

Datum: 24.5.2018

Naročnik: **Mestna občina Ljubljana**
Mestni trg 1
1000 Ljubljana

Projekt: **POROČILO**
o gradbeno tehničnem stanju objekta Kongresni trg 15 s statično in seizmično presojo ter predlogi za sanacijo in okvirna ocena stroškov

Delovni nalog: DN2006348

Naročilo: Pogodba št. C7560-18-110035 z dne 24.4.2018

Center: **CENTER ZA MATERIALE IN KONSTRUKCIJE**

Nosilec naloge: **dr. Mojca JARC SIMONIČ**, univ. dipl. inž. grad.

Vodja centra: **dr. Blaž DOLINŠEK**, univ. dipl. inž. grad.

Direktor: **Marijan PREŠEREN**, univ. dipl. inž. grad.



KAZALO VSEBINE:

1.	UVOD.....	2
2.	OPIS OBJEKTA IN NOSILNEGA SISTEMA.....	3
2.1.	OPIS OBJEKTA.....	3
2.2.	TEMELJI.....	4
2.3.	NOSILNI ZIDOVI.....	4
2.4.	MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE.....	4
2.4.1.	Strop nad kletjo	4
2.4.2.	Stropi nad pritličjem in 1. nadstropjem.....	4
2.4.3.	Strop nad 2.nadstropjem	5
2.5.	STREHA	6
3.	UGOTOVITVE OB PREGLEDU KONSTRUKCIJE	7
3.1	SPLOŠNO	7
3.1.	POŠKODBE NA OBJEKTU	7
3.1.1.	Razpoke	7
3.1.2.	Vlaga v objektu	7
3.3	VIZUALNI PREGLED KONSTRUKCIJE IN SONDIRANJA	7
3.1.3.	Temelji	7
3.1.4.	Nosilni zidovi	8
3.1.5.	Pregled stropnih konstrukcij.....	9
3.1.6.	Pregled ostrešja	9
4.0	STATIČNA ANALIZA OBJEKTA.....	10
4.1	KONTROLA MEDNADSTROPNIH KONSTRUKCIJ	10
4.2	KONTROLA ZIDOV PRI VERTIKALNI OBTEŽBI.....	19
4.	OCENA PROTIPOTRESNE ODPORNOSTI OBJEKTA.....	22
5.1	METODA RAČUNA.....	22
4.1.1.	Karakteristike materialov.....	22
4.1.2.	Vertikalne obtežbe za račun potresnega vpliva.....	22
5.2	ZAHTEV PREDPISOV	23
4.1.3.	Predpisani mejni strižni koeficient po evropskem standardu Eurocode 8	23
5.3	OCENA SEIZMIČNE ODPORNOSTI OBJEKTA	24
4.1.4.	Obstoječe stanje	24
5.	SMERNICE ZA IZVEDBO OJAČITVENO SANACIJSKIH DEL	28
6.	OKVIRNA OCENA STROŠKOV	30
7.	ZAKLJUČEK.....	31

1. UVOD

Po naročilu Mestne občine Ljubljana smo dne 9.4.2018 opravili pregled ter oceno stanja objekta **Kongresni trg 15**. Objekt je bil poškodovan ob gradnji podzemne garažne hiše na Kongresnem trgu v njegovi neposredni bližini. Pojavile so se razpoke in posedanje objekta. Predhodno je bilo opravljeno večletno opazovanje in natančen popis poškodb.

Bistvene točke našega pregleda so bile:

- detajlni pregled nosilnih elementov od temeljev do strehe z ugotavljanjem konstrukcijskega sistema in materialno tehničnih karakteristik nosilnih zidov in stropov s sondiranjem
- pregled obstoječe tehnične dokumentacije
- pregled temeljenja objekta
- izvedba statične presoje in analiza seizmične (protipotresne) odpornosti objekta s programom SREMB na osnovi ugotovitev preiskav in ocenjenih mehansko – trdnostnih karakteristik vgrajenih materialov
- idejni predlog sanacijskih in ojačitvenih posegov nosilnih konstrukcij za doseg ustreznosti, varnosti in stabilnosti objekta
- okvirna ocena stroškov sanacije

Dejansko stanje objekta smo ugotavljali z izvedbo globinskih sond zidov, stropov, temeljev in ostrešja. S tem smo ugotovili sestavo in ohranjenosti posameznih konstrukcijskih elementov.

