

The logo for ZAG, consisting of the letters 'ZAG' in a bold, blue, sans-serif font, set against a light gray square background.

**ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE**

SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE

Potresna ogroženost nearniranih stolpnic v Ljubljani

A small, solid blue square located to the right of the main title.

Marjana Lutman

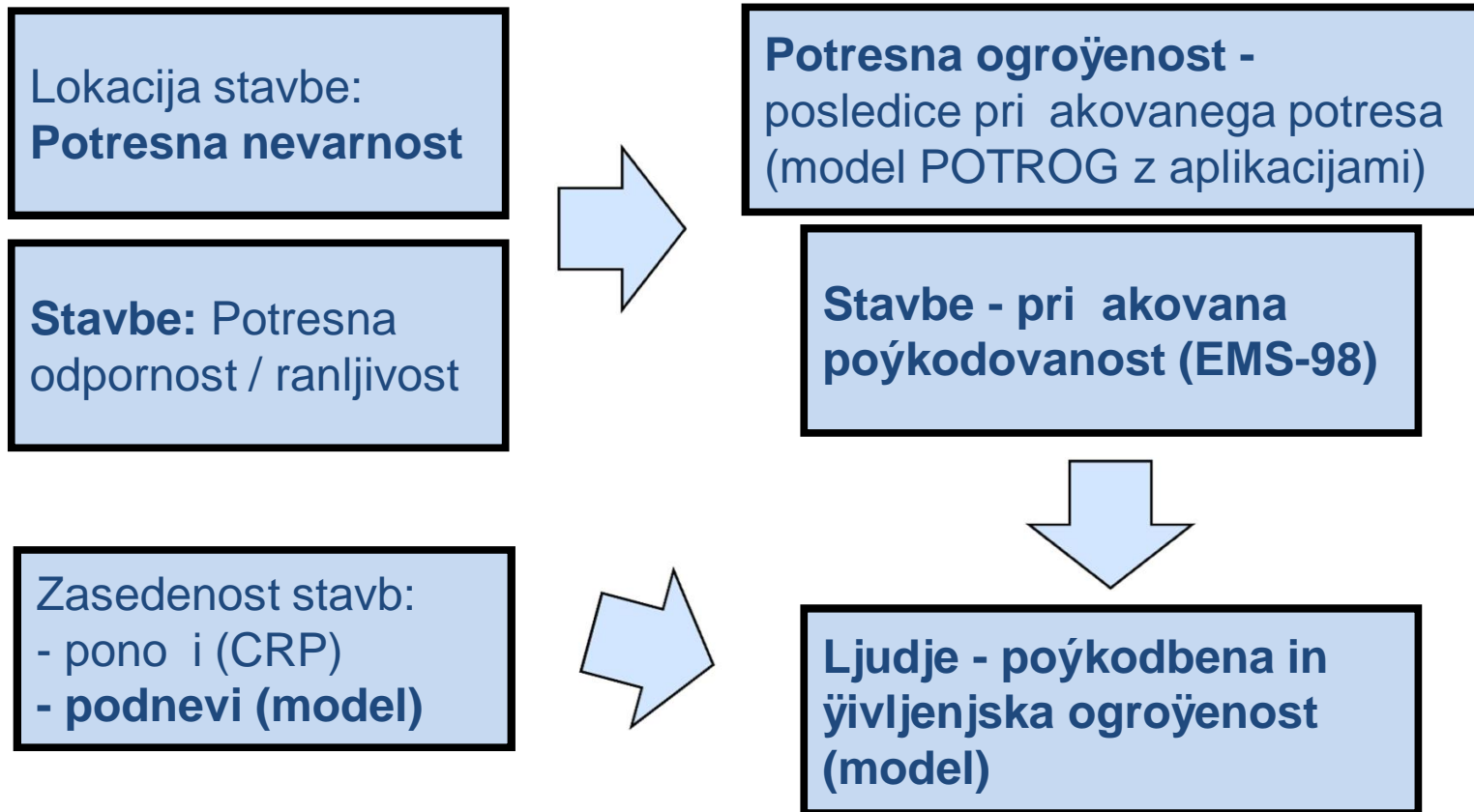
Naročnik: Mestna občina Ljubljana
Uprava RS za zaščito in reševanje

Izvajalci: Zavod za gradbeništvo Slovenije
Inštitut za vodarstvo
Agencija RS za okolje

mag. Marjana Lutman, u.d.i.g.
marjana.lutman@zag.si

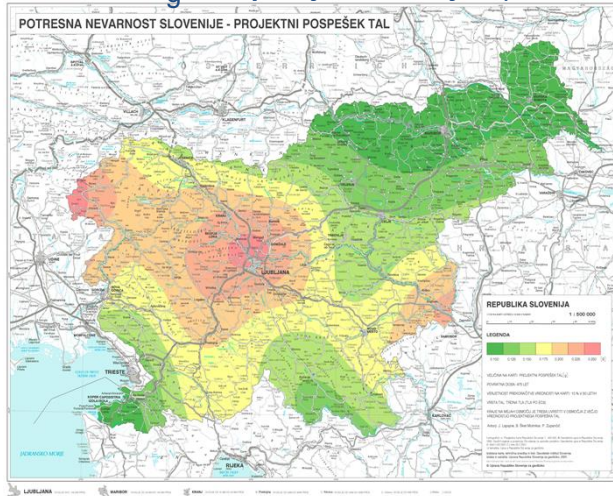
Ljubljana, 20. junij 2018

Potresna ogroženost stavb in ljudi

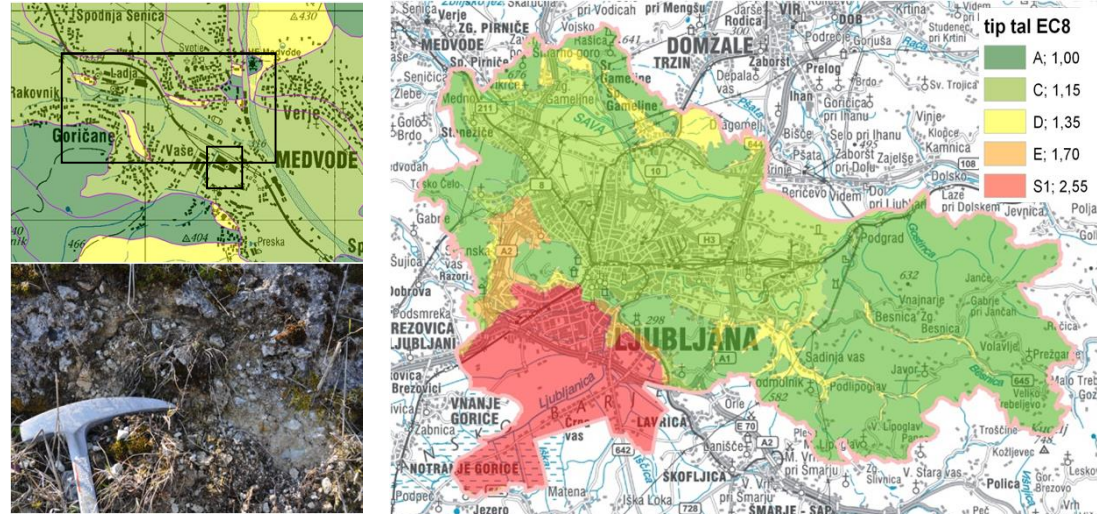


Potresna nevarnost v Sloveniji in MOL

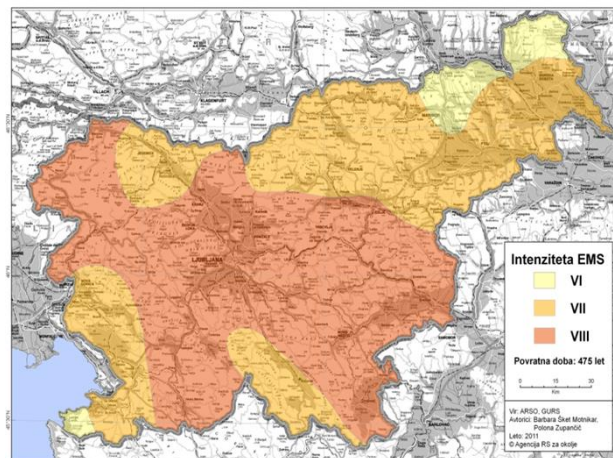
Karta a_g za projektiranje (Evrokod 8)



