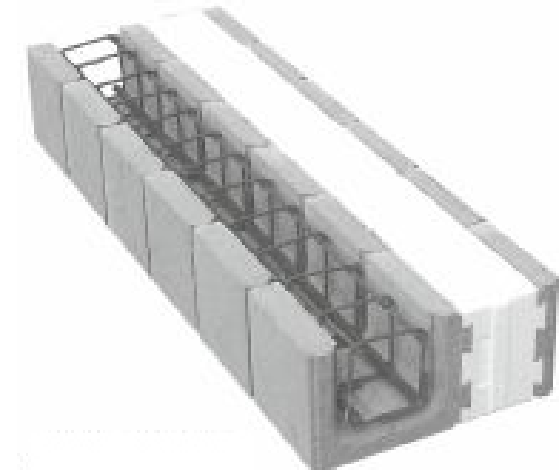


people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1



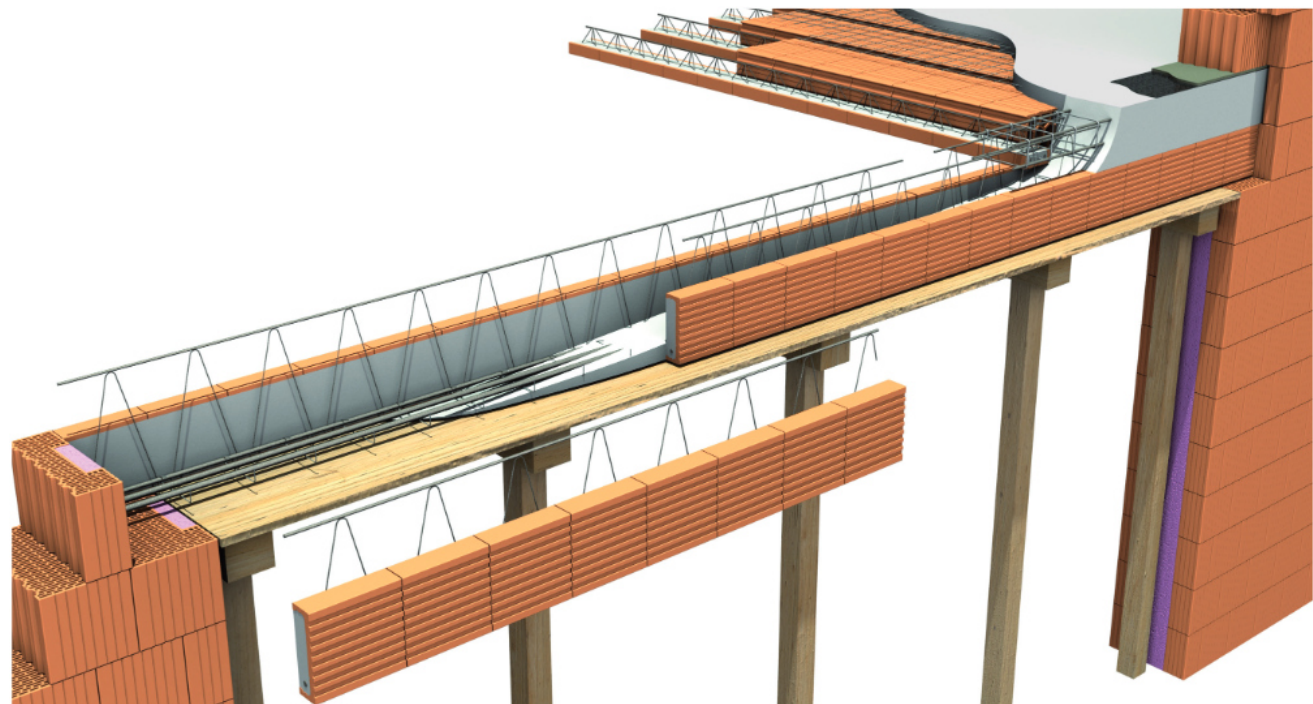
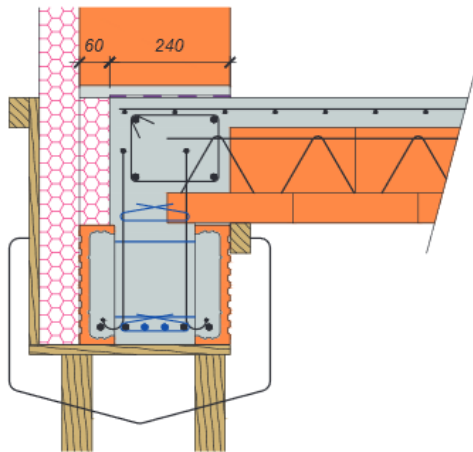
Skládané překlady

- Nejsou nosné samy o sobě
- „Ztracené bednění“ –
vyváže se výztuž, kce se
zmonolitní
- Lze dosáhnout velmi
vysoké únosnosti



Skládané keramické překlady

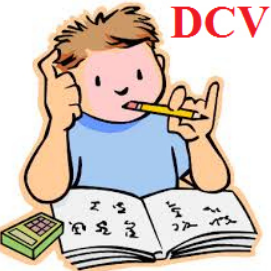
- Nejsou nosné samy o sobě
- „Ztracené bednění“ –
vyváže se výztuž, kce se
zmonolitní



Roletové překlady

- Jsou nosné samy o sobě
- Zabudování roletových/žaluziových prvků přímo do konstrukce
- Zabudovaný tepelně izolační prvek





Návrh překladů

- Tabulky výrobců

Délka mm	Uložení mm	Světlost mm	Q_u kN	M_u kNm	Zatížení - kombinace překladů			
					q_d ①	q_d ②	q_d ③	q_d ④
1000	125	750	14,7	1,62	16,7	33,5	50,3	67,0
1250		1000	14,5	3,06	19,2	38,4	57,6	76,8
1500		1250	14,5	3,06	12,7	25,4	38,1	50,8
1750		1500	14,4	4,84	14,4	28,8	43,2	57,6
2000	200	1600	14,3	4,84	12,7	25,5	38,2	50,9
2250		1850	14,2	5,81	11,6	23,2	34,9	46,5
2500	250	2000	14,2	5,81	10,0	20,0	30,0	40,0
2750		2250	14,2	7,83	10,1	20,3	30,4	40,6
3000		2500	14,2	7,83	7,6	15,2	22,9	30,5
3250		2750	14,2	7,83	5,7	11,4	17,1	22,8
3500		3000	14,2	7,83	4,3	8,7	13,0	17,3

- DCV: Skica řezu a pohledu na okenní nadpraží
- Pozor, které překlady skutečně přenášejí reakci od stropu!

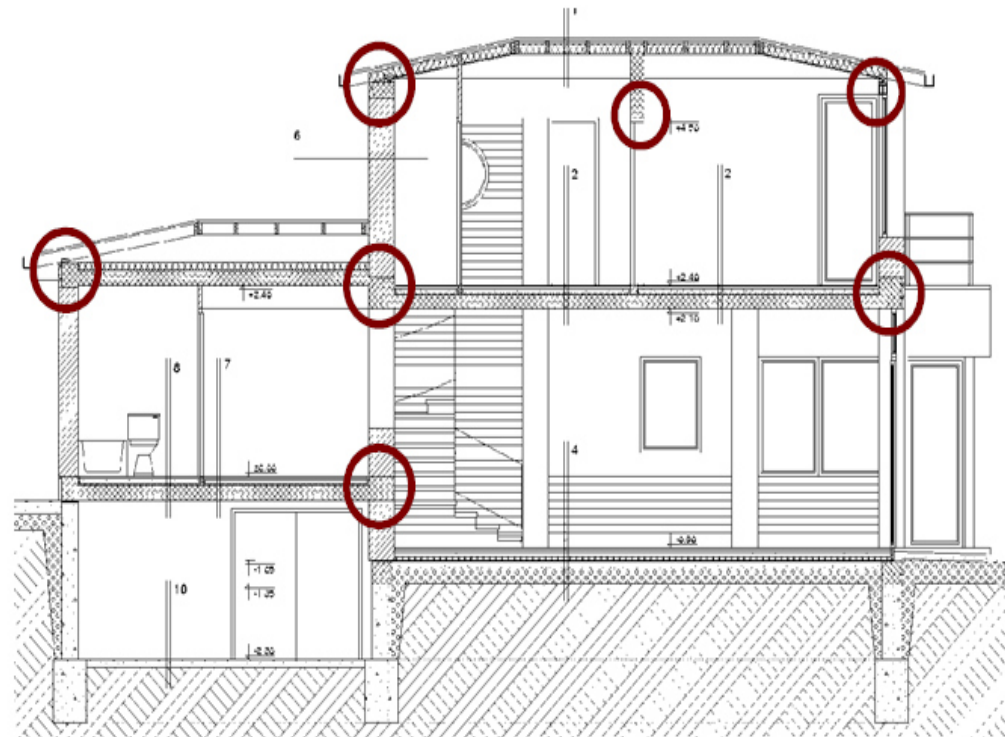




Ztužující věnce

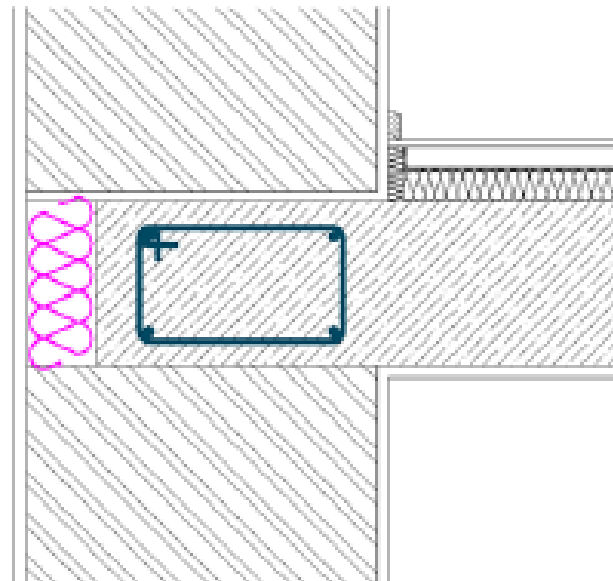
Ztužující věnce – funkce

- Ztužení budovy ve vodorovném směru (propojení stropní kce s nosnými zdmi)
- Roznášení osamělých břemen (nosníky, krov, pilíře)
- Zachycení tahových sil (nerovnoměrné sedání aj.)
- Zmonolitnění prvkové stropní konstrukce

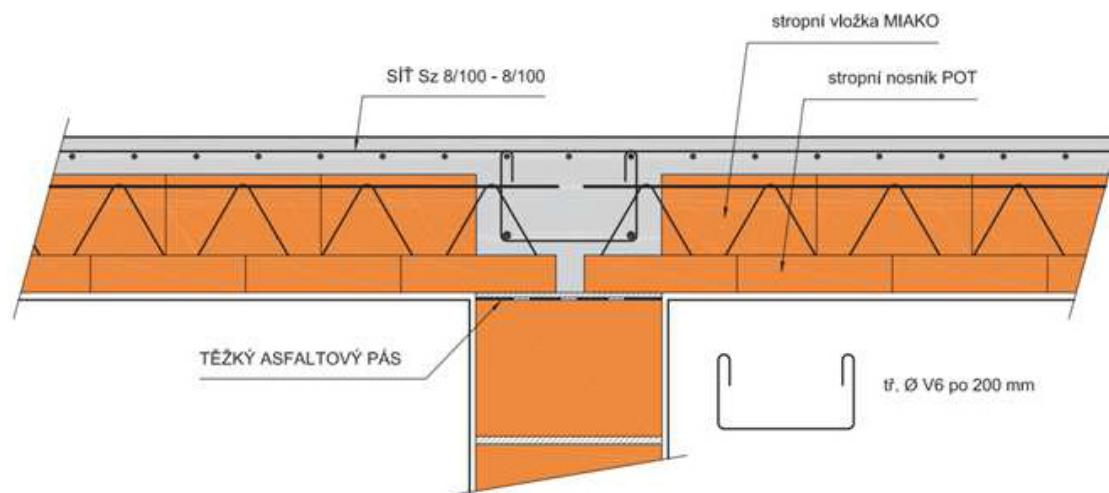
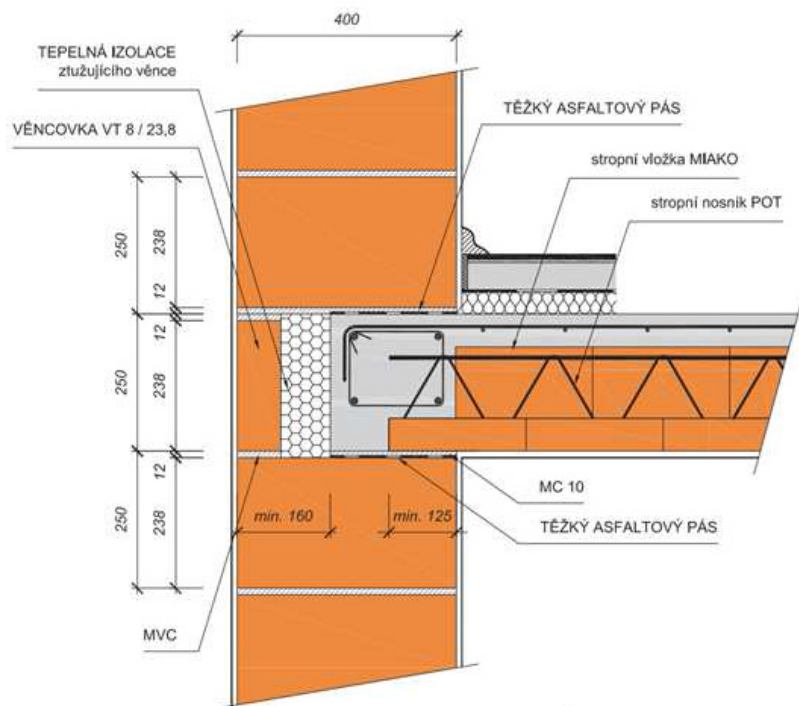


Ztužující věnce – konstrukční zásady

- Na všech nosných a ztužujících stěnách v úrovni stropní kce
- U šikmých střech pod pozednicí
- Výztuž min. 4x Ø10 + třmínky
- Účinný rozměr min. 150 (lépe 200) x 200 mm
- Izolovat – tepelný most



Ztužující věnce u keramických stropů



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec + sednutí základu



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec + podkopání základu



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec + blesková povodeň



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Chybějící věnec +
vodorovná síla od krovu



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Zásah do základů při rekonstrukci



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Neaktivovaná ocelová táhla + obkopání základu kvůli hydroizolaci + déšť



Bez věnce to raději nezkoušejte!

- Věnc pod pozednicí nesvázaný s příčnou stěnou





Výkresy skladby

Co je výkres skladby?

- Zobrazuje stropní konstrukci a svislé nosné konstrukce
- Jde o **pohled shora na vyskládanou stropní konstrukci**
- V každém směru alespoň jeden **sklopený řez** (obecně tolik, aby byly zobrazeny všechny potřebné detaily)
- Obvykle na části půdorysu **detailně rozkreslena skladba** jednotlivých prvků, na zbytku stačí definovat polohu os nosníků

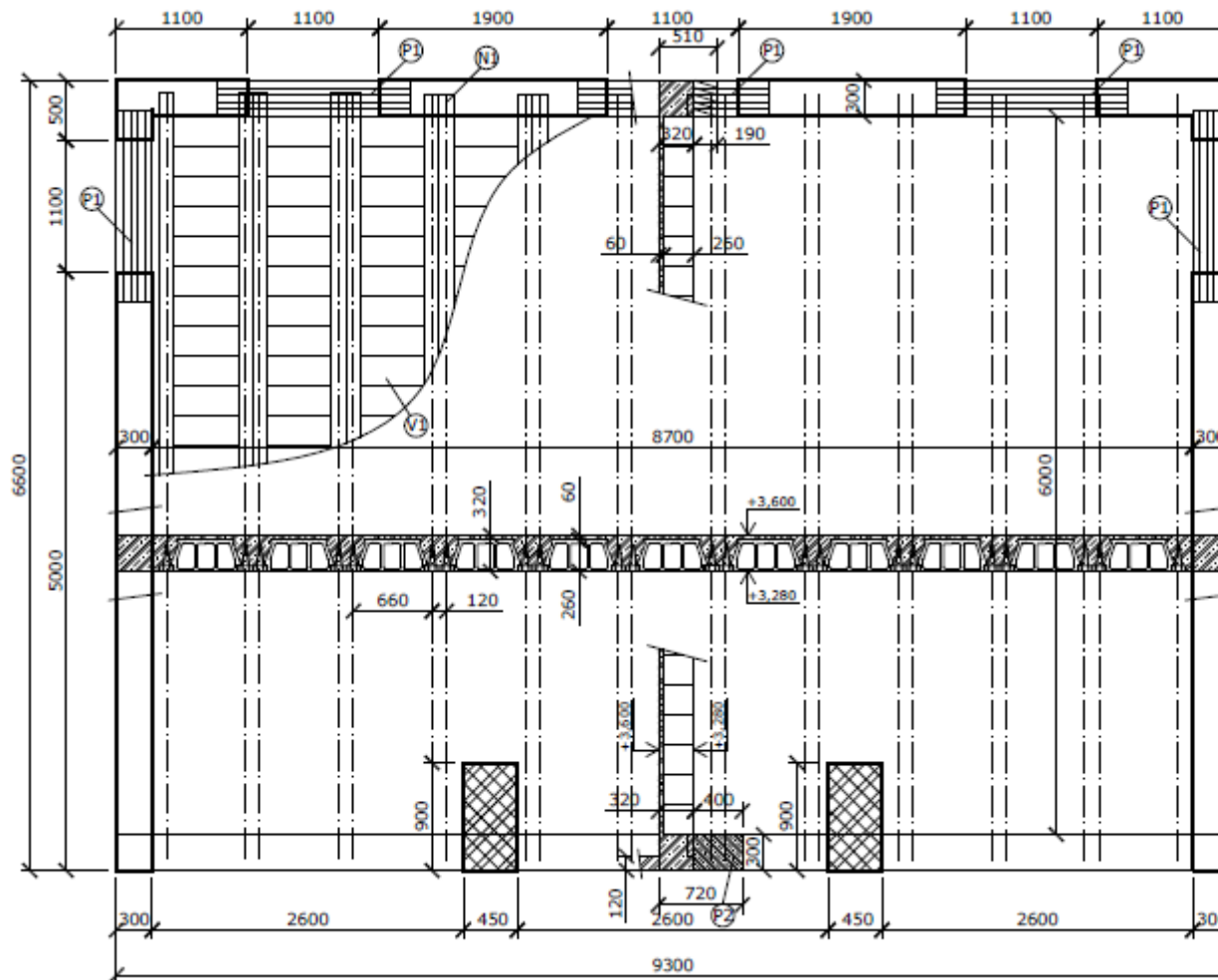


Zásady výkresu skladby









- Čáry:
 - Pohled na prvky stropní konstrukce tence plně
 - Nosné svislé konstrukce tlustě plně
 - Sklopené řezy tence plně
 - Osy nosníků tence čerchovaně
- Popis překladů, vložek a nosníků – přímo k prvku nebo označení v bublině + legenda
- Legenda materiálů: Zdivo = zdící prvky + malta
- Co je vidět zvenku, kótovat zvenku



Vzor výkresu skladby



LEGENDA

-  BETON TŘÍDY C20/25
-  ZDIVO Z CIHEL BS KLATOVY CV-B P15 (290/140/65) NA MC10
-  ZDIVO Z CIHEL BS KLATOVY TN30 AKU P10 (400/300/190) NA MCS
-  ZDIVO Z CIHEL BS KLATOVY TP 12-B P3 (500/120/190) NA MCS
-  P1 PŘEKLAD PŘ-60/190/1600, L=1600 mm, ULOŽENÍ 250 mm (25 ks)
-  P2 PŘEKLAD MONOLITICKÝ 300/400, L=9300 mm
-  N NOSNÍK ST-S22=640/1400, L=6400 mm, ULOŽENÍ 200 mm (24 ks)
-  V1 STROPNÍ VLOŽKA SV-M26 (264 ks)

POZNÁMKY

- V SOULADU S ČSN EN 15037-1 BUDE V CELÉ PLOŠE DO NADBETONÁVKY PŘI HORNÍM LÍCI VLOŽENA VÝZTUŽNÁ KARI SÍŤ Ø4 à 150 mm / Ø4 à 150 mm
- MUSÍ BÝT DODRŽENA MINIMÁLNÍ HODNOTA KRYCÍ VRSTVY VÝZTUŽE STANOVENÁ PODLE ČSN EN 1992-1-1
- PŘI PROVÁDĚNÍ MUSÍ BÝT DODRŽENY POKYNY PRO MONTÁŽNÍ PODEPŘENÍ A MINIMÁLNÍ NADVÝŠENÍ NOSNÍKŮ PODLE POKYŇŮ VÝROBCE
- NEJLÍNĚJŠÍ SOUČÁSTI TOHOTO VÝKRESU JSOU VÝKRESY DETAILŮ A STATICKÝ VÝPOČET

VÝKRES SLOUŽÍ POUZE JAKO FORMÁLNÍ VZOR ZPRACOVÁNÍ VÝKRESU SKLADBY PRO STUDENTY

VÝKRESY STUDENTŮ BUDOU OBSAHOVAT VŠE, CO TENTO VZOR (VČETNĚ POZNÁMEK), JINAK NEBUDOU SCHVÁLENY!!!