Namen pregleda in preiskav je bil, da se popravijo poškodbe, nastale pri gradnji podzemnih parkirišč ter na podlagi zasnove objekta, ugotovitev dejanskega stanja konstrukcije ter ocenjenih mehanskih karakteristik vgrajenih materialov, ugotovi nosilnost ter izdela oceno statične in protipotresne odpornosti zgradbe ter poda idejne smernice za izvedbo potrebnih sanacijsko – ojačitvenih posegov, s katerimi bomo zagotovili ustrezno varnost in stabilnost objekta v smislu veljavnih predpisov. Ti podatki bodo služili pri izdelavi projektne dokumentacije za sanacijo objekta in protipotresno ojačitev.

2. OPIS OBJEKTA IN NOSILNEGA SISTEMA

2.1. Opis objekta

Objekt Kongresni trg 15 v Ljubljani je vogalna stanovanjska (v pritličju poslovna) stavba, ki stoji na koncu niza objektov ob promenadi ob parku Zvezda (pogled od stavbe proti severu). Kot vogalna stavba gleda na zahodni strani tudi na Slovensko cesto. Zgrajena je bila leta 1809. Objekt sestavljajo delno klet, pritličje, dva nadstropja in izkoriščeno podstrešje. Podkleten del ima obokane kamnite in mešane zidove, pritličje in oba nadstropja pa sta izdelana iz polne opeke. Stropi nad pritličjem in nadstropjema so leseni, v kleti so oboki. Stopnice so kamnite. V objekt so vgrajene protipotresne vezi. Strešna konstrukcija je lesena s frčadami, pokrita z bobrovcem. Glavni vhod v objekt se nahaja na severni strani, s strani Kongresnega trga. Objekt ima zunanje gabarite cca 24,4 m x 15 m. Višina objekta znaša okrog 15,4 m. Etažna višina pritličja znaša cca 3 m, etažni višini obeh nadstropij znašata cca $v_e = 2,8$ m. Objekt je zaščiten kot kulturni spomenik državnega pomena.



Fotografija 1: Kongresni trg 15 (vir: Sanacijski načrt)

Namembnost objekta je stanovanjska in delno poslovna, zato je uvrščen v II. kategorijo objektov. Po karti potresne ogroženosti spada Ljubljana, kjer stoji predmetni objekt, v območje projektnega pospeška je 0,25 g. Potresno nevarnost smo določili po karti projektnih pospeškov tal za povratno dobo 475 let, ki jo je izdelala Geodetska uprava Slovenije.

2.2. Temelji

Objekt je delno podkleten s plitvimi temelji. Geomehansko poročilo o stanju temeljev in temeljnih tal z ugotovitvami in predlogom sanacije je priloga temu poročilu.

2.3. Nosilni zidovi

Kletni nosilni zidovi so delno kamniti, delno mešani in delno opečni, v severovzhodnem vogalu pa so prisotne tudi AB stene.

Nosilni zidovi v pritličju in zgornjih nadstropjih so v celoti zidani iz polne opeke v srednje dobri apneni malti. Debeline zunanjih nosilnih zidov znašajo cca 65 cm, notranje nosilne pa so debele cca 40-50 cm. V nadstropju so debeline in postavitve nosilnih zidov podobne kot v pritličju.

2.4. Medetažne konstrukcije

2.4.1. Strop nad kletjo

Strop nad kletjo je zasnovan kot obokan strop na zahodni polovici objekta, ki je podkleten, na severovzhodnem delu kleti pa je strop armirano-betonski, izveden naknadno skupaj z obodnimi betonskimi stenami.

2.4.2. Stropi nad pritličjem in 1. nadstropjem

Stropi nad pritličjem in 1. nadstropjem so leseni. Glede na sondo S7 so stropniki v obravnavanem pritličnem prostoru dimenzij cca 17/21 cm, razmaknjeni na razdalji 90 cm. Sestava stropa je naslednja:

-finalni tlak	2 cm
-deske	2,7 cm
-nasutje	12 cm (v nasutju morali)
-stropniki	17 / 21 cm na 90 cm
-deske med stropniki	2,7 cm
-prazen prostor	13 cm
-deske pod stropniki	2,0 cm
-omet na trstiki	2 cm
skupaj	cca 50 cm

Glede na sondo S2 so stropniki v obravnavanem stropu nad 1. nadstropjem dimenzij cca 22/20 cm, razmaknjeni na razdalji 59 cm. Sestava stropa je naslednja:

-finalni tlak	2 cm
-deske	2,7 cm
-nasutje	12 cm (v nasutju morali)
-stropniki	22 / 20 cm na 58 cm
-deske med stropniki	2,7 cm
-prazen prostor	19 cm
-deske pod stropniki	2,4 cm
-omet na trstiki	2 cm
<hr/>	
skupaj	cca 50 cm