Mikrorajonizacija MOL - Tipi tal (A, B, C, D, E, S1, S2)

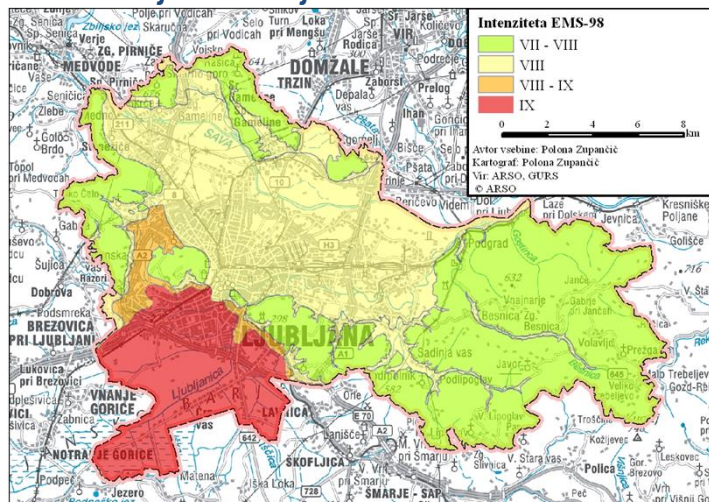


Karta intenzitete EMS-98



Povratna doba 475 let

Mikrorajonizacija MOL - Lokalna intenziteta



Tip tal	Intenziteta	Del
A	VII-VIII	45%
B, C, D	VIII	37%
E	VIII-IX	3%
S ₁	IX	15%

Potresna odpornost in ranljivost stavb

Potresna odpornost:

razmerje med največjo vodoravno silo, ki jo stavba prenese, in njeno težo

Potresna ranljivost:

lastnost stavbe, ki je obratno sorazmerna potresni odpornosti

Metode ocenjevanja v Sloveniji

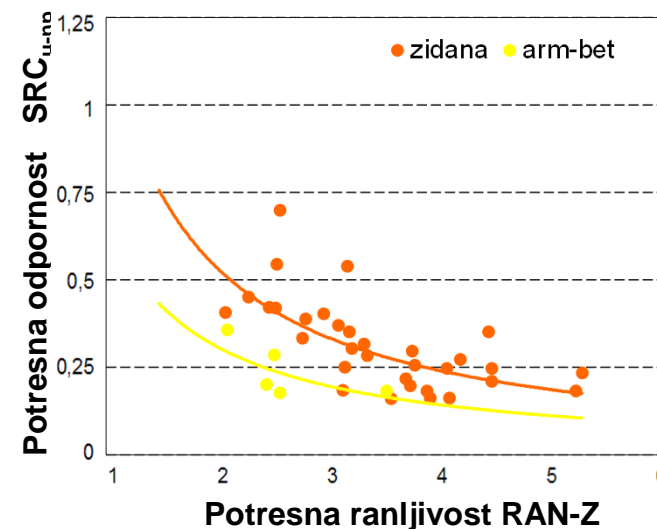
Potresna ranljivost

Vs (l. 1986) in RAN-Z (l. 1995)

Potresna odpornost

zidane stavbe PO-ZID (l. 2001)

armiranobetonske stavbe PO-AB (l. 2002)



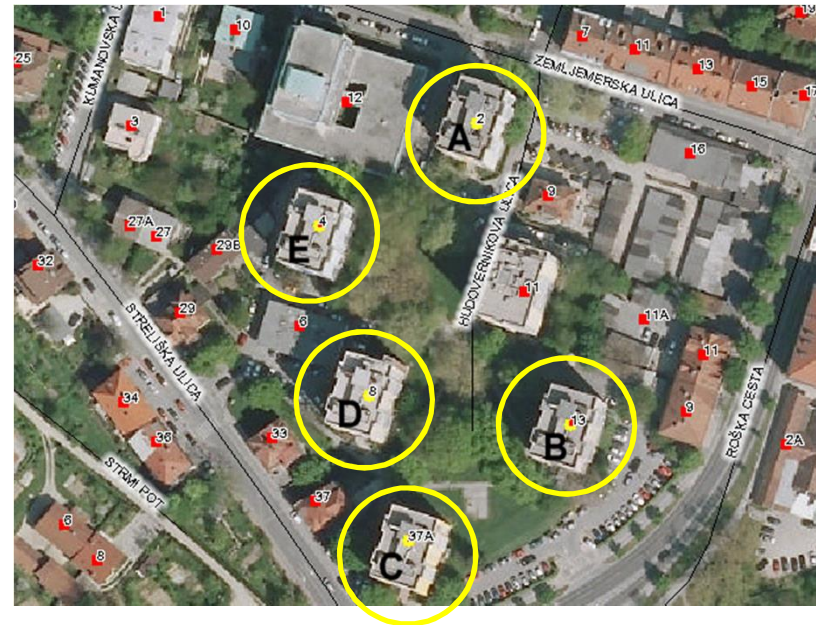
Nearmirane stolpnice v Ljubljani - A



1959-1961, 1961-1962

K+P+10

Ope ni zidovi



Lokacija 1
1959-1961



Lokacija 2
1961-1962

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - A1

Izkaznica stavbe

LJ4: Stanovanjske stolpnice Hudovernikova ulica 2, 4, 8, 13 in Streliška ulica 37a, Ljubljana



leto izgradnje:
1960, 1961, 1960,
1960, 1959

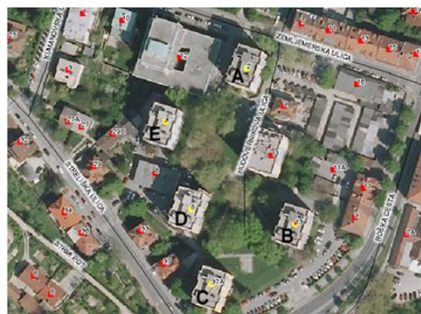
število etaž:
K-P+10+T (tip A)
2K+P+10+T (tip E)
2K+P+10+T (tip D)
K-P+10+T (tip B)
K-P+10+T (tip C)

cona:
8.3 (Pravilnik)
 $a_g = 0.250$ g, $S = 1.15$
tip tal: C (Evrokod 8)

Splošni opis: V območju med Streliško ulico, Zemljemersko ulico in Roško cesto je bilo med leti 1959 in 1961 zgrajenih pet stolpnic z enako nadzemno arhitekturo.

