



# Pregled propisa za aseizmičko projektovanje zidanih konstrukcija u Republici Srbiji

Prof. dr Svetlana Nikolić-Brzev, Univerzitet Britanske Kolumbije,  
Vancouver, Kanada

Email: svetlana.brzev@gmail.com

# Teme predavanja

1. Principi aseizmičkog projektovanja zidanih konstrukcija zgrada
2. Tehnologije gradnje zidanih konstrukcija
3. Istorijski pregled propisa za aseizmičko projektovanje zidanih konstrukcija
4. Osnovni zahtevi SRPS EN 1998-1:2005 vezani za zidane konstrukcije zgrada

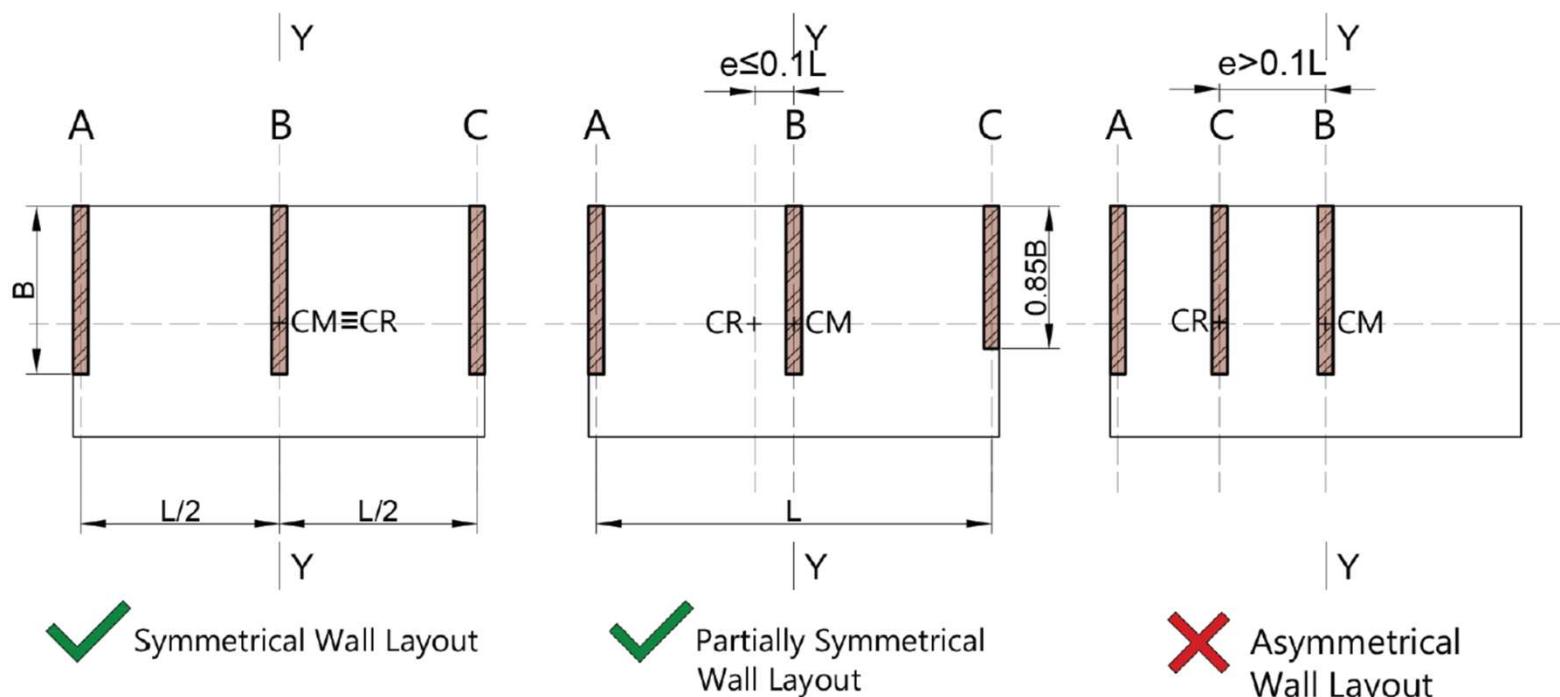
# Principi aseizmičkog projektovanja zidanih zgrada

1. Simetrična dispozicija zidova u osnovi
2. Pravilna konfiguracija u osnovi zgrade
3. Kontinuitet zidova po visini zgrade
4. Krute dijafragme na nivou sprata i krova

Ovi principi su direktno ili indirektno deo tehničkih propisa - videti 4.2.3, Evrokod 8 (SRPS EN 1998-1:2005).

# Simetrična dispozicija zidova u osnovi

Nesimetrična dispozicija prouzrokuje dodatne uticaje zbog torzionih dejstava.



Brzev i Mitra (2018)

# Pravilna konfiguracija u osnovi zgrade

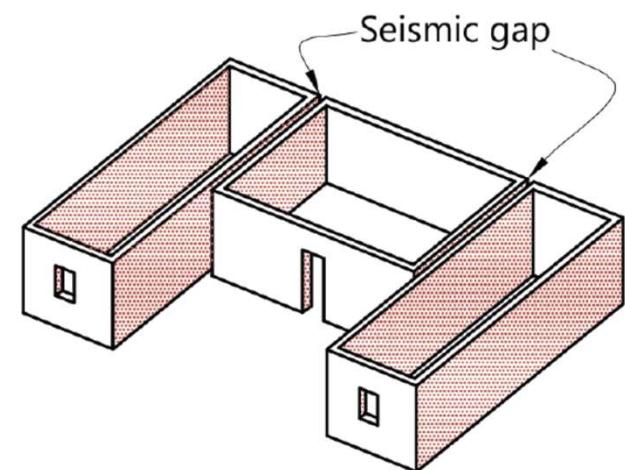
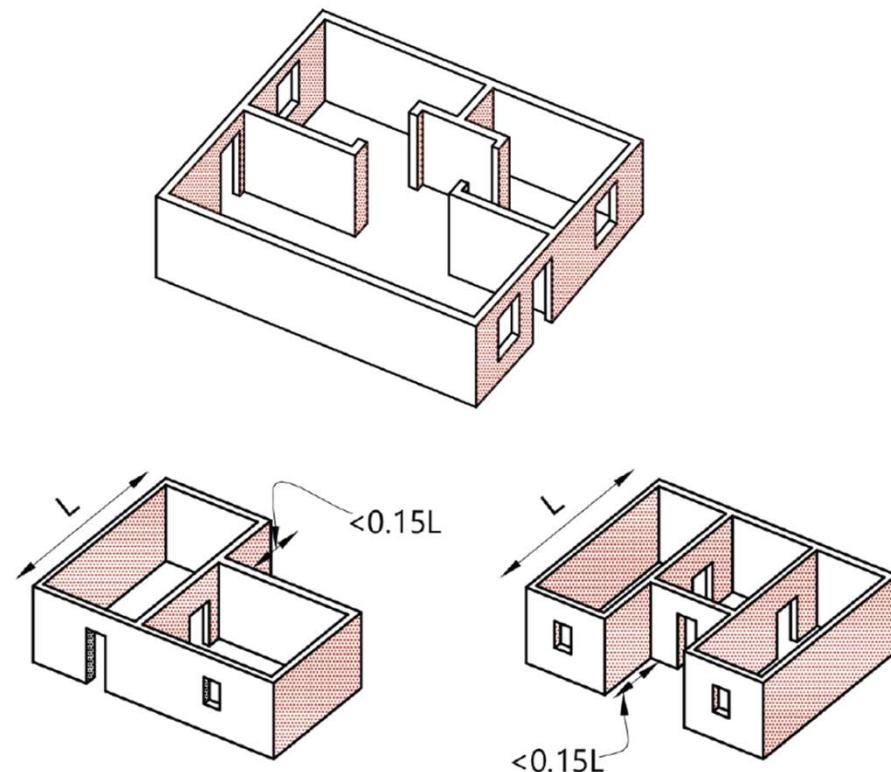
Nepravilna konfiguracija (oblik osnove) prouzrokuje dodatne uticaje zbog torzionih dejstava.