Glede na sondo S5 so stropniki v obravnavanem stropu nad 1. nadstropjem dimenzij cca 18/25.5 cm, razmaknjeni na razdalji 75 cm. Sestava stropa je naslednja:

-finalni tlak	2 cm
-deske	2,7 cm
-nasutje	12 cm (v nasutju morali)
-stropniki	18 / 25.5 cm na 75 cm
-deske med stropniki	2,5 cm
-prazen prostor	18 cm
-deske pod stropniki	2,5 cm
-omet na trstiki	2 cm
<hr/>	
skupaj	cca 50 cm

Na nekaterih mestih je izveden še spušččen strop iz mavčno – kartonskih plošč. Glede na sonde v različnih prostorih po objektu in statični račun v nadaljevanju, je videti, da so stropi dimenzionirani na enako koristno obtežbo, vendar različni glede na razpone in usmerjenost stropnikov.

2.4.3. Strop nad 2.nadstropjem

Strop nad 2. nadstropjem je lesen, ohranjena še v prvotni izvedbi. Stropniki dimenzij 18/20 cm so razmaknjeni na razdalji cca 85 cm.

Sestava stropa je naslednja:

-finalni tlak	0,5 cm
-nearmiran estrih	3 cm
-opečni tlakovci na apneni malti	3,5 cm
-malta	3 cm
-nasutje	8-9 cm
-tramovni strop	15-16 cm
-omet na trstiki	2 cm
<hr/>	
skupaj	36 cm

2.5. Streha

Ostrešje je leseno, zasnovano s trapeznimi vešali s fičarami, z naklonom cca 44°. Diagonale trapeznih vešal so dimenzij 15/21 cm, stebri pa 15/15 cm. Špirovci so dimenzij 11/21 cm na razmaku cca 90 cm. Streha je prekrita z opečno kritino (bobrovec).

3. UGOTOVITVE OB PREGLEDU KONSTRUKCIJE

3.1 Splošno

Dejansko stanje obstoječe nosilne konstrukcije, sestave obstoječih nosilnih elementov ter kvaliteto vgrajenih materialov smo ugotavljali s preiskovalnimi sondami na dostopnih temeljih, stenah, stropih in ostrešju. Mesta pregleda so prikazana v *Prilogi 1: Mesta pregleda objekta in Prilogi 2: Fotodokumentacija*.

3.1. Poškodbe na objektu

Poškodbe na objektu Kongresni trg 15 so se začele pojavljati tekom gradnje Garažne hiše Kongresni trg s pričetkom leta 2009 in so posledica diferenčnega posedanja. Do zadnji meritev konca leta 2014 posedanje ni bilo zaključeno, kar potrjujejo tudi stanovalci, saj so še nedavno nastale nove tanke razpoke. Ko se bo stanje tal umirilo, je naprej potrebno sanirati temeljna tla, šele nato zidove.

3.1.1. Razpoke

Vse razpoke so natančno popisane in izrisane v Poročilu o opravljenem pregledu poškodb na objektih v neposredni bližini GH Kongresni trg – 4. ciklus meritev po izgradnji, ki ga je izdelal Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. julija 2014. Prav tako so razpoke popisane v Zapisnikih o ugotovljenem stanju poškodb iz leta 2013, izdelanih za skupne prostore v vseh etažah ter na vseh fasadah. Izdelani so tudi popisi poškodb in predračuni za izvedbo sanacije. Popisane so tudi količine potrebnega minimalnega injektiranja zidov s predračuni. V stanovanjih so nekatere razpoke že odpravljene, saj je nekaj stanovanj obnovljenih. Razpoke na zidovih so zmerne, pretežno usmerjene vertikalno in poševno. Na fasadi gre za razpoke v severozahodnega vogala, vertikalne in poševne razpoke med okenskimi in vratnimi odprtinami, nekaj je tudi horizontalnih razpok. Nekaj razpok je na stikih predelnih sten z nosilnimi, razpokani so stiki lesenega stropa s stenami, vidne pa so tudi lasaste razpoke v ometu, razpoke nad prekladami, na stropnem ometu. Velike razpoke in posedanja so vidna tudi v tlaku v pritličju, poškodovani so kamniti elementi (razpoke, odlomi, drobljenje zaradi pritiskov), predvsem na severni strani objekta. Povečali so se tudi razmaki med kamnitimi elementi ob odprtinah.