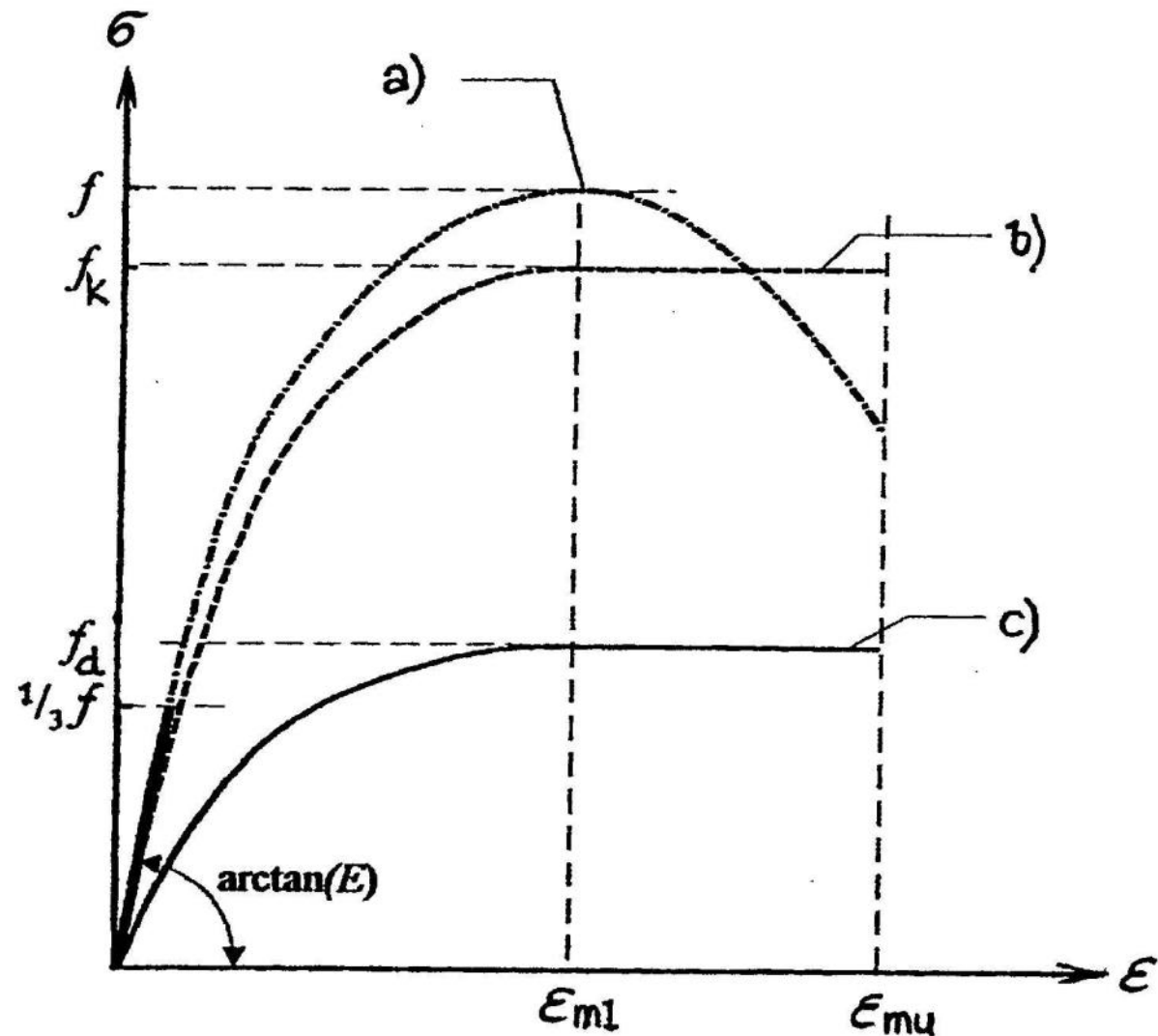
Zdivo: Materiály, vlastnosti

Pracovní diagram zdiva pro namáhání v tlaku

a) obecný

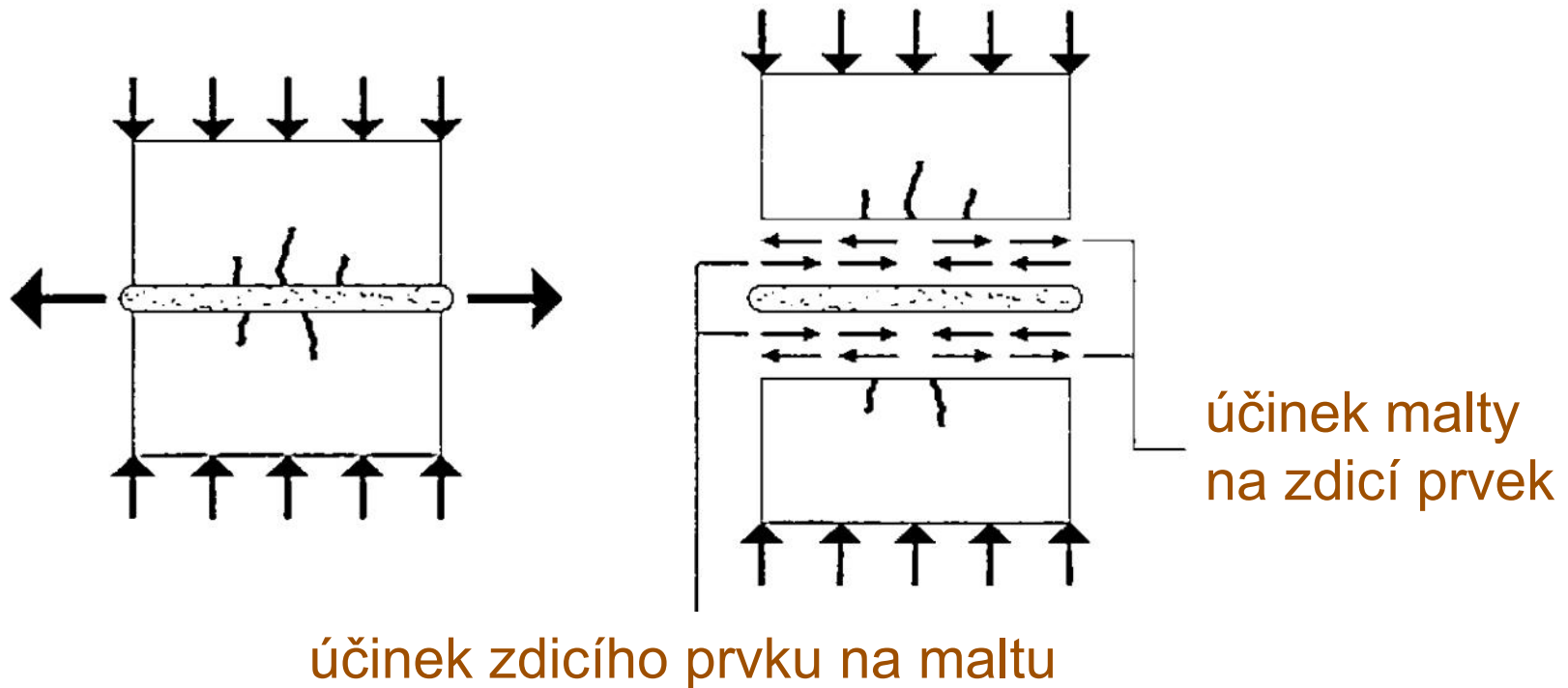
b) idealizovaný

c) návrhový



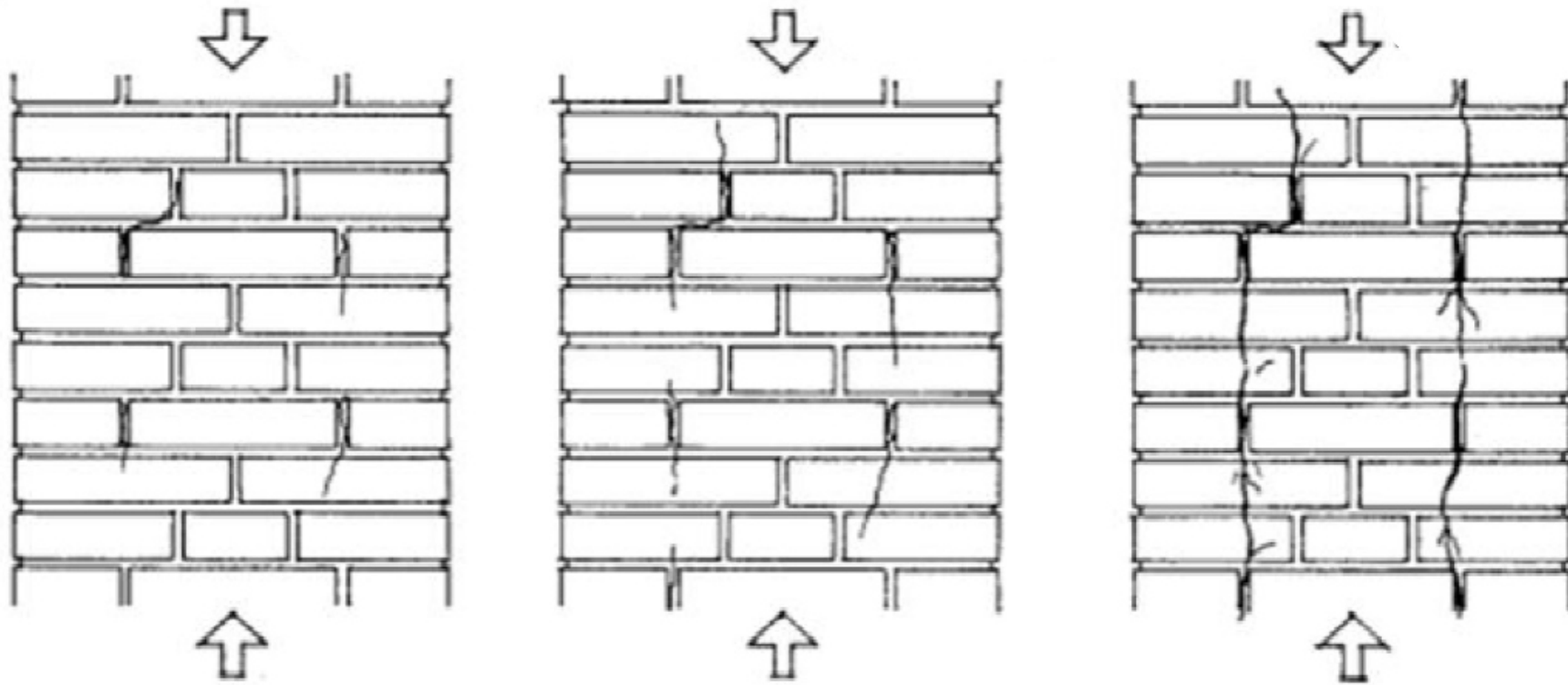
ZDIVO = ZDICÍ PRVKY + MALTA

- Chování zdicích prvků a malty v tlačené stěně (pilíři)



ZDIVO = ZDICÍ PRVKY + MALTA

- Způsob porušení tlačené stěny (pilíře)



Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

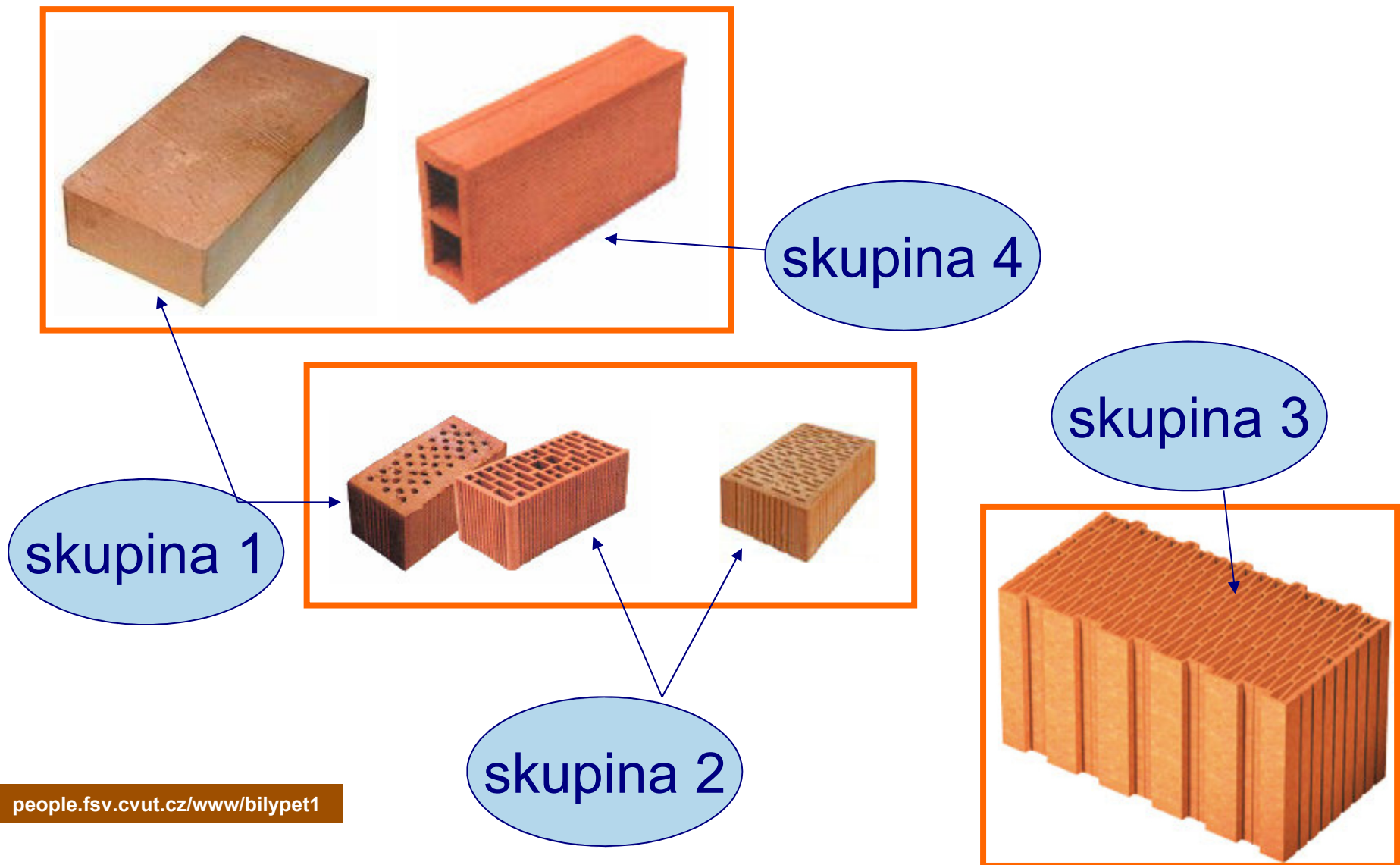


ZDIVO = ZDICÍ PRVKY + MALTA

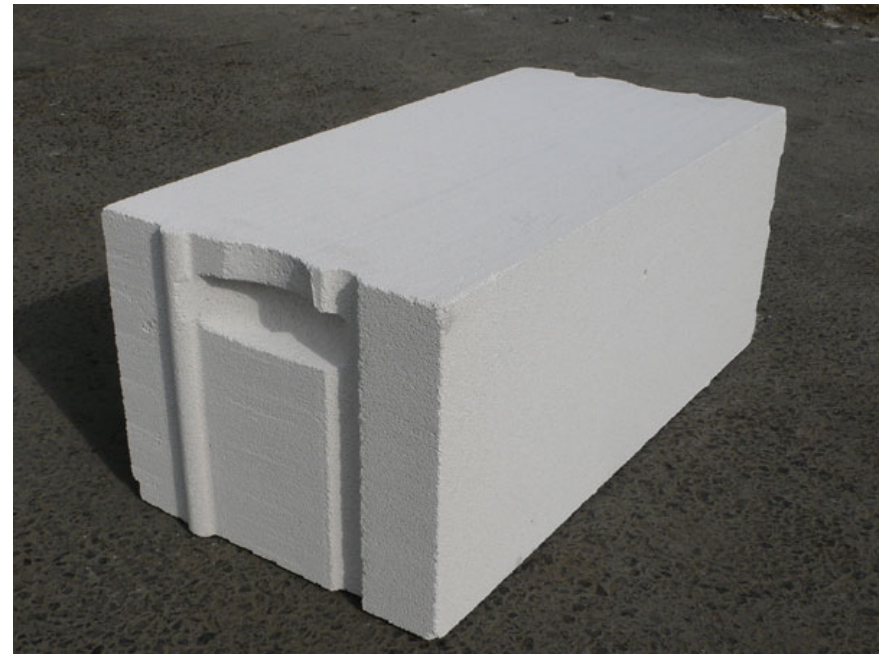
- **ZDICÍ PRVKY** ČSN EN 771-X Specifikace zdicích prvků
ČSN EN 772-X Zkuš. metody pro zd. prvky
- **Kategorie zdicích prvků**
 - Kategorie I: pravděpodobnost, že se nedosáhne deklarované pevnosti je menší než 5%
 - Kategorie II: zdicí prvky nespĺňující kategorii I
- **Skupiny zdicích prvků** (zaříd'uje výrobce)
 - Skupina 1: plné a svislé díry nebo dutiny do 25% objemu
 - Skupina 2: svislé díry nebo dutiny 25 až 55% objemu
 - Skupina 3: svislé díry nebo dutiny 25 až 70% objemu
 - Skupina 4: vodorovné díry nebo dutiny 25 až 70% obj



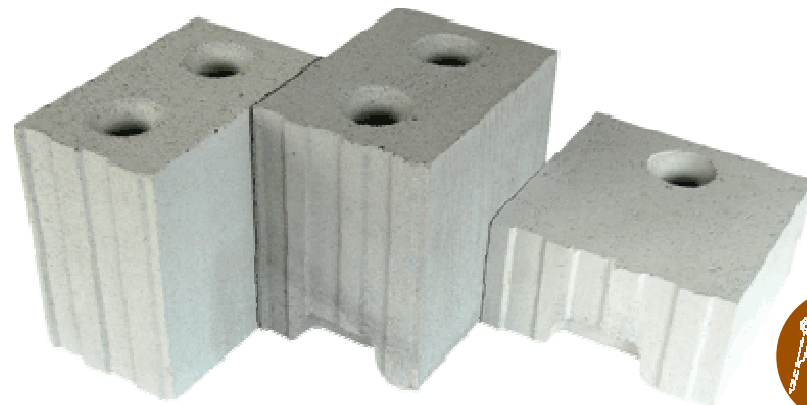
Skupiny pálených zdících prvků



Další materiály zděicích prvků



- Beton
- Porobeton
- Vápenopískové cihly



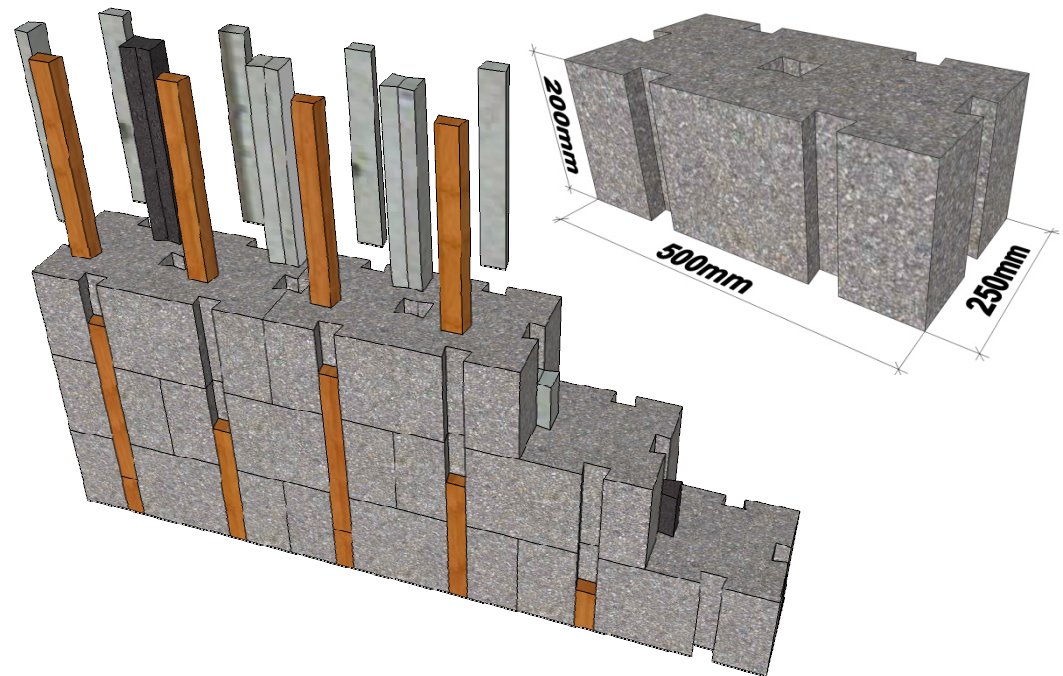
Další materiály zdících prvků



- Opracovaný přírodní kámen
- Umělý kámen



Další materiály zdících prvků



- Suché zdění – systém STAVSI
- Tvárnice z liaporbetonu
- Spojování svislými lištami (beton, dřevo, guma)



Normalizovaná průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku

- **ČSN EN 772-1:** Zkušební metody pro zdící prvky –
- Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku, příloha A

$$f_b = \eta \delta f_u \text{ [MPa]}$$

$\eta = 1$	kondicionování na vzduchu nebo kondicionování pro dosažení 6% vlhkosti
$\eta = 0,8$	kondicionování pro dosažení vysušeného stavu
$\eta = 1,2$	kondicionování pod vodou
δ	vliv rozměrů zdícího prvku
f_u	<u>průměrná</u> pevnost zdícího prvku v tlaku [MPa]



Normalizovaná průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku

- Tabulka A.1 – Součinitel tvaru δ vyjadřující vliv rozměrů zdícího prvku

Šířka [mm] Výška [mm]	50	100	150	200	250 a větší
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
250 a větší	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15



Malty

- **ČSN EN 998-2:** Specifikace malt pro zdivo – Část 2: Malta pro zdění
- Pevnost malty v tlaku f_m se stanoví podle ČSN EN 1015-11
- Druhy malt

