



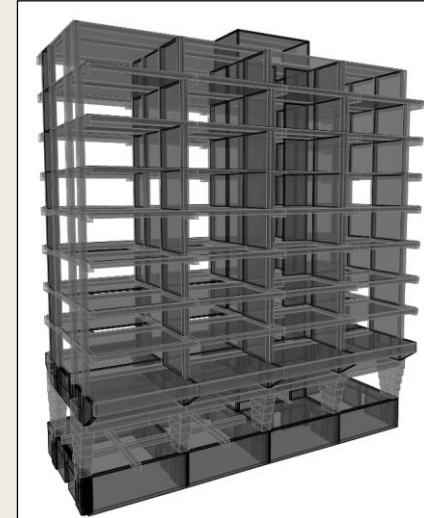
# Procjena ponašanja postojećih zgrada pri djelovanju potresa

**Mario Uroš, Marta Šavor Novak, Josip Atalić, Snježan Prevolnik, Marijan Herak i Damir Lazarević**

Mario Uroš, Marta Šavor Novak, Josip Atalić (doc. dr. sc.), prof. dr. sc. Damir Lazarević,  
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb  
prof. dr. sc. Marijan Herak, Snježan Prevolnik, dipl. ing. geofizike,  
Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

# Uvod

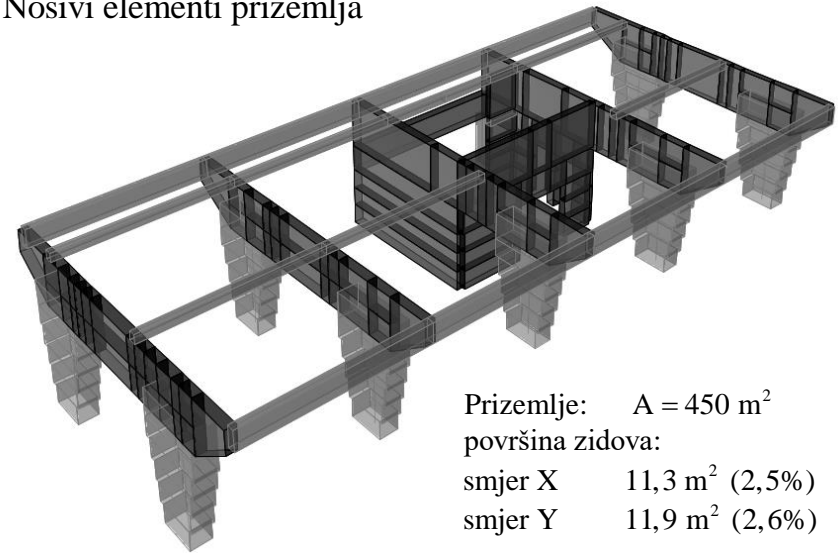
- zgrada izgrađena pedesetih godina u Zagrebu, Po+P+8, visina 33,5 m
- tlocrtne dimenzije 30,00/14,60 m.
- okvirni sustav u prizemlju
- ostale etaže, AB stupovi i betonski zidovi (40 cm) unutar AB serklaža
- klasični način gradnje, predgotovljeni fasadni elementi, trakasti temelji, sitnorebričasti strop, tlačna betonska ploča 5 cm (dijafragma)
- MB300 i MB160, glatka armatura GA240/360