3.1.2. Vlaga v objektu

Na podlagi opravljenega pregleda objekta ter glede na zasnovo in starost stavbe lahko sklepamo, da so bile prvotno tako nosilne stene kot tudi kletni in pritlični tlaki izvedeni brez horizontalnih in vertikalnih hidroizolacijskih barier, tako da se je objekt prosto vlažil s kapilarnim vlekem vlage iz terena. Na ometih in opleskih so prisotne poškodbe, ki jih povzročata vlaga in kristalizacijski pritiski akumuliranih vodotopnih soli. Nihanja podtalnice so bila po podatkih geomehanskega poročila večja v preteklosti, kljub temu so možnosti navlaževanja sten še vedno prisotne, predvsem zaradi puščanja cevovodov na območju objektov ob garažni hiši.

3.3 Vizualni pregled konstrukcije in sondiranja

3.1.3. Temelji

Na objektu smo v sklopu detajlnega pregleda objekta izdelali dve temeljni sondi, eno ob zahodni steni, ki je z jet groutingom najbolj stabilizirana in eno ob severni steni v severozahodnem, najbolj poškodovanem delu objekta. Pri sondiranju smo ugotovili, da temeljev ni, gre samo za poglobitev kamnitega zidu v tla. Materiali temeljnih tal so opisani v geomehanskem poročilu, ki je priloga tega poročila.

Mesta pregleda so prikazana v *Prilogi 1: Mesta pregleda objekta in Prilogi 2: Fotodokumentacija*.

- *Temeljna sonda T1*

Temeljna sonda T1 razkriva sestavo zahodnega zidu na podkletenem delu objekta, ki kamnit z malto slabše kvalitete, poglobitev zidu pa znaša le 20 cm pod tlak kleti.

- *Temeljna sonda T2*

Temeljna sonda T2 je bila izvedena ob severnem zidu v kleti. Poglobljen zid je prav tako kamnit z apneno malto slabše kvalitete. Na tem mestu je globina spodnjega roba stene večja in sicer 50 cm od tlaka kleti.

3.1.4. Nosilni zidovi

Sestavo nosilnih sten ter armiranobetonskih stebrov smo kontrolirali v vseh etažah s površinskim sondiranjem. Izvedli smo 24 sond. Lokacije in izgled sond so prikazane v *Prilogi 1: Mesta pregleda objekta in Prilogi 2: Fotodokumentacija*.

3.1.4.1. Nosilni zidovi v kleti

Kletne nosilne stene so mešane, bodisi v celoti kamnite (zahodna stena), bodisi opečne (notranje stene in stebri), bodisi mešane kamnito-opečne. V severo-vzhodnem delu so stene armiranobetonke. V kletnih stenah je prisotna vlaga. Malta je večinoma slabe do srednje kvalitete. AB stene so trdnosti 17 MPa, armirane z vertikalno rebrasto armaturo $\Phi 12$ in horizontalno gladko armaturo $\Phi 6$ na razmaku 38 cm.

3.1.4.2. Nosilni zidovi v pritličju in nadstropju

Nosilni zidovi pritličja, 1. in 2. nadstropja so iz polne opeke, vezane z apneno malto slabe do srednje kvalitete. Vertikalnih armiranobetonskih protipotresnih vezi ni. Objekt je horizontalno povezan.

Kvaliteta malte

Kvaliteto malte v spojnicah smo preverjali s primerjalnim drobljenjem pod prsti, granulometrijsko sestavo in vsebnostjo veziva. Malta je apnena, pripravljena iz razmeroma čistega rečnega agregata, delno drobljiva pod prsti. Agregat je frakcij do 0 - 8 mm. Malta dobro zapolnjuje tako horizontalne, kakor tudi vertikalne rege med zidaki. Ocenjujemo, da ima malta tlačno trdnost MM 0,5 – 1 MPa.

Za potrebe potresnega računa s programom SREMB smo za obstoječe opečne zidove privzeli naslednje mehanske karakteristike:

Mehanske karakteristike	f_c [MPa]	f_t [MPa]	E [MPa]	G [MPa]	μ
Obstoječe zidovje					
opečni zid	2,0	0,18	800	200	3

Pri tem so:

f_c	karakteristična tlačna trdnost,
f_t	referenčna natezna trdnost,
E	elastični modul zidu pri navpični obtežbi,
G	strižni modul,
μ	indikator duktilnosti pri kombinirani vertikalni in horizontalni obtežbi

3.1.4.3. Opisi sond

Sonde zidov so označene in podrobno opisane v *Prilogi 1: Mesta pregleda objekta* za vsako etažo posebej.