- obyčejné – tloušťka ložné spáry 10 nebo 12 mm

- pro tenké spáry – ložná spára 0,5 až 3mm

- lehké (s pórovitým kamenivem) – ložná spára (5), 10 nebo 12 mm

lepidlo

celoplošné lepidlo

~~PU pěna~~

řada

[[á^Á

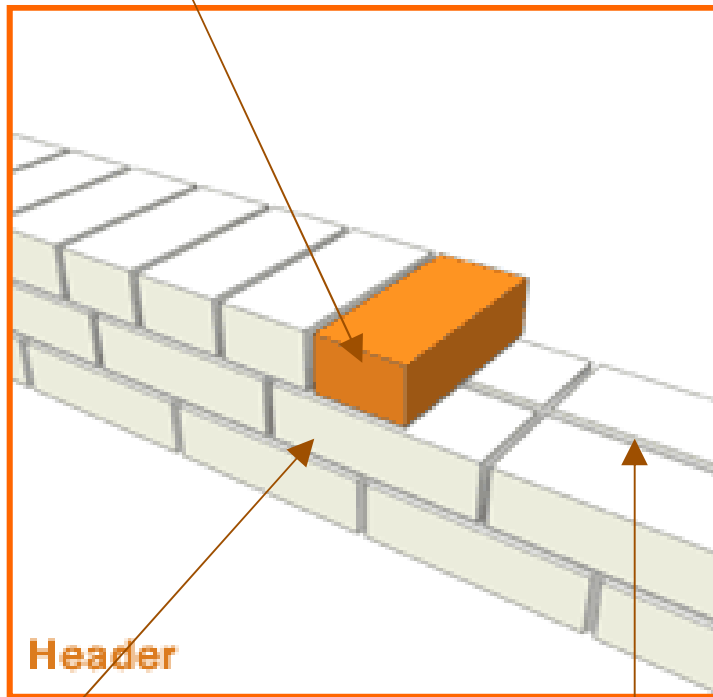
}[!{ ^Â

-
- návrhové M5 tovární výroba
 - předpisové 1 : 1 : 5 na stavbě: objemové díly cementu, vápna, písku

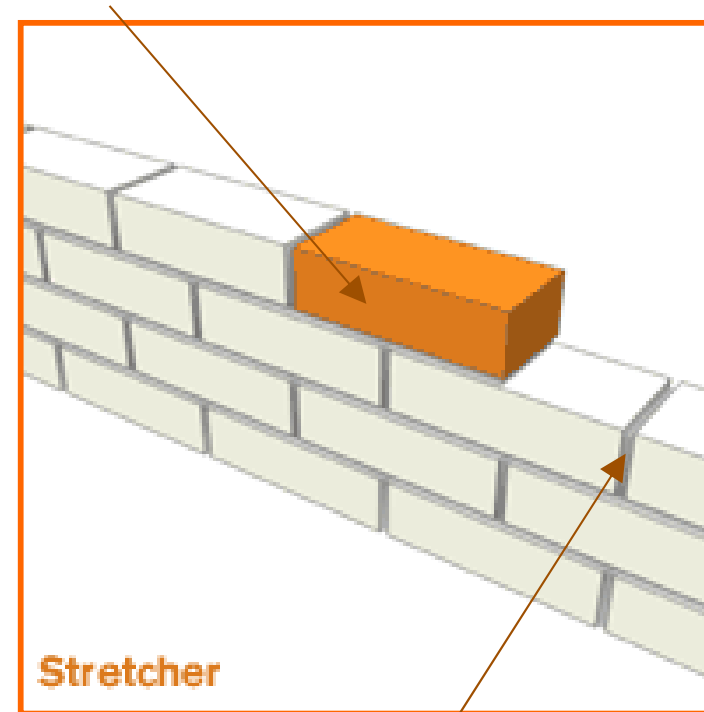


Konstrukční zásady: Vazba zdiva

Vazák



Běhoun



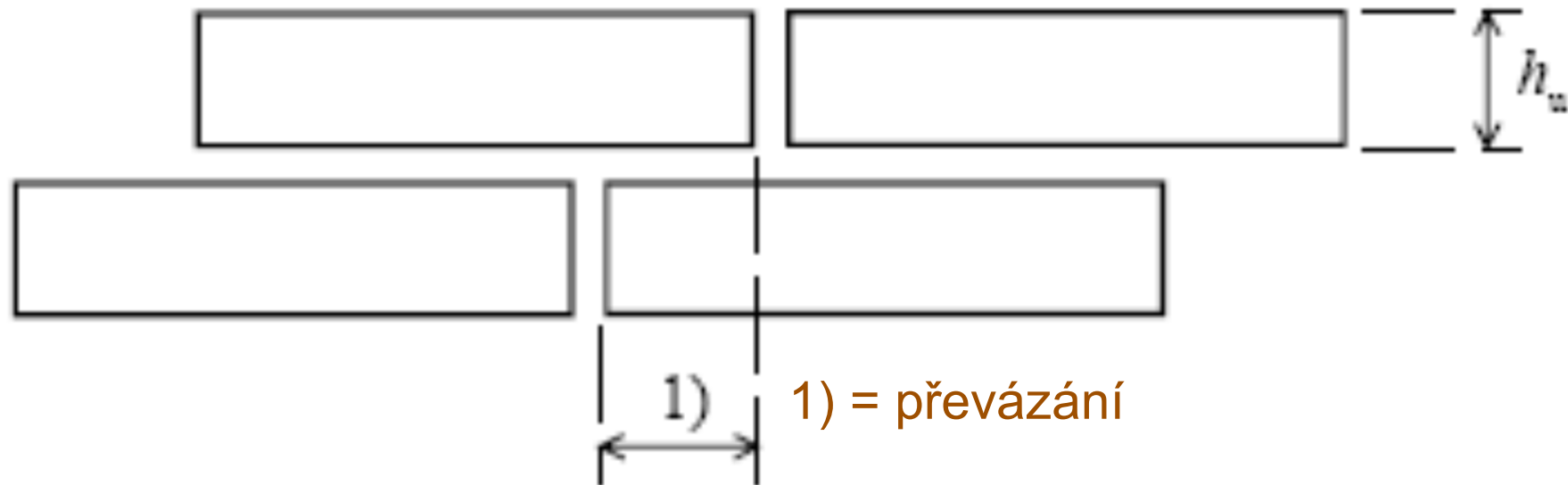
ložná spára

podélná styčná spára

příčná styčná spára



Konstrukční zásady: Vazba zdiva

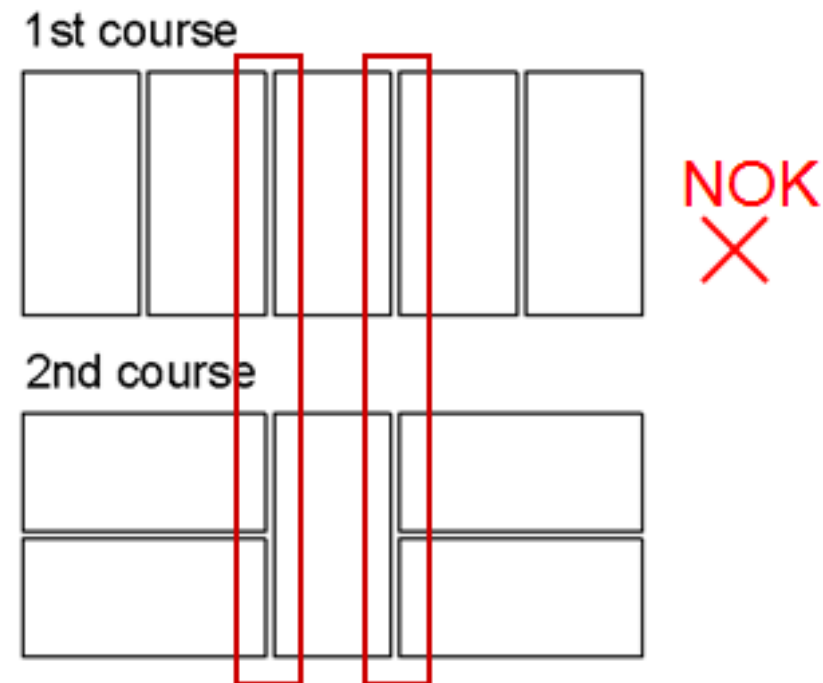
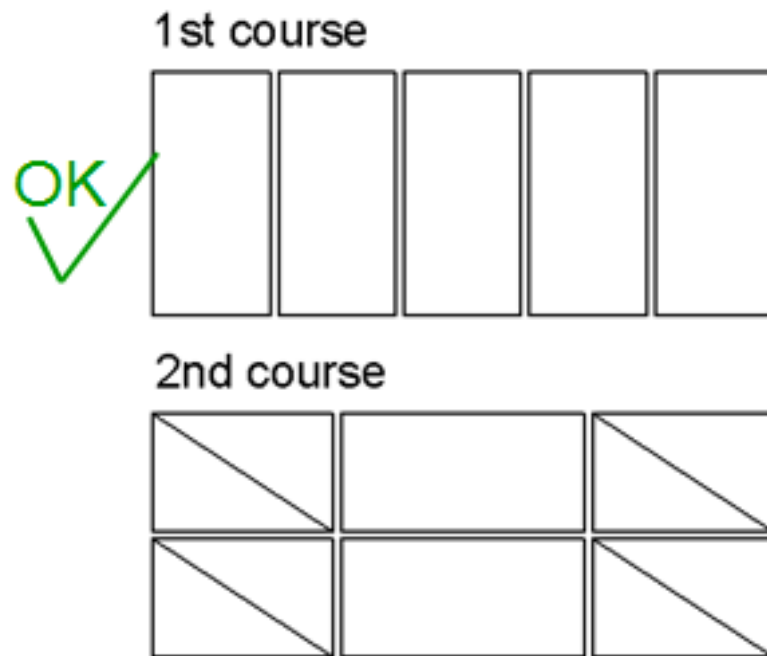


- když $h_u \leq 250$ mm: převázání \geq větší z hodnot $0,4h_u$ nebo 40 mm
- když $h_u > 250$ mm: převázání \geq větší z hodnot $0,2h_u$ nebo 100 mm
- v rozích nebo v místě připojení stěn nemá být délka převázání menší než je šířka zdicího prvku

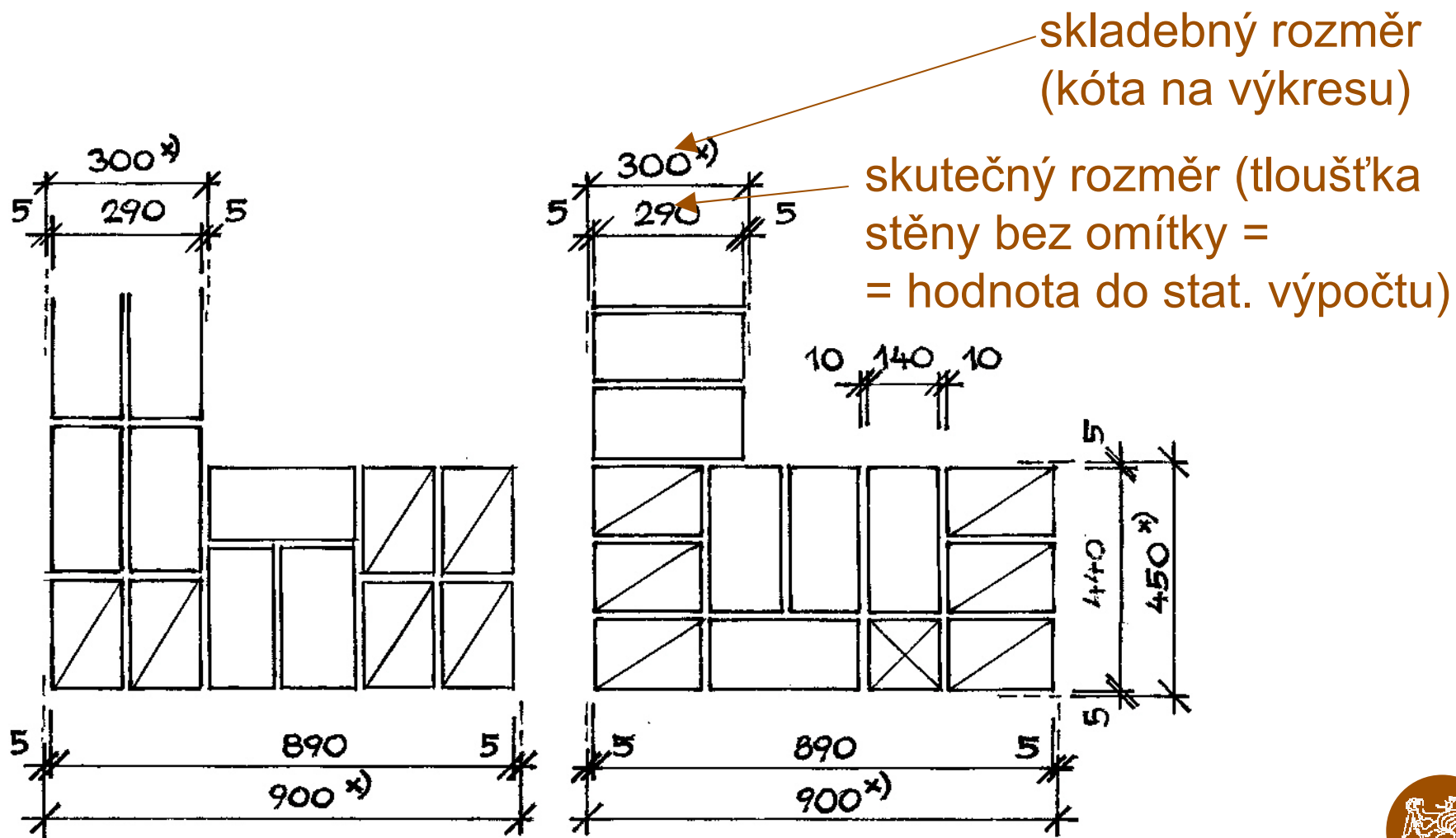


Konstrukční zásady: Vazba zdiva

- Návrh vazby: sudá/lichá vrstva
- Spáry v sudé/liché vrstvě se nesmějí překrývat



Konstrukční zásady: Vazba zdiva



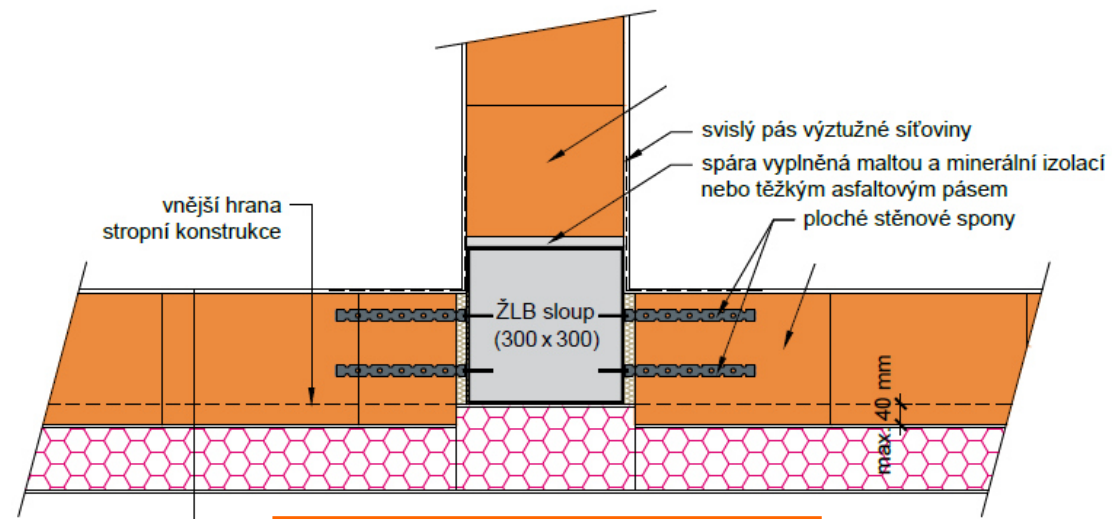
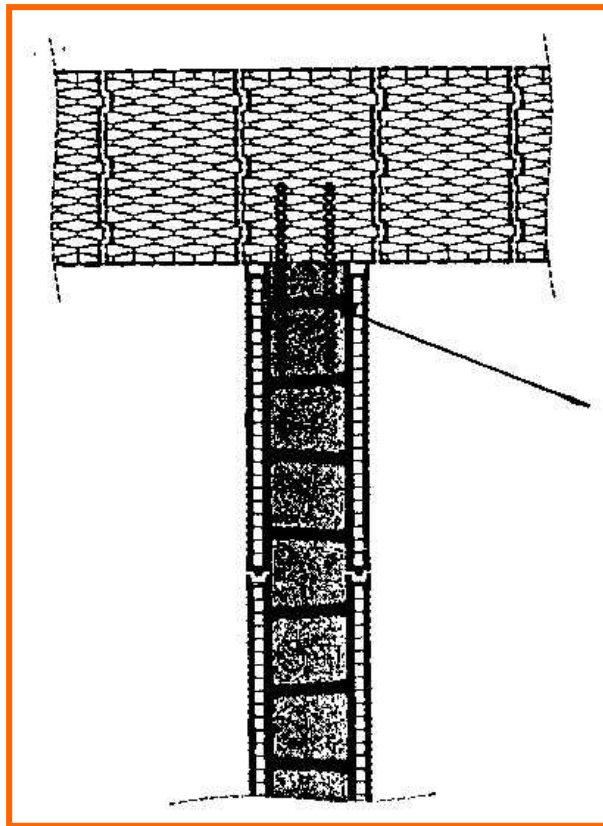
Konstrukční zásady: Vazba zdiva

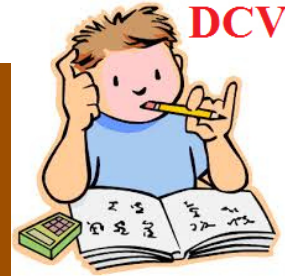
- Je dobré minimalizovat počet dělených cihel:
 - Zvyšují pracnost
 - Roste odpad
 - Roste spotřeba malty



Konstrukční zásady : Stěnové spony

- Stěny nepropojené vazbou, napojení na ŽB kce – spojení pomocí nerez. spon v ložných sparách





Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

- Stanovení výpočtem **charakteristické hodnoty pevnosti zdiva v tlaku f_k**
- Zdivo z obyčejné malty a malty s pórovitým kamenivem:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$$

- Zdivo na maltu pro tenké spáry s pálenými zdicími prvky skupiny 1 a 4, vápenopískovými zdicími prvky, betonovými prvky s hutným nebo pórovitým kamenivem nebo s prvky z pórobetonu

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85}$$



Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

- Zdivo na maltu pro tenké spáry s pálenými zdicími prvky skupiny 2 a 3

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7}$$

kde

K je součinitel závislý na druhu zdicích prvků a malty,

f_b se uvažuje ≤ 75 MPa při použití obyčejné malty;

se uvažuje ≤ 50 MPa při použití malty pro tenké spáry;

f_m se uvažuje ≤ 20 MPa či $\leq 2 f_b$ při použití obyč. malty;

se uvažuje ≤ 10 MPa při použití malty pro tenké spáry.



Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

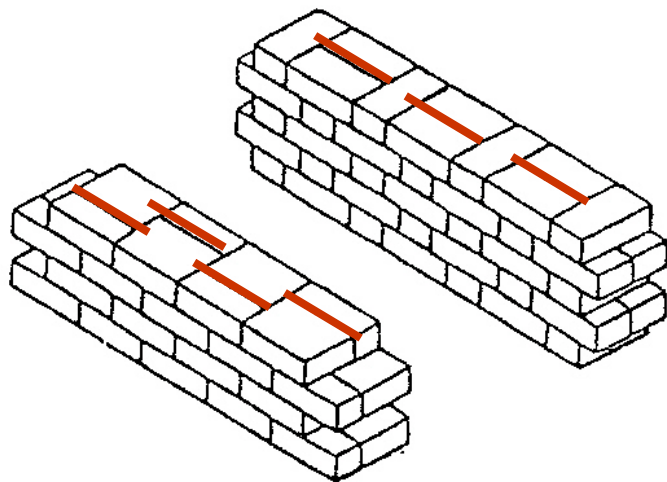
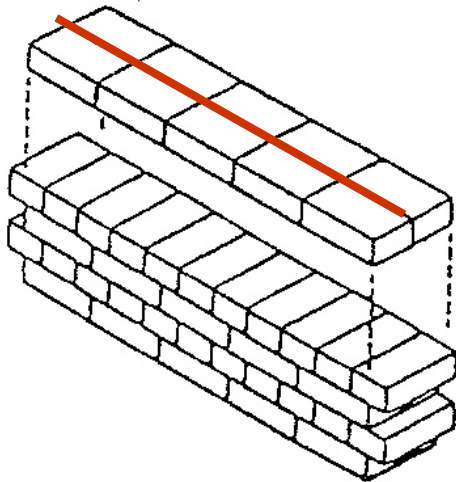
- Součinitel K

Zdicí prvky		Obyčejná malta	Malta pro tenké spáry (tloušťka spáry od 0,5 mm do 3 mm)	Lehká malta obj.hmotn.
				$600 \leq \rho_d \leq 800 \text{ kg/m}^3$
Pálené	Skupina 1	0,55	0,75	0,30
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20
Vápenopískové	Skupina 1	0,55	0,80	‡
	Skupina 2	0,45	0,65	‡
Betonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45
	Skupina 2	0,45	0,65	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	‡
	Skupina 4	0,35	‡	‡
Pórobetonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45



Pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám f

- Součinitel K pro zdivo s podélnou styčnou spárou



Pro zdivo vyzdění na obyčejnou maltu, ve kterém se bude vyskytovat v celé délce stěny nebo její části podélná styčná spára,

např. tedy pro stěny a pilíře z klasických cihel ($290/140/65\text{mm}$) nebo z cihel metrického (německého) formátu ($240/115/71\text{mm}$) se

hodnota součinitele K vynásobí součinitelem 0,8.