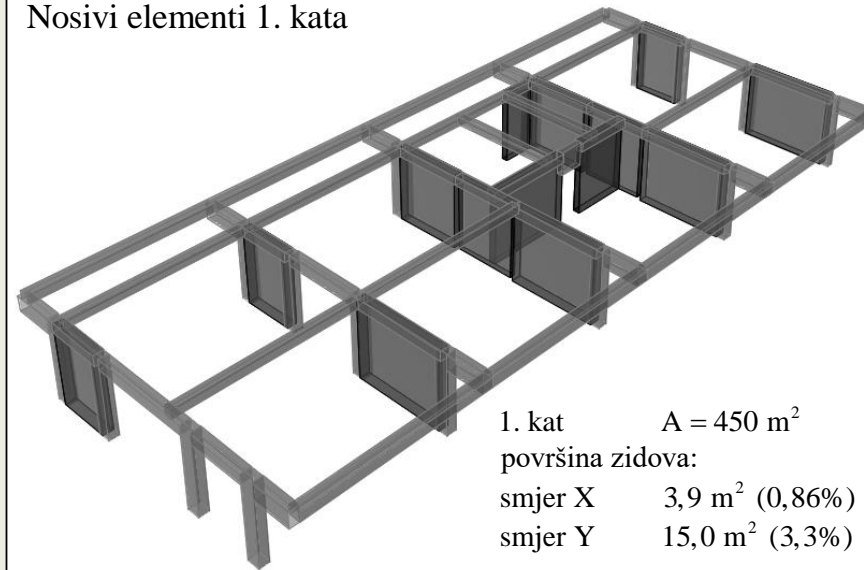
# Uvod

- površina zidova u prizemlju  
2,6% u y smjeru i 2,5% u x smjeru
- površina zidova na 1. katu  
3,3 % u y smjeru i 0,86 % u x smjeru
- poprečni zidovi malim dijelom sudjeluju u uzdužnoj krutosti
- fasadni sustav panela ima određenu krutost i djeluje povoljno
- zgrada ne zadovoljava kriterij pravilnosti po visini i u tlocrtu
- stupovi prizemlja 80/155 i 80/280 cm