Moguća rešenja:

pravilna konfiguracija

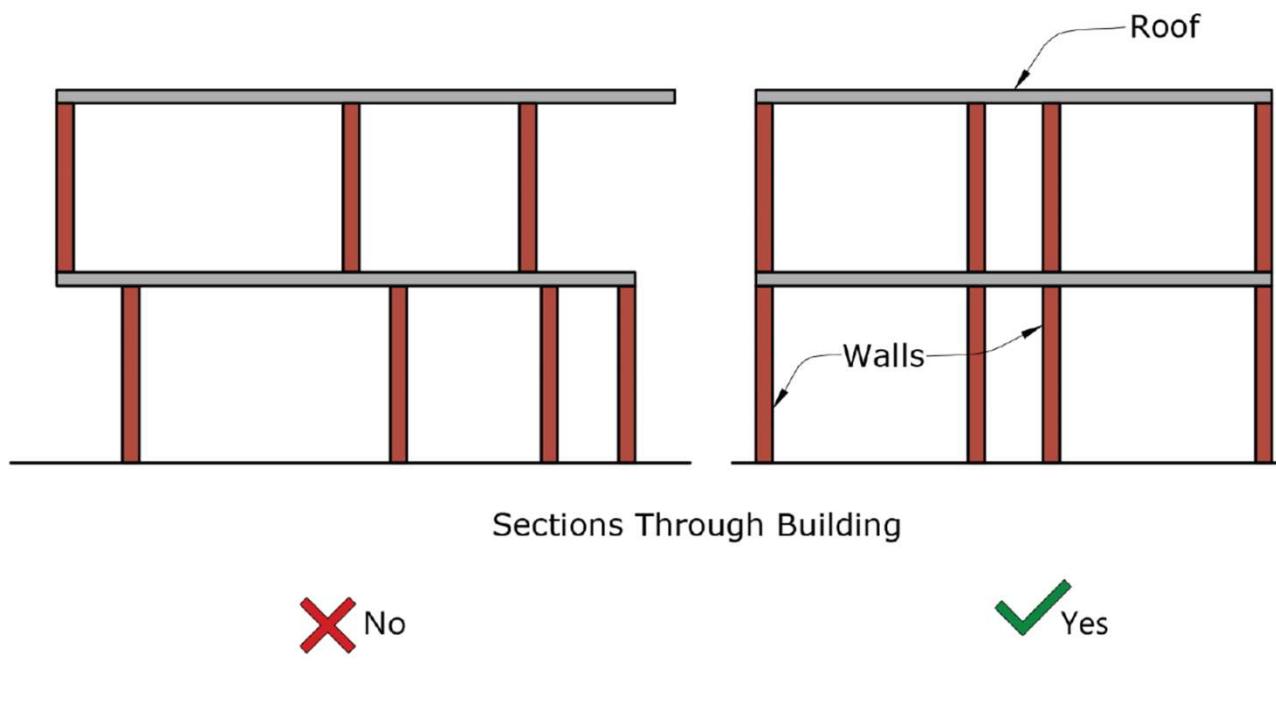
ILI

seizmičke spojnice



Brzev i Mitra (2018)

# Kontinuitet zidova po visini zgrade

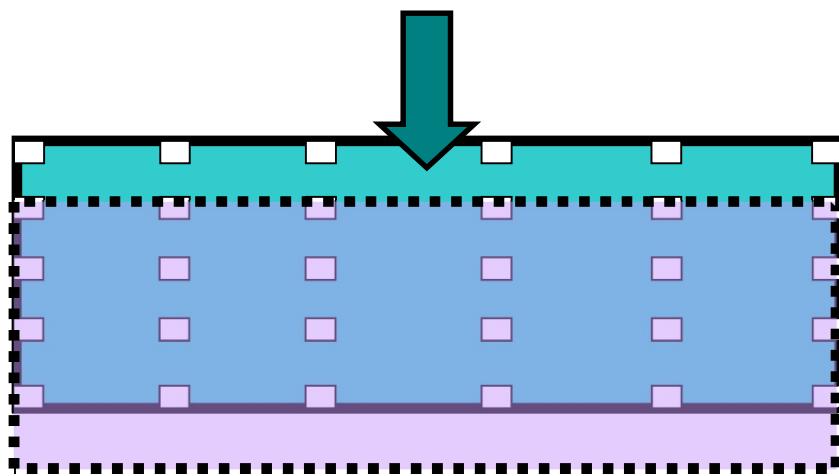


Brzev i Mitra (2018)

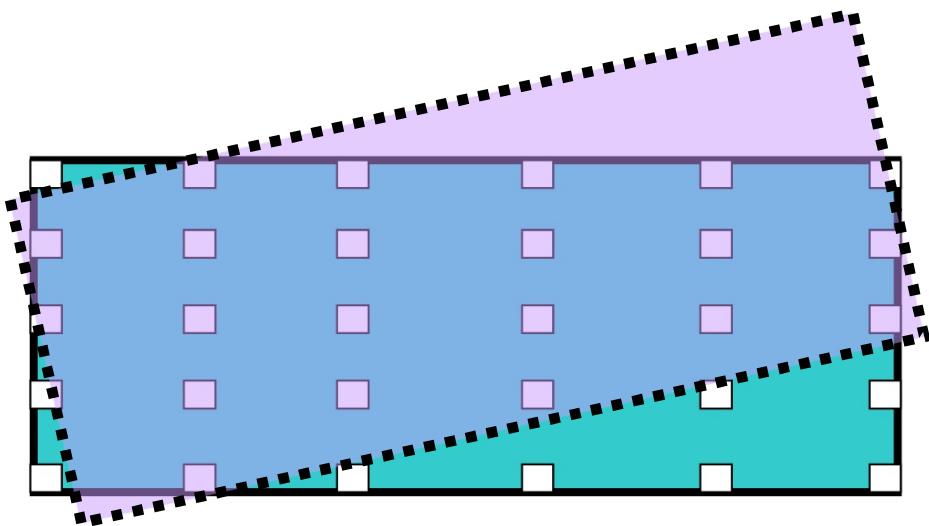
# Krute dijafragme na nivou sprata i krova