Modul pružnosti zdiva

- Krátkodobý modul pružnosti zdiva E je sečnový modul při úrovni napětí v prvku $1/3f$
- Stanoví se zkouškami podle EN 1052-1 (při zkoušce zdiva v tlaku) nebo lze použít krátkodobý sečnový modul pružnosti zdiva:

$$E = K_E f_k$$

$K_E = 1000$ pro zdivo ze zdicích prvků pálených, vápenopískových, betonových tvárnic s hutným kamenivem a přírodního kamene;

$K_E = 700$ pro zdivo z tvárnic pórobetonových a tvárnic s pórovitým kamenivem



Pevnost zdiva v tlaku kolmém ke styčným spárám f_h

$$f_h / f = 0,1 \text{ až } 0,9$$

Přibližně platí:

- 0,10 až 0,15 zdivo z cihel P+D
- 0,75 až 0,85 zdivo z plných betonových bloků se styčnými spárami vyplněnými maltou
- **0,30 až 0,50** zdivo ze zdicích prvků skupiny 1 se styčnými spárami vyplněnými maltou



Pevnost zdiva ve smyku f_v

- Charakteristická hodnota pevnosti zdiva ve smyku f_{vk} , pokud **všechny spáry jsou zcela vyplněny maltou**:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \sigma_d \leq 0,065 f_b$$

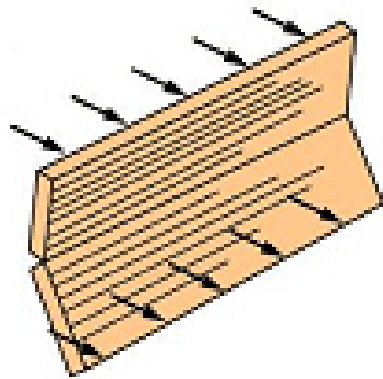
- Pokud **styčné spáry nejsou zcela vyplněny maltou**:

$$f_{vk} = 0,5 f_{vk0} + 0,4 \sigma_d \leq 0,045 f_b$$

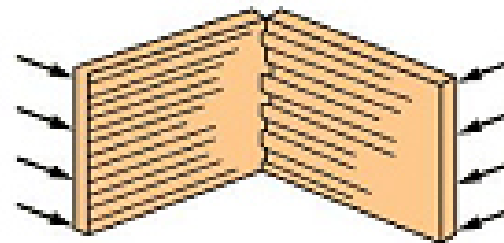


Pevnost zdiva v tahu za ohybu f_x

- Počáteční charakteristické hodnoty pevností v tahu za ohybu f_{xk1} a f_{xk2} se stanoví **zkouškou** podle ČSN EN 1052-2 nebo se určí podle tabulky v ČSN EN 1996-1-1 (podle druhu zdicích prvků a malty)



f_{xk1}



f_{xk2}



Návrhové pevnosti zdiva

- Návrhová pevnost zdiva v tlaku kolmém k ložným spárám :

$$f_d = f_k / \gamma_M$$

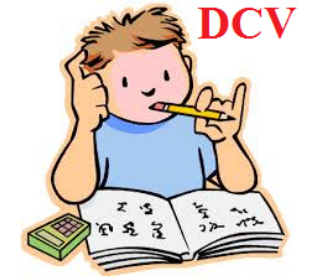
- Návrhová pevnost zdiva ve smyku:

$$f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$$

- Návrhová pevnost zdiva v tahu za ohybu:

$$f_{xd} = f_{xk} / \gamma_M$$





Nevyztužené zděné stěny (pilíře) namáhané převládajícím svislým zatížením

Základní podmínka spolehlivosti na mezi únosnosti průřezu

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

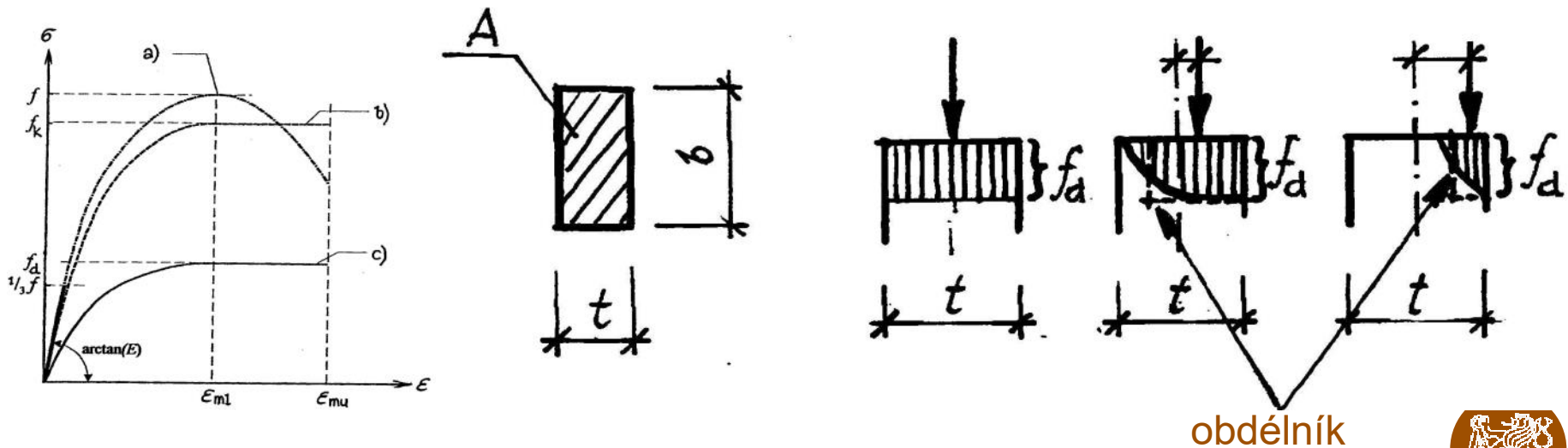
N_{Rd} návrhová hodnota normálové síly na mezi únosnosti průřezu

N_{Ed} návrhová hodnota normálové síly od svislého zatížení

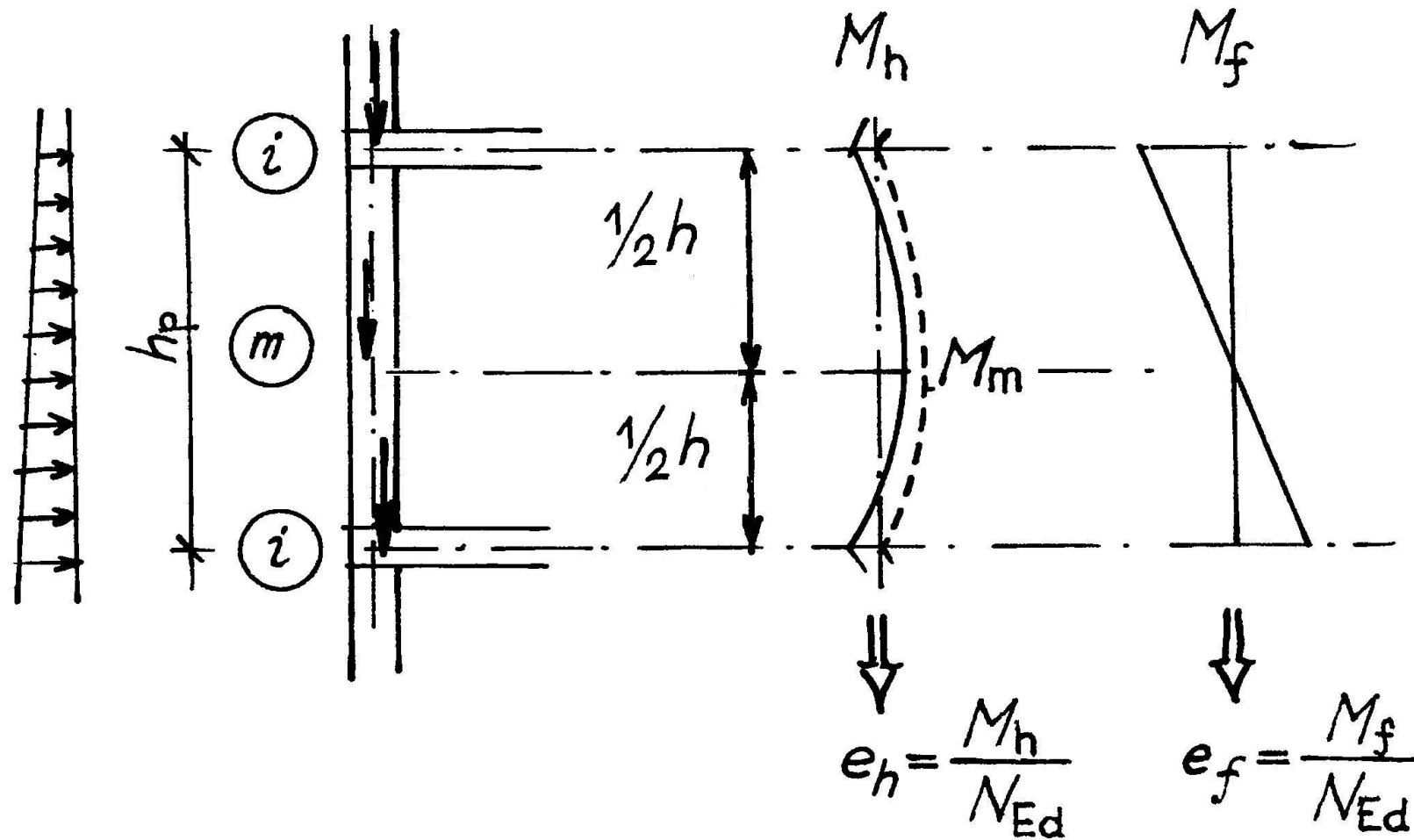


Předpoklady výpočtu

- Platí Bernoulli-Navierova hypotéza o zachování rovinnosti průřezu
- Pevnost zdiva v tahu ve směru kolmém na ložné spáry se zanedbává
- Pracovní diagram se zjednodušuje



Posuzované průřezy



Návrhová únosnost

$$N_{Rd\ i,m} = \Phi_{i,m} b t f_d$$

$\Phi_{i,m}$ součinitel vlivu výstřednosti zatížení a
vzpěru

t rozměr průřezu v směru výstřednosti (tloušťka)

b šířka průřezu

f_d návrhová pevnost zdiva

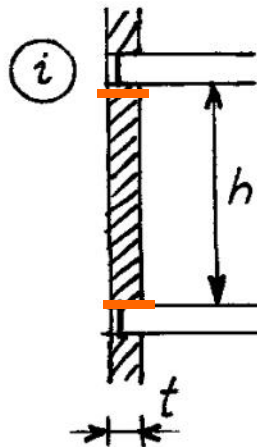
pro $A = tb < 0,1\text{m}^2 \rightarrow : N_{Rd} = \Phi tb (0,7 + 3A) f_d$,
kde $A [m^2]$



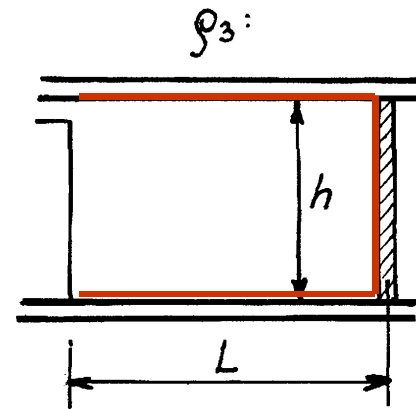
Vzpěrná (efektivní, účinná) výška h_{ef}

- $h_{ef} = \rho_n h$
- *Součinitel podle způsobu podepření stěny (pilíře) stropní konstrukcí*

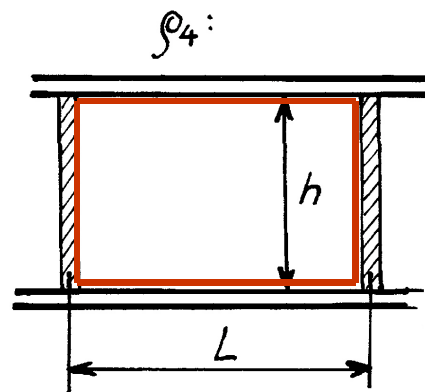
- ρ_2



- ρ_3



- ρ_4



Vzpěrná (efektivní, účinná) výška h_{ef}

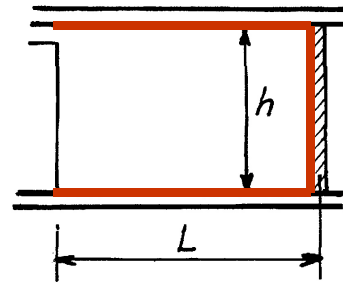
ρ_2

- $\rho_2 = 0,75$
 - železobetonové stropy nebo střechy oboustranně uložené ve stejné úrovni, nebo železobetonové stropy, který jsou uloženy jednostranně a jejichž délka uložení se rovná alespoň $2/3$ tloušťky stěny, ale není menší než 85 mm
 - $e_i \leq 0,25 t$
- $\rho_2 = 1$
 - žb stropy, kde $e_i > 0,25 t$
 - dřevěnými trámovými stropy nebo střechami nebo jsou jednostranně podepřeny dřevěným trámovým stropem, který je do této stěny zapuštěn nejméně na $2/3$ tloušťky stěny, avšak alespoň 85 mm



Vzpěrná (efektivní, účinná) výška h_{ef}

ρ_3



- pokud $h \leq 3,5 L$

$$\rho_3 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 h}{3L} \right]^2} \rho_2$$

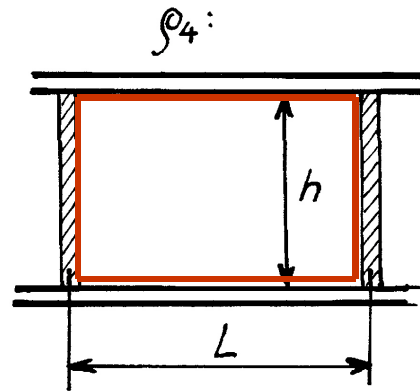
- pokud $h > 3,5 L$

$$\rho_3 = \frac{1,5L}{h} \geq 0,3$$



Vzpěrná (efektivní, účinná) výška h_{ef}

ρ_4



- pokud $h \leq 1,15 L$

$$\rho_4 = \frac{1}{1 + \left[\frac{\rho_2 h}{L} \right]^2} \rho_2$$

- pokud $h > 1,15 L$

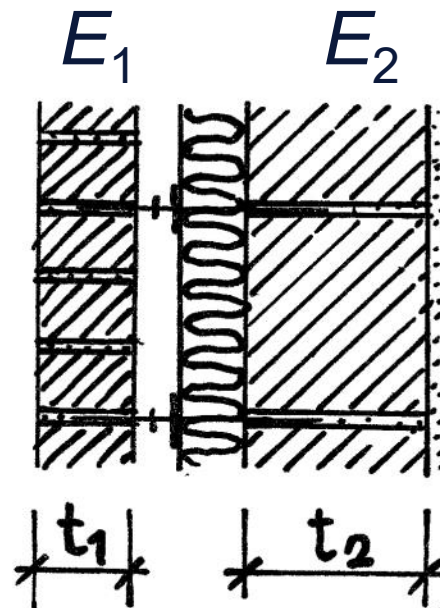
$$\rho_4 = \frac{0,5L}{h}$$



Účinná tloušťka t_{ef}

- $t = t_{ef}$ pro jednovrstvé a dvouvrstvé stěny, stěny s lícovou vrstvou, dutinové stěny s výplňovým betonem
- $t_{ef} = \sqrt[3]{k_{tef} t_1^3 + t_2^3}$ pro dvouvrstvé stěny se vzduchovou dutinou účinně spojené sponami

$$k_{tef} = E_1/E_2 \leq 2$$

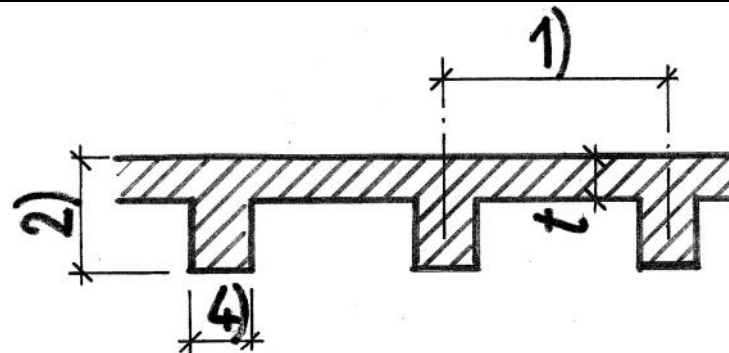


Účinná tloušťka t_{ef}

- Účinná tloušťka stěny zesílené pilíři

$$t_{ef} = \rho_t t$$

ρ_t - poměr osové vzdálenosti pilířů 1) k jejich šířce 4)	Poměr tloušťky pilířů 2) ke skutečné tloušťce stěny t , ke které jsou připojeny		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0



Štíhlost stěny/pilíře

- Zděné stěny a pilíře musejí splňovat kritérium štíhlosti

$$\frac{h_{\text{ef}}}{t_{\text{ef}}} \leq 27$$



Φ_i – zmenšující součinitel v hlavě a patě stěny/pilíře (vliv výstřednosti)

$$\Phi_i = 1 - 2e_i/t$$

$$e_i = e_{fi} + e_{hi} + e_{init} \geq 0,05t \rightarrow \Phi_i \leq 0,9$$

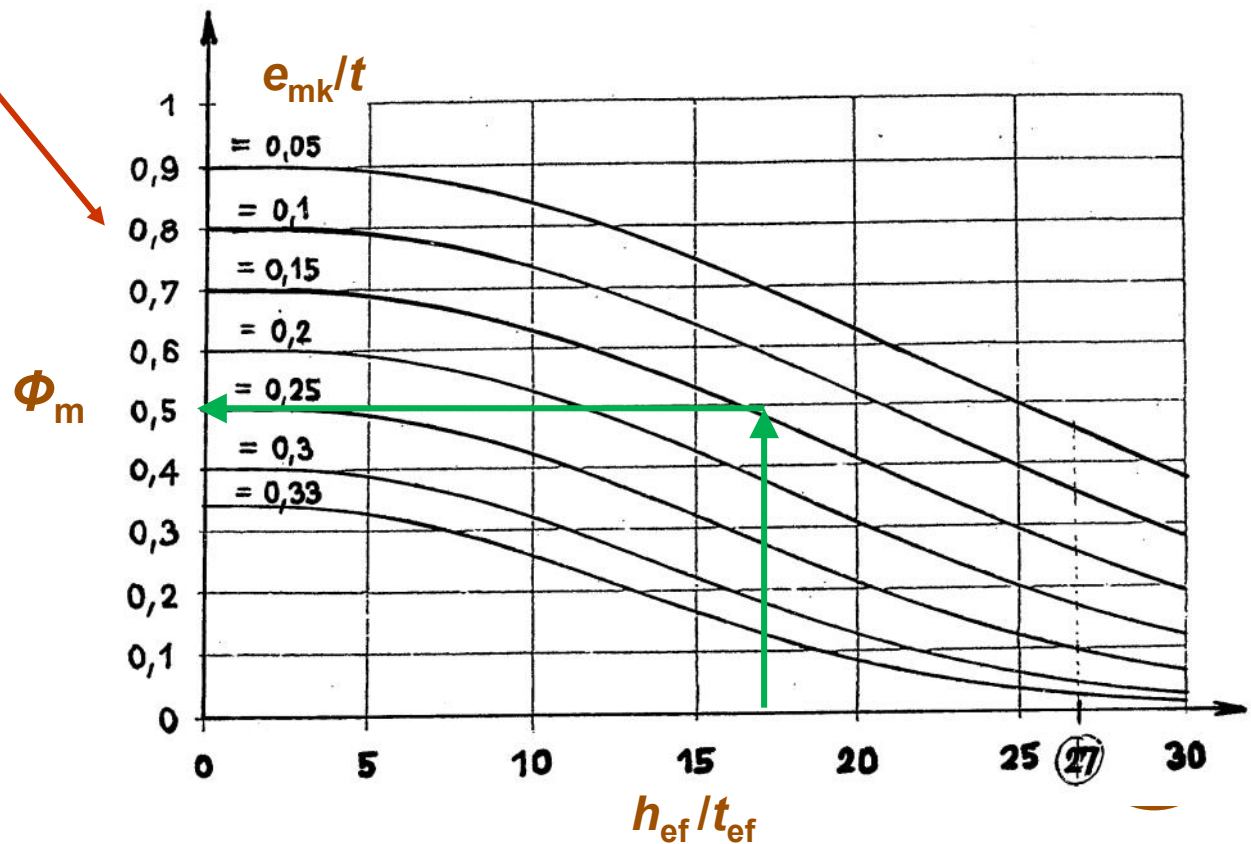
e_{fi} . . . výstřednost od svislého zatížení

e_{hi} . . . výstřednost od vodorovného zatížení

počáteční výstřednost: $e_{init} = h_{ef}/450$



Φ_m – zmenšující součinitel v polovině výšky stěny/pilíře (vliv štíhlosti a výstřednosti)



Φ_m – zmenšující součinitel v polovině výšky stěny/pilíře (vliv štíhlosti a výstřednosti)

- Výstřednosti v průřezu „m“

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05t \longrightarrow \Phi_m \leq 0,9$$

$$e_m = e_{fm} + e_{hm} \pm e_{init}$$

e_{fm} . . . výstřednost od svislého zatížení

e_{hm} . . . výstřednost od vodorovného zatížení

$e_k = 0,002\Phi_\infty \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{te_m}$. . . výstřednost od dotvarování