3.1.5. Pregled stropnih konstrukcij

V sklopu sondažnih preiskav stropov smo izvedli 6 globinskih sond lesenih stropov v pritličju, prvem in drugem nadstropju. Mesta sond stropov in skice prereзов so izdelane v *Prilogi 1: Mesta pregleda objekta*, fotografije pa v *Prilogi 2: Fotodokumentacija*.

3.1.5.1. Strop nad pritličjem

V pritlični etaži je strop lesen. Sestava je natančneje opisana v točki 2. Stropi niso povešeni. Vgrajeni materiali niso dotrajani in so dovolj kvalitetni. Mesta sond stropov in skice prereзов so izdelane v *Prilogi 1: Mesta pregleda objekta*, fotografije pa v *Prilogi 2: Fotodokumentacija*.

3.1.5.2. Strop nad 1. nadstropjem

Nad 1. nadstropjem je strop lesen. Sestava je natančneje opisana v točki 2. Stropi niso povešeni. Vgrajeni materiali niso dotrajani in so dovolj kvalitetni.

3.1.5.3. Strop nad 2. nadstropjem

Strop nad 2. nadstropjem je lesen tramovni strop. Sestavljajo ga stropniki 32/16 cm na razmaku 32 cm s peščenim nasutjem debeline 8-9 cm. Prav tako strop ni povešen in kakorkoli dotrajan.

3.1.6. Pregled ostrešja

Streha je lesena večkapnica. Nosilno konstrukcijo predstavljajo trapezna vešala, ki potekajo v prečni smeri objekta. V vzdolžni smeri je zavetrovana z ročicami.

Naklon strešine je cca 44°. Kritina je opečni bobrovec.

Na nosilni strešni konstrukciji ni vidnih sledov zamakanja v preteklosti ali sledov poddimenzioniranosti in je v dobrem stanju.

4.0 STATIČNA ANALIZA OBJEKTA

V sklopu statične analize objekta smo na osnovi ocenjenih mehansko tehničnih karakteristik nosilnih elementov opravili kontrolo obstoječih elementov (zidov in lesenih stropov).

Pri statični analizi smo upoštevali obtežbe, ki smo jih določili iz dejanskih sestav in dimenzij obstoječih elementov, koristne obtežbe pa smo določili glede na namembnost prostorov.

4.1 Kontrola mednadstropnih konstrukcij

Izvedli smo kontrolo nosilnosti in podajnosti lesenega stropa nad pritličjem, 1.nadstopjem in 2. nadstopjem. Statična kontrola pokaže, da je nosilnost stropov zadostna.

Lesen strop: S2 nad 1.nadstopjem

Material

Les D35, 2. razred uporabnosti ($T=20^\circ$, $v<20\%$)

$f_{m,k} := 3.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična upogibna trdnost
$f_{t,0,k} := 2.10 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična natezna trdnost (vzporedno)
$f_{c,0,k} := 2.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (vzporedno)
$f_{c,90,k} := 0.84 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (pravokotno)
$f_{v,k} := 0.34 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična strižna trdnost
$E_{0,mean} := 1000 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (povprečno)
$E_{0,05} := 870 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (5% fraktila)
$\rho_k := 560 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - karakteristična
$\rho_{mean} := 670 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - povprečna
$\gamma_{m,les} := 1.3$	materialni varnostni faktor za les

Modifikacijski faktorji - vpliv trajanja obtežbe na nosilnost; in na deformacije

stalna obtežba (P)	$k_{mod,P} := 0.6$	$k_{def,P} := 0.8$
dolgotrajna obtežba (L)	$k_{mod,L} := 0.7$	$k_{def,L} := 0.5$
srednje dolga obtežba (M)	$k_{mod,M} := 0.8$	$k_{def,M} := 0.25$
kratkotrajna obtežba (S)	$k_{mod,S} := 0.9$	$k_{def,S} := 0.0$
trenutna obtežba (I)	$k_{mod,I} := 1.1$	