Medjuspratna tavanica = kruta dijafragma

Translaciona pomeranja



Rotacija => torzija



# Tehnologije gradnje zidanih konstrukcija

1. Nearmirane
2. Horizontalni i vertikalni serklaži
3. Armirane



Ovaj seminar je posvećen projektovanju zidanih konstrukcija sa horizontalnim i vertikalnim serklažima

# Zidane konstrukcije sa horizontalnim i vertikalnim seklažima (1/2)

- Zgrade niže i srednje spratnosti - porodične (1-2 sprata) ili višeporodične stambene zgrade (3-5 spratova)
- Zidani elementi najčešće od modularnih blokova
- Prisustvo horizontalnih i vertikalnih AB serklaža
- Karakteristične su polu-prefabrikovane tavanice od AB i zidanih elemenata
- Kosi drveni krovovi sa crepovima
- Period gradnje: posle 1964. godine

# Zidane konstrukcije sa horizontalnim i vertikalnim seklažima (2/2)



Petrinja, Hrvatska



Zlatibor, Srbija



# Pregled tehničkih propisa za projektovanje zidanih konstrukcija u seizmičkim područjima

1. Privremeni tehnički propisi za zidove od opeke (PTP7)  
25.05.1949.
2. Privremeni tehnički propisi za građenje u seizmičkim područjima (PTP 12), Sl. List SFRJ br. 39/64 od 30.09.1964
3. Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za izvođenje zidova zgrada, Sl. List SFRJ br.17/70 od 23.04.1970
4. Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima. Sl. list SFRJ br. 31/81, 49/82,29/83,21,88,52/
5. Pravilnik o tehničkim normativima za zidane zidove, Sl. list SFRJ 87/91
6. Pravilnik za građevinske konstrukcije, Sl. glasnik RS, br. 89/2019, 52/2020, 122/2020

# Sadašnji i budući tehnički propisi za projektovanje zidanih konstrukcija

Sadašnji:

PZZ (1991) - Pravilnik o tehničkim normativima za zidane zidove, Službeni list SFRJ br. 87/91.

Budući:

Evrokod 6 (SRPS EN 1996-1-1:2004)

Proračun zidanih konstrukcija, Deo 1-1: Opšta pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije, Evropski komitet za standardizaciju, Brisel, Belgija

# Sadašnji i budući tehnički propisi za aseizmičko projektovanje konstrukcija (uključujući i zidane konstrukcije)

## Sadašnji:

PTN (1981) - Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima, Službeni list SFRJ br. 31/81.

## Budući:

Evrokod 8 (SRPS EN 1998-1:2005)

Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija, Deo 1:  
Opšta pravila, seizmička dejstva i pravila za zgrade,  
Evropski komitet za standardizaciju, Belgija

# SRPS EN 1998-1: Zahtevi u vezi aseizmičkog projektovanja zidanih konstrukcija

Odeljak 9 Posebna pravila za zidane zgrade

9.1 Predmet i područje primene

9.2 Materijali i zidarski slogovi

9.3 Tipovi konstrukcija i faktori ponašanja

9.4 Analiza konstrukcije

9.5 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja

9.6 Verifikacija sigurnosti

9.7 Jednostavne zidane zgrade

# SRPS EN 1998-1 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja - opšte (9.5.1) (1/4)

(1 ) Zidane zgrade moraju da se sastoje od međuspratnih konstrukcija i zidova, koji su povezani u dva ortogonalna horizontalna pravca i u vertikalnom pravcu.

*Zidane konstrukcije sa horizontalnim i vertikalnim AB serklažima zadovoljavaju ovaj zahtev.*

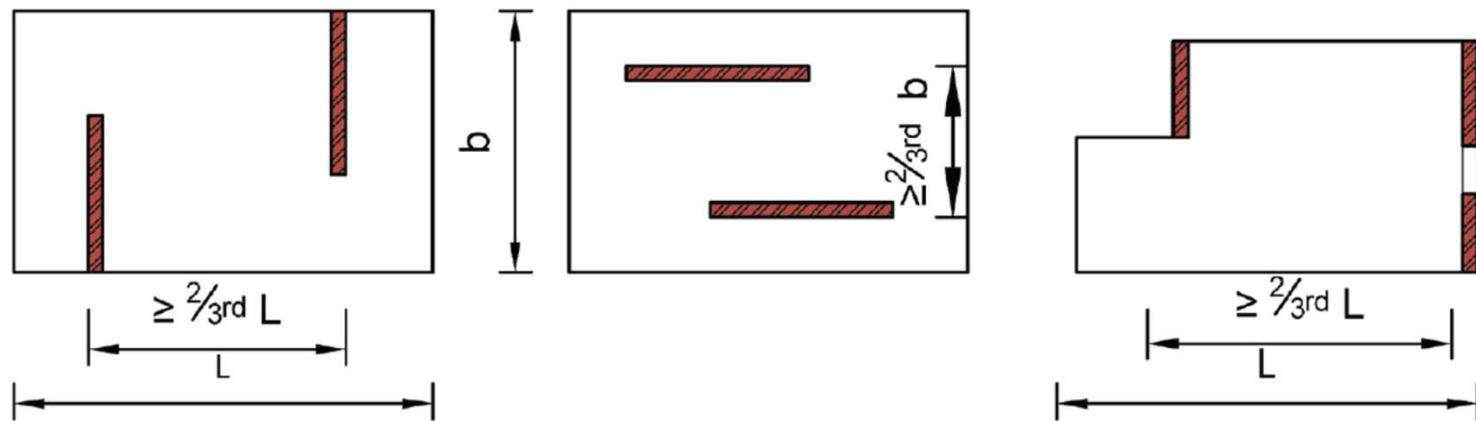
(2 ) Spojevi između međuspratnih konstrukcija i zidova moraju da se ostvare putem čeličnih zatega ili horizontalnih AB serklaža.

(3 ) Može se koristiti bilo koji tip međuspratnih konstrukcija pod uslovom da su ispunjeni opšti zahtevi za kontinuitet i efektivno delovanje dijafragme.