Med projektiranjem so bile označene z »A« (Hudovernikova 2), »B« (Hudovernikova 13), »C« (Streliška 37a), »D« (Hudovernikova 8) in »E« (Hudovernikova 4). Stolpnice »D« in »E« sta bili projektirani z dvema kletnima etažama, ostale tri stolpnice pa z eno. Nad pritličjem imajo stolpnice 10 nadstropij in delno zaprto teraso. V tlorisu so stolpnice pravokotne oblike dolžine 22.37 m in širine 14.30 m (16.10 m na mestih razširitev od 1. nadstropja navzgor). Etažne višine vseh etaž znašajo 2.6 m. Pritličje je 1.0 m nad nivojem okolnega terena in se do glavnega vhoda dostopa po rampi. Po projektu so v pritličju kolesarnice na južnem delu in samske sobe na severnem delu, v nadstropjih pa 20 trisobnih in 20 enosobnih stanovanj. Enoramno stopnišče in dvigalni jašek sta v sredini tlorisa. Shrambe stanovanj in hišniška delavnica so pri stolpnih z dvema kletnima etažama v drugi kleti, pri stolpnih z eno kletno etažo pa v prvi kleti. Pri stolpnih z dvema kletnima etažama so v prvi kleti skladišča in trafa

postaja. Do trafa postaje je urejena pokrita zunanja rampa na severni strani oziroma notranje stopnišče iz hišniške delavnice.



Situacija (vir: Spletni Atlas okolja Agencije RS za okolje)

Nosilna konstrukcija: Stolpnice so temeljene različno. Stolpnice »D« in »E« sta bili zgrajeni na območju zasute gramozne jame, zato sta bili temeljni konstrukciji podprtj z vodnjaki, ki segajo do trdne podlage. Glede na tedanje poročilo ZRMK je bila pri projektiranju upoštevana dopustna obremenitev temeljnih tal 0.8 MPa. Temeljno konstrukcijo sestavljajo armiranobetonski nosilci (MB22) v štirih vzdolžnih in sedmih prečnih oseh, vodnjaki pa so situirani na sečiščih vseh osi.

Nosilni zidovi v kletih in pritličju so nearmirani betonski. Obodni zidovi so debeli 35 cm, notranji pa 25 cm. V nadstropjih so nosilni zidovi zidani iz polnih opečnih zidakov. Obodni zidovi so debeli 38 cm, notranji pa 25 cm. V projektu predvidena kvaliteta zidakov in malte se po višini spreminja: v 1. in 2. nadstropju zidaki MO20 v cementni malti, v 3. nadstropju zidaki MO15 v cementni malti, v 4. in 5. nadstropju zidaki MO15 v podaljšani malti, v 6. in 7. nadstropju zidaki MO11 v podaljšani malti in v 8., 9. in 10. nadstropju zidaki MO11 v apneni malti. V projektu so za opečne zidove navedena še ostala določila: za malto uporabiti mivko, vodoravne spojnice v zidovih izvesti v debelini 12 mm in enakomerno debele, zidati s pravilnimi zidarskimi zvezami, apneni malti dodati cement (mešanica 1:9:27), vse opečne zidake od 1. do 8. nadstropja preiskati po PTP7 in prepovedati vsako naknadno izsekavanje zidov za kakršnokoli napeljavo instalacij.

Predelnih sten v stanovanjih ni, razen instalacijske stene. Obodni zidovi stanovanjskih prostorov v pritličju imajo na notranji strani 4.5 cm debelo oblogo iz porolita, severni zunanji zid v nadstropjih pa 6 cm debelo oblogo iz porolita.

Sropne konstrukcije so monolitne križemarmirane betonske plošče debeline 13 cm oziroma 15 cm nad zadnjim nadstropjem, iz betona MB16 oziroma MB22. Za vodoravno

povezavo so nad vsemi nosilnimi zidovi v medetažnih ploščah vgrajene vodoravne vezi (GA 4φ10, stremena φ6/30 cm). Nosilna konstrukcija strehe nad delom terase je jeklena – iz dimnih cevi in varjena.

Za navpično povezavo stolpnice so bile v vseh štirih vogalih predvidene navpične vezi. Izdelane naj bi bile iz gladkih armaturnih palic 2φ20, ki naj bi bile med gradnjo vbetonirane v betonske kletne in pritlične zidove, zgoraj pa v medetažne plošče, po dograditvi cele stolpnice pa obbetonirane. Navpične vokalne vezi so na južnem robu nameščene na zunanji strani, na severnem robu pa na notranji strani. Podobne vezi (GA 1φ10) so tudi na robovih notranjih prečnih zidov, ki pa naj bi se po dograditvi stolpnice povezale s stremeni in ometale s cementno malto.

V statičnem računu je bila konstrukcija preverjena na vodoravno potresno silo v višini 2 % skupne teže stolpnice, pri čemer je bila v skupni teži upoštevana celotna stalna in 70 % koristne obtežbe.

Sanje: Pri nekaterih stolpnih so bila prenovljena pročelja in delno oziroma v celoti zamenjano stavbno pohištvo, preostale so še v prvotnem stanju. Pri nekaterih so vidne poškodbe na zunanjih površinah pritličja, od katerih je potrebno opozoriti na navpične in poševne razpoke, ki se iz okenskih odprtij širijo navzdol ob robu parapetnih delov sten oziroma v same betonske stene. Ključne so tudi prečne razpoke in ostale poškodbe betonskih slopov, ki se v višini pritličja razširijo in konzolno podpirajo zunanji del prečnih zidov v nadstropjih.

Tehnična dokumentacija:

- Glavni projekt za stolpnice A (B, C, D, E) v Roški ulici - arhitektura - GP Tehnika Projektivni biro Ljubljana, št. proj. 101/6, 1.VIII.1957;
- Glavni projekt za stolpnice A (D, E) v Roški ulici - statika - GP Tehnika Projektivni biro Ljubljana, št. proj. 101/6, 3.XI.1958;
- Stolpnica »E« v Roški ulici - glavni projekt - statika - sprememba, GP Tehnika Projektivni biro Ljubljana, št. proj. 101/6, 3.XI.1958;

Stolpnice tipa LJ4:

- Hudovernikova ulica 2, Ljubljana (tip A)
- Hudovernikova ulica 4, Ljubljana (tip E)
- Hudovernikova ulica 8, Ljubljana (tip D)
- Hudovernikova ulica 13, Ljubljana (tip B)
- Streliška ulica 37a, Ljubljana (tip C)

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - A1

Mehanske lastnosti ope nega zidovja in betona stropnih konstrukcij

zidovje						
nadstropje	ope ni zidaki	malta	f_k (MPa)	f_t (MPa)	E (MPa)	G (MPa)
1 in 2	MO20	cementna	6.40	0.40	6400	640
3	MO15	cementna	5.20	0.30	5200	520
	MO20	podaljzana				
4 do 5	MO11	podaljzana	4.40	0.25	4400	440
6 do 7	MO11	podaljzana	3.00	0.20	3000	300
8 do 10	MO11	apnena	1.60	0.10	1600	160
stropne konstrukcije						
vsa	beton MB16		16.0	1.30	27400	10960

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - A2

Izkaznica stavbe

LJ8: Streliška ulica 1, 3, 5, Ljubljana



leto izgradnje:

1961
1962
1962

število etaž:

K+P=10
K+P=10
K+P=10

conna:

8.3 (Pravilnik)
 $a_g = 0.250$ g, $S = 1.15$
tip tal: C (Evrokod 8)

Splošni opis: Na začetku Streliške ulice so tri stolpnice z enako arhitekturo. V torisu so pravokotne oblike dolžine 22.38 m (22.63 m na mestih razširitev od 1. nadstropja navzgor) in širine 14.30 m (16.10 m na mestih razširitev od pritličja navzgor). Etažne višine vseh etaž znašajo 2.6 m. Pritličje je tik nad nivojem okolnega terena na južni strani, kjer je glavni vhod, oziroma 2.5 m nad nivojem terena na severni strani. Enoramno stopnišče in dvigalni jašek sta v sredini torisa. Po projektu so v kleti šrambe in hišniška delavnica, v zahodni polovici pritličja kolesarnice, v vzhodni polovici stanovanjski prostori, v nadstropjih pa stanovanja. Nad zadnjim nadstropjem je pohodna terasa.