Obtežba

lastna	-parket	$gl_1 := 2.0cm \cdot 8kN \cdot m^{-3}$	$gl_1 = 0.16 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-deske 3x	$gl_2 := 3 \cdot 2.0cm \cdot 5kN \cdot m^{-3}$	$gl_2 = 0.30 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-nasutje	$gl_3 := 12cm \cdot 18kN \cdot m^{-3}$	$gl_3 = 2.16 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-stropniki	$gl_4 := 22cm \cdot \frac{20}{58} \cdot 5kN \cdot m^{-3}$	$gl_4 = 0.38 \cdot kN \cdot m^{-2}$

$$q_P := \sum gl = 3.00 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

koristna -stanovanjski

$$gk_1 := 2 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

$$q_S := \sum gk = 2.00 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

obtežna situacija

$$q := 1.35 \sum gl + 1.5 \sum gk$$

$$q = 7.05 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Obremenitev

obtežba na stropnik

razpon

$$e := 0.58m$$

$$l_o := 4.6m$$

$$q := q \cdot e$$

$$q = 4.09 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

$$l_o = 4.60 m$$

moment

$$M_{max} := \frac{q \cdot l_o^2}{8}$$

$$M_{max} = 10.81 \cdot kN \cdot m$$

strig

$$Q_{max} := \frac{q \cdot l_o}{2}$$

$$Q_{max} = 9.40 \cdot kN$$

Prerez

širina

$$b := 22cm$$

visina tramov

$$h := 20cm$$

prerez

$$A := h \cdot b$$

$$A = 440.00 \cdot cm^2$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$W = 1466.67 \cdot cm^3$$

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = 1.47 \times 10^4 \cdot cm^4$$

Kontrola napetosti

upogib

$$\sigma := \frac{M_{max}}{W}$$

$$\sigma = 737.32 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} := k_{mod.S} \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.les}} = 2.42 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} = 2423.08 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\sigma < f_{m.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\sigma}{f_{m.d}} = 0.30$$

strig

$$\tau := 1.5 \cdot \frac{Q_{max}}{A}$$

$$\tau = 32.06 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} := k_{mod.S} \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.les}} = 0.24 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} = 235.38 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\tau < f_{v.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\tau}{f_{v.d}} = 0.14$$

Kontrola povosov

$$w_P := \frac{5 \cdot q_P \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_P = 0.69 \cdot cm$$

$$w_S := \frac{5 \cdot q_S \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_S = 0.46 \cdot cm$$

$$w_{inst} := w_P + w_S$$

$$\Psi_{2.S} := 0.3$$

$$w_{inst} = 1.15 \cdot cm$$

$$w_{net.fin} := w_P (1 + k_{def.P}) + w_S (1 + \Psi_{2.S} k_{def.S})$$

$$w_{net.fin} = 1.71 \cdot cm$$

$$w_{inst.lim} := \frac{l_o}{300}$$

$$w_{inst.lim} = 1.53 \cdot cm$$

$$w_{net.fin.lim} := \frac{l_o}{250}$$

$$w_{net.fin.lim} = 1.84 \cdot cm$$

$$kontrola(w_{inst} < w_{inst.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{inst}}{w_{inst.lim}} = 0.75$$

$$kontrola(w_{net.fin} < w_{net.fin.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{net.fin}}{w_{net.fin.lim}} = 0.93$$

Lesen strop: S3 nad 2.nadstopjem

Material

Les D35, 2. razred uporabnosti ($T=20^\circ$, $v<20\%$)

$f_{m,k} := 3.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična upogibna trdnost
$f_{t,0,k} := 2.10 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična natezna trdnost (vzporedno)
$f_{c,0,k} := 2.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (vzporedno)
$f_{c,90,k} := 0.84 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (pravokotno)
$f_{v,k} := 0.34 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična strižna trdnost
$E_{0,mean} := 1000 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (povprečno)
$E_{0,05} := 870 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (5% fraktila)
$\rho_k := 560 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - karakteristična
$\rho_{mean} := 670 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - povprečna
$\gamma_{m,les} := 1.3$	materialni varnostni faktor za les

Modifikacijski faktorji - vpliv trajanja obtežbe na nosilnost; in na deformacije

stalna obtežba (P)	$k_{mod,P} := 0.6$	$k_{def,P} := 0.8$
dolgotrajna obtežba (L)	$k_{mod,L} := 0.7$	$k_{def,L} := 0.5$
srednje dolga obtežba (M)	$k_{mod,M} := 0.8$	$k_{def,M} := 0.25$
kratkotrajna obtežba (S)	$k_{mod,S} := 0.9$	$k_{def,S} := 0.0$
trenutna obtežba (I)	$k_{mod,I} := 1.1$	