*Prepostavlja se da se međuspratne konstrukcije ponašaju kao krute dijafragme. Dopuseni tipovi tavanica: AB tavanice livene na licu mesta i polumontažne sa AB slojem (topping).*

# SRPS EN 1998-1 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja - opšte (9.5.1) (2/4)

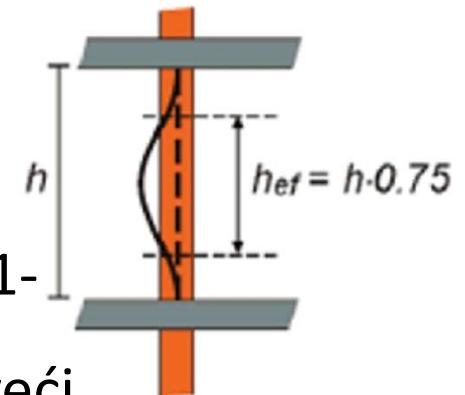
(4 ) Zidna platna moraju da se obezbede u najmanje dva ortogonalna pravca.



# SRPS EN 1998-1 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja - opšte (9.5.1) (3/4)

(5 ) Zidna platna treba da budu usaglašena sa sledećim geometrijskim zahtevima:

- a ) efektivna debljina zidnih platna  $t_{ef}$  ne sme da bude manja od minimalne vrednosti  $t_{ef,min}$ ;
- b ) odnos  $h_{ef}/t_{ef}$  efektivne visine zida (videti EN 1996-1-1:2004) i njegove efektivne debljine ne sme da bude veći od maksimalne vrednosti  $(h_{ef}/t_{ef})_{max}$ ;
- c ) odnos dužine zida  $l$  i veće čiste visine otvora  $h$  neposredno uz zid ne sme da bude manji od  $(l/h)_{min}$ .



# SRPS EN 1998-1 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja - opšte (9.5.1) (4/4)

Табела 9.2 – Препоручени геометријски захтеви за зидна платна

Тип зидарије	$t_{ef,min}$ (mm)	$(h_{ef}/t_{ef})_{max}$	$(l/h)_{min}$
Неармирана, са елементима од природног камена	350	9	0,5
Неармирана, са било којим другим типом елемента за зидање	240	12	0,4
Неармирана, са било којим другим типом елемента за зидање, у подруčјима <del>ниже сеизмичности</del>	170	15	0,35
Зидарија уоквирена серклажима	240	15	0,3
Армирана зидарија	240	15	без ограничења

Симболи који се користе у табели имају следеће значење:

$t_{ef}$  дебљина зида (видети EN 1996-1-1:2004)

$h_{ef}$  ефективна висина зида (видети EN 1996-1-1:2004)

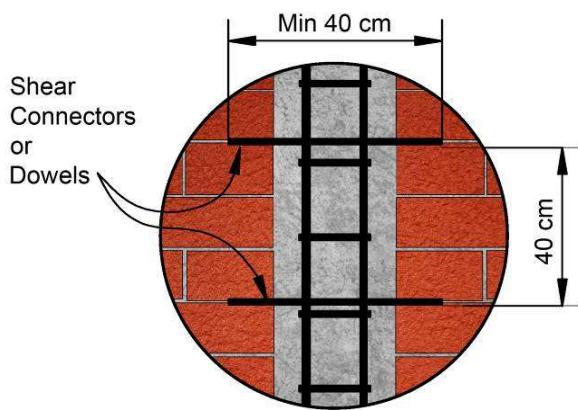
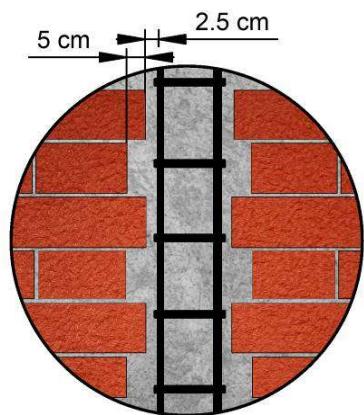
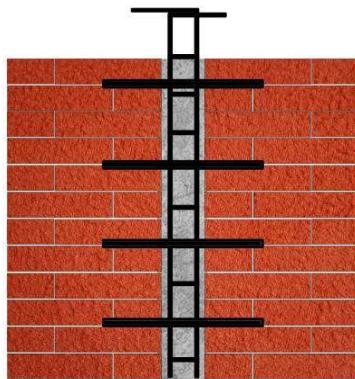
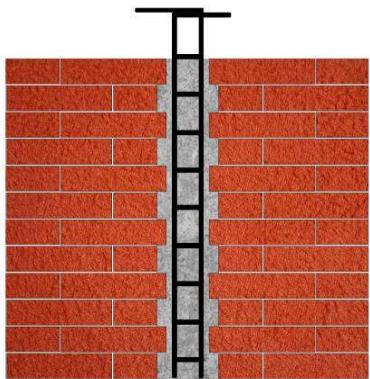
$h$  већа чиста висина отвора непосредно уз зид

$l$  дужина зида

# SRPS EN 1998-1 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja - dodatni zahtevi za zidariju uokvirenu serklažima **(9.5.3)**

- (1 ) Horizontalni i vertikalni serklaži moraju da budu međusobno povezani i usidreni u elementima glavnog kostruktivskog sistema.
- (2 ) Da bi se dobila efikasna veza između serklaža i zidarije, beton u serklažima mora da se izliva nakon izvođenja zidanog dela.
- (3 ) Dimenzije poprečnog preseka i horizontalnih i vertikalnih serklaža ne mogu biti manje od 150 mm. Kod dvoslojnih zidova debljina serklaža treba da osigura povezivanje oba sloja i njihovo efektivno utezanje.

## 9.5.3(1) Vertikalni spoj izmedju zida i AB serklaža (zid sa zubom ili alternativno rešenje)



Interakcija zida i AB serklaža može se postići na 2 načina:

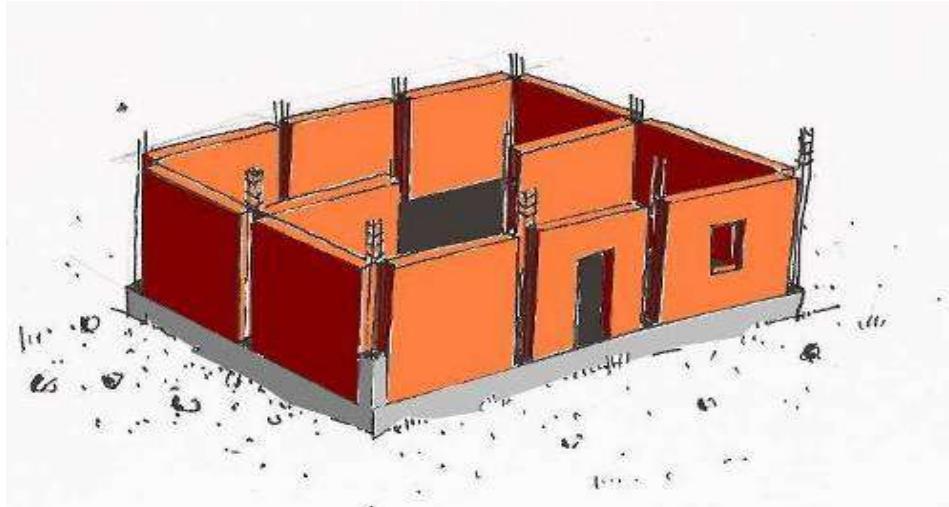
- pomoću zida sa zubom (*toothing*), najčešće kod zidova od pune opeke, ili
- pomoću horizontalne armature na spoju zida i AB serklaža (zidovi od modularnih blokova)

Brzev i Mitra (2018)

PTN (član 97) propisuje vezu zidova sa zubom, ali se često ne primenjuje u praksi.