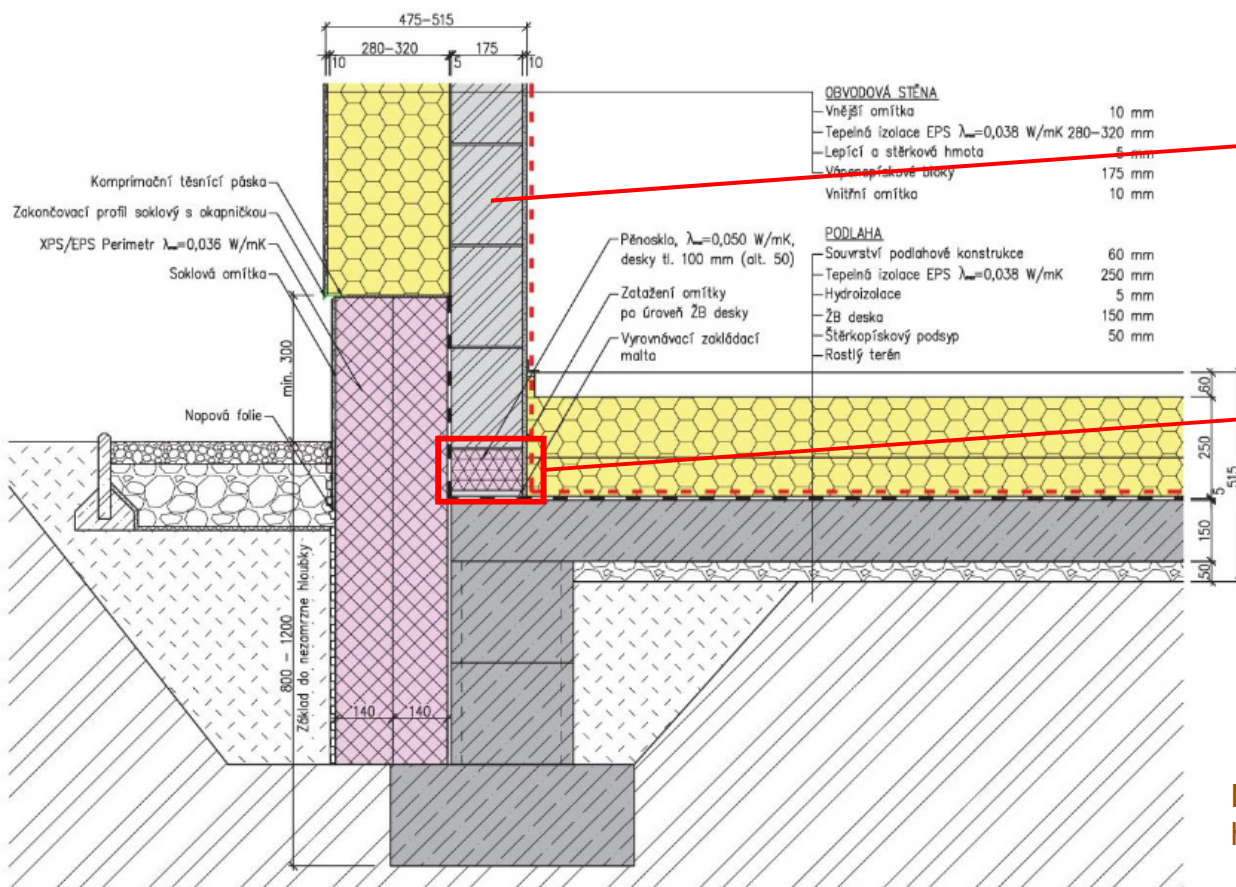
$e_k = 0$ u všech stěn (pilířů) z pálených zdicích prvků a kamenných kvádrů a u ostatních stěn (pilířů),

kde $h_{ef}/t_{ef} \leq 15$



Nízkoenergetické domy

- Pozor – v patě stěny může být izolační blok s nižší pevností => rozhodne o únosnosti v tlaku !!!



VPC – pevnost materiálu v tlaku (f_u) bývá 10 – 25 MPa

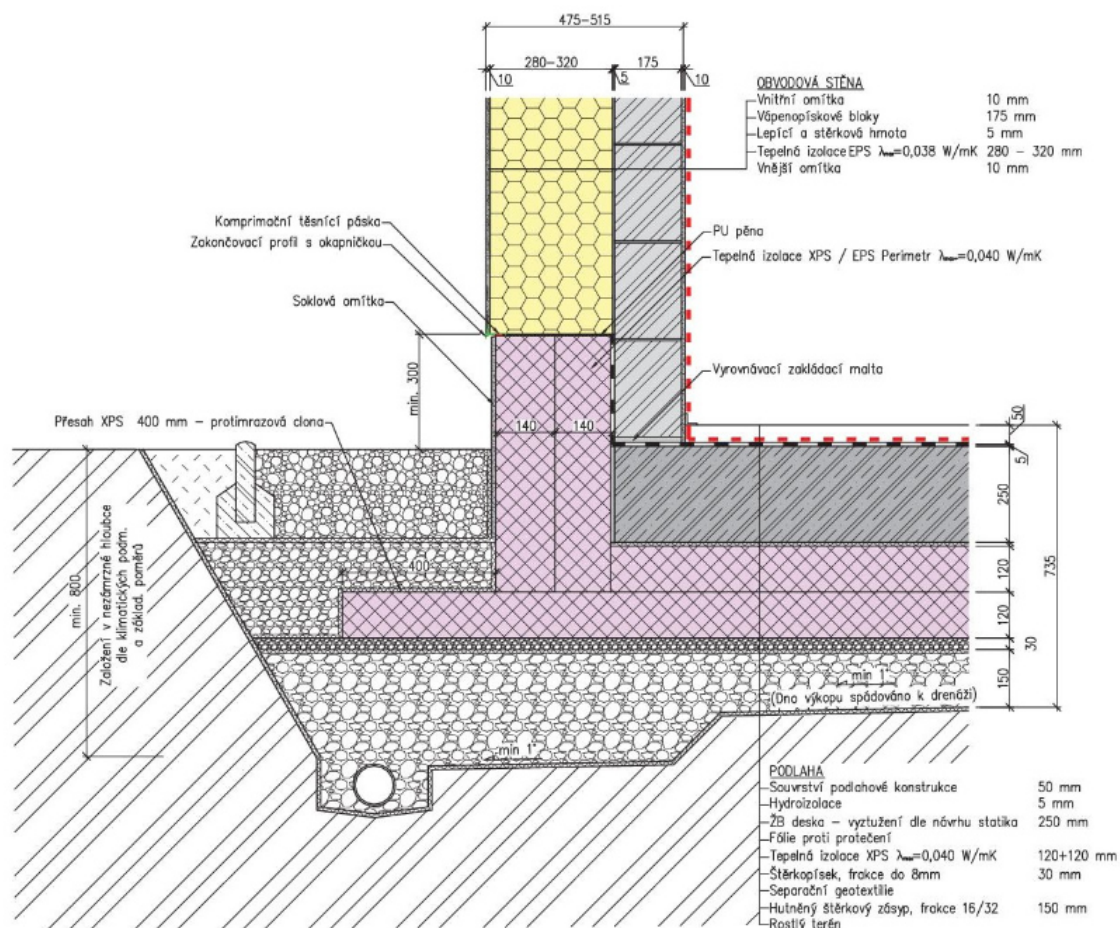
Pěnosklo – pevnost materiálu v tlaku bývá 1 – 2 MPa

Detail převzat z <https://www.pasivnidomy.cz/>



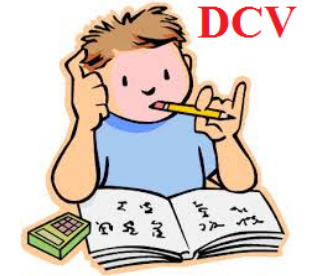
Nízkoenergetické domy

- Řešení bez izolačního bloku: založení na desce s dostatečnou vrstvou izolace



Detail převzat z
<https://www.pasivnidomy.cz/>

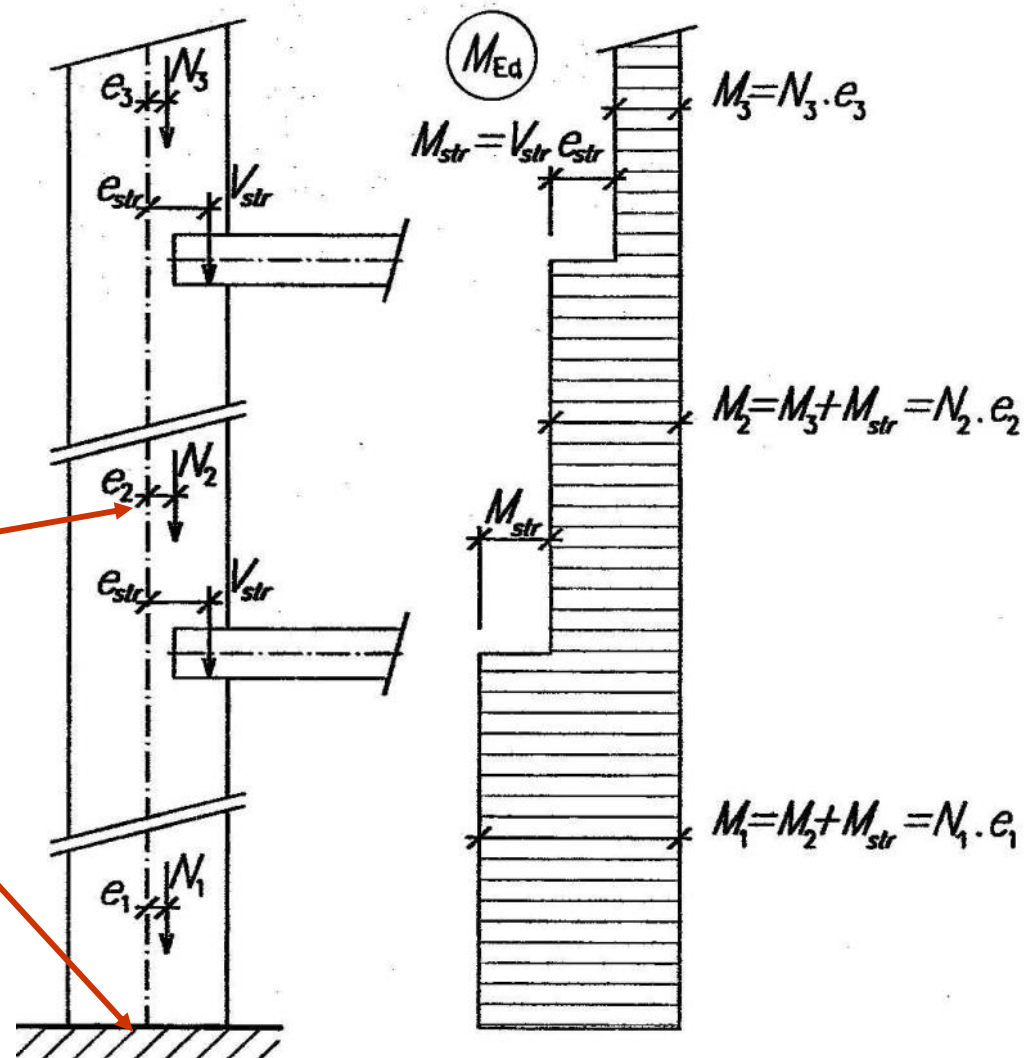




Výpočtové modely zděných vícepodlažních budov pro svislé zatížení

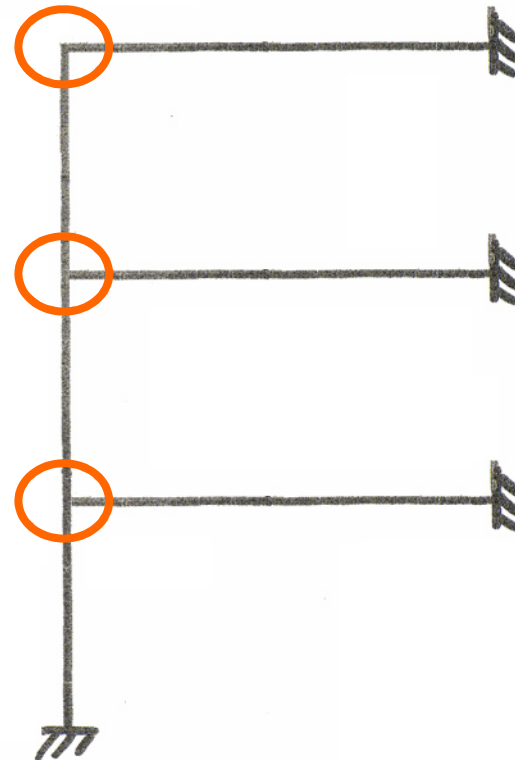
i) Konstrukce s netuhými stropy

- Staticky určitý model obvodové stěny konstantní tloušťky pro účinky svislého zatížení – konzola zatížená excentrickými bodovými silami



ii) Konstrukce s tuhými stropy

- Staticky neurčitý model
- Řešení rovinného rámu z rámových výseků
- Odhad tuhosti styčnicků



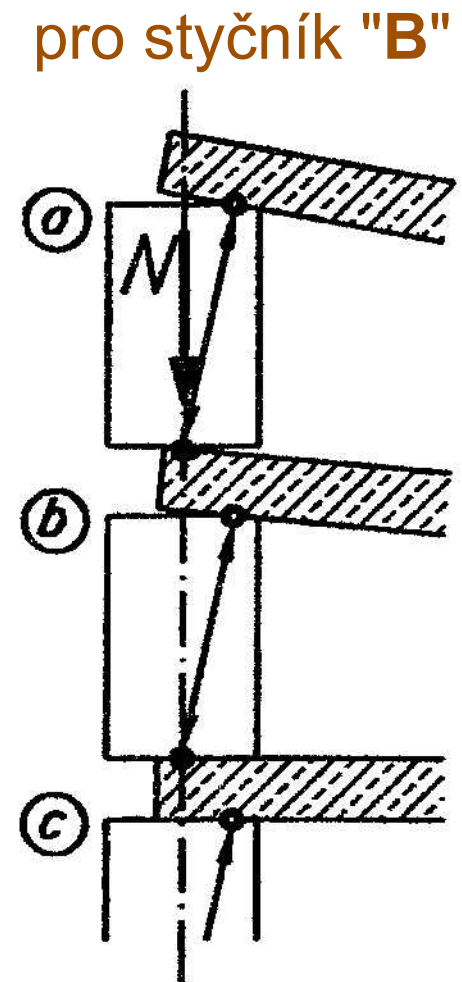
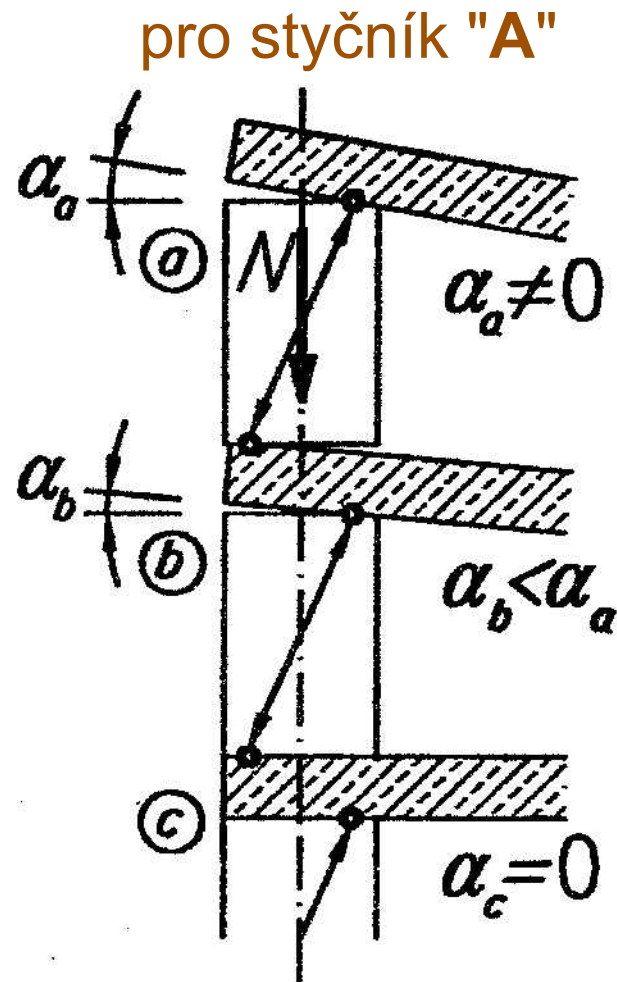
ii) Konstrukce s tuhými stropy

- Statická schémata pro obvodové stěny podle typu styčníku

styčník
kloubový

styčník
netuhý

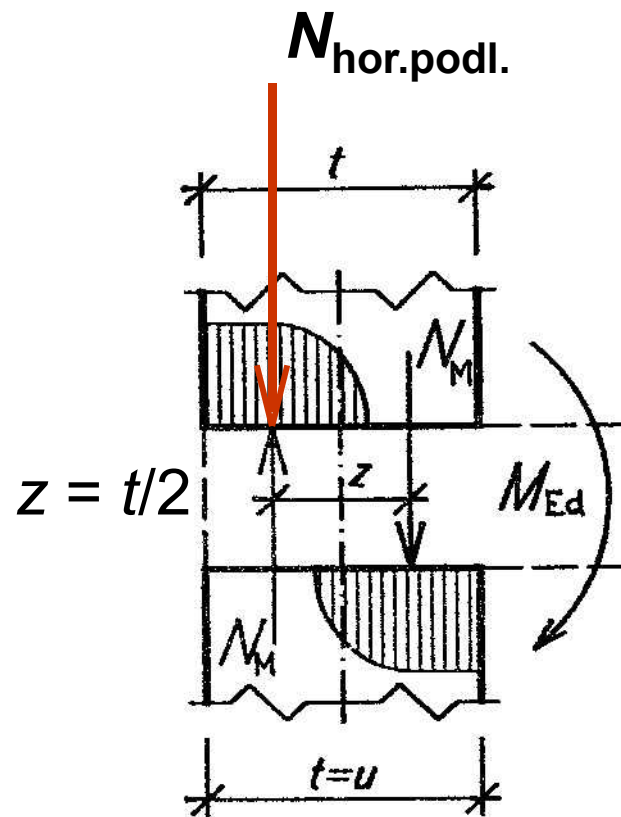
styčník
tuhý



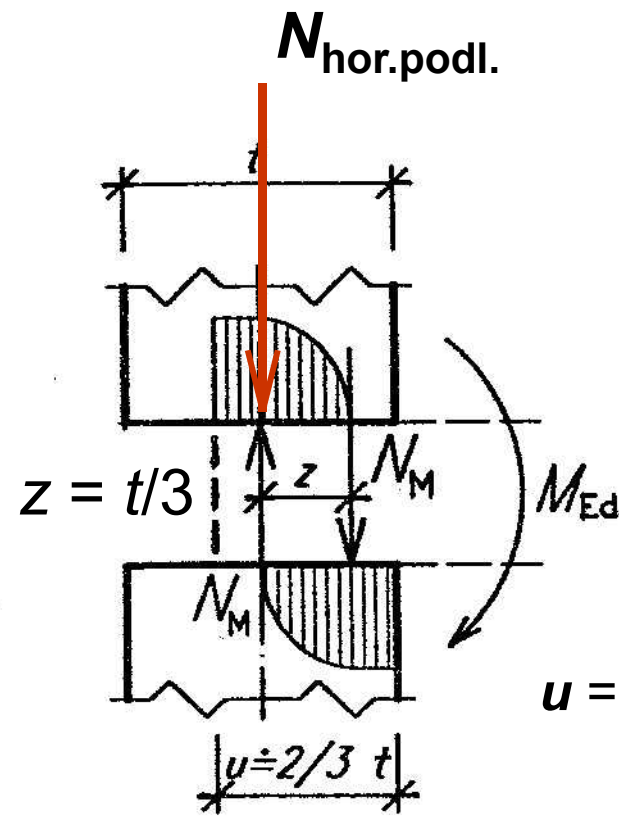
ii) Konstrukce s tuhými stropy

- Účinky podporového M ve styčnicích "A" a "B"

styčník typu "A"



styčník typu "B"



u = hloubka
uložení
stropu

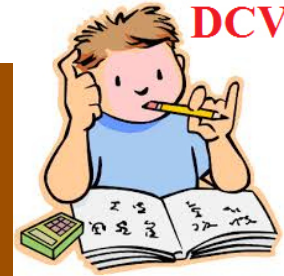


ii) Konstrukce s tuhými stropy

- Ověření tuhosti (netuhosti) styku
 - $N_{\text{horních podlaží}} \geq N_M \rightarrow$ tuhý styk
 - $N_{\text{horních podlaží}} < N_M \rightarrow$ netuhý styk
- Výsledný ohybový moment netuhého styku:

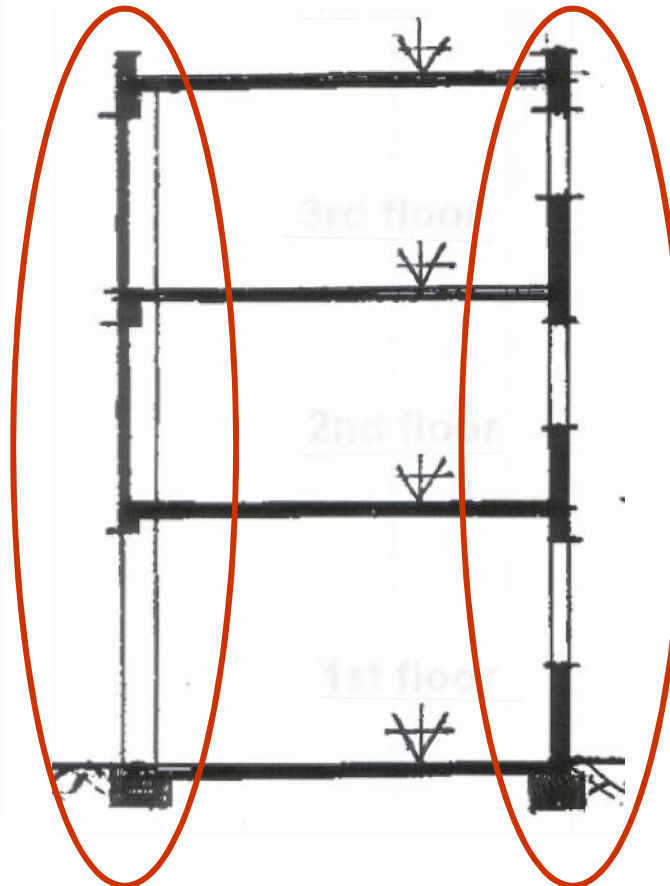
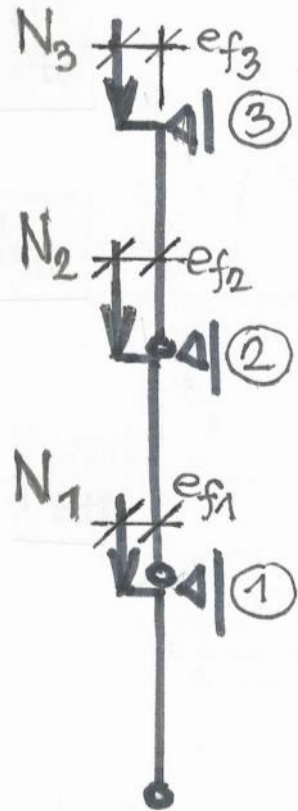
$$M_{\text{red}} = M_{\text{max}} \frac{N_{\text{horních podlaží}}}{N_M}$$

