

Navrhování zděných konstrukcí podle Eurokódu 6

Přednášející:

► Ing. Pavel KOŠATKA, CSc.

Katedra betonových a zděných konstrukcí FSv ČVUT v Praze

Literatura:

- [1] ČSN EN 1996-1-1: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce, ČNI 2006
- [2] Košatka, P.: Příklady navrhování zděných konstrukcí 1, nakladatelství ČVUT, přepracovaný dotisk 2010
- [3] Košatka, P., Lorenz, K., Vašková, J.: Zděné konstrukce 1, nakladat. ČVUT, doplněný dotisk 2010
- [4] ČSN EN 1996-3: Navrhování zděných konstrukcí – Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí, ČNI 2007
- [5] Broukalová, I., Košatka P.: Navrhování zděných konstrukcí, příručka k ČSN EN 1991-1-1, Informační centrum ČKAIT 2010

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 konstrukcí 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 zdíva

ČSN EN 1996-3: Navrhování zděných konstrukcí – Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí

ČSN EN 1996 - 1-1 nepokrývá:

- odolnost proti požáru (tu obsahuje EN 1996-1-2);
- specifické znaky zvláštních druhů pozemních staveb (například účinky dynamických zatížení na vysoké budovy);
- specifické znaky zvláštních druhů inženýrských staveb (například zděných mostů, přehrad, komínů a nádrží na kapaliny);
- specifické znaky zvláštních druhů konstrukcí (například kleneb nebo kupolí);
- zdivo se sádrovou maltou bez nebo s přísadou cementu;
- zdivo se zdicími prvky, které nejsou kladeny ve vrstvách s pravidelnou vazbou (smíšené zdivo);
- zdivo vyztužené jinou než ocelovou výztuží.

ZDIVO = ZDICÍ PRVKY + MALTA

ZDICÍ PRVKY ČSN EN 771- Specifikace zdicích prvků
ČSN EN 772- Zkušební metody pro zdicí prvky

► Kategorie zdicích prvků

- Kategorie I : pravděpodobnost, že se nedosáhne deklarované pevnosti je menší než 5%
Kategorie II : zdicí prvky nesplňující kategorii I

► Skupiny zdicích prvků (zařazuje výrobce)

- Skupina 1: plně a svislé díry nebo dutiny do 25% objemu
Skupina 2: svislé díry nebo dutiny 25 až 55% objemu
Skupina 3: svislé díry nebo dutiny 55 až 70% objemu
Skupina 4: vodorovné díry nebo dutiny 25 až 70% objemu

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

► Normalizovaná pevnost zdicího prvku v tlaku

$$f_b = h d f_u \text{ [MPa]}$$

$h = 1$

kondicionování na vzduchu nebo

kondicionování pro dosažení 6% vlhkosti

$h = 0,8$

kondicionování pro dosažení vysušeného stavu

$h = 1,2$

kondicionování pod vodou

d

vliv rozměrů zdicího prvku

f_u

průměrná pevnost zdicího prvku v tlaku [MPa]

ČSN EN 772-1: Tabulka A.1 – Součinitel tvaru d vyjadřující vliv rozměrů zdicího 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

ČSN EN 998-2: Specifikace malt pro zdivo – Část 2: Malta pro zdění

MALTY: (pojmy potřebné pro navrhování)

pevnost malty v tlaku f_m [MPa] podle ČSN EN 1015-11

druhy malt:

- **obyčejné** - tloušťka ložné spáry 10 nebo 12mm
- **pro tenké spáry** - tloušťka ložné spáry 0,5 až 3mm
- **lehké** (s pórovitým kamenivem) - ložná spára 10 nebo 12mm

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

ZDIVO

► Pevnost zdiva f v tlaku kolmém k ložným spárám

stanovíme zkouškou podle ČSN EN 1052-1 nebo ze vzorců:

Charakteristická hodnota pevnosti zdiva v tlaku f_k

- pro zdivo z **obyčejné malty a malty s pórovitým kamenivem** :

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

- pro 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 pórabetonu**

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

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

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

kde

K součinitel závislý na druhu zdicích prvků a malty ([1], tabulka 3.3),

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 nebo $\leq 2 f_b$ při použití obyčejné malty;

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

[1], část tabulky 3.3: Součinitele K

Zdicí prvky		Obyčejná malta	Malta pro tenké spáry (tloušťka spáry od 0,5 mm do 3 mm)	Lehká malta obj. hmotn. $800 \leq \rho_d \leq 800 \text{ kg/m}^3$
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	0,60	†
	Skupina 2	0,45	0,65	†
Betonové	Skupina 1	0,55	0,60	0,45
	Skupina 2	0,45	0,55	0,45
	Skupina 3	0,40	0,50	†
	Skupina 4	0,35	†	†
Pórabetonové	Skupina 1	0,55	0,80	0,45

► **Pevnost zdiva f_h v tlaku kolmém ke styčným spárám**

$$f_h / f = 0,1 \text{ až } 0,9$$

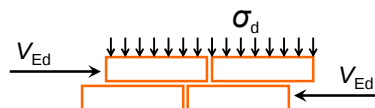
přibližně platí:

- 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**

Počáteční charakteristická hodnota pevnosti ve smyku f_{vk0} se musí stanovit zkouškou podle ČSN EN 1052-3 nebo ČSN EN 1052-4.

