

DJELOVANJA

Parcijalni faktori sigurnosti za djelovanja

Tablica 2.2. Parcijalni koeficijenti sigurnosti za stalna i promjenljiva djelovanja na konstrukcije.

Učinak	Stalno djelovanje (γ_G) G_d	Promjenljivo djelovanje (γ_Q)		Prednapinjanje (γ_p)
		prvo ili jedino, sa svojom karakterističnom vrijednosti	ostala, s faktorima kombinacije	
Povoljna	1,0	0,0	0,0	0,9
Nepovoljna	1,35	1,5	1,35	1,2

Tablica 1: Parcijalni faktori sigurnosti za stalna i promjenljiva djelovanja na konstrukcije (S.Takač, Zidane konstrukcije, Tablica 2.2, str.29.)

Osnovna kombinacija

$$\sum_i \gamma_{G,i} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{j>1} \gamma_{Q,j} \cdot \psi_{0,j} \cdot Q_{k,j}$$

Pojednostavljene kombinacije

$$\gamma_G \cdot \sum_i G_{k,i} + \gamma_Q \cdot Q_{\max} \quad - 1. \text{ pojednostavljeno pravilo}$$

$$\gamma_G \cdot \sum_i G_{k,i} + \psi \cdot \gamma_Q \cdot \sum_j Q_{k,j} \quad - 2. \text{ pojednostavljeno pravilo}$$

- u ovom slučaju usvajamo da je: $\psi = 0,9$

Tablica 2.1. Računske vrijednosti djelovanja pri njihovoj kombinaciji

Računske situacije	Stalno djelovanje (G_d)	Promjenljivo djelovanje		Slučajna djelovanja (A_d)
		prvo ili jedino, sa svojom karakterističnom vrijednosti	ostala, s faktorima kombinacije	
Stalna i kratkotrajna	$\gamma_G G_k$	$\gamma_Q Q_k$	$\psi_0 \gamma_Q Q_k$	-
Slučajna	$\gamma_{GA} G_k$	$\psi_1 Q_k$	$\psi_2 Q_k$	$\gamma_A A_k$ (ako A_d nije izravno određeno)

Tablica 2: Računske vrijednosti djelovanja pri njihovoj kombinaciji (S.Takač, Zidane konstrukcije, Tablica 2.1, str.27.)

MATERIJALI

Parcijalni faktori sigurnosti za materijal ovise o kategoriji izvođenja zida i o kategoriji proizvodnje zidnih blokova. Ove kategorije te vrijednosti parcijalnih faktora sigurnosti za materijal potrebno je definirati nacionalnim dokumentima primjene.

Tablica 2.3. Parcijalni koeficijenti sigurnosti za svojstva materijala (γ_M)

Materijal			Kategorija izvođenja zida		
			A	B	C
Zid	Kategorija kontr. proizvodnje zidnih blokova	I	1,7	2,2	2,7
		II	2,0	2,5	3,0
Prednapinjanje, vlačni i tlačni otpor zidnih sidara i traka			2,5	2,5	2,5
Čvrstoća prijanjanja armature			1,7	2,2	-
Čelik (γ_S)			1,15	1,15	-

Tablica 3: Računske vrijednosti djelovanja pri njihovoj kombinaciji
(S.Takač, Zidane konstrukcije, Tablica 2.3, str.30.)

Zidne blokove dijelimo u klase ovisno o kontroli pri proizvodnji:

- klasa I: zidni blokovi koji imaju deklariranu tlačnu čvrstoću kao 5% fraktil
- klasa II: zidni blokovi koji imaju deklariranu tlačnu čvrstoću kao srednju vrijednost

Kategorija izvođenja zida:

A - potpuna kontrola zidanja:

- projektant ili nadzor sa stalnim boravkom na gradilištu
- dokazivanje usklađenosti s propisima preliminarnim ispitivanjem tlačne čvrstoće
- mort se miješa miješalicom i osigurana je stalna kontrola tlačne čvrstoće
- zidaju vješti zidari