SRPS EN 1998-1 9.5.3(1) propisuje da serklaži treba da budu povezani sa zidovima, ali ne postavlja specifične zahteve u pogledu ovog spoja.

## 9.5.3(2) Beton u serklažima mora da se izlije nakon izvođenja zidanog dela



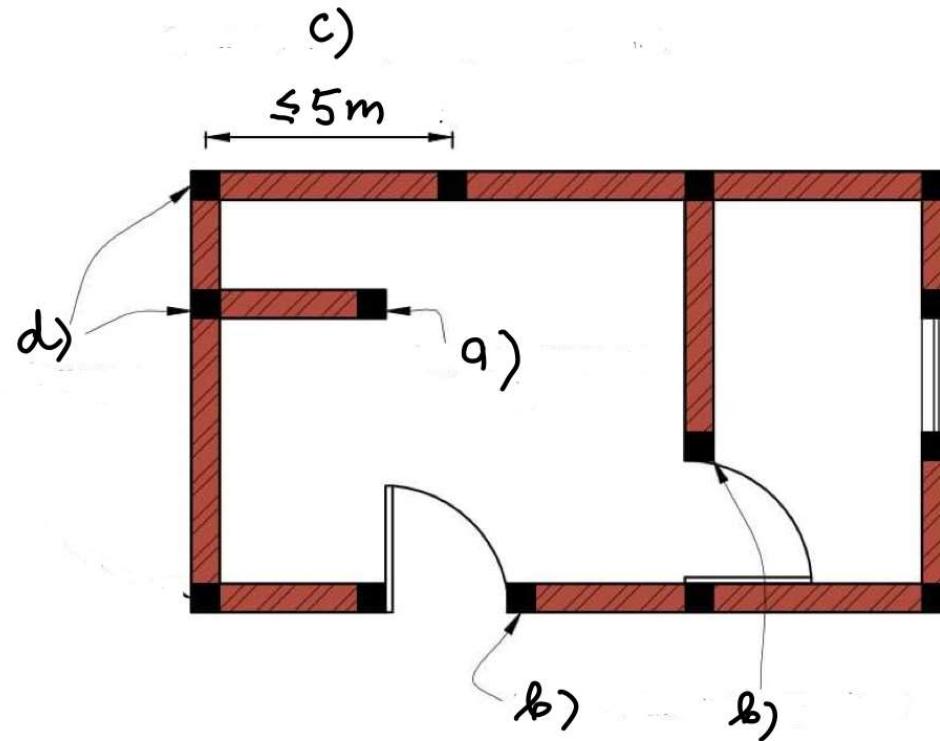
Tom Schacher (2009)

### **9.5.3(4) Vertikalni AB serklaži**

(4) Vertikalni AB serklaži treba da se postave:

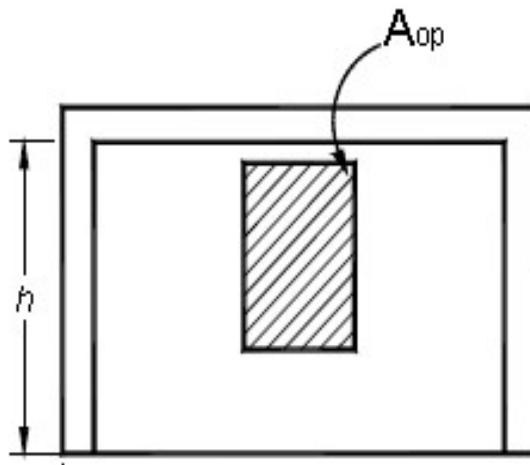
- a) na slobodnim krajevima svakog nosećeg zida;
- b) sa obe strane svakog otvora u zidu čija je površina veća od 1,5 m<sup>2</sup>;
- c) unutar zida, ako je neophodno, tako da razmak između vertikalnih serklaža ne bude veći od 5 m;
- d) kod svakog ukrštanja nosećih zidova, gde god su vertikalni serklaži nametnuti gornjim pravilima , budu postavljeni na rastojanju većem od 1,5 m.

# Dispozicija vertikalnih AB serklaža

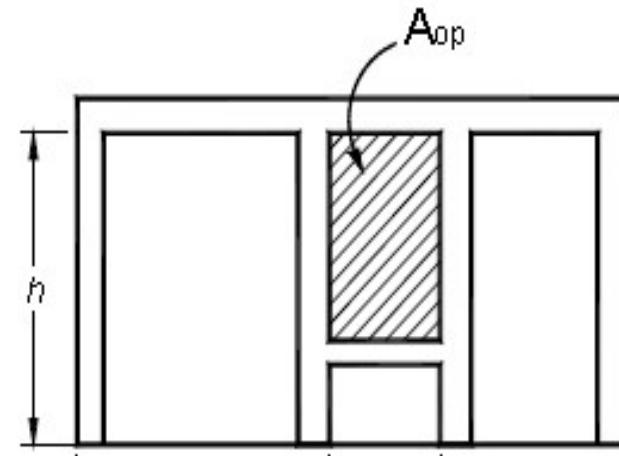


Zahtevi propisa, PTN (član 97) i SRPS EN 1998-1 (9.5.3.(4)), u pogledu dispozicije AB serklaža su slični, **ALI** PTN ne propisuje vertikalne AB serklaže na ivicama vrata i prozora.

### 9.5.3(4) Veličina vrata/prozora kod zidova sa AB serklažima



$$A_{op} \leq 1.5 \text{ m}^2$$



$$A_{op} > 1.5 \text{ m}^2$$

EERI (2011)

Kod zidova uokvirenih AB serklažima sa velikim vratima/prozorima potrebni su vertikalni AB serklaži na obodima vrata/prozora

SRPS EN 1998-1 (9.5.3.(4)) propisuje vertikalne AB serklaže na ivicama vrata/prozora sa površinom većom od  $1.5 \text{ m}^2$ .