Nosivi elementi prizemlja

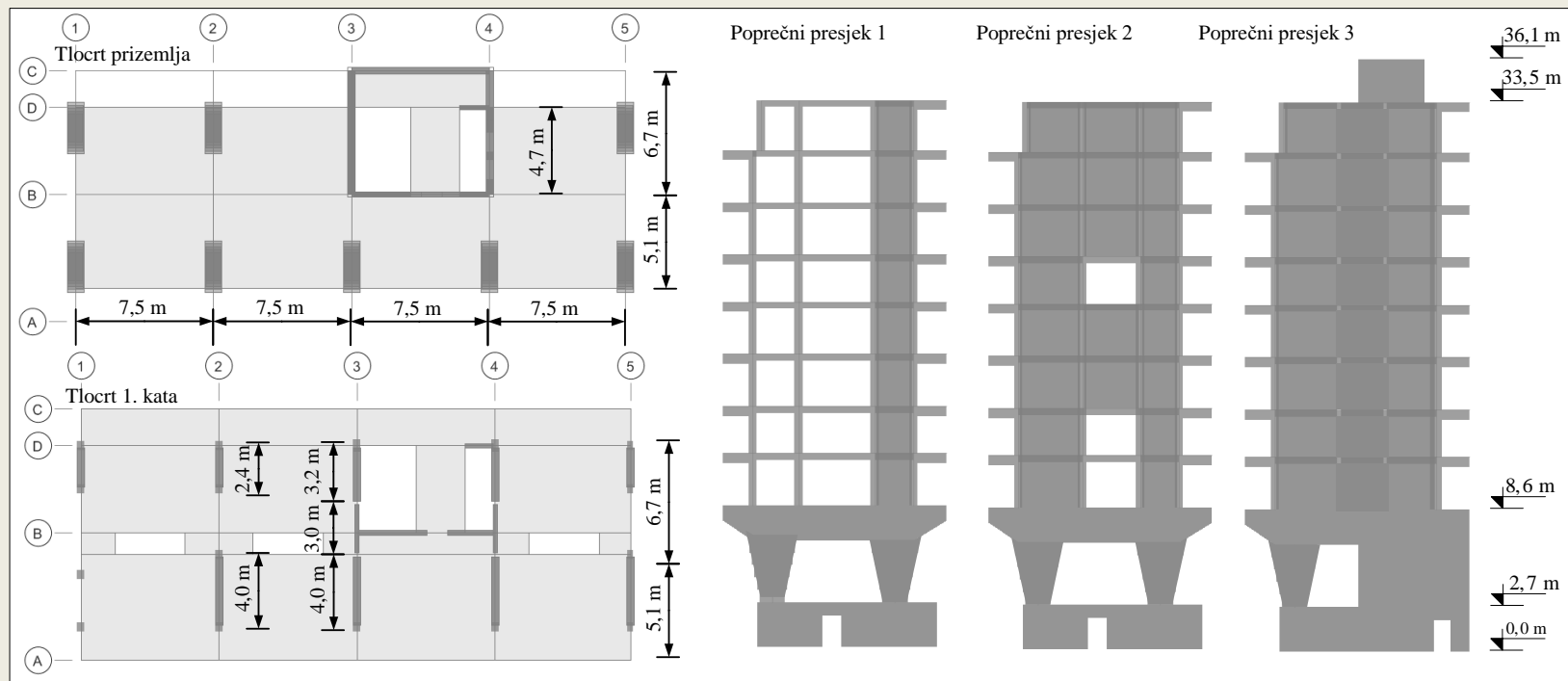


Nosivi elementi 1. kata



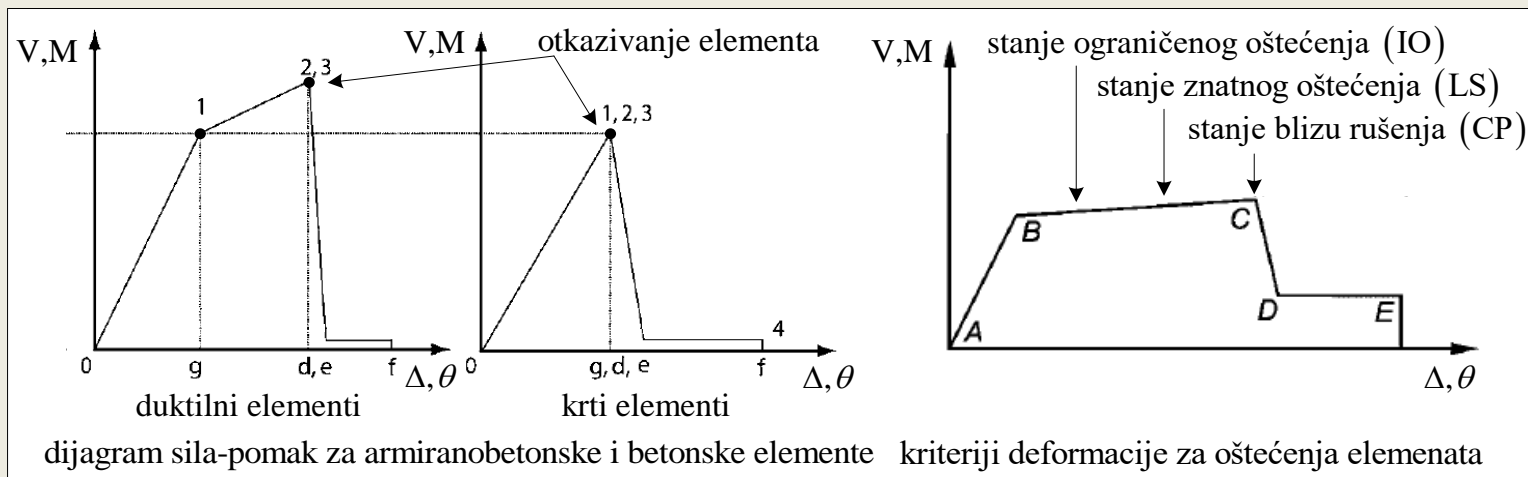
# Uvod

- armatura stupova je od  $4\Phi 14$  do  $4\Phi 20$  m, vilice uglavnom  $\Phi 6/25$  (30) cm
- armatura serklaža koji omeđuju betonske zidove je  $4\Phi 12$
- armatura zidova - mreže  $\Phi 6/20$  uz dodatne šipke na uglovima
- posmična nosivost elemenata kritična
- razmak razdjelnice oko 10 cm, nisu potresne razdjelnice - zapunjene