B - druga po kakvoći kontrola

- projektant ili nadzor povremeno vrše kontrolu
- kontrola morta

C - najslabija kontrola

- kada projektant nije prisutan ili rijetko prisutan
- ne smije se primjenjivati za armirano ili prednapeto zide osim za kompozitne nadvoje rađene s mortom pripremanim u mješalici te za koje je izvedba kontrolirana i ako zide sadrži predgotovljenu armaturu koja služi samo za kontrolu pukotina

VRSTE ZIDNIH BLOKOVA

GLINENI ZIDNI BLOKOVI

- opeka i opečni blokovi;
- nastaju pečenjem elemenata od sirove gline.

KALCIJ-SILIKATNI ZIDNI BLOKOVI

- proizvedeni od smjese silikatnog agregata, vapna, izrađeni pod tlakom i zaparivani.

BETONSKI ZIDNI BLOKOVI

- proizvedeni od smjese agregata normalne težine (kamena) i cementa, izvedeni u kalupima, vibrirani.

BETONSKI ZIDNI BLOKOVI OD LAKOG AGREGATA

- proizvedeni od smjese lakog agregata (npr. ekspandirana šljaka visokih peći, ekspandirana glina) i veziva, izvedeni u kalupima, vibrirani.

PORASTI (AUTOKLAVIRANI AERIRANI) ZIDNI BLOKOVI

- proizvedeni od smjese silicijskog agregata, cementa, vapna i dodatka za stvaranje mjehurića;
- izrađuje se u autokalvama i oblikuje rezanjem.

KAMENI ZIDNI BLOKOVI

- izrađeni od blokova kamena klesanih ili rezanih na određene dimenzije, te od lomljenog kamena nepravilnog oblika.

Zidne blokove dijelimo u grupe. Autoklavirani aerirani betonski blokovi, blokovi umjetnog kamena i obrađenog prirodnog kamena smatraju se grupom 1. Za ostale blokove grupe određujemo prema tablici:

	Materijal i uvjeti za grupe							
	Grupa 1 (svi materijali)	Zidni blokovi	Grupa 2		Grupa 3		Grupa 4	
			Vertikalne šupljine				Horizontalne šupljine	
Volumen svih šupljina (% ukupnog volumena)	≤ 25	glina	> 25; ≤ 55		≥ 25; ≤ 70		> 25; ≤ 70	
		kalcij silikat	> 25; ≤ 55		ne koristi se		ne koristi se	
		beton ^b	> 25; ≤ 60		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
Volumen pojedine šupljine (% ukupnog volumena)	≤ 12,5	glina	svaka od ponavljanih šupljina ≤ 2 rupe za prijenos do ukupno 12,5		svaka od ponavljanih šupljina ≤ 2 rupe za prijenos do ukupno 12,5		svaka od ponavljanih šupljina ≤ 30	
		kalcij silikat	svaka od ponavljanih šupljina ≤ 15 rupe za prijenos do ukupno 30		ne koristi se		ne koristi se	
		beton ^b	svaka od ponavljanih šupljina ≤ 30 rupe za prijenos do ukupno 30		svaka od ponavljanih šupljina ≤ 30 rupe za prijenos do ukupno 30		svaka od ponavljanih šupljina ≤ 25	
Deklarirana debljina hrpta i ljuski (mm)	nema uvjeta		hrbat	ljuska	hrbat	ljuska	hrbat	ljuska
		glina	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
		kalcij silikat	≥ 5	≥ 10	ne koristi se		ne koristi se	
		beton ^b	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Deklarirana kombinirana debljina ^a hrpta i ljuski (% ukupne debljine)	nema uvjeta	glina	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
		kalcij silikat	≥ 20		ne koristi se		ne koristi se	
		beton ^b	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

^a Kombinirana debljina je debljina hrpta i ljuski mjereno horizontalno u pravcu okomitom na lice zida. Ova provjera je samo kvalifikacijska i treba ju ponoviti u slučaju osnovnih promjena dimenzija blokova.