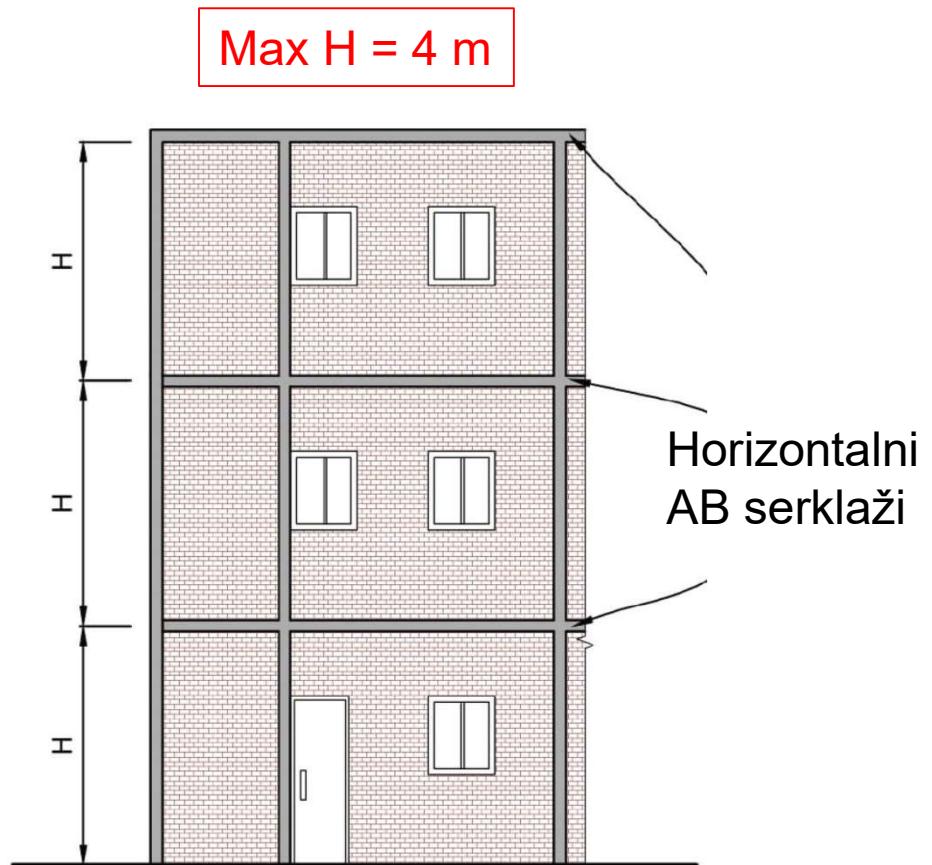
## Primer: AB serklaži na ivicama većih otvora



Ova zgrada je pretpela zemljotres u Petrinji od 29.12.2020. bez oštećenja.

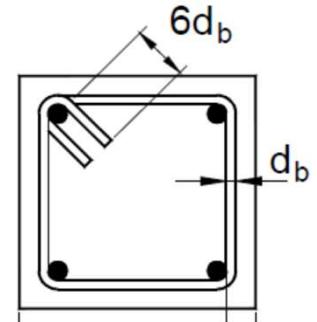
# SRPS EN 1998-1 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja - dodatni zahtevi za zidariju uokvirenu serklažima (9.5.3) (1/3)

(5 ) Horizontalni AB serklaži moraju da se postave u ravni zida u nivou svake međuspratne konstrukcije, pri čemu vertikalni razmak između horizontalnih serklaža ni u kom slučaju ne sme da bude veći od 4 m.



# SRPS EN 1998-1 Kriterijumi za projektovanje i pravila građenja - dodatni zahtevi za zidariju uokvirenu serklažima (9.5.3) (1/3)

(6 ) Podužna armatura vertikalnih i horizontalnih serklaža ne sme da ima površinu poprečnog preseka ( $A_s$ ) manju od  $300 \text{ mm}^2$ , niti manju od 1 % površine poprečnog preseka serklaža ( $A_g$ ).



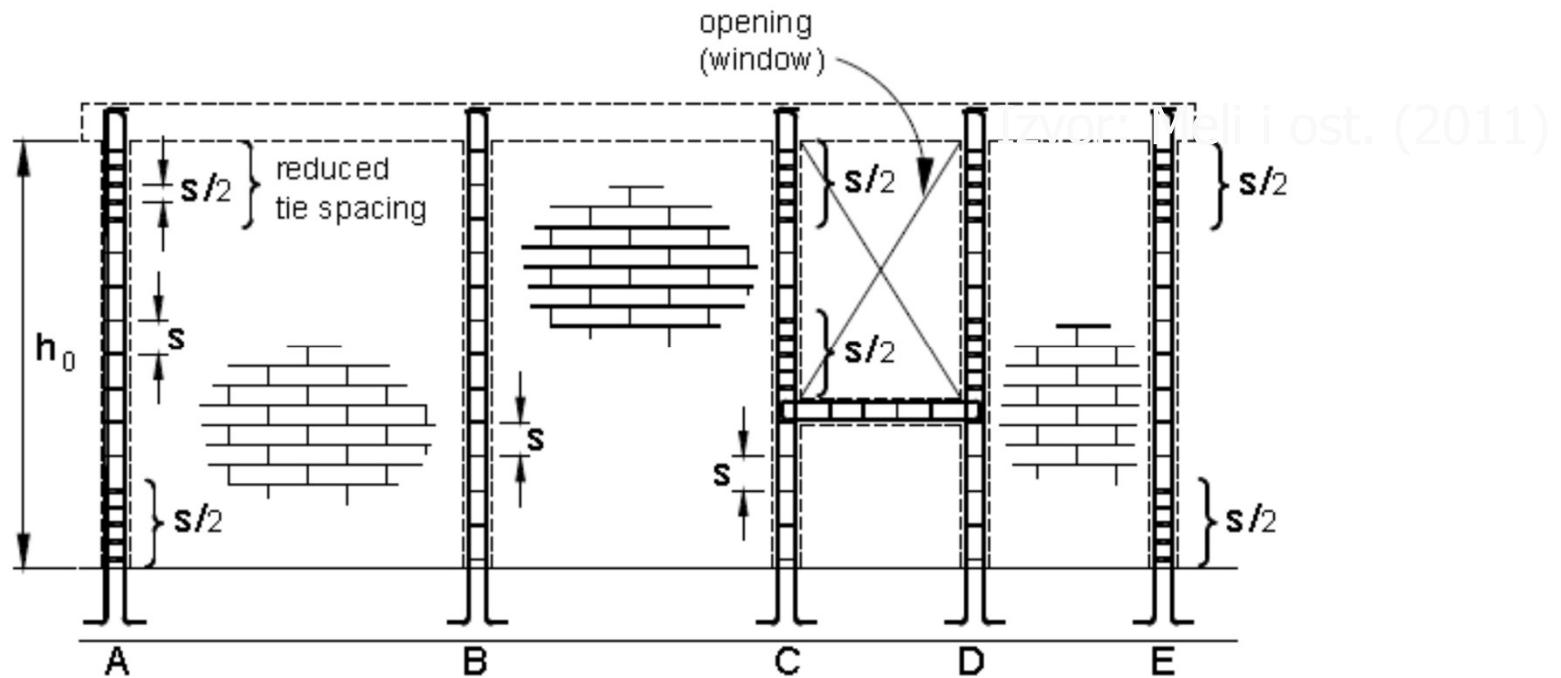
(7 ) Uzengije prečnika ne manjeg od 5 mm i na razmaku ne većem od 150 mm treba da se postave radi utezanja podužne armature.

$$A_s \geq 0.01 A_g$$

(8 ) Čelik za armiranje treba da bude klase B ili C u skladu sa EN 1992-1-1:2004, tabela C.1.