# Opis numeričkog modela

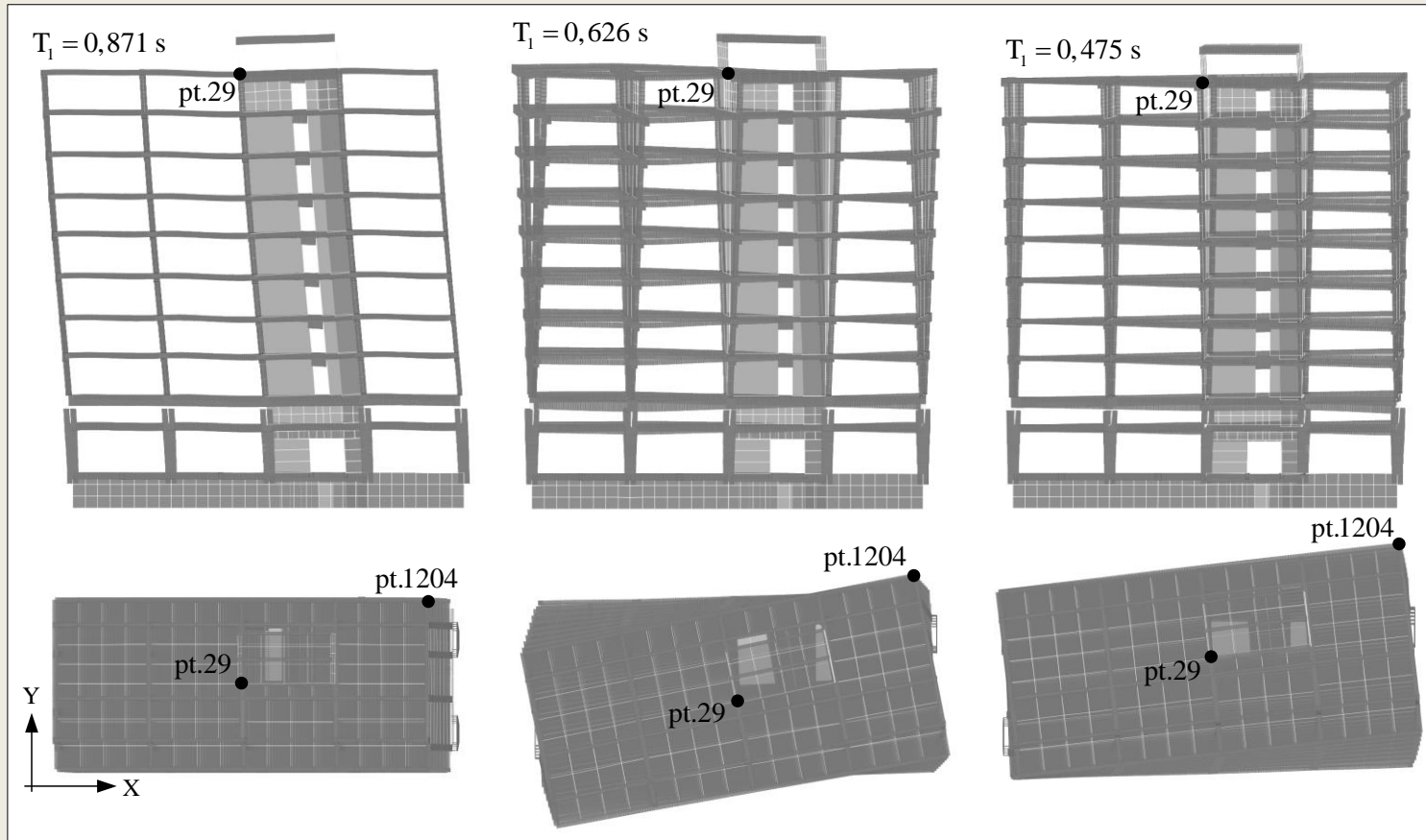
- nelinearna statička i dinamička metoda vremenske diskretizacije uz primjenu zapisa ubrzanja tla
- razorna ispitivanja svojstava materijala nisu provedena
- proračunom se kontroliraju pomaci konstrukcije, lokalna duktilnost kritičnih elemenata, mehanizmi sloma te granična stanja
- raspucavanje poprečnih presjeka prilikom potresa
- otvaranje plastičnih zglobova - krivulje ponašanja plastičnih zglobova
- za svaki element definirana granična stanja na krivulji ponašanja





# Dinamički parametri konstrukcije

- uzeto u obzir raspucavanje nosivih elemenata
- $T_1=0,871$  s,  $T_2=0,626$  s i  $T_3=0,457$  s
- ukupna težina zgrade od 41000 kN na razini prizemlja