^b U slučaju koničnih ili kružnih šupljini koristi se srednja vrijednost debljine hrpta ili ljuski.

Tablica 4: Geometrijski uvjeti za grupiranje zidnih blokova (Table 3.1, prEN 1996-1-1:2003, str.31.)

TLAČNA ČVRSTOĆA ZIDNIH BLOKOVA

- tlačnu čvrstoću blokova, koju koristimo u proračunu, f_b određujemo tako da:

-srednja tlačna čvrstoća dobivena ispitivanjem (dobivena na uzorku širine 100mm i visine 100mm) pretvaramo u normaliziranu množenjem:

- za blokove od pečene gline s 1,10
- za ostale blokove s 1,20

-tlačna čvrstoća zidnih blokova dobiva množenjem normalizirane tlačne čvrstoće s faktorom oblika:

Visina zidnog elementa(mm)	Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm)				
	50	100	150	200	≥250
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	1.55	1.45	1.35	1.25	1.15

Tablica 5: Faktor oblika δ
(Z.Sorić, Zidane konstrukcije I, Tablica 3.2, str.46.)

Za vrijednosti između prikazanih u tablici dopuštena je linearna interpolacija.

- minimalna tlačna čvrstoća:

$$f_{b,\min,\text{vert.}} = 4,0\text{N/mm}^2$$

$$f_{b,\min,\text{hor.}} = 2,0\text{N/mm}^2$$

MORT

-mort se klasificira s oznakom M i brojem koji predstavlja tlačnu čvrstoću u N/mm^2 (npr. M5)

Vrste mortova:

- cementni mort** - smjesa određenih količina cementa i pijeska, te dodataka (po potrebi)
- cementno-vapneni mort** - smjesa određenih količina vapna, cementa i pijeska (produžni mort);
- tankoslojni mort** - unaprijed pripremljeni cementni mort s maksimalnim zrnom pijeska do 1mm i s kemijskim dodacima, debljina ovog morta (ljepila) je 1-3mm;
- hidraulični vapneni mort** - smjesa određenih količina hidratiziranog vapna i pijeska;
- unaprijed pripremljeni mort** (ready mixed mortar) - doprema se na gradilište u suhom stanju;
- lakoagregatni mort** - mort od lakog agregata gustoće $\rho < 1000kg/m^3$, agregati: perlit, ekspanzirana glina, plovuđac i slično.