Nosilna konstrukcija: Pasovni temelji so armiranobetonski (MB22) v štirih vzdolžnih in sedmih prečnih oseh in so na sečiščih vseh osi podprti z betonskimi vodnjaki (obod MB22, jedro MB7). Vodnjaki so zunanega premera 1.4 m, ki se spodaj razširijo na 2.0 m. Temeljni a.b. nosilci imajo zgornji rob oblikovan stopničasto, za preprečevanje drsenje stolpnice po izolaciji.

Nosilni zidovi v kleti in pritličju so neramirani betonski (MB16). Vodoravna armatura je edino pod okni pritličja. Obodni zidovi in večina notranjih prečnih zidov je debela 35 cm, ostali notranji zidovi pa 25 cm. V nadstropjih so nosilni zidovi zidani iz polnih opečnih zidakov. Nad 35 cm debelimi betonskimi zidovi so opečni zidovi debeli 38 cm, ostali pa 25 cm. V projektu predvidena kvaliteta zidakov in malte se po višini spreminja: v 1. nadstropju zidaki MO20 v cementni malti, v 2. in 3. nadstropju zidaki MO15 v cementni malti, v 4. in 5. nadstropju zidaki MO15 v podaljšani malti, v 6. in 7. nadstropju zidaki MO11 v podaljšani malti in v 8., 9. in 10. nadstropju zidaki MO11 v apneni malti. V projektu so za opečne zidove navedena še ostala določila: za malto uporabiti mivko, vodoravne spojnice v zidovih izvesti v debelini 12 mm in enakomerno debele, zidati s pravilnimi zidarskimi zvezami, pri zidanju uporabljati cele zidake, razen tam, kjer to zahteva zidna zveza, apneni malti dodati cement (mešanica 1:9:27), vse opečne zidake od 1. do 8. nadstropja preiskati po PTP7 in prepevdati vsako naknadno izsekavanje zidov za kakršnokoli napeljavo instalacij.



Situacija (vir: Spletni Atlas okolja Agencije RS za okolje)

Predelnih sten v stanovanjih ni, razen instalacijske stene. Obodni zidovi stanovanj v pritličju in severni zunanji zid v nadstropjih imajo na notranji strani 5 cm debelo oblogo iz porolita.

Stropne konstrukcije so monolitne križemarmirane betonske plošče debeline 13 cm oziroma 15 cm nad zadnjim nadstropjem, iz betona MB22. Za vodoravno povezavo so nad vsemi nosilnimi zidovi v medetažnih ploščah vgrajene vodoravne vezi (GA 4φ10, stremena φ6/30 cm). Nosilna konstrukcija strehe nad delom terase je jeklena – iz dimnih cevi in varjena.

Za navpično povezavo stolpnice so bile v vseh štirih vogalih predvidene navpične vezi. Izdelane naj bi bile iz gladkih armaturnih palic 2φ20, ki naj bi bile med gradnjo vbetonirane v betonske kleme in pritlične zidove, zgoraj pa v medetažne plošče, po dograditvi cele stolpnice pa obbetonirane. Navpične vogalne vezi so na južnem robu nameščene na zunanji strani, na severnem robu pa na notranji strani.

Zidovi so bili v statičnem računu preverjeni po DIN 1053 iz l. 1952, stropne konstrukcije pa dimenzionirane po francoskih predpisih za armirani beton BA iz leta 1945. V statičnem računu je bila konstrukcija preverjena na vodoravno potresno silo v višini 2 % skupne teže stolpnice, pri čemer je bila v skupni teži upoštevana celotna stalna in 70 % koristne obtežbe.

Stanje: Stolpnice so še v prvotnem stanju. Pri nekaterih so vidne poškodbe na zunanjih površinah pritličja. Na enem mestu je odpadel vogalni del armiranobetonske stene do armature. Opozoriti je potrebno tudi na navpične razpoke v območju nadokenskih preklad in parapetov.

Tehnična dokumentacija:

- Stolpnica S2 v Streliški ulici - glavni projekt - osnovni projekt, Tehnika Projektivni biro Ljubljana, št. proj. 150/1, junij 1959;
- Stolpnica S2 v Streliški ulici - glavni projekt - statika, Tehnika Projektivni biro Ljubljana, št. proj. 150/1, junij 1959;
- Stolpnica S3 v Streliški ulici - glavni projekt – spremembe in dopolnitve, Tehnika Projektivni biro Ljubljana, št. proj. 150/1, maj 1960;

Stolpnice tipa LJ8:

- Streliška ulica 1, Ljubljana (oznaka S1)
- Streliška ulica 3, Ljubljana (oznaka S2)
- Streliška ulica 5, Ljubljana (oznaka S3)

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - B



1960, 1962

Zidovi iz betonskih / Olindrinih votlakov z betonskim jedrom



Lokacija 1
1960
2K+P+12



Lokacija 2
1960, 1962
2K+P+12+T



Lokacija 3
1962
2K+P+10+T

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - B1

Izkaznica stavbe

LJS: Štefanova ulica 15, Ljubljana



leto izgradnje:
1960

število etaž:
2K+P+12

cona:
8.3 (Pravilnik)
 $a_g = 0.250$ g, $S = 1.15$
tip tal: C (Evrokod 8)

Splošni opis: Stolpnica je pravokotnega tlorisa dimenzij 18.36 x 17.72 m, po višini pa jo sestavljajo dve kleti, pritličje in dvanajst nadstropij. V osrednjem delu stolpnice je enoravno stopnišče in dvigalni jašek. V drugi kleti je zaklonišče, v prvi kleti shrambe in kolesarnice, v pritličju poslovni prostori, v nadstropjih pa stanovanja. Nad zadnjim nadstropjem je pohodna terasa, do koder vodi notranje stopnišče. Pritličje je 1.25 m nad nivojem okolnega terena, etažne višine znašajo 2.80 m v vseh etažah. Pred glavnim vhodom je podest, na katerega se dostopa preko nekaj stopnic.

Nosilna konstrukcija: Z geološkimi raziskavami je bilo ugotovljeno, da temeljna tla sestavljajo peščeno-meljasta mešanica. Stolpnica je temeljena na 55 cm debeli armiranobetonski temeljni plošči (MB22) tlorisnih dimenzij 20.44 x 19.75 m.