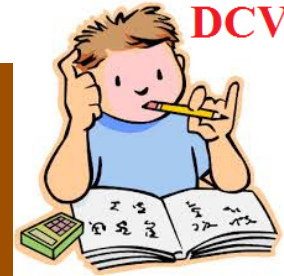




ii) Konstrukce s tuhými stropy – zjednodušený staticky určitý model

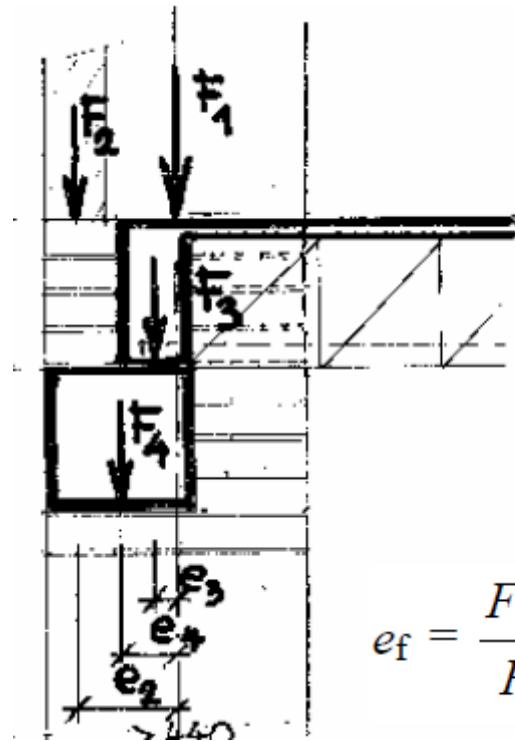
- Jednoduché konstrukce
- Použijeme v domácím cvičení





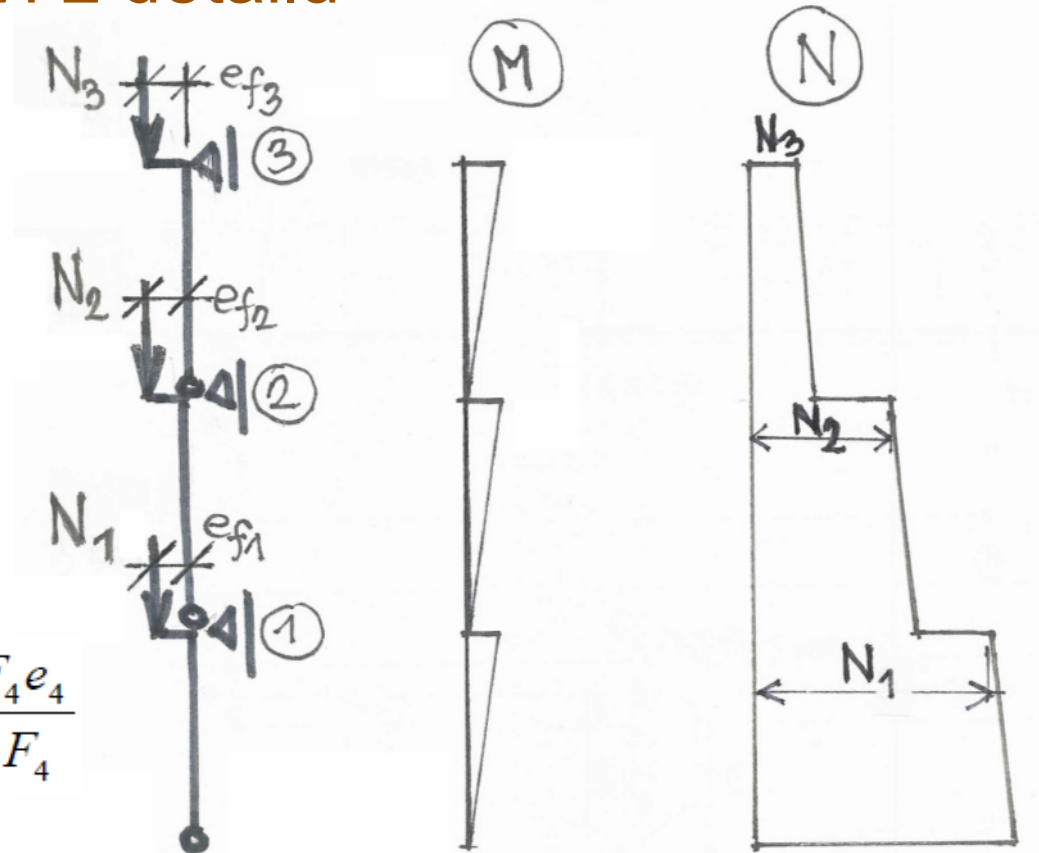
ii) Konstrukce s tuhými stropy – zjednodušený staticky určitý model

- Výstřednosti se stanoví z detailu



$$e_f = \frac{F_2 e_2 + F_3 e_3 + F_4 e_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}$$

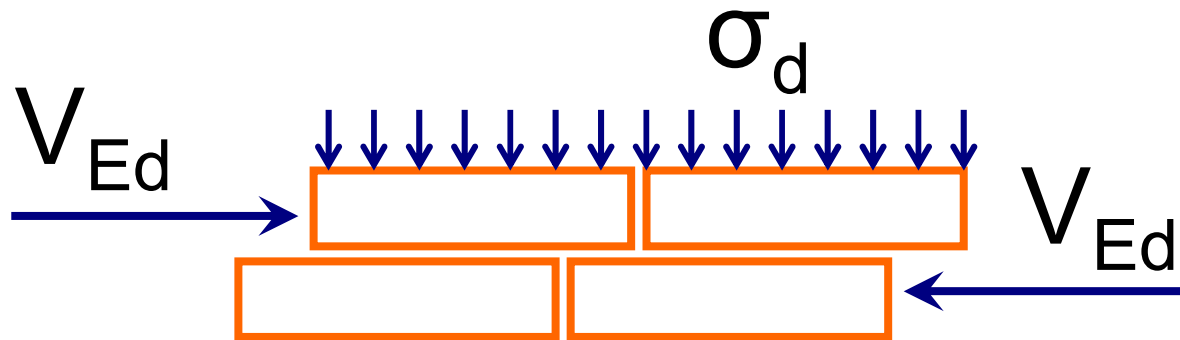
$$\sum_i F_i = N_{Ed} !!!$$



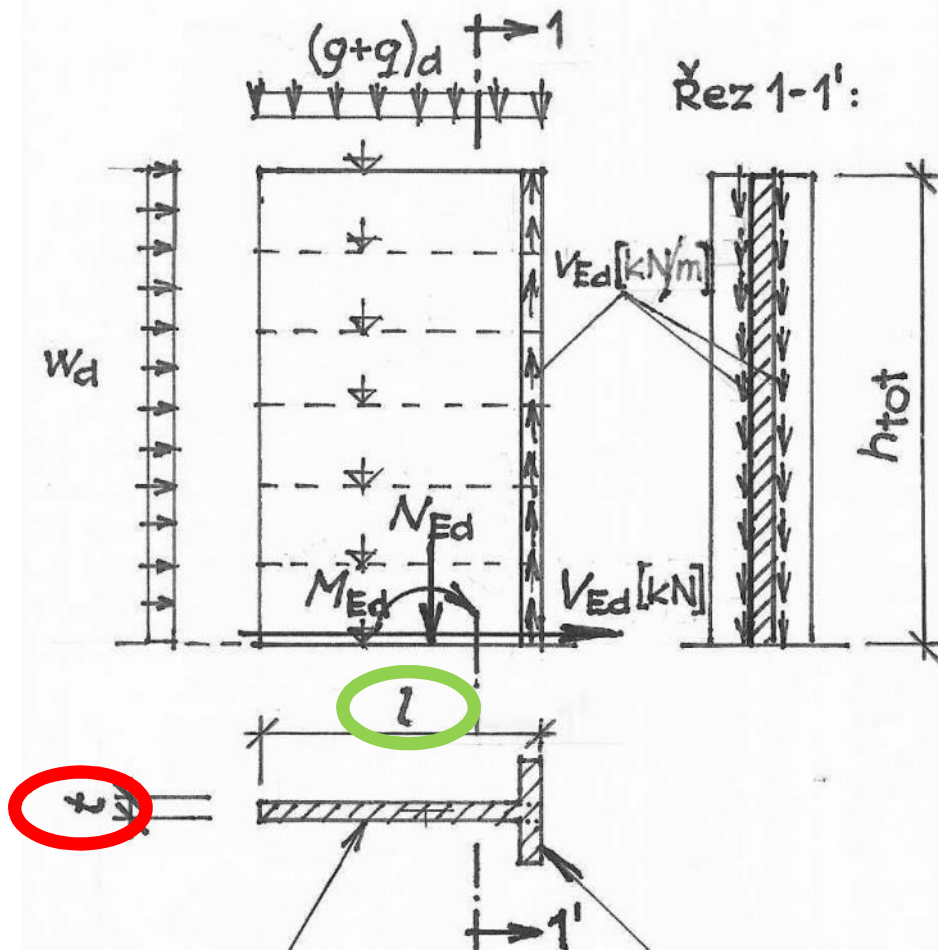


Ověřování spolehlivosti nevyztuženého zděného průřezu ve smyku

Zdivo zatížené smykovou silou



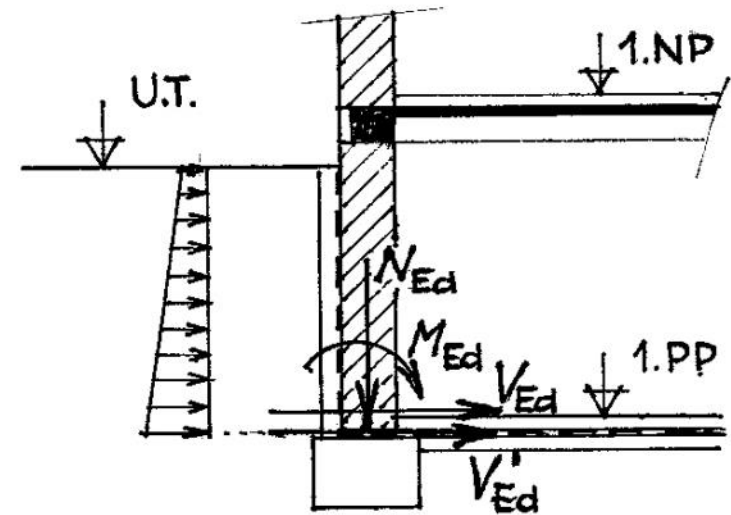
Typy stěn zatížených smykem



smyková stěna

people.fsv.cvut.cz/www/bilypet1

**ztužující stěna
(příruba)**

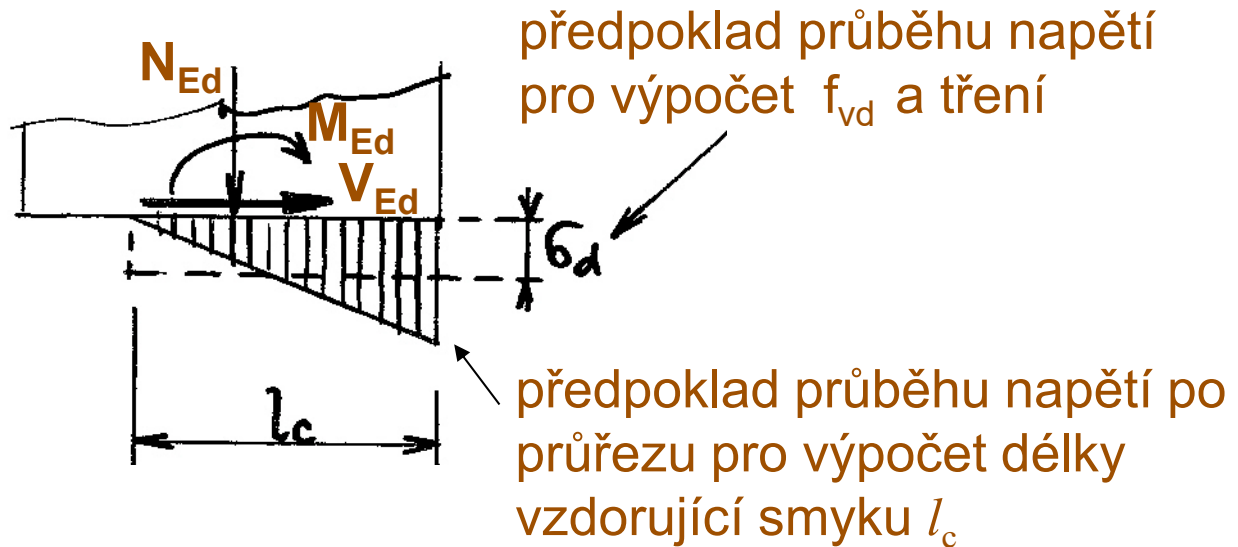


**suterénní
stěna**



Podmínka spolehlivosti zděného průřezu namáhaného smykem

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$



Mezní únosnosti

pro smykovou stěnu:

$$V_{Rd} = f_{vd} t l_c$$

pro suterénní stěnu:

$$V_{Rd} = f_{vd} b l_c$$

pro stěnu uloženou na izolaci (tření):

$$V_{Rd}' = 0,5 \sigma_d t l_c$$

$$V_{Rd}' = 0,5 \sigma_d b l_c$$

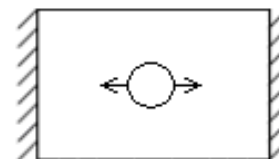




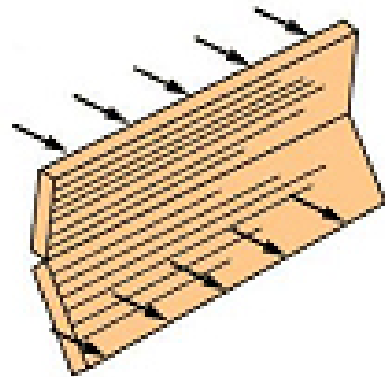
**Ověřování spolehlivosti stěn
z nevyztuženého zdiva
namáhaných bočním zatížením
kolmým na jejich rovinu
(Zdivo a ohyb)**

Přehled metod

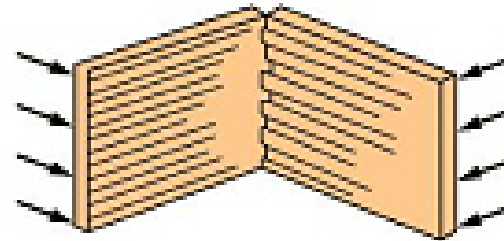
- Stěny namáhané kolmým **zatížením od větru**
 - **Metoda A** – předpoklad: “deska” podepřená po 4 nebo 3 stranách
 - **Metoda B** – předpoklad: klenbové působení (i pro zemní tlak a výbuch)
- **Suterénní stěny** (zatížené zemním tlakem v klidu) + volně stojící opěrné stěny (zatížené aktivním zemním tlakem)
 - Obecně platný postup ověření spolehlivosti průřezu: posoudit únosnost v tlaku + únosnost ve smyku
 - **Zjednodušená metoda**
 - Výjimečně: ohyb, pokud o spolehlivosti kce nerozhoduje porušení v ložné spáře f_{xk1}



Pevnosti v ohybu



f_{xk1}



f_{xk2}

- Pevnost f_{xk1} je použitelná pouze pro dočasná zatížení (např. vítr)
- $f_{xk1} = 0$, pokud porušení průřezu ohybem v ložné spáře by mohlo vést k **ohrožení stability objektu** nebo většího konstrukčního celku! – např. suterénní stěny



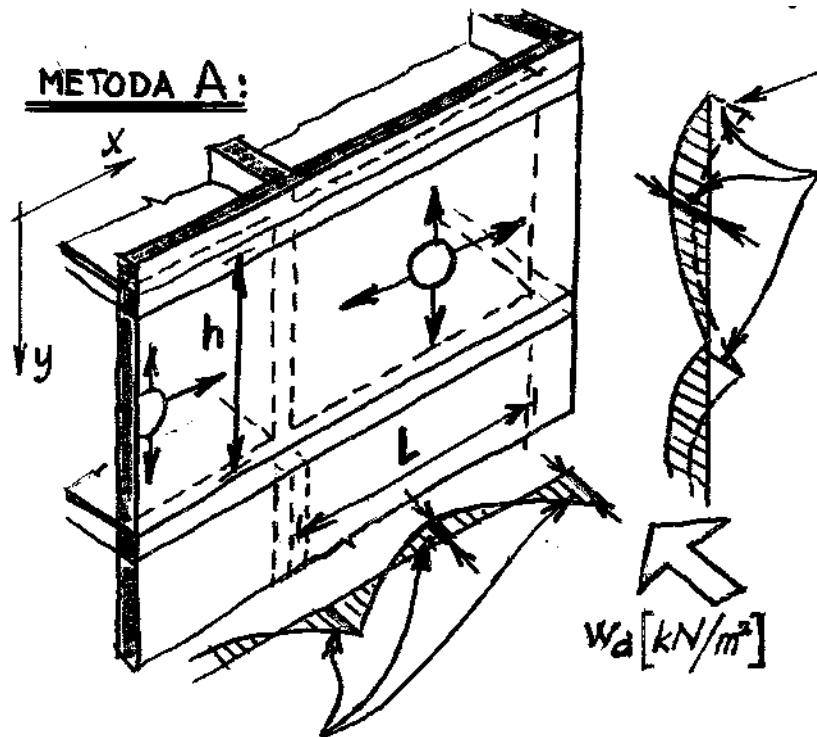
Metoda A

- Deskové působení stěny
- Uvážení ortotropních vlastností materiálu
- Obecná podmínka únosnosti: $M_{Ed} \leq M_{Rd}$
- Stěna musí být podepřená resp. spojitá podél 3 nebo 4 okrajů
- Platí pro stěny $t \leq 250$ mm
- Spolupůsobení dvou navzájem kolmých směrů při přenášení zatížení vyjadřuje ortogonální poměr pevností v ohybu $\mu = f_{xk1} / f_{xk2}$



Metoda A

- Statické schema, značení

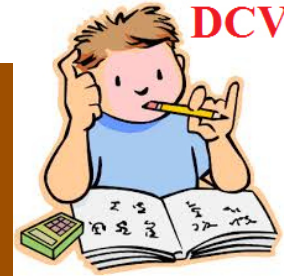


Vliv **svislého přetížení** na míru vetknutí

Momenty M_{Edy} , které vyvolávají porušení zděného průřezu stěny v rovině rovnoběžné s ložnými spárami (pevnost f_{xk1})

Momenty M_{Edx} , které vyvolávají porušení průřezu stěny v rovině kolmé na ložné spáry (pevnost f_{xk2})