Obtežba

lastna	-estrih, malta	$gl_1 := 2 \cdot 3.0cm \cdot 20kN \cdot m^{-3}$	$gl_1 = 1.20 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-tlakovci	$gl_2 := 3.5cm \cdot 20kN \cdot m^{-3}$	$gl_2 = 0.70 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-nasutje	$gl_3 := 9cm \cdot 18kN \cdot m^{-3}$	$gl_3 = 1.62 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-stropniki	$gl_4 := 35cm \cdot \frac{16}{25} \cdot 5kN \cdot m^{-3}$	$gl_4 = 0.80 \cdot kN \cdot m^{-2}$

$$q_P := \sum gl = 4.32 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

koristna -stanovanjski

$$gk_1 := 2 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

$$q_S := \sum gk = 2.00 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

obtežna situacija

$$q := 1.35 \sum gl + 1.5 \sum gk$$

$$q = 8.83 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Obremenitev

obtežba na stropnik
razpon

$$e := 0.35m$$

$$l_o := 4.6m$$

$$q := q \cdot e$$

$$q = 3.09 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

$$l_o = 4.60 m$$

moment

$$M_{max} := \frac{q \cdot l_o^2}{8}$$

$$M_{max} = 8.18 \cdot kN \cdot m$$

strig

$$Q_{max} := \frac{q \cdot l_o}{2}$$

$$Q_{max} = 7.11 \cdot kN$$

Prerez

širina

$$b := 35cm$$

visina tramov

$$h := 16cm$$

prerez

$$A := h \cdot b$$

$$A = 560.00 \cdot cm^2$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$W = 1493.33 \cdot cm^3$$

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = 1.19 \times 10^4 \cdot cm^4$$

Kontrola napetosti

upogib

$$\sigma := \frac{M_{max}}{W}$$

$$\sigma = 547.51 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot S \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.les}} = 2.42 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} = 2423.08 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\sigma < f_{m.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\sigma}{f_{m.d}} = 0.23$$

strig

$$\tau := 1.5 \cdot \frac{Q_{max}}{A}$$

$$\tau = 19.04 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} := k_{mod} \cdot S \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.les}} = 0.24 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} = 235.38 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\tau < f_{v.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\tau}{f_{v.d}} = 0.08$$

Kontrola povosov

$$w_P := \frac{5 \cdot q_P \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_P = 0.74 \cdot cm$$

$$w_S := \frac{5 \cdot q_S \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_S = 0.34 \cdot cm$$

$$w_{inst} := w_P + w_S$$

$$\Psi_{2.S} := 0.3$$

$$w_{inst} = 1.08 \cdot cm$$

$$w_{net.fin} := w_P \cdot (1 + k_{def.P}) + w_S \cdot (1 + \Psi_{2.S} \cdot k_{def.S})$$

$$w_{net.fin} = 1.67 \cdot cm$$

$$w_{inst.lim} := \frac{l_o}{300}$$

$$w_{inst.lim} = 1.53 \cdot cm$$

$$w_{net.fin.lim} := \frac{l_o}{250}$$

$$w_{net.fin.lim} = 1.84 \cdot cm$$

$$kontrola(w_{inst} < w_{inst.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{inst}}{w_{inst.lim}} = 0.70$$

$$kontrola(w_{net.fin} < w_{net.fin.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{net.fin}}{w_{net.fin.lim}} = 0.91$$

Lesen strop: S5 nad 1.nadstopjem

Material

Les D35, 2. razred uporabnosti ($T=20^\circ$, $v<20\%$)

$f_{m,k} := 3.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična upogibna trdnost
$f_{t,0,k} := 2.10 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična natezna trdnost (vzporedno)
$f_{c,0,k} := 2.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (vzporedno)
$f_{c,90,k} := 0.84 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (pravokotno)
$f_{v,k} := 0.34 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična strižna trdnost
$E_{0,mean} := 1000 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (povprečno)
$E_{0,05} := 870 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (5% fraktila)
$\rho_k := 560 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - karakteristična
$\rho_{mean} := 670 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - povprečna
$\gamma_{m,les} := 1.3$	materialni varnostni faktor za les

Modifikacijski faktorji - vpliv trajanja obtežbe na nosilnost; in na deformacije

stalna obtežba (P)	$k_{mod,P} := 0.6$	$k_{def,P} := 0.8$
dolgotrajna obtežba (L)	$k_{mod,L} := 0.7$	$k_{def,L} := 0.5$
srednje dolga obtežba (M)	$k_{mod,M} := 0.8$	$k_{def,M} := 0.25$
kratkotrajna obtežba (S)	$k_{mod,S} := 0.9$	$k_{def,S} := 0.0$
trenutna obtežba (I)	$k_{mod,I} := 1.1$	