# Metoda postupnog guranja

- oblici opterećenja (konstantno, **linearno**, oblici titranja itd.)
- stanja konstrukcije za početno raspucavanje, stanje ograničenog oštećenja (**IO**), stanje znatnog oštećenja (**LS**) i stanje blizu rušenja (**CP**)
- stanje je određeno ponašanjem primarnih nosivih elemenata ovisno o deformacijskim kriterijima (otkazivanjem takvog elementa postoji opasnost od djelomičnog urušavanja stropne konstrukcije)
- nije razmatran utjecaj razdjelnice i susjedne zgrade

U kritičnom smjeru opterećenje se preuzima samo uzdužnim betonskim zidovima jezgre, serklažima i armiranobetonskim stupovima u kojima značajno nedostaje uzdužne i poprečne armature

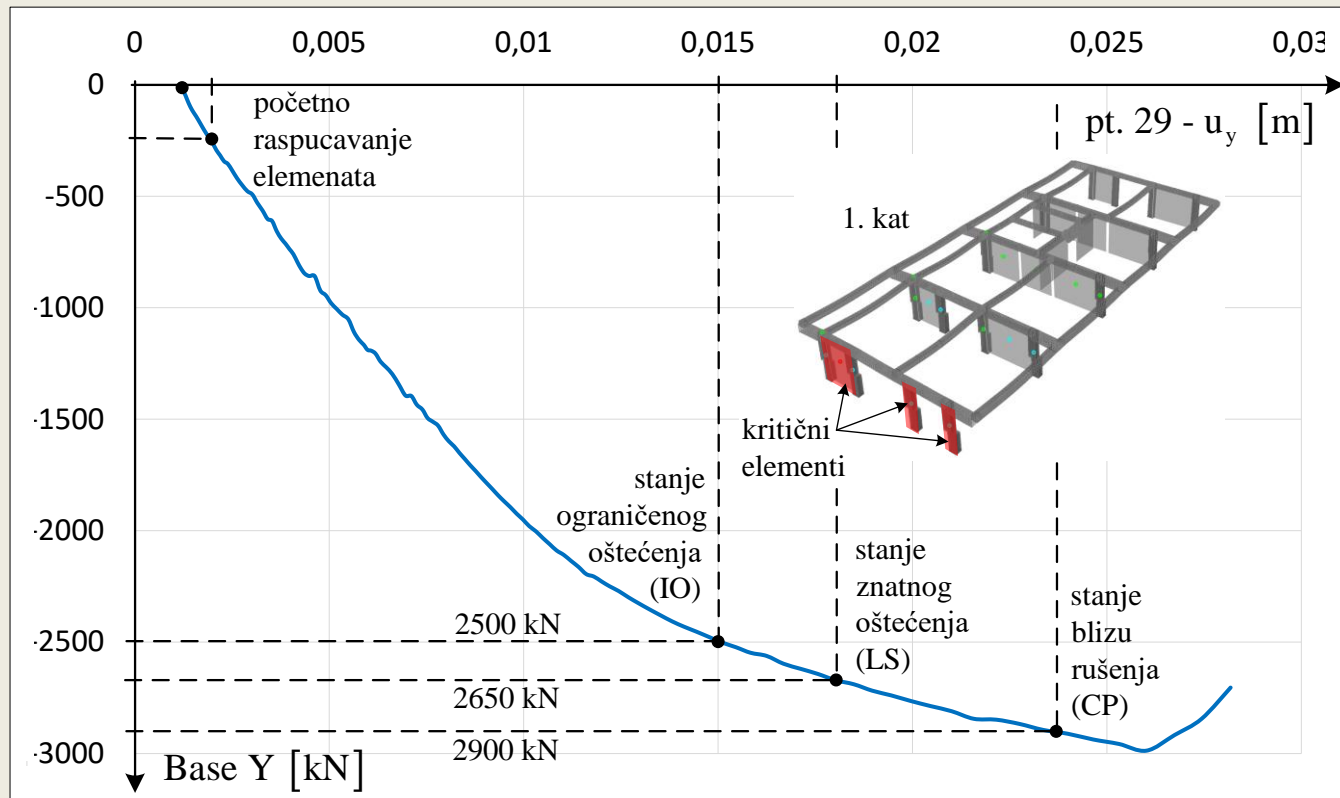






# Metoda postupnog guranja – smjer y

- linearno ponašanje -1500 kN (3,7 %) - inicijalno raspucavanje ranije
- značajan utjecaj torzije u odgovoru konstrukcije za smjer y
- kritična rubna os, rubni betonski zid i okolni AB serklaži na 1. katu