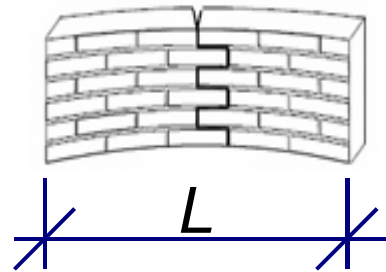




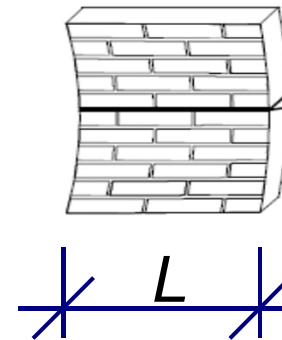
Metoda A

- Účinky zatížení

- $$M_{Edx} = \alpha w_d L^2$$



- $$M_{Edy} = \mu \alpha w_d L^2$$

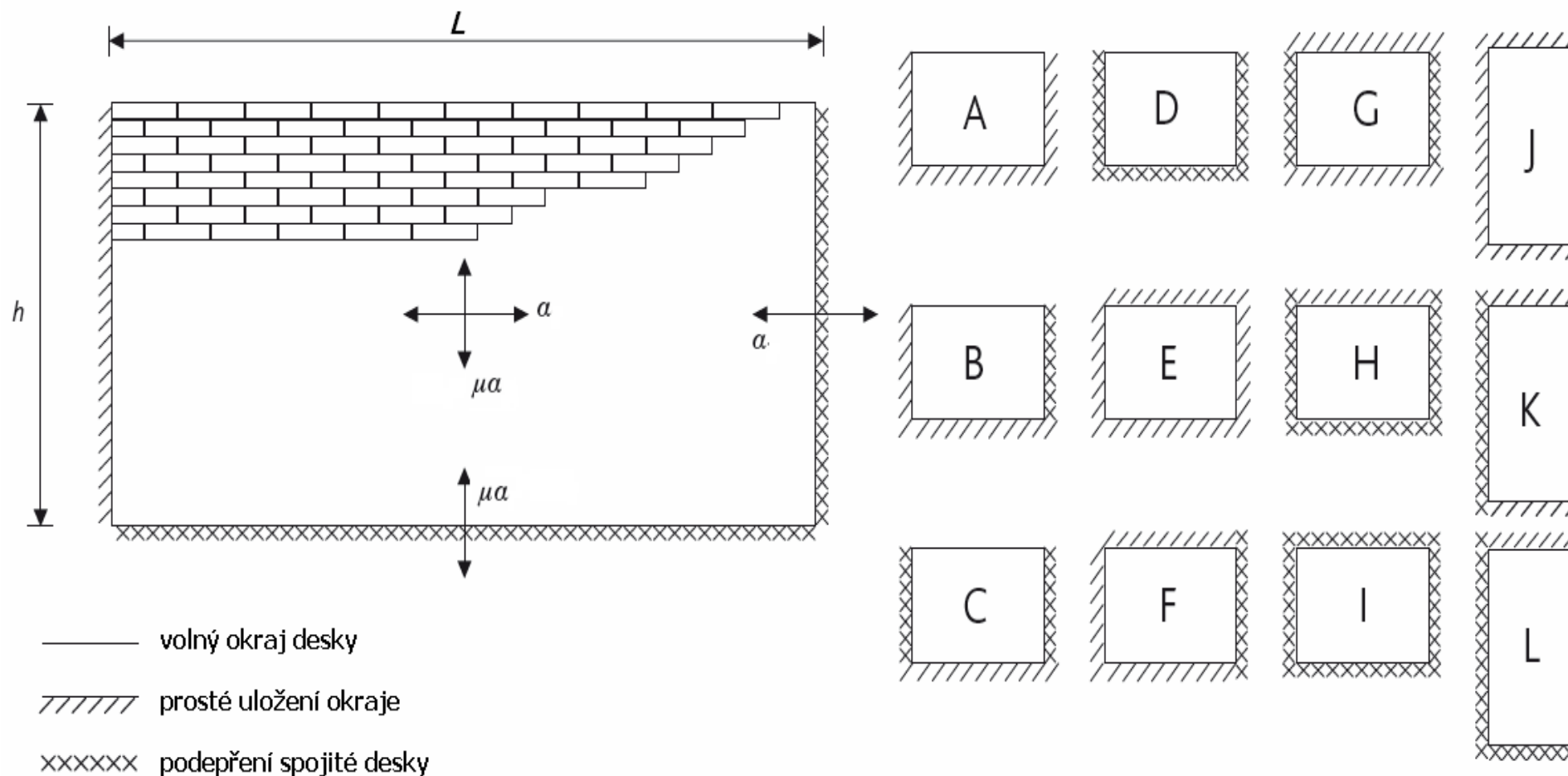


$$\mu = f_{xk1} / f_{xk2}$$



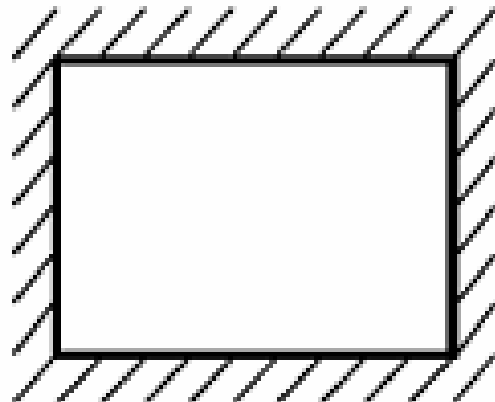
Metoda A

- Součinitele ohybového momentu ve stěnách namáhaných zatížením kolmým na jejich rovinu



Metoda A

E



μ	h/R							
	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
1,00	0,008	0,018	0,030	0,042	0,051	0,059	0,066	0,071
0,90	0,009	0,019	0,032	0,044	0,054	0,062	0,068	0,074
0,80	0,010	0,021	0,035	0,046	0,056	0,064	0,071	0,076
0,70	0,011	0,023	0,037	0,049	0,059	0,067	0,073	0,078
0,60	0,012	0,025	0,040	0,053	0,062	0,070	0,076	0,081
0,50	0,014	0,028	0,044	0,057	0,066	0,074	0,080	0,085
0,40	0,017	0,032	0,049	0,062	0,071	0,078	0,084	0,088
0,35	0,018	0,035	0,052	0,064	0,074	0,081	0,086	0,090
0,30	0,020	0,038	0,055	0,068	0,077	0,083	0,089	0,093
0,25	0,023	0,042	0,059	0,071	0,080	0,087	0,091	0,096
0,20	0,026	0,046	0,064	0,076	0,084	0,090	0,095	0,099
0,15	0,032	0,053	0,070	0,081	0,089	0,094	0,098	0,103
0,10	0,039	0,062	0,078	0,088	0,095	0,100	0,103	0,106
0,05	0,054	0,076	0,090	0,098	0,103	0,107	0,109	0,110



Metoda A

- Moment únosnosti M_{Rd}

$$M_{Rd} = f_{xd2} Z \quad \text{nebo} \quad (f_{xd1} + \sigma_d) Z$$

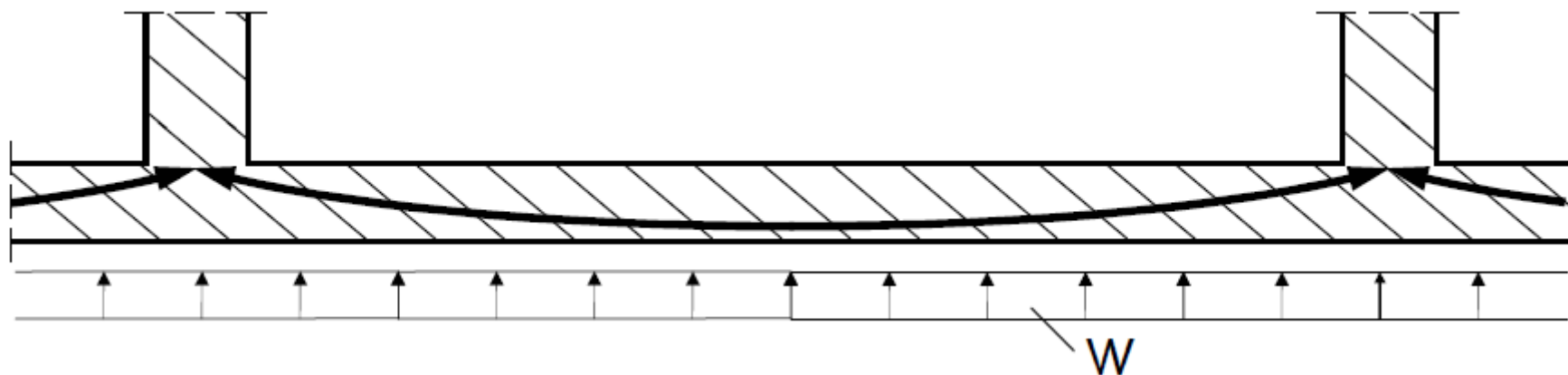
kde

- M_{Rd} = návrhový moment únosnosti
- f_{xd} = návrhová hodnota příslušné ohybové pevnosti
- σ_d = návrhová hodnota normálového napětí kolmo k potenciální ploše porušení
- Z = průřezový modul ($bt^2/6$)



Metoda B

- Předpoklad: Klenbové působení stěny
 - Lze uvažovat pokud: L/t (nebo H/t) ≤ 20
 - Minimální smršťování
 - Tuhé a neposuvné podpory
 - Tlačené spáry ve zdivu jsou vyplněny maltou



Mezní rozměry z hlediska použitelnosti

- Mezní poměry výšky a délky k tloušťce stěn
- Příloha F ČSN EN 1996-1-1
- Grafy platí pro tloušťku stěny nebo svislé zděné vrstvy dutinové stěny 100 mm a tlustší.
- Výška stěn h , které jsou podepřeny podél horního okraje, avšak nikoliv podél svislých okrajů, nemá být větší než $30 t$.

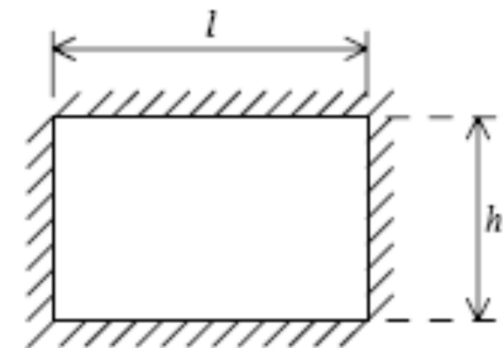
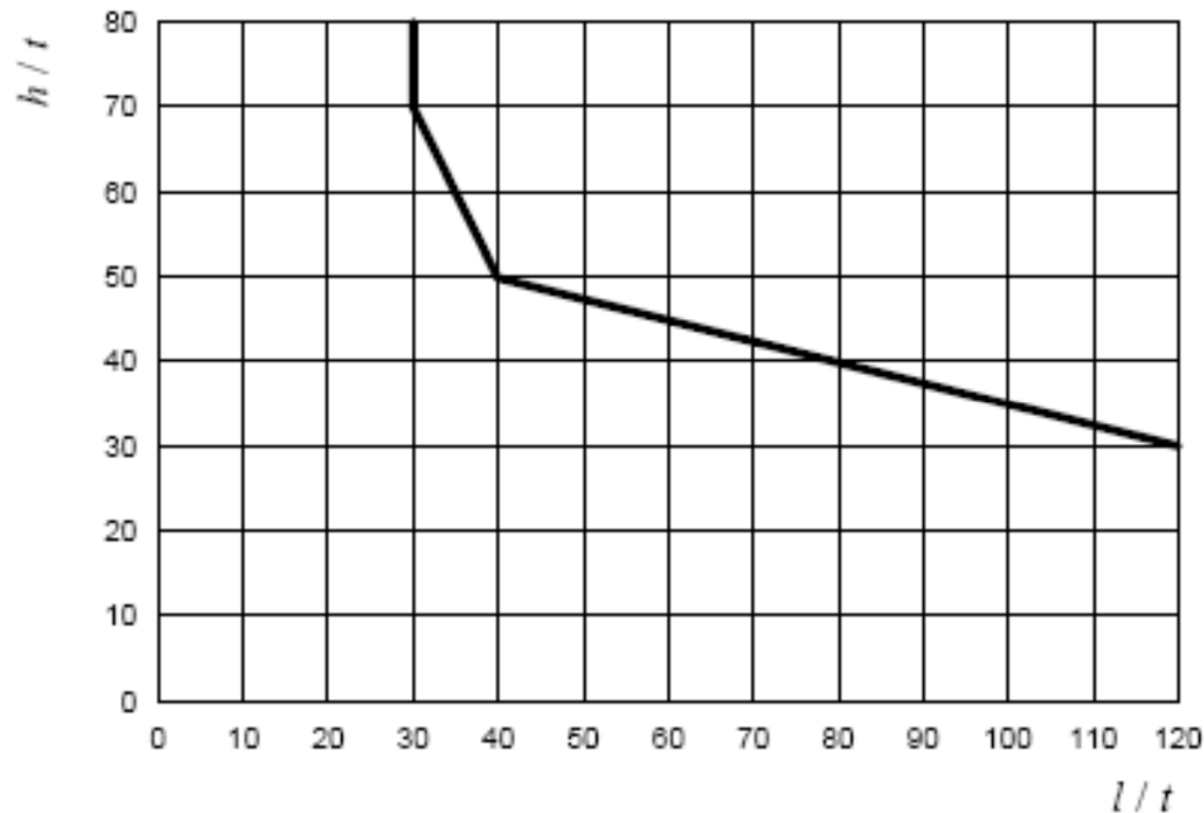



- Omezení rozměrů poměrem h/t a L/t (u dutinových stěn se uvažuje t_{ef}) – grafy



Mezní rozměry z hlediska použitelnosti

- Graf pro stěny podepřené podél všech 4 okrajů



 prostě uložený
nebo plně
spojitý okraj



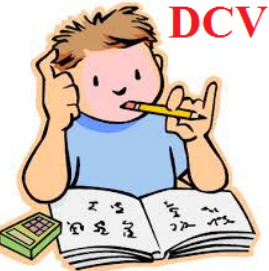


Zjednodušené metody navrhování nevyztužených zděných konstrukcí (ČSN EN 1996-3)

Možno použít za předpokladu splnění omezujících podmínek a to při navrhování:

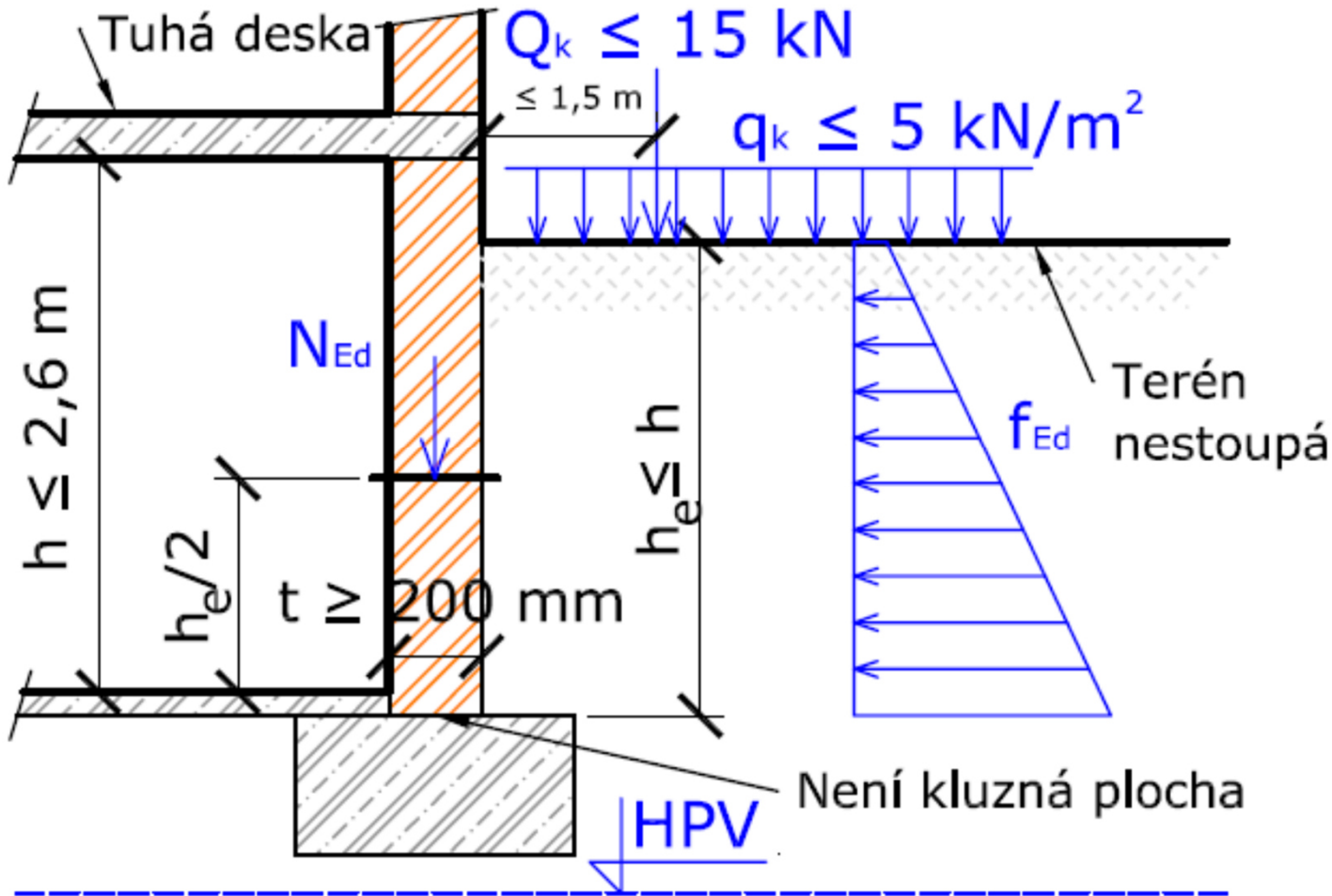
- Stěn (pilířů) v tlaku
- Smykových stěn ve smyku
- Ztužení budov vůči vodorovným silám
- Stěn pod soustředěným zatížením
- Stěn podzemních podlaží
- Vnitřních stěn, které nejsou namáhány svislým zatížením a na které působí boční zatížení





Stěny podzemních podlaží

- Podmínky



Stěny podzemních podlaží

- Zjednodušený výpočet stěn podzemních podlaží namáhaných zemním tlakem v klidu

$$N_{Ed,min} \geq F_{Ed} = \frac{\gamma b h h_e^2}{\beta_e t} \quad N_{Ed,max} \leq N_{Rd} = \frac{b t f_d}{3}$$

$N_{Ed,max}$ je největší hodnota svislého zatížení ve stěně na úrovni poloviční výšky zásypu (návrhová hodnota veškerého zatížení – stálého i proměnného)

$N_{Ed,min}$ nejmenší hodnota svislého stálého zatížení ve stěně na úrovni poloviční výšky zásypu (charakteristická hodnota stálého zatížení)

F_{Ed} je boční účinek zásypu; γ je objemová hmotnost zásypu



Stěny podzemních podlaží

β součinitel pro zohlednění vodorovného přenášení zatížení

$$\beta = 20 \quad \text{pro } L \geq 2h$$

$$\beta = 60 - 20(L/h) \quad \text{pro } h < L < 2h$$

$$\beta = 40 \quad \text{pro } L \leq h$$

h_e výška zásypu

h světlá výška stěny

f_d návrhová hodnota pevnosti zdiva v tlaku

b šířka posuzovaného průřezu stěny

L světlá vzdálenost příčných stěn (podpůrných kcí)

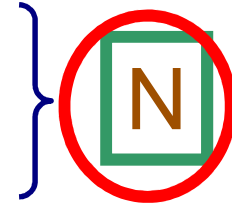




Vyztužené zdivo

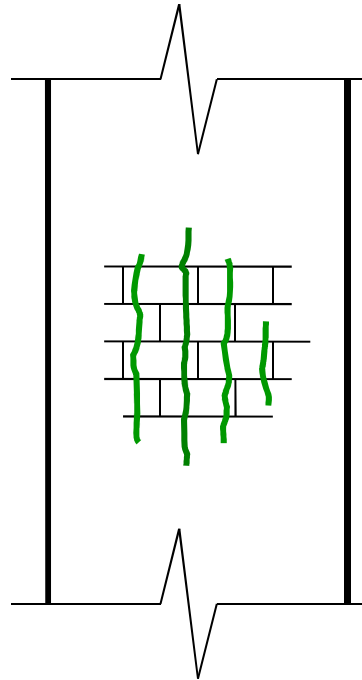
Vyztužování zdiva

- Zděné prvky zesilované oplášt'ováním
- Příčně vyztužené zděné prvky
- Podélně vyztužené zděné prvky - **M,V**



Zesilování oplášt'ováním

- Ocelové
- Železobetonové
- Vyztužované maltové



Oplášt'ování ocelovou konstrukcí

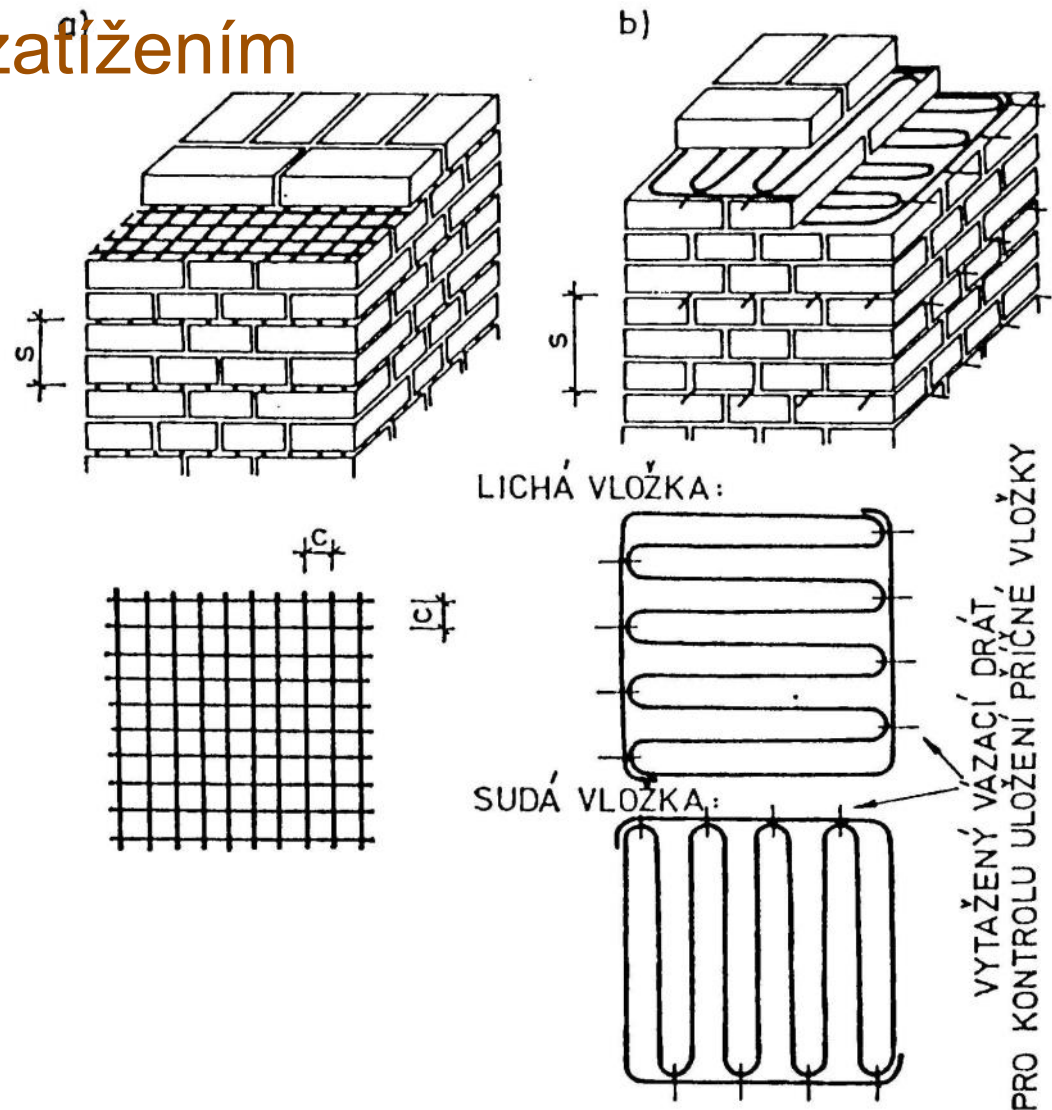
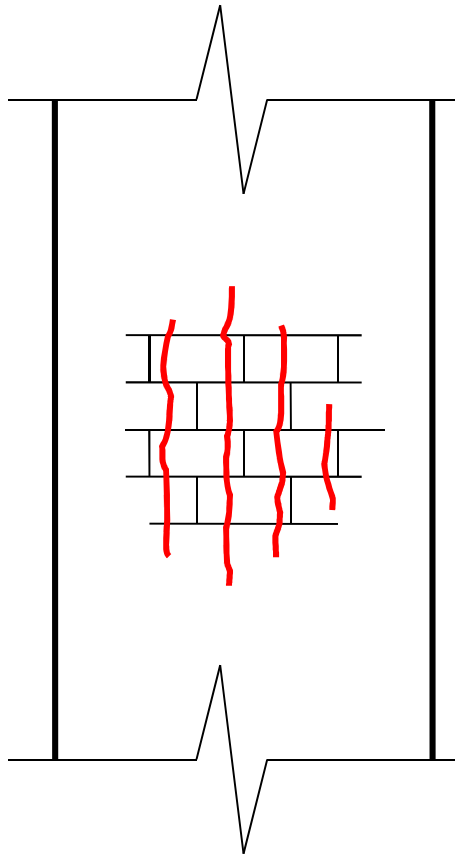