Klasifikacija morta: računski tlačna čvrstoća

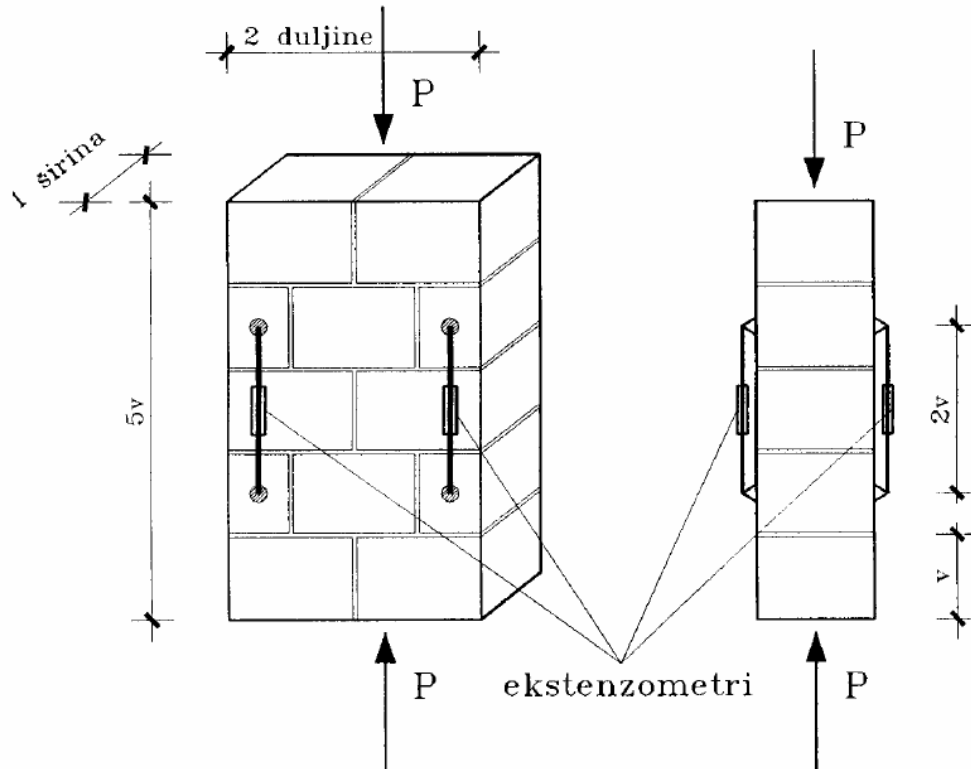
Vrsta morta	Minimalna tlačna čvrstoća nakon 28 dana (N/mm^2)	Približni sastav		
		cement	hidratizirano vapno	pijesak
M20	20	treba odrediti ispitivanjem		
M15	15	1	0 - $\frac{1}{4}$	3
M10	10	1	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$	4 - $4\frac{1}{4}$
M5	5	1	$\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{4}$	5 - 6
M2	2	1	$1\frac{1}{4}$ - $2\frac{1}{2}$	8 - 9

Tablica 6: Vrste morta (prema EC6)
(Z.Sorić, Zidane konstrukcije I, Tablica 3.6, str.51.)

TLAČNA ČVRSTOĆA ZIDA

Možemo ju odrediti **eksperimentalno** ili **izračunom** na temelju eksperimentalno određenih čvrstoća morta i zidnog bloka.

Eskperimentalno



Mali uzorci zida (ispitivanje tlačne čvrstoće)

Slika 1: Eksperimentalno utvrđivanje nosivosti
(Z.Sorić, Zidane konstrukcije I, Slika 3.2, str.57.)

Izračunom

Općeniti uvjeti koji moraju biti ispunjeni za proračun tlačne čvrstoće zida preko formula:
-ukoliko je opterećenje paralelno sa sljubnicama karakteristična tlačna čvrstoća određuje se prema istim formulama gdje je f_b određen ispitivanjem na uzorcima te množen s faktorom δ ali ne veći od 1,0, te za Grupe 2 i 3 faktor K množimo s 0,5.
-debljina zida je jednaka je širini ili debljini zidnih blokova tako da ne postoji vertikalna sljubnica kroz cijeli ili dio zida, ukoliko postoji takva sljubnica faktor K množimo s 0,80;
-kada se koriste zidni blokovi koji imaju džepove za mort, okomite sljubnice se smatraju popunjenima ako je minimalno 40% širine bloka ispunjeno cijelom visinom.

Karakteristična tlačna čvrstoća zida za **mort opće namjene**:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$$

-horizontalne i vertikalne sljubnice moraju imati debljinu od najmanje 6mm i najviše 15mm;
-za f_b ne smijemo uzeti više od 75N/mm^2 ;
-za f_m ne smijemo uzeti više od 20N/mm^2 ili $2f_b$;

Karakteristična tlačna čvrstoća zida za **lakoagregatni mort**:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25}$$

-horizontalne i vertikalne sljubnice moraju imati debljinu od najmanje 6mm i najviše 15mm;
-za f_m ne smijemo uzeti manje od 10N/mm^2 ;

Karakteristična tlačna čvrstoća zida za **tankoslojni mort**:

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

-horizontalne i vertikalne sljubnice moraju imati debljinu od najmanje 0,5mm i najviše 3mm;
-zidni blokovi moraju imati propisanu toleranciju mjera;
-za f_b ne smijemo uzeti više od 50N/mm^2 ;