Nosilni zidovi so razporejeni v obeh tlorisnih smereh, vendar je količina zidov v smeri krajše tlorisne dimenzije večja kot v smeri daljše tlorisne dimenzije. Vsi nosilni zidovi v drugi kleti, vsi obodni nosilni zidovi v prvi kleti in zidovi na dobri polovici oboda v pritličju so betonski in debeli 30 cm. Obodno zidovje v prvi kleti na koti 0.85 m pod spodnjim robom stropne plošče preide v niz armiranobetonskih slopov v rastru 75 cm in preseka 30/45 cm. Ti slopi so enakih dimenzij in razporejeni v istem rastru po celotnem obodu prve kleti. Pritličje ima navpične nosilne elemente po obodu dveh vrst, ki so razporejeni zelo neenakomerno. Na eni polovici tlorisa so vitki armiranobetonski slopi svetle etažne višine (preseka 30/45 cm in v rastru 75 cm), na drugi polovici tlorisa so daljši zidovi, grajeni po sistemu ing. Umeka, kot je opisano v naslednjem odstavku. Ti zidovi dolgi do 5.45 m, odprtine med njimi pa dolge do 2.85 m. To predstavlja izrazito tlorisno nepravilnost pritlične etaže. Zunanji zidovi in nekateri notranji zidovi v drugi kleti so armirani. Minimalno so armirani tudi vitkejši slopi na obodu prve kleti in pritličja (navpična armatura GA 4φ8).



Situacija (vir: Spletni Atlas okolja Agencije RS za okolje)

Po sistemu ing. Umeka - z betonskimi oziroma žlindrinimi vodtaki z betonski jedrom - pa so zidani notranji nosilni zidovi v prvi kleti in pritličju, zidovi na polovici oboda v pritličju in vsi nosilni zidovi v nadstropjih. Betonski oziroma žlindrini vodtaki so služili kot opaž za betonsko ali armiranobetonsko jedro. Zidaki za zunanje zidove imajo v vzdolžnih stenah zidakov zračne žepe, s čimer so zidovom povečali njihovo toplotno izolativnost, zidaki za notranje nosilne zidove pa imajo vse stene brez zračnih žepov. Debelina betonskega jedra vseh zidov v pritličju in bolj obremenjenih notranjih prečnih zidov od pritličja do 3. nadstropja znaša 25 cm, pri ostalih zidovih pa 18 cm. Marka polnilnega betona se giblje med MB22 do MB7, različno za notranje in zunanje zidove. Zidovi so v nadstropjih obloženi z betonskimi fasadnimi ploščami.

Stropne konstrukcije so armiranobetonske plošče iz betona MB22 in debeline 13 cm oziroma 26 cm nad 2. kletjo in 17 cm pod teraso. Armirane so kot kontinuirne plošče preko prečnih nosilnih zidov. Nad nosilnimi zidovi so v ploščah izvedene vodoravne vezi (GA 4φ12). Nad a.b. medetažnimi ploščami je 10 cm debel tlak izveden iz žlindrinega betona.

Predelne stene so zidane iz porolita. Pod njimi imajo medetažne plošče navzgor obrnjena rebra skupnega prereza $b/h=35/23$ cm.

V statičnem računu je bila konstrukcija po predpisih PTP preverjena na vodoravno potresno silo v višini 3 % skupne teže stolpnice, pri čemer je bila v skupni teži upoštevana celotna stalna in 70 % koristne obtežbe. Poleg tega je bila izvedena kontrola obremenitev po tedanjih nemških priporočilih, in sicer na vodoravno potresno silo v višini 10 % skupne teže stolpnice, vendar s 100 % višjimi dopustnimi obremenitvami zidov.

Tehnična dokumentacija:

- Stolpnica v Kidričevi ulici - glavni projekt - arhitektonski del, Splošni projektivni biro v Ljubljani, št. proj. 312/58, 30.I.1959;
- Stolpnica v Kidričevi ulici - glavni projekt - statika, Splošni projektivni biro v Ljubljani, št. proj. 312/58, 30.I.1959;

Stolpnice tipa LJS:

- Štefanova ulica 15, Ljubljana

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - B2

Izkaznica stavbe

LJ16: Hrvatski trg 2 in Rozmanova ulica 2, Ljubljana



letu izgradnje:
1962
1960
število etaž:
2K+P+12+T
2K+P+12+T
cona:
8.3 (Pravilnik)
 $a_g = 0.250$ g, $S = 1.15$
tip tal: C (Evrokod 8)

Splošni opis: V območju med Hrvatskim trgom in Rozmanovo ulico sta bili zgrajeni dve stolpnici in servisni objekti med njima. Stolpnica je pravokotnega dorisa dimenzij 18.36 x 17.72 m, po višini pa jo sestavljajo dve kleti, pritličje in dvanajst nadstropij. V osrednjem delu stolpnice je enoravno stopnišče in dvigalni jašek. V drugi kleti je zaklonsko, v prvi kleti srambe in kolesarnice, v pritličju in nadstropjih pa stanovanja. Nad zadnjim nadstropjem je pohodna terasa, do koder vodi notranje stopnišče. Pritličje je 1.25 m nad nivojem okolnega terena, etažne višine znašajo 2.75 m v drugi kleti, 28.85 m v prvi kleti in 2.80 m v pritličju in nadstropjih. Pred glavnim vhodom je podest, na katerega se dostopa preko nekaj stopnic. Do kleti se dostopa preko notranjega stopnišča ali preko zunanje rampe.

Nosilna konstrukcija: Z geološkimi raziskavami je bilo ugotovljeno, da globina podtalnice omogoča podkletitev, temeljna tla pa sestavlja prodno peščena mešanica v srednje gostem do gostem stanju s konglomeratnimi vložki. Pri globini temeljev 1.1 m pod koto druge kleti je

bila po priporočilih geomehanika upoštevana dopustna obremenitev temeljnih tal 350 kN/m². Temelji so pasovni betonski, pri čemer je spodnji pas nearmiran (MB11), zgornji pas pa ponekod nearmiran, ponekod amiran (MB16 oziroma MB22).



Situacija (vir: Spletni Atlas okolja Agencije RS za okolje)

Nosilni zidovi so razporejeni v obeh florisnih smereh, vendar je količina zidov v smeri krajše florisne dimenzije večja kot v smeri daljše florisne dimenzije. Vsi nosilni zidovi v drugi kleti in obodni nosilni zidovi v prvi kleti so betonski in debeli 30 cm. Zunanji zidovi in nekateri notranji zidovi v drugi kleti so amirani. Obodno zidovje v prvi kleti na koti 0.85 m pod spodnjim robom stropne plošče preide v niz amiranobetonskih slopov v rastru 75 cm in preseka 30/45 cm.

Notranji nosilni zidovi v prvi kleti in vsi nosilni zidovi v pritličju in nadstropjih so zidani po sistemu ing. Umeka - z betonskimi oziroma žlindrinimi votlaci z betonski jedrom. Ti zidaki so služili kot opaž za betonsko ali amiranobetonsko jedro. Zidaki za zunanje zidove imajo v vzdolžnih stenah zidakov značne žepce, s čimer so zidovom povečali njihovo toplotno izolativnost, zidaki za notranje nosilne zidove pa imajo vse stene brez zračnih žepov. Debelina betonskega jedra vseh zidov v prvi kleti in bolj obremenjenih notranjih prečnih zidov od pritličja do 3. nadstropja znaša 25 cm, pri ostalih zidovih pa 18 cm. Marka polnilnega betona se giblje med MB22 do MB7, različno za notranje in zunanje zidove. Zidovi so v nadstropjih obloženi z betonskimi fasadnimi ploščami.