Železobetonové oplášt'ování



Příčně vyztužené zděné prvky

- Namáhané svislým zatížením



Příčně vyztužené zděné prvky

- Mezní únosnost příčně vyztuženého průřezu

$$N_{Rd} = \Phi_{i,m} b t f_{sd} \quad (4)$$

$$\Phi_i = 1 - 2e_i/t$$

Φ_m ... z tabulky pro e_{mk}/t a h_{ef}/t_{ef}

(stejně tabulky jako pro nevyztužený průřez, tabulka se vybere podle α_s , jako by se jednalo o K_E)

f_{sd} ... návrhová pevnost příčně vyztuženého zdiva

$$f_{sd} = f_k/\gamma_M + 2\rho\sigma_{sd} \leq 1,8f_d \quad (5)$$



Příčně vyztužené zděné prvky

- Souč. přetvárnosti příčně vyztuženého zdiva:

$$\alpha_s = K_E \cdot (\text{prům}f) / (\text{prům}f_{sk}) \quad (1)$$

K_E ... součinitel přetvárnosti nevyztuženého zdiva

$\text{prům}f$... průměrná pevnost zdiva v tlaku:

$$\text{prům}f = 2f_k \quad (2)$$

$\text{prům}f_{sk}$... průměrná pevnost příčně vyztuženého zdiva v tlaku:

$$\text{prům}f_{sk} = 2f_k + 2f_{yk}\rho \quad (3)$$

f_{yk} ... charakteristická mez kluzu použité oceli

ρ ... objemový stupeň vyztužení

f_k ... charakt. pevnost nevyztuž. zdiva v tlaku



Příčně vyztužené zděné prvky

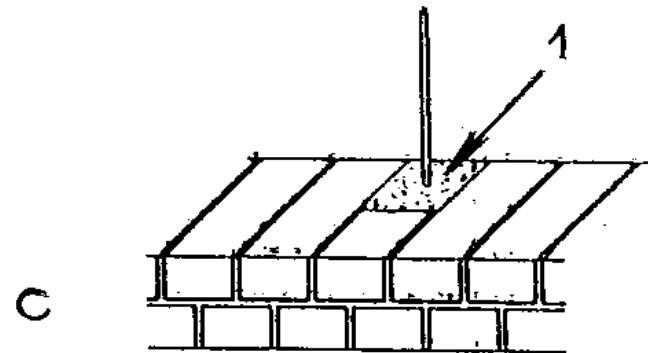
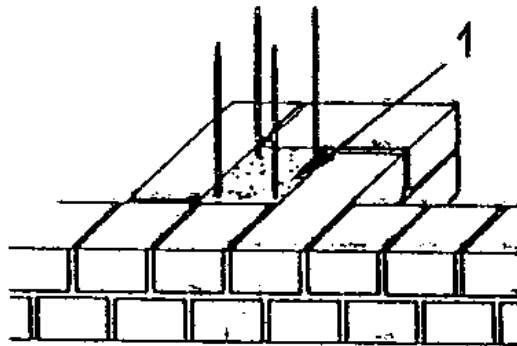
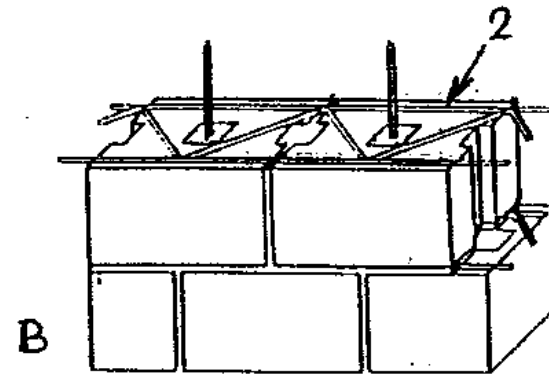
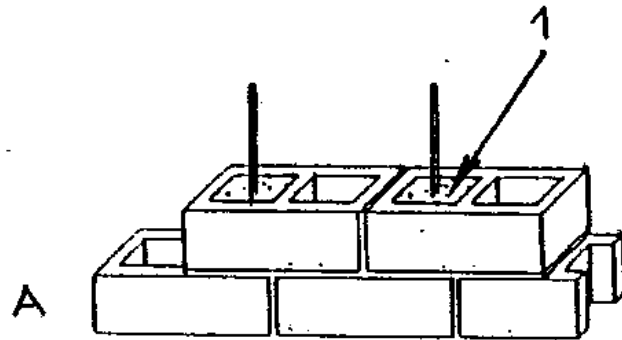
- Konstrukční zásady
 - Zdicí prvky skupiny 1
 - Vzdálenost $s \leq 400\text{mm}$
 ≤ 5 řad
 - Stupeň vyztužení (objemově!):
$$0,001 \leq \rho = V_s / V_m \leq 0,01$$
 - Redukované mezní napětí σ_{sd} :

svařované sítě	vázaná výztuž
200 MPa	150 MPa



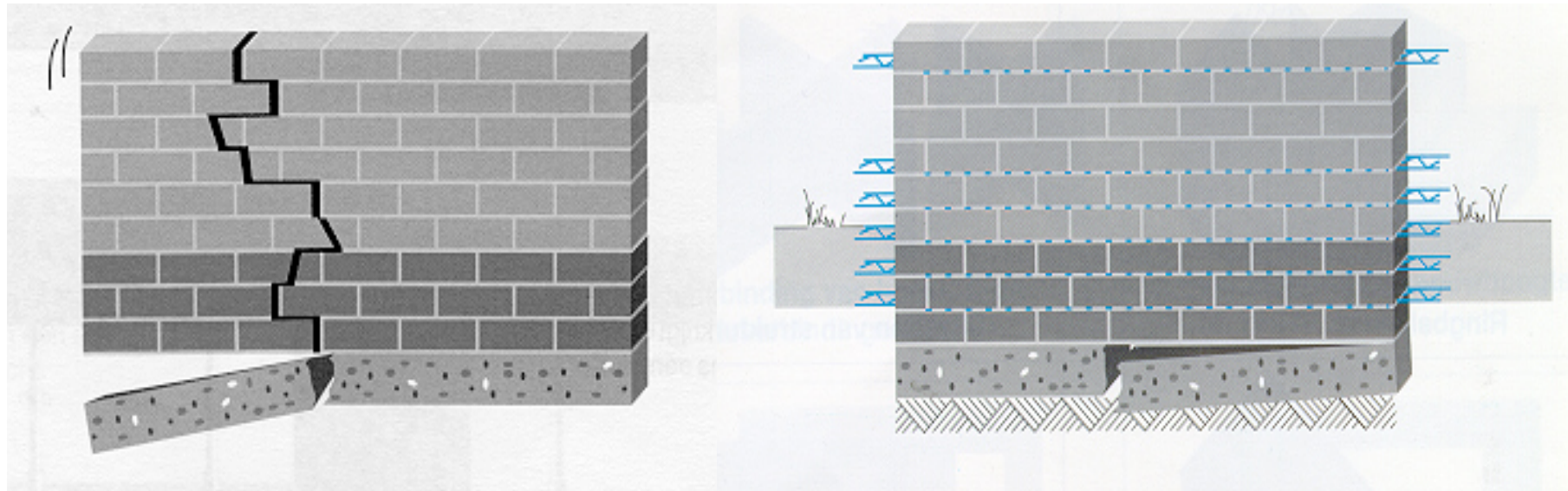
Podélně vyztužené zděné prvky

- Vyztužení svisle či vodorovně



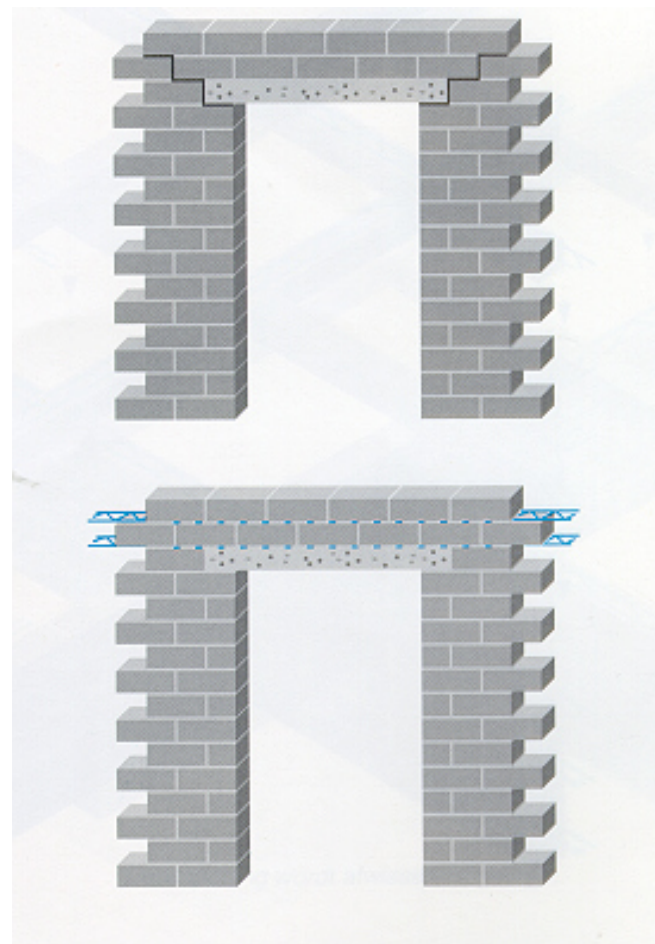
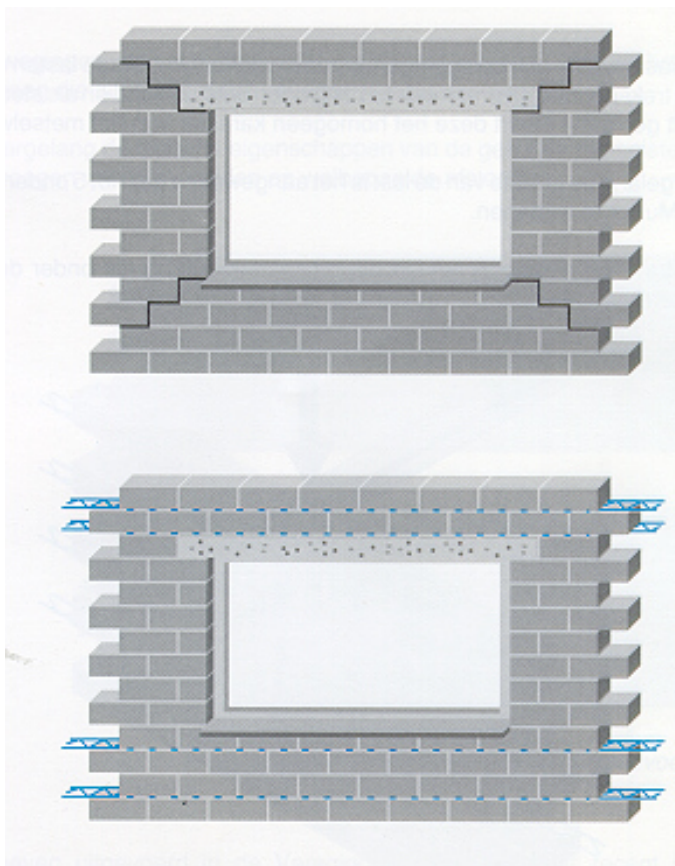
Výztuž do ložných spár zdiva – MURFOR

- *Příklad použití:* Rozdílná sedání – omezení trhlin



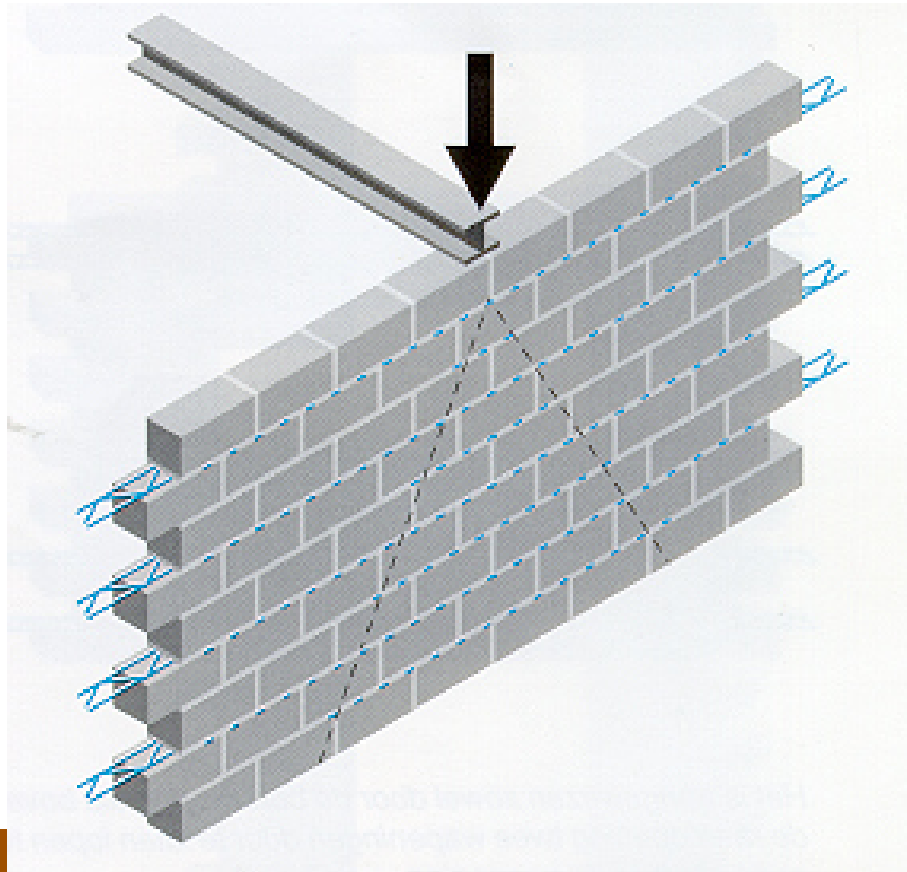
Výztuž do ložných spár zdiva – MURFOR

- *Příklad použití: Omezení trhlin v rozích otvorů*



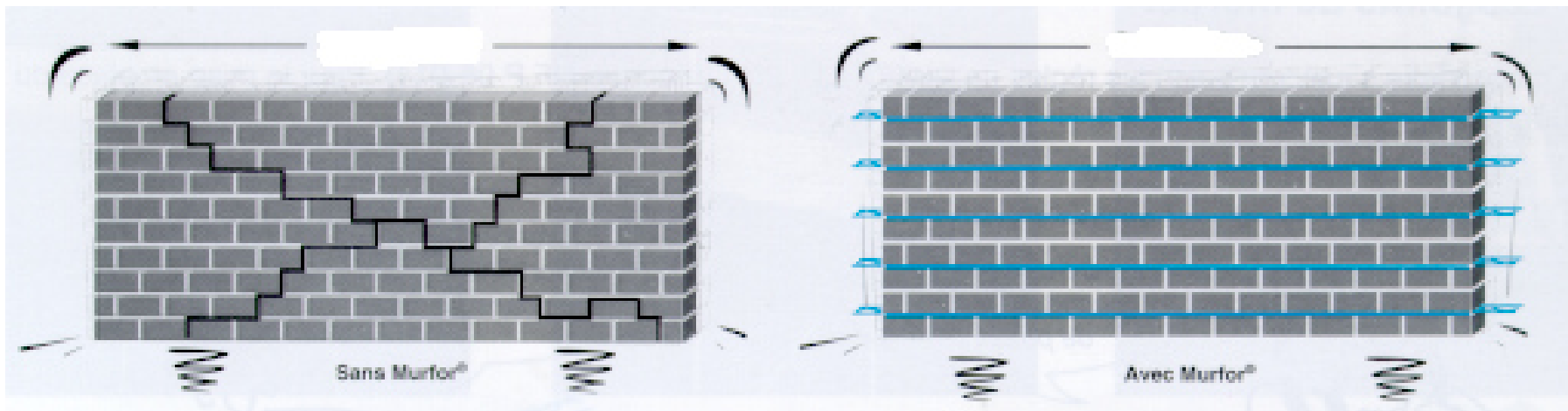
Výztuž do ložných spár zdiva – MURFOR

- *Příklad použití:* Roznesení soustředěného zatížení, omezení trhlin



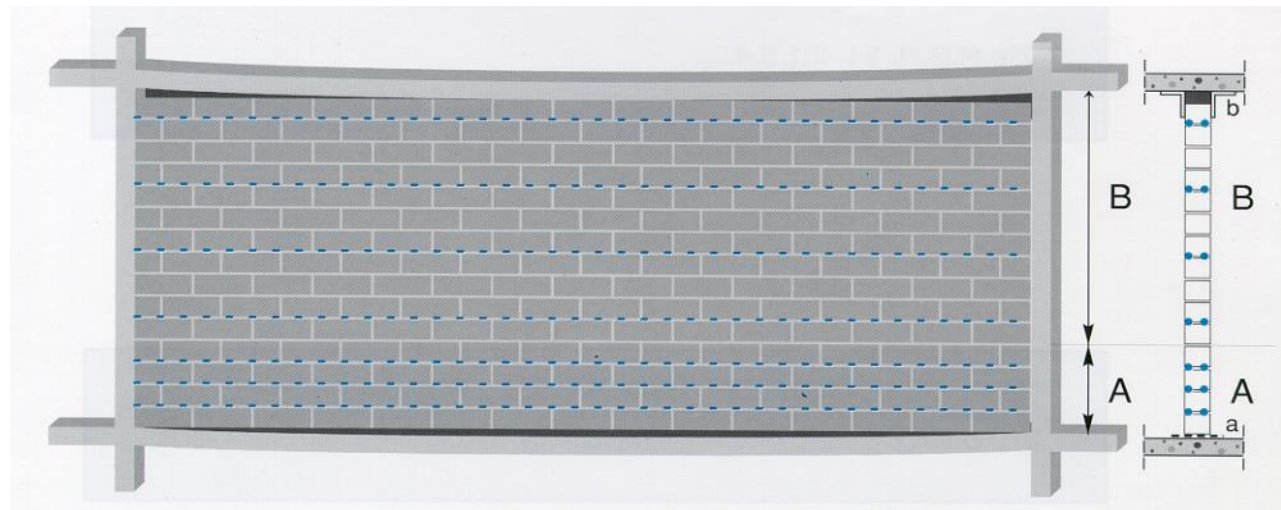
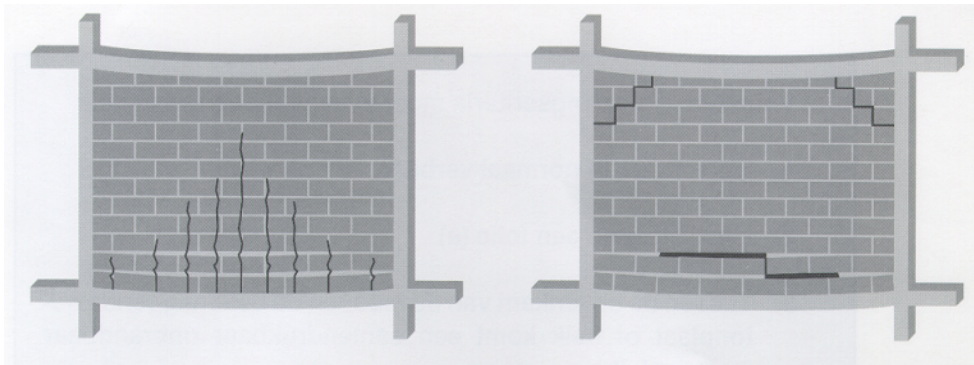
Výztuž do ložných spár zdiva – MURFOR

- *Příklad použití:* Omezení trhlin od vibrací, popř. seismických zatížení



Výztuž do ložných spár zdiva – MURFOR

- *Příklad použití:* Omezení trhlin ve stěnách na poddajných stropech





**Hodně úspěchů při studiu
(nejen) zděných konstrukcí!**