-za zidne blokove od gline Grupe 2 i 3 koristimo formulu:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,70}$$

Karakteristična tlačna čvrstoća zida s **mortom u trakama**:

- širina svake trake mora biti barem 30mm;
- omjer g/t smije biti najmanje 0,4;
- za Grupu 1 i 4 s dvije ili više traka morta od koje su dvije na rubovima blokova koristimo formulu:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25} \quad \text{- za mort opće namjene i lakoagregatni mort}$$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85} \quad \text{ili} \quad f_k = K \cdot f_b^{0,70} \quad \text{- tankoslojni mort}$$

-K određujemo prema omjeru $g/t \leq 0,4$:

$g/t = 1,0$ prema tablici 6.

$g/t = 0,4$ prema tablici te množimo s 0,5

-međuvrijednosti se mogu interpolirati.

g - ukupna debljina traka morta

t - debljina zida

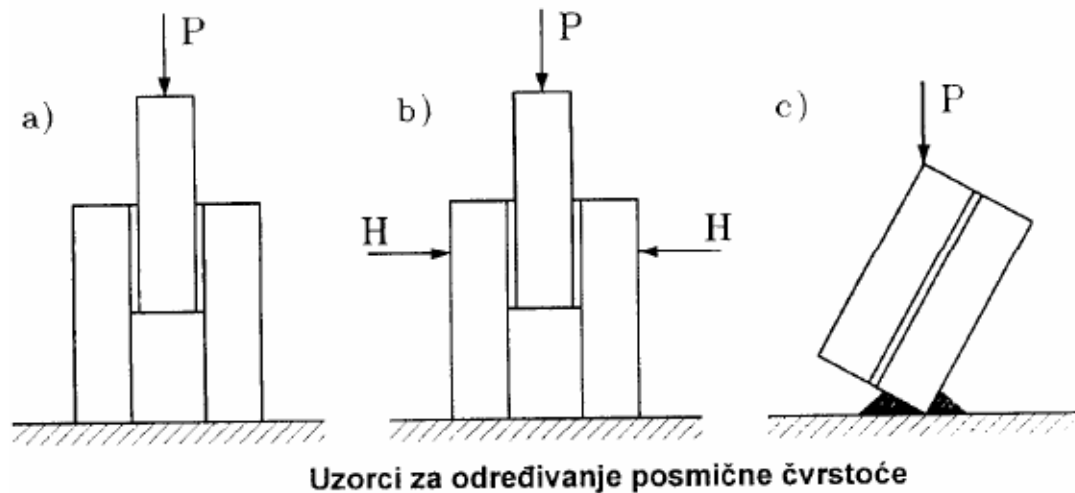
Zidni blok		Mort opće namjene	Tankoslojni mort	Lakoagregatni mort	
				$600 \leq \rho \leq 800$ [kg/m ³]	$800 \leq \rho \leq 1500$ [kg/m ³]
Glina	Grupa 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Grupa 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Grupa 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Grupa 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Kalcijev silikat	Grupa 1	0,55	0,80	ne koristi se	ne koristi se
	Grupa 2	0,45	0,65	ne koristi se	ne koristi se
Beton	Grupa 1	0,55	0,80	0,45	0,45
	Grupa 2	0,45	0,65	0,45	0,45
	Grupa 3	0,40	0,50	ne koristi se	ne koristi se
	Grupa 4	0,35	ne koristi se	ne koristi se	ne koristi se
Autoklavirani aerirani beton	Grupa 1	0,55	0,80	0,45	0,45
Umjetni kamen	Grupa 1	0,45	0,75	ne koristi se	ne koristi se
Obradjeni prirodni kamen	Grupa 1	0,45	ne koristi se	ne koristi se	ne koristi se

Tablica 7: Vrijednosti K (Table 3.3, prEN 1996-1-1:2003, str.37.)

POSMIČNA ČVRSTOĆA ZIDA

Možemo ju odrediti **eksperimentalno** ili **izračunom** na temelju eksperimentalno određenih čvrstoća morta i zidnog bloka.