Stropne konstrukcije so amiranobetonske plošče debeline 13 cm oziroma 17 cm pod teraso. Amirane so kot kontinuirne plošče preko prečnih nosilnih zidov. Nad nosilnimi zidovi so v ploščah izvedene vodoravne vezi (GA 4412). Nad a.b. medetažnimi ploščami je 10 cm debel tlak izveden iz žlindrenega betona.

Predelne stene so zidane iz porolita. Pod njimi imajo medetažne plošče navzgor obrnjena rebra skupnega prereza b/h=35/23 cm.

V statičnem računu je bila konstrukcija po predpisih PTP preverjena na vodoravno potresno silo v višini 3 % skupne teže stolpnice, pri čemer je bila v skupni teži upoštevana celoma stalna in 70 % koristne obtežbe. Poleg tega je bila izvedena kontrola obremenitev po tedanjih nemških priporočilih, in sicer na vodoravno potresno silo v višini 10 % skupne teže stolpnice, vendar s 100 % višjimi dopustnimi obremenitvami zidov.

Stanje: Vidne so poškodbe fasadnih plošč v obliki odpadanja krovnih plasti betona in korozije armature.

Tehnična dokumentacija:

- Stolpnica »S2« Hrvatski trg - arhitektura, Splošni projektivni biro v Ljubljani, št. proj. 228a/59, 20.VII.1959;
- Stolpnica »S2« Hrvatski trg - statika, Splošni projektivni biro v Ljubljani, št. proj. 228a/59, 20.VII.1959;

Stolpnice tipa LJ16:

- Hrvatski trg 2, Ljubljana (oznaka S2)
- Rozmanova ulica 2, Ljubljana

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - B2

Mehanske lastnosti betona

eta0a	beton	f_k (MPa)	f_t (MPa)	E (MPa)	G (MPa)
vse	beton jedra MB22	22.0	1.56	29400	11760
	beton jedra MB16	16.0	1.30	27400	10960
	beton jedra MB11	11.0	1.10	25000	10000
	beton jedra MB7	7.0	0.90	23000	9200
	beton zidakov	4.0	0.27	6000	600

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - B3

Izkaznica stavbe

LJ7: Pražakova ulica 6 in Čigaletova ulica 8, Ljubljana



Leto izgradnje:

1962
1962

Število etaž:

2K+P+10+T
2K+P+10+M

Cona:

8.2 (Pravilnik)
 $a_g = 0.250$ g, $S = 1.15$
tip tal: C (Evrokod 8)

Splošni opis: Ob Pražakovi ulici na območju med Čigaletovo ulico in Miklošičevo cesto sta bili leta 1962 zgrajeni dve stolpnici. Stolpnica je pravokotnega tlorisa dimenzij 18.36 x 17.72 m, po višini pa jo sestavljajo dve kleti, pritličje in deset nadstropij. V osrednjem delu stolpnice je enoravno stopnišče in dvigalni jašek. V drugi kleti je zaklonišče, v prvi kleti shrambe in kolesarnice, v pritličju in nadstropjih pa stanovanja. Nad zadnjim nadstropjem je pohodna terasa, do koder vodi notranje stopnišče. Pritličje je 1.25 m nad nivojem okolnega terena, etažne višine znašajo 2.75 m v drugi kleti, 28.85 m v prvi kleti in 2.80 m v pritličju in nadstropjih. Pred glavnim vhodom je podest, na katerega se dostopa preko nekaj stopnic. Do kleti se dostopa preko notranjega stopnišča ali preko zunanje rampe.

Nosilna konstrukcija: Z geološkimi raziskavami je bilo ugotovljeno, da globina podtalnice omogoča podkletitev, temeljna tla pa sestavlja prodna peščena mešanica v srednje gostem stanju s konglomeratnimi vložki. Pri globini temeljev 1.1 m pod koto druge kleti je bila po priporočilih geomehanika upoštevana dopustna obremenitev temeljnih tal 350 kN/m². Temelji so pasovni betonski, pri čemer je spodnji pas nearmiran (MB11), zgornji pas pa ponekod nearmiran, ponekod armiran (MB16 oziroma MB22).

Nosilni zidovi so razporejeni v obeh tlorisnih smereh, vendar je količina zidov v smeri krajše tlorisne dimenzije večja kot v smeri daljše tlorisne dimenzije. Vsi nosilni zidovi v drugi kleti in obodni nosilni zidovi v prvi kleti so betonski in debeli 30 cm. Zunanji zidovi in nekateri notranji zidovi v drugi kleti so armirani. Obodno zidovje v prvi kleti na koti 0.85 m pod spodnjim robom stropne plošče preide v niz amiranobetonskih slopov v rastru 75 cm in preseka 30/45 cm.



Situacija (vir: Spletni Atlas okolja Agencije RS za okolje)

Notranji nosilni zidovi v prvi kleti in vsi nosilni zidovi v pritličju in nadstropjih so zidani po sistemu ing. Umeka - z betonskimi oziroma žilindrinimi vodaki z betonski jedrom. Ti zidaki so služili kot opaž za betonsko ali amiranobetonsko jedro. Zidaki za zunanje zidove imajo v vzdolžnih stenah zidakov zračne žepce, s čimer so zidovom povečali njihovo toplotno izolativnost, zidaki za notranje nosilne zidove pa imajo vse stene brez zračnih žepov. Debelina betonskega jedra vseh zidov v prvi kleti in bolj obremenjenih notranjih prečnih zidov od pritličja do 3. nadstropja znaša 25 cm, pri ostalih zidovih pa 18 cm. Marka polnilnega betona se giblje med MB22 do MB7, različno za notranje in zunanje zidove. Zidovi so v nadstropjih obloženi z betonskimi fasadnimi ploščami.

Stropne konstrukcije so amiranobetonske plošče debeline 13 cm oziroma 17 cm pod teraso. Amirane so kot kontinuirane plošče preko prečnih nosilnih zidov. Nad nosilnimi zidovi so v ploščah izvedene vodoravne vezi (GA 4φ12). Nad a.b. medetažnimi ploščami je 10 cm debel tlak izveden iz žilindrinega betona.

Predelne stene so zidane iz porolita. Pod njimi imajo medetažne plošče navzgor obrnjena rebra skupnega preza $b/h=35/23$ cm.

V statičnem računu je bila konstrukcija po predpisih PTP preverjena na vodoravno potresno silo v višini 3 % skupne teže stolpnice, pri čemer je bila v skupni teži upoštevana celotna stalna in 70 % koristne obtežbe. Poleg tega je bila izvedena kontrola obremenitev po tedanjih nemških priporočilih, in sicer na vodoravno potresno silo v višini 10 % skupne teže stolpnice, vendar s 100 % višjimi dopustnimi obremenitvami zidov.