(9 ) Nastavljanje armature mora se postići preklopima na dužini ne manjoj od 60 prečnika šipke.

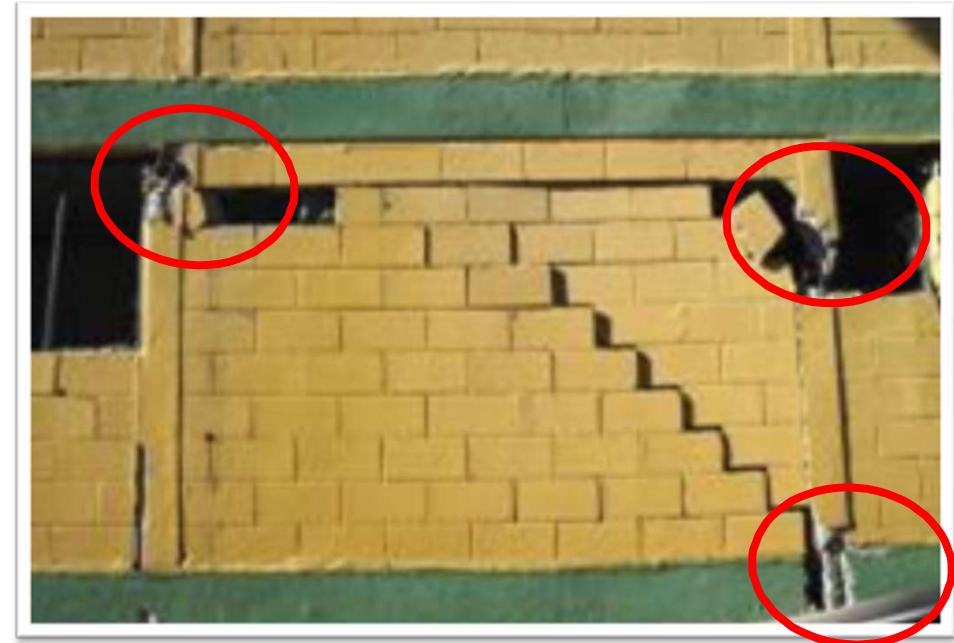
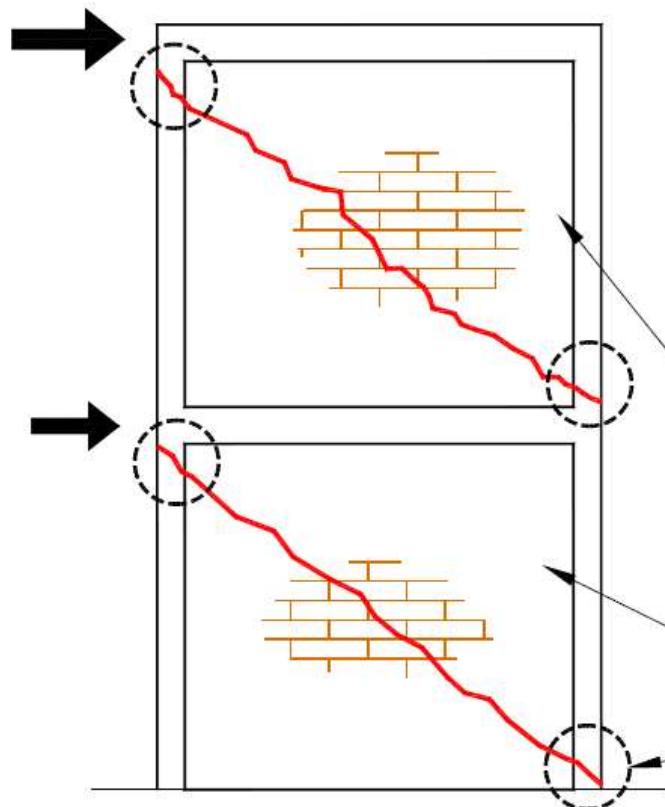
### 9.5.3(7) Razmak uzengija u vertikalnim AB serklažima



- Na osnovu internacionalnih iskustava preporučuju se gušće uzengije na krajevima vertikalnih AB serklaža (Meli i ost. 2011).
- PTN ne propisuje maksimalni razmak uzengija u AB serklažima.

**SRPS EN1998-1 (9.5.3(7)) propisuje uzengije (minimum 5 mm prečnika) na razmaku  $s = 150$  mm.**

# Vertikalni AB serklaži: kritične lokacije za gustinu uzengija



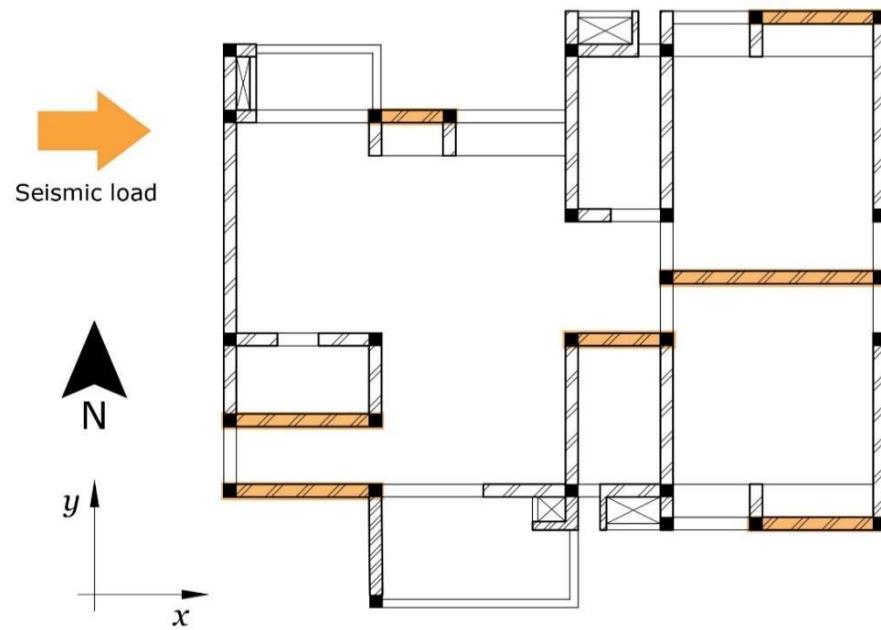
## 9.6 Verifikacija sigurnosti zidanih konstrukcija