Eskperimentalno



Slika 2: Eksperimentalno utvrđivanje posmične nosivosti
(Z.Sorić, Zidane konstrukcije I, Slika 3.8, str.63.)

Izračunom

Za zidove s ispunjenim vertikalnim sljubnicama:

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4\sigma_d \leq 0,065f_b \text{ ili } f_{vlt}$$

Za zidove s neispunjenim vertikalnim sljubnicama:

$$f_{vk} = 0,5f_{vko} + 0,4\sigma_d \leq 0,045f_b \text{ ili } f_{vlt}$$

Za zidove s mortom u trakama:

$$f_{vk} = \frac{g}{t} f_{vko} + 0,4\sigma_d \quad \text{-ali ne veći od zidova s neispunjenim vertikalnim sljubnicama}$$

gdje je:

f_{vk} - posmična nosivost zida

f_{vko} - početna posmična nosivost zida (kada je tlačno naprezanje $\sigma_d = 0$)

σ_d - računsko tlačno naprezanje u zidu

f_b - normalizirana tlačna čvrstoća zidnog bloka

g - ukupna debljina traka morta

t - debljina zida

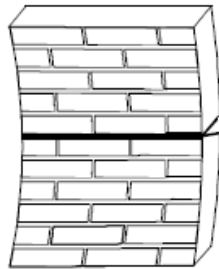
Početna posmična nosivost zida određujemo ispitivanjem ili iz tablice:

Zidni blokovi	$f_{vk0} (N/mm^2)$			
	Mort opće namjene		Tankoslojni mort	Lakoagregatni mort
Glina	M10 - M20	0,30	0,30	0,15
	M2,5 - M9	0,20		
	M1 - M2	0,10		
Kalcijev silikat	M10 - M20	0,20	0,40	0,15
	M2,5 - M9	0,15		
	M1 - M2	0,10		
Beton	M10 - M20	0,20	0,30	0,15
Autoklavirani aerirani beton	M2,5 - M9	0,15		
Umjetni kamen i obrađeni prirodni kamen	M1 - M2	0,10		

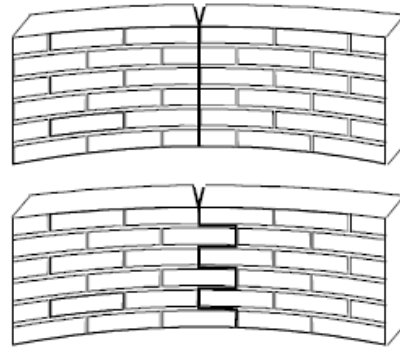
Tablica 8: Vrijednosti početne posmične nosivosti zida (Table 3.4, prEN 1996-1-1:2003, str.40.)

KARAKTERISTIČNA ČVRSTOĆA NA SAVIJANJE

Promatramo dvije čvrstoće:



a) savijanje koje ima ravninu sloma u ravnini sljubnica f_{xk1} i



b) savijanje koje ima ravninu sloma okomito na ravninu sljubnica f_{xk2} .

Slika 3: Ravnine sloma pri savijanju (Figure 3.1, prEN 1996-1-1:2003, str.41.)

Čvrstoća na savijanje zida određuje se **eksperimentalno** ili **očitavanjem iz tablice** na osnovi kombinacije odabranih zidnih blokova i morta (tablicu koristimo samo s minimalnom čvrstoćom morta od 5N/mm^2).