V ČR platí doporučení stanovit hodnotu f_{vk0} podle [1], tabulky 3.4 (podle druhu zdicích prvků a malty)



[1], část tabulky 3.4: **Počáteční smyková pevnost f_{vk0}**

Zdicí prvky	f_{vk0} (MPa)		
	Obyčejná malta pevnostní třídy	Malta pro tenké spáry (o tloušťce od 0,5 mm do 3 mm)	Lehká malta
Pálené	M10 – M20	0,30	0,15
	M2,5 – M9	0,20	
	M1 – M2	0,10	
Vápenopískové	M10 – M20	0,20	0,15
	M2,5 – M9	0,15	
	M1 – M2	0,10	
Betonové a hutným nebo pórovitým kamenivem	M10 – M20	0,20	0,15
Pórobetonové	M2,5 – M9	0,15	

Charakteristická hodnota pevnosti zdiva ve smyku f_{vk}

zdiva vyzdženého za použití obyčejné malty nebo malty pro tenké spáry tloušťky nebo lehké malty, pokud **všechny spáry jsou zcela vyplněny maltou**:

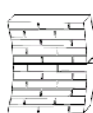
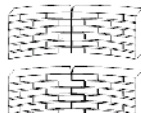
$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 s_d \leq 0,065 f_b$$

zdiva vyzdženého za použití obyčejné malty nebo malty pro tenké spáry nebo lehké malty, pokud **styčné spáry nejsou zcela vyplněny maltou**:

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

► **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 [1] (podle druhu zdicích prvků a malty z tabulky)


 f_{xk1}

 f_{xk2}

Hodnoty f_{xk1} pro rovinu porušení rovnoběžnou s ložnými spárami

Zdicí prvky	f_{xk1} (MPa)		
	Obyčejná malta $f_m < 5 \text{ MPa}$	Malta pro tenké spáry $f_m \geq 5 \text{ MPa}$	Lehká malta
Pálené	0,10	0,10	0,15
Vápenopískové	0,05	0,10	0,20
Betonové s hutným nebo pórovitým kamenivem	0,05	0,10	0,20
Pórobetonové ^{x)}	0,05	0,10	0,15

^{x)} $f_{xk1} \leq 0,035 f_b$, pro zdivo s maltou ve svisl. spárách nebo bez ní;

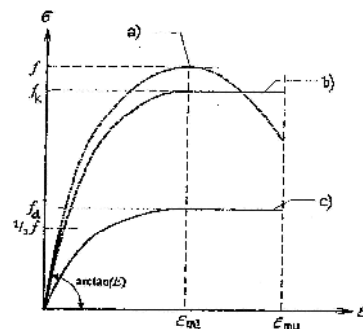
Hodnoty f_{yk2} pro rovinné porušení kolmou na ložné spáry

Zdicí prvky	f_{yk2} (MPa)			
	Obyčejná malta	Malta pro tenké spáry	Lehká malta	
	$f_m < 5 \text{ MPa}$	$f_m \geq 5 \text{ MPa}$		
Pálené	0,20	0,40	0,15	0,10
Vápenopiskové	0,20	0,40	0,30	nepoužívá se
Betonové s hutným nebo pórovitým kamenivem	0,20	0,40	0,30	nepoužívá se
Pórobetonová	$\rho_b < 400 \text{ kg/m}^3$	0,20	0,20	0,15
	$\rho_b \geq 400 \text{ kg/m}^3$	0,20	0,40	0,15

^{*)} $f_{yk2} \leq 0,035 f_b$ pro zdivo s maltou ve svislých spárách nebo $0,025 f_b$ pro zdivo bez maltky ve svislých spárách.

► Pracovní diagram zdiva pro namáhání v tlaku

- a) obecný
b) idealizovaný
c) návrhový



► Modul pružnosti

Krátkodobý modul pružnosti zdiva E je sečnový modul. Jeho hodnota se stanoví **zkouškami** podle normy EN 1052-1 (při zkoušce zdiva v tlaku) nebo lze použít krátkodobý sečnový modul pružnosti zdiva

$$E = K_E f_k$$

podle Národní přílohy normy [1] se doporučuje:

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

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

► Modul přetvárnosti

Dlouhodobý modul pružnosti (modul přetvárnosti) možno odhadnout dle vztahu:

$$E_{lt} = E / (1 + F_{\infty})$$

kde:

F_{∞} konečná hodnota součinitele dotvarování

$$F_{\infty} = e_{\infty} / e_{el}$$

e_{∞} konečná hodnota poměrného přetvoření vlivem dotvarování

$e_{el} = s / E$ poměrné pružné přetvoření

► Objemové změny

Druh zdicích prvků	Konečné hodnoty součinitele dotvarování ϕ_{∞}	Konečné hodnoty délkových změn vlivem vlhkosti mm/m	Součinitele délkové tepelné roztažnosti α_t 10 ⁻⁶ /K
Pálené	0,5 až 1,5	-0,2 až +1,0	4 až 8
Vápenopiskové	1,0 až 2,0	-0,4 až -0,1	7 až 11
Z betonu s hutným kamenivem a z umělého betonu	1,0 až 2,0	-0,6 až -0,1	6 až 12
Z betonu s pórovitým kamenivem	1,0 až 3,0	-1,0 až -0,2	8 až 12
Pórobetonové	0,5 až 1,5	-0,4 až +0,2	7 až 9