- Domaći propisi PTP-12 (1964) i PTN-S (1981) propisuju **detaljnu seizmičku analizu za sve tipove zidanih zgrada**, uključujući i verifikaciju nosivosti kod zidova u zidanim konstrukcijama zgrada.
- SRPS EN 1998-1 (9.6) propisuje sledeća 2 pristupa za verifikaciju sigurnosti:
  1. Verifikacija sigurnosti zgrade protiv rušenja mora se eksplicitno obezbediti, osim za zgrade koje ispunjavaju pravila za "jednostavne zidane zgrade" prema 9.7.2. => **pojednostavljen pristup za projektovanje "jednostavnih zidanih zgrada" (9.7)**
  2. Za verifikaciju sigurnosti protiv rušenja, proračunska otpornost svakog konstrukcijskog elementa mora se utvrditi u skladu sa EN 1996-1-1:2004 (Evrokod 6) => **Predavanje #3.**

## 9.7 Pravila za "jednostavne zidane zgrade"

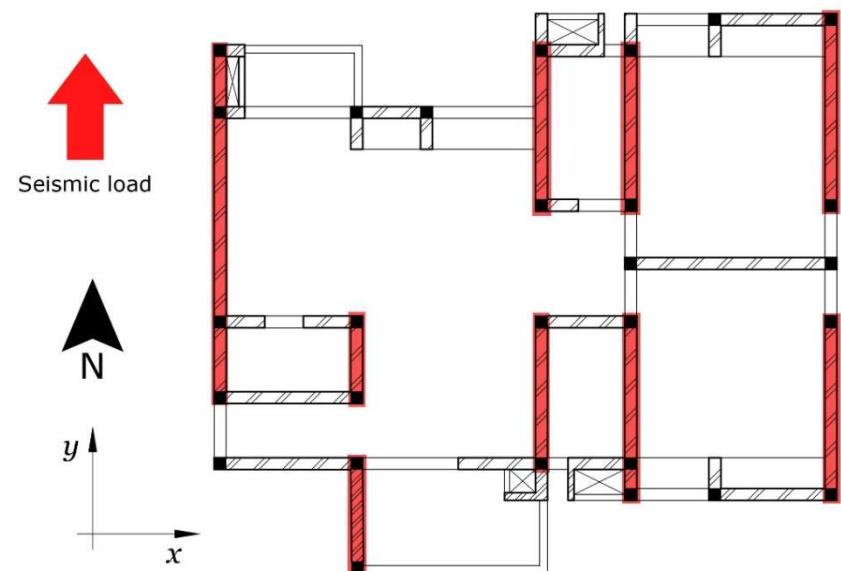
- Dozvoljeno je uprošćeno aseizmičko projektovanje zgrada niže spratnosti (najviše 5 etaža) koje imaju pravilnu dispoziciju i u osnovi i po visini (i dodatne zahteve propisane u 9.7.2).
- Propisana je **minimalna površina zidnih platana ( $p_{Amin}$ )** za svaki horizontalan pravac osnove zgrade, izražen kao procenat površine osnove zgrade.
- Ne očekuje se provera nosivosti za pojedinačne zidove prema Evrokodu 6 - ali očekuje se da se gradnja izvrši u skladu sa zahtevima Evrokoda 8 (9.5.3).

# Minimalna površina zidnih platana ( $p_{Amin}$ )



$p_{Amin}$  u X-pravcu

$$p_{Amin} = \frac{A_w}{A_p}$$



$p_{Amin}$  u Y-pravcu

# Minimalna propisana površina zidnih platana ( $p_{Amin}$ )

Zavisi od:

- 1) Tipa zidane konstrukcije: nearmirana, sa serklažima, armirana,
- 2) Visine zgrade: minimalna propisana vrednost  $p_{Amin}$  je veća za zgrade više spratnosti, i
- 3) Nivoa seizmičkog hazarda, tj. projektnog spektralnog ubrzanja ( $a_g S$ ) i faktora  $k$  koji zavisi od prosečne dužine zida  
 $k=1$  kada je više od 70% zidnih platana kraće od 2 m,  $k=1.5$  za prosečnu dužinu zidnih platana od 4 m; u svakom slučaju  $k \leq 2.0$

Sledeće vrednosti su propisane za zidane konstrukcije zgrada sa AB serklažima i 3 etaže (pretpostavljeno  $k=1.5$ ):

Min **2%** za  $a_g S \leq 0.07k \cdot g$  (0.1g) (ovo odgovara zoni VII prema PTN-S)

Min **3%** for  $0.07k \cdot g \leq a_g S \leq 0.10k \cdot g$  (0.15g) (ovo odgovara zoni VIII prema PTN-S)

Min **4%** for  $0.10k \cdot g \leq a_g S \leq 0.15k \cdot g$  (0.22g) (ovo odgovara zoni IX prema PTN-S)

# Tabela 9.3 Preporučeni dozvoljeni broj nadzemnih etaža i minimalne površine zidnih platana ( $p_{Amin}$ )

Табела 9.3 – Препоручени дозвољени број надземних етажа и минималне површине зидних платна за „једноставне зидане зграде”

Убрзање на локацији $a_g \cdot S$		$\leq 0,07 \text{ k}\cdot\text{g}$	$\leq 0,10 \text{ k}\cdot\text{g}$	$\leq 0,15 \text{ k}\cdot\text{g}$	$\leq 0,20 \text{ k}\cdot\text{g}$
Тип конструкције	Број етажа (n)**	Минимална површина хоризонталног попречног пресека зидних платна за сваки правац, као проценат $p_{A,min}$ укупне површине етаже			
Неармирана зидарија	1	2,0 %	2,0 %	3,5 %	n/a
	2	2,0 %	2,5 %	5,0 %	n/a
	3	3,0 %	3,0 %	n/a	n/a
Зидарија уоквирена серклажима	2	2,0 %	2,5 %	3,0 %	3,5 %
	3	2,0 %	3,0 %	4,0 %	n/a
	4	4,0 %	5,0 %	n/a	n/a
	5	6,0 %	n/a	n/a	n/a
	6	7,0 %	7,0 %	7,0 %	7,0 %
Армирана зидарија	3	2,0 %	2,0 %	3,0 %	5,0 %
	4	3,0 %	4,0 %	5,0 %	n/a
	5	4,0 %	5,0 %	n/a	n/a

\* n/a значи „није прихватљиво”.

\*\* Тавански простор изнад етажа са пуном висином није урачунат у број етажа.

# Bibliografija (osim različitih propisa):

1. EERI (2011). Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings. Confined Masonry Network, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA (<https://www.confinedmasonry.org/wp-content/uploads/2009/09/ConfinedMasonryDesignGuide82011.pdf>).
2. Brzev,S. i Mitra,K. (2018). Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction. Third Edition, National Information Centre of Earthquake Engineering, Kanpur, India.
3. Marques, R., i Lourenço, P. B. (2019). Structural behavior and design rules of confined masonry walls: Review and proposals, Construction and Building Materials, 217, 137-55.

Hvala!

Pitanja?