- značajan nedostatak nosivih elemenata u smjeru x (2,5 puta kritičniji)



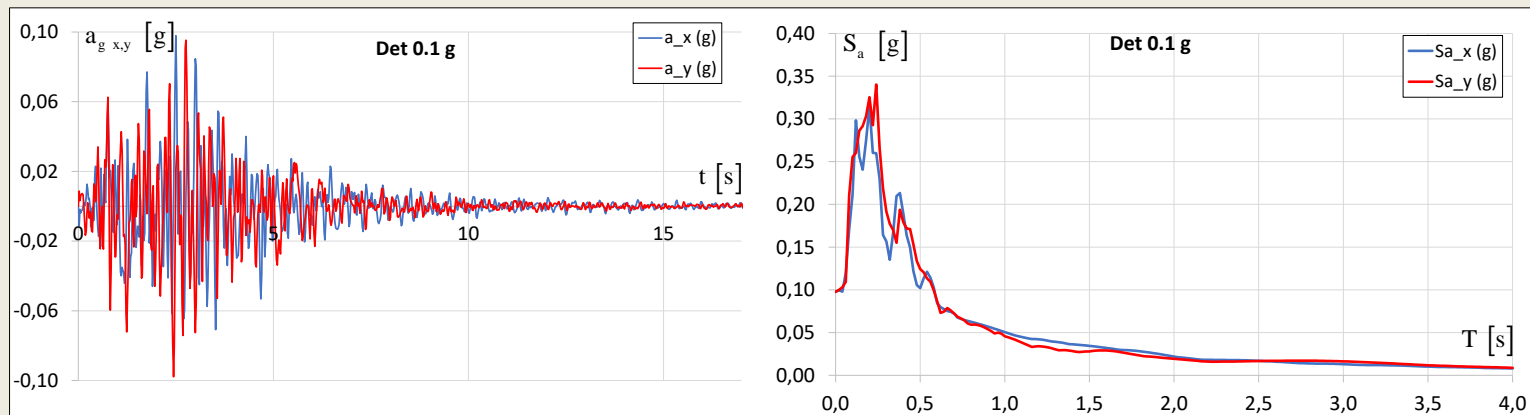
# Nelinearni dinamički proračun primjenom vremenskog zapisa

Deterministički (realni) scenariji potresa za PP 95 godina su sljedeći:

- epicentralna udaljenost  $D = 10$  km, dubina žarišta  $h = 10$  km, magnituda  $M = 5,7$
- epicentralna udaljenost  $D = 15$  km, dubina žarišta  $h = 5$  km, magnituda  $M = 6,0$
- epicentralna udaljenost  $D = 25$  km, dubina žarišta  $h = 12$  km, magnituda  $M = 6,6$

Za slabije potrese, vrijednost  $PGA = 0,1g$ . 3 det. scenarija potresa:

- epicentralna udaljenost  $D = 5$  km, dubina žarišta  $h = 5$  km, magnituda  $M = 4,8$
- epicentralna udaljenost  $D = 10$  km, dubina žarišta  $h = 10$  km, magnituda  $M = 5,1$
- epicentralna udaljenost  $D = 25$  km, s dubina žarišta  $h = 12$  km, magnituda  $M = 6,0$



Potrebna je određena razina točnosti podataka o geometriji, mehaničkim svojstvima materijala i konstrukcijskim detaljima (faktor povjerenja)