Tehnična dokumentacija:

- Stolpnica »B« v Pražakovi ulici - arhitektura, Splošni projektivni biro v Ljubljani, št. proj. 315/59, 26.XII.1959;

- Stolpnica »B« v Pražakovi ulici - statika, Splošni projektivni biro v Ljubljani, št. proj. 315/59, 26.XII.1959;

- Stolpnica »B« v Pražakovi ulici - detajli, Splošni projektivni biro v Ljubljani, št. proj. 315/59, 26.XII.1959;

Stolpnice tipa LJ7:

- Čigaletova ulica 8, Ljubljana (tip A)
- Pražakova ulica 6, Ljubljana (tip B)

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - C



1964, 1965

K+P+9

Monolitne betonske stene MB22
brez armature



Lokacija 1
1964

Lokacija 2
1965



Nearmirane stolpnice v Ljubljani - C

Izkaznica stavbe

LJ9: Sketova ulica 6 in Grablovičeva ulica 32, Ljubljana



leto izgradnje:

1964
1965

število etaž:

K-P-9-T
K-P-9-T

cena:

8.2 (Pravilnik)
 $a_g = 0.250$ g, $S = 1.15$
tip tal: C (Evrokod 8)

Splošni opis: Stanovanjska stolpnica na Sketovi ulici 6 ima eno kletno etažo, pritličje in 9 nadstropij. Nad zadnjim nadstropjem je pohodna terasa, v osrednjem delu pa zaprti prostori. V osrednjem delu je enoravno stopnišče in en dvigalni jašek. V kleti so shrambe, kolesarnice in prostor za smeti, v pritličju in nadstropjih 50 stanovanj, v pokritem delu terase pa pralnici in sušilnici. Do kleti se dostopa preko notranjega stopnišča ali preko zunanje rampe.

V tlorisu je stolpnica pravokotne oblike dimenzij 20.52 x 16.24 m. Pritičje je 0.71 m nad nivojem okolnega terena, etažne višine vseh etaž pa znašajo 2.61 m. Pred glavnim vhodom je podest, na katerega se dostopa preko nekaj stopnic.

Nosilna konstrukcija: Pasovni temelji so armiranobetonski in so na delu podprti na vodnjakih, na preostalem delu pa neposredno na temeljnih tleh. Vsi nosilni zidovi so iz monolitnega betona debeline 20 cm. Nosilni zidovi v kleti in pritličju so iz betona MB22, od 1. do 3. nadstropja iz MB16, v zgornjih nadstropjih pa MB11. Nekateri slopi so do 6. nadstropja iz betona MB16 in do 4. nadstropja armirani.



Situacija (vir: Spletni Atlas okolja Agencije RS za okolje)

Medetažne konstrukcije so amiranobetonske plošče debeline 14 cm. V njih so nad zidovi izvedene vodoravne a. b. vezi, armirane s 4φ14 do 5. nadstropja in 4φ12 v višjih nadstropjih. Tudi stopnice so iz monolitnega armiranega betona. Predelni zidovi so iz siporeksa in debeli 7.5 cm znotraj stanovanj oziroma 2 x 7.5 cm med stanovanji. Zunanje betonske stene od pritličja navzgor so po projektu na notranji strani obloženi s ploščami iz siporeksa.

Nosilni zidovi so bili dimenzionirani na obremenitve zaradi vodoravne potresne obtežbe. V času projektiranja je v Sloveniji v veljavo stopila Odredba iz leta 1963. Pri tem so upoštevali dobra tla, $K = 0.06$ in 100% povečane dopustne obremenitve. Glede na potresne obremenitve v betonskih slojih je bila določena marka betona.

Stanje: Glede na obliko in potek razpok na pročeljih je mogoče sklepati, da so bile plošče iz siporeksa na zunanjih stenah dejansko vgrajene na zunanji strani, in da gre za razpoke med ploščami iz siporeksa. Opozoriti pa je potrebno na navpične razpoke in poševne razpoke v prekladnih delih a. b. sten na vrhu kletne etaže.

Tehnična dokumentacija:

- 10-etažna stanovanjska stolpnica 3/XI Vodmat - arhitektonski del, Projektivno podjetje Novo mesto, št.proj. 722-21/63, maj 1963;
- 10-etažna stanovanjska stolpnica 3/XI Vodmat - statika, Projektivno podjetje Novo mesto, št.proj. 722-21/63, maj 1963;
- Geotehnično poročilo o pogojih temeljenja treh stanovanjskih stolpnic in stolpiča stanovanjskega naselja v Vodmatu, Ljubljana, Geološki zavod;

Stolpnice tipa LJ9:

- Sketova ulica 6, Ljubljana (oznaka 3/XI)
- Grablovičeva 32, Ljubljana (oznaka 8/XII)

Za stolpnico na Grablovičevi ulici 32, ki naj bi bila enaka stolpnici na Sketovi ulici 6, projektna dokumentacija ni arhivirana. Iz skupnega geotehničnega poročila pa je razvidno, da je stolpnico projektiral Projektivni biro Gradis. Po tem dokumentu je bila stolpnica zasnovana kot 14 etažna zgradba z dvema kletima etažama. Nosilni zidovi naj bi bili iz monolitnega betona, debeline 25 cm v kletih in 15 cm v zgornjih etažah.

Nearmirane stolpnice v Ljubljani - C

Mehanske lastnosti betona

eta0a	beton	f_k (MPa)	f_t (MPa)	E (MPa)	G (MPa)
vse	beton jedra MB30	30.0	1.80	310000	12400
	beton jedra MB22	22.0	1.56	29400	11760
	beton jedra MB16	16.0	1.30	27400	10960
	beton jedra MB11	11.0	1.10	25000	10000

Nearmirane stolpnice v Ljubljani

- potresna odpornost in ranljivost

1959-1961
1961-1962

K+P+10



A

1960
1962

K+P+12



B

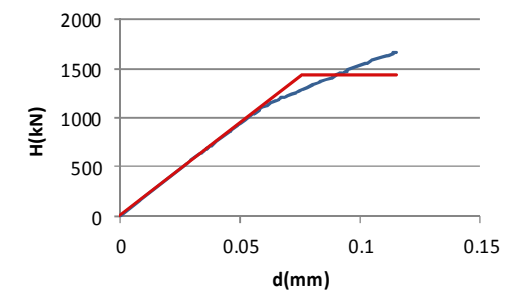
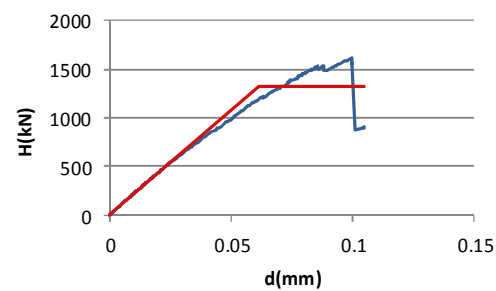
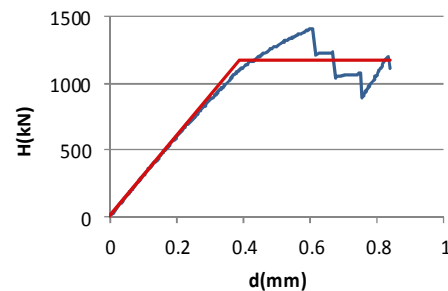
1964
1965