-iznimno za poraste (autoklavirane aerirane) blokove spajane s tankoslojnim mortom osim iz tablica čvrstoću možemo računati i prema formulama:

$$f_{xk1} = 0,035f_b \text{ -za ispunjene i neispunjene vertikalne sljubnice}$$

$$f_{xk2} = 0,035f_b \text{ -za ispunjene vertikalne sljubnice}$$

$$f_{xk2} = 0,025f_b \text{ -za neispunjene vertikalne sljubnice}$$

Zidni blok	$f_{xk1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$			
	Mort opće namjene		Tankoslojni mort	Lakoagregatni mort
	$f_m < 5\text{N/mm}^2$	$f_m \geq 5\text{N/mm}^2$		
Glina	0,10	0,10	0,15	0,10
Kalcijev silikat	0,05	0,10	0,20	ne koristi se
Beton	0,05	0,10	0,20	ne koristi se
Autoklavirani aerirani beton	0,05	0,10	0,15	0,10
Umjetni kamen	0,05	0,10	ne koristi se	ne koristi se
Obradeni prirodni kamen	0,05	0,10	0,15	ne koristi se

Tablica 9: Vrijednosti $f_{xk1} \text{ (N/mm}^2\text{)}$ (Table prEN 1996-1-1:2003, str.41.)

Zidni blok		$f_{xk2} (N/mm^2)$			
		Mort opće namjene		Tankoslojni mort	Lakoagregatni mort
		$f_m < 5N/mm^2$	$f_m \geq 5N/mm^2$		
Glina		0,20	0,40	0,15	0,10
Kalcijev silikat		0,20	0,40	0,30	ne koristi se
Beton		0,20	0,20	0,30	ne koristi se
Autoklavirani aerirani beton	$\rho < 400kg/m^3$	0,20	0,20	0,20	0,15
	$\rho \geq 400kg/m^3$	0,20	0,40	0,30	0,15
Umjetni kamen		0,20	0,40	ne koristi se	ne koristi se
Obradeni prirodni kamen		0,20	0,40	0,15	ne koristi se

Tablica 10: Vrijednosti $f_{xk2} (N/mm^2)$ (Table prEN 1996-1-1:2003, str.42.)

MODUL ELASTIČNOSTI ZIDA

Određujemo ga ispitivanjem ili izračunom:

Sekantni modul za kratkotrajna opterećenja:

$$E = K_E f_k$$

$$K_E = 1000$$

f_k - karakteristična tlačna čvrstoća zida

Modul elastičnosti za dugotrajna opterećenja:

$$E_{\text{longterm}} = \frac{E}{1 + \phi_{\infty}}$$

ϕ_{∞} - konačni faktor puzanja

Puzanje, skupljanje i širenje zbog vlažnosti i toplinski faktor širenja određujemo iz tablice:

Zidni blok	Konačni faktor puzanja ϕ_{∞}	Dugotrajni utjecaj širenja i skupljanja zbog vlage ^b mm/m	Faktor toplinskog širenja α_t , $10^6/K$
Glina	od 0,5 do 1,5	od -0,2 do + 1,0	od 4 do 8
Kalcijev silikat	od 1,0 do 2,0	od -0,4 do -0,1	od 7 do 11
Beton veće gustoće i umjetni kamen	od 1,0 do 2,0	od -0,6 do -0,1	od 6 do 12
Laki beton	od 1,0 do 3,0	od -1,0 do -0,2	od 6 do 12
Autoklavirani i aerirani beton	od 0,5 do 1,5	od -0,4 do + 0,2	od 7 do 9
Prirodni kamen	Magmatični	c	od 5 do 9
	Sedimentni		od 2 do 7
	Metamorfni		od 1 do 18

^a Konačni faktor puzanja $\phi_{\infty} = \frac{\epsilon_{c\infty}}{\epsilon_{e1}}$, gdje je $\epsilon_{c\infty}$ napon konačnog puzanja, a $\epsilon_{e1} = \frac{\sigma}{E}$

^b Gdje je dugotrajni utjecaj širenja i skupljanja zbog vlage pokazan kao negativna vrijednost ona predstavlja skupljanje a pozitivna vrijednost širenje

^c Ove vrijednosti su jako male.

Tablica 11: Raspon faktora puzanja, širenje i skupljanje zbog vlažnosti i faktora toplinskog širenja (Table prEN 1996-1-1:2003, str.45.)

Modul posmika

$$G = 40\%E$$