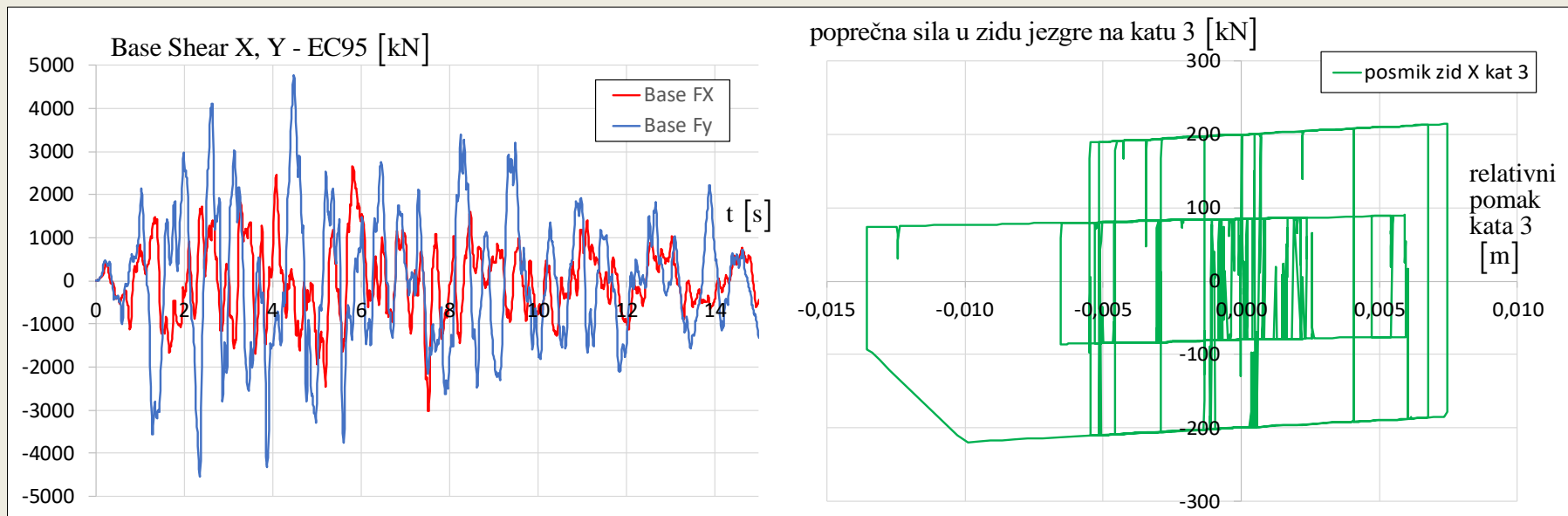






# Nelinearni dinamički proračun - EC95

- relativni pomak 3. kata i kritičnog uzdužnog zida je 13,5 mm
- kritični zid prekoračuje nosivost i sposobnost deformacije od 10 mm
- otkazivanje krit. zida i moguće urušavanje stropne konstrukcije 3. kata
- ovim potresnim scenarijom je dosegnuto granično stanje blizu rušenja





# Rezultati

- mehanizmi otkazivanja i kritični elementi isti za statiku i dinamiku
- razina poprečne sile za smjer x značajno manja od one za smjer y
  - veći periodi u smjeru x koji nisu značajno pobuđeni – spektri pobude
- za EC 0.1g vršne vrijednosti poprečne sile u x smjeru idu do 2000 kN što je veće od nosivosti dobivene statičkom metodom (1150 kN)
  - lokalni ekstremi ne moraju nužno nepovoljno djelovati na konstrukciju - to ovisi o nizu drugih parametara: duktilnost elemenata, prigušenje, frekvencijski spektar pobude, periodi konstrukcije itd.
- faktor ponašanja je relativno mali zbog neadekvatno izvedenih detalja armiranja, a i puno betonskih zidova bez armature
  - pokazano je da zgrada ipak ima određenu razinu duktilnosti, pa bi propisana vrijednost u iznosu od  $q=1,5$  mogla biti opravdana



# Zaključak

- kritična etaža za smjer x je 3. kat dok je za smjer y 1. kat
- otkazivanje konstrukcije počinje otvaranjem posmičnog plastičnog zgloba u betonskim zidovima jezgre i nema izraženu duktilnost
- rubna os zgrade koja je udaljenija od jezgre je značajno opterećena zbog torzijskih efekata koji nastaju uslijed nepravilnosti u tlocrtu
- u stupovima, serklažima i zidovima znatno nedostaje armature te detalji armiranja nisu primjereni gradnji u seizmički aktivnom području
- iako postoje određena razina duktilnosti kritičnih elemenata, može se reći da do otkazivanja dolazi bez prethodne najave i upozorenja
- nedostatak zidova u uzdužnom smjeru (visoki periodi titranja)
- dolazi do sudaranja zgrada - amplituda pomaka od oko 10 mm