K+P+9

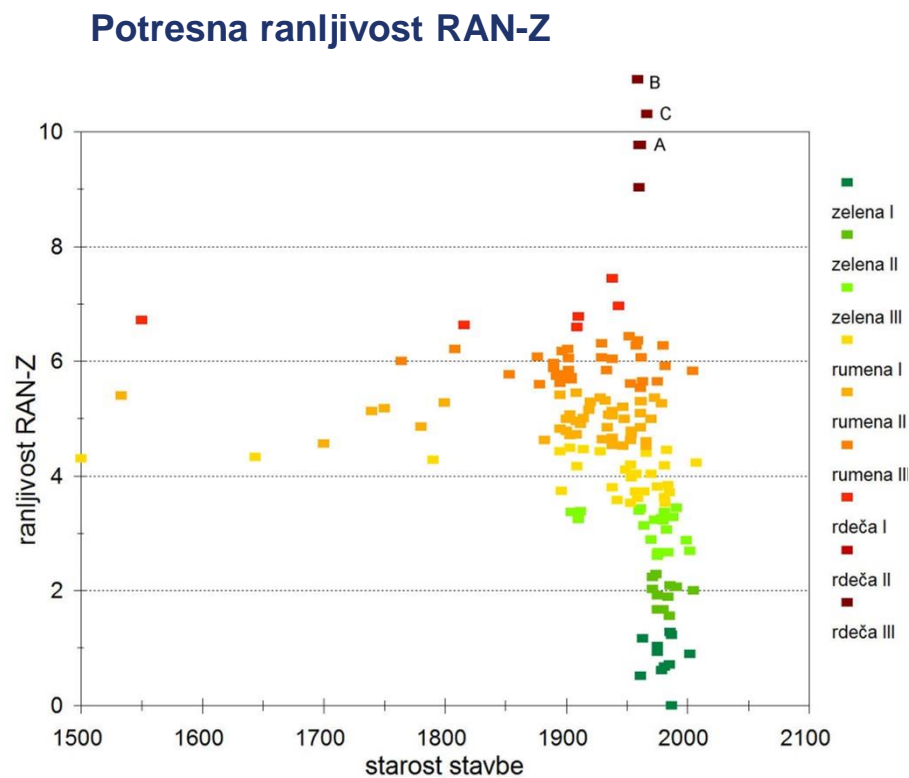
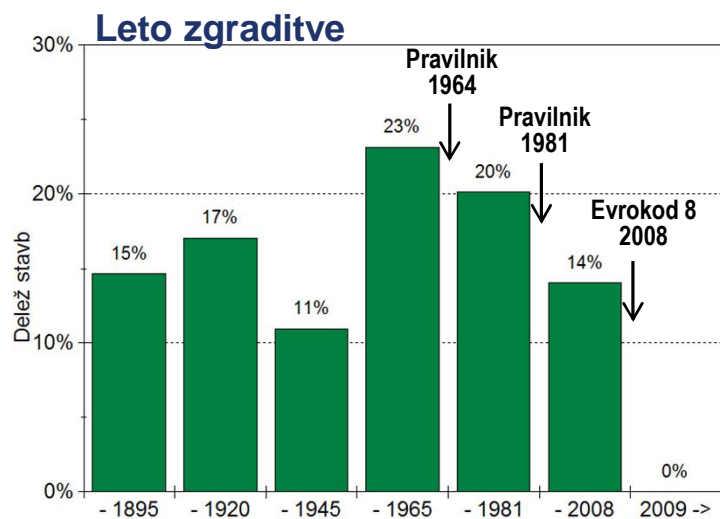
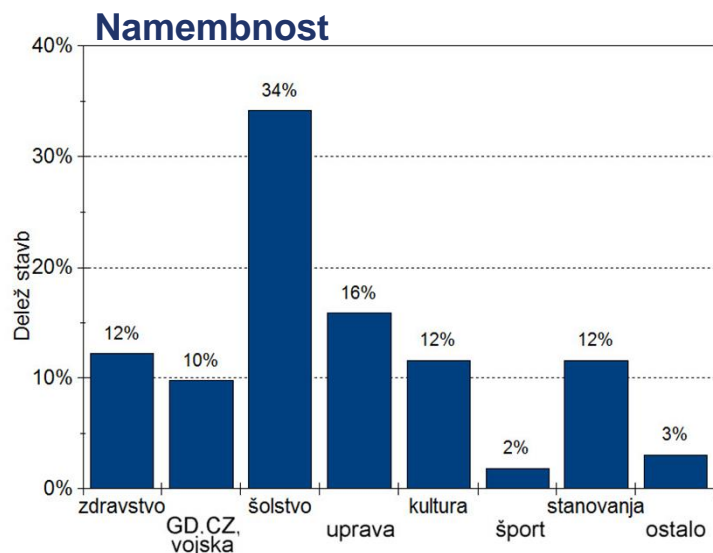


C

	Ope ni zidovi		Zidovi iz betonskih / cilindrih votlakov z betonskim jedrom		Monolitne betonske stene MB22 brez armature	
Masa etaže	1.0 t / m ²		1.2 t / m ²		1.3 t / m ²	
Zidovi / Tloris	X: 5.2%	Y: 4.8%	X: 3.7%	Y: 5.0%	X: 3.5%	Y: 3.0%
SRC _{id}	X: 0.043	Y: 0.033	X: 0.025	Y: 0.036	X: 0.038	Y: 0.032
RAN-Z	9.77		10.89		10.29	



POTROG - individualno ocenjene stavbe



Zelena (do 3.5): manjša ranljivost
 Rumena (3.5- 6.5): srednja ranljivost
 Rdeča (nad 6.5): večja ranljivost

Evropska potresna lestvica EMS

Intenziteta EMS: I Æ XII

Poškodbe gradbenih objektov: od VI EMS naprej

Ranljivostni razred stavbe: A, B, C, D, E in F

Kategorija poškodovanosti stavbe:

0: ni poškodb	1: zanemarljiva do majhna	2: zmerna	3: znatna do velika	4: zelo velika	5: uni enje
					
					
UPORABNE		ZA ASNO NEUPORABNE		NEUPORABNE	



Evropska potresna lestvica EMS

U inki potresa intenzitete VIII EMS

Ranljivostni razred	Kategorija poškodovanosti					
	0	1	2	3	4	5
A	0	0	25	35	30	10
B	0	25	35	30	10	
C	25	35	30	10		
D	60	30	10			
E	100					
F	100					

Nearmirane stolpnice v Ljubljani

- potresna ogroženost - pri akovana poškodovanost

Stavba	Potresna ranljivost RAN-Z		Intenziteta EMS 475 let	Verjetnost posamezne kategorije poškodovanosti pri potresu intenzitete EMS 475 let					
				0	1	2	3	4	5
A	9.77	rdeča III	VIII	0%	0%	21%	28%	37%	14%
B	10.89	rdeča III	VIII	0%	0%	11%	7%	59%	22%
C	10.29	rdeča III	VIII	0%	0%	17%	21%	45%	17%

		0	1 zanemarljiva do majhna	2 zmerna	3 znatna do velika	4 zelo velika	5 uničenje
Kategorije poškodovanosti po EMS	ni poškodb						
	Uporabnost	UPORABNE		ZAČASNO NEUPORABNE		NEUPORABNE	

Podrobnejša raziskava in smernice

Podrobni vizualni pregled

**Odvzem in preiskave vzorcev gradiva (opeka, malta, beton),
preverjanje armature ter
izvedba geomehanskih raziskav na 3 lokacijah**

**Podrobnejša analiza z upoštevanjem ugotovljenih -
dejanskih lastnosti gradiv**

**Zasnova treh variant reševanja visoke potresne ogroženosti
(dve varianti rešitev z utrditvijo, tretja varianta je
nadomestitev stolpnice z novo). Pri gradbeno
tehni nem in arhitekturnem vidiku se upošteva
potresno odpornost, požarno varnost, energijsko
u inkovitost, naravno osvetljenost prostorov.**

**Anketa za ugotavljanje stališ etajnih lastnikov in zavedanja
ogroženosti ter pogleda in pripravljenosti na reševanje**

Hvala za vaýo pozornost !