Obtežba

lastna	-parket	$gl_1 := 2.0cm \cdot 8kN \cdot m^{-3}$	$gl_1 = 0.16 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-deske 3x	$gl_2 := 3 \cdot 2.5cm \cdot 5kN \cdot m^{-3}$	$gl_2 = 0.38 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-nasutje	$gl_3 := 12cm \cdot 18kN \cdot m^{-3}$	$gl_3 = 2.16 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-stropniki	$gl_4 := 18cm \cdot \frac{25.5}{75} \cdot 5kN \cdot m^{-3}$	$gl_4 = 0.31 \cdot kN \cdot m^{-2}$

$$q_P := \sum gl = 3.00 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

koristna	-stanovanjski	$gk_1 := 2 \cdot kN \cdot m^{-2}$
----------	---------------	-----------------------------------

$$q_S := \sum gk = 2.00 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

$$\text{obtežna situacija} \quad q := 1.35 \sum gl + 1.5 \sum gk \quad q = 7.05 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Obremenitev

obtežba na stropnik
razpon

$$e := 0.75m$$

$$l_o := 4.1m$$

$$q := q \cdot e$$

$$q = 5.29 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

$$l_o = 4.10 m$$

moment

$$M_{max} := \frac{q \cdot l_o^2}{8}$$

$$M_{max} = 11.11 \cdot kN \cdot m$$

strig

$$Q_{max} := \frac{q \cdot l_o}{2}$$

$$Q_{max} = 10.84 \cdot kN$$

Prerez

širina

$$b := 18cm$$

visina tramov

$$h := 25.5cm$$

prerez

$$A := h \cdot b$$

$$A = 459.00 \cdot cm^2$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$W = 1950.75 \cdot cm^3$$

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = 2.49 \times 10^4 \cdot cm^4$$

Kontrola napetosti

upogib

$$\sigma := \frac{M_{max}}{W}$$

$$\sigma = 569.65 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot S \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.les}} = 2.42 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} = 2423.08 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\sigma < f_{m.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\sigma}{f_{m.d}} = 0.24$$

strig

$$\tau := 1.5 \cdot \frac{Q_{max}}{A}$$

$$\tau = 35.43 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} := k_{mod} \cdot S \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.les}} = 0.24 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} = 235.38 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\tau < f_{v.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\tau}{f_{v.d}} = 0.15$$

Kontrola povosov

$$w_P := \frac{5 \cdot q_P \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_P = 0.33 \cdot cm$$

$$w_S := \frac{5 \cdot q_S \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_S = 0.22 \cdot cm$$

$$w_{inst} := w_P + w_S$$

$$\Psi_{2.S} := 0.3$$

$$w_{inst} = 0.55 \cdot cm$$

$$w_{net.fin} := w_P \cdot (1 + k_{def.P}) + w_S \cdot (1 + \Psi_{2.S} \cdot k_{def.S})$$

$$w_{net.fin} = 0.82 \cdot cm$$

$$w_{inst.lim} := \frac{l_o}{300}$$

$$w_{inst.lim} = 1.37 \cdot cm$$

$$w_{net.fin.lim} := \frac{l_o}{250}$$

$$w_{net.fin.lim} = 1.64 \cdot cm$$

$$kontrola(w_{inst} < w_{inst.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{inst}}{w_{inst.lim}} = 0.41$$

$$kontrola(w_{net.fin} < w_{net.fin.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{net.fin}}{w_{net.fin.lim}} = 0.50$$

Lesen strop: S7 nad pritličjem

Material

Les D35, 2. razred uporabnosti ($T=20^\circ$, $v<20\%$)

$f_{m,k} := 3.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična upogibna trdnost
$f_{t,0,k} := 2.10 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična natezna trdnost (vzporedno)
$f_{c,0,k} := 2.50 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (vzporedno)
$f_{c,90,k} := 0.84 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična tlačna trdnost (pravokotno)
$f_{v,k} := 0.34 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	karakteristična strižna trdnost
$E_{0,mean} := 1000 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (povprečno)
$E_{0,05} := 870 \cdot kN \cdot cm^{-2}$	modul elastičnosti (5% fraktila)
$\rho_k := 560 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - karakteristična
$\rho_{mean} := 670 \cdot kg \cdot m^{-3}$	gostota - povprečna
$\gamma_{m,les} := 1.3$	materialni varnostni faktor za les

Modifikacijski faktorji - vpliv trajanja obtežbe na nosilnost; in na deformacije

stalna obtežba (P)	$k_{mod,P} := 0.6$	$k_{def,P} := 0.8$
dolgotrajna obtežba (L)	$k_{mod,L} := 0.7$	$k_{def,L} := 0.5$
srednje dolga obtežba (M)	$k_{mod,M} := 0.8$	$k_{def,M} := 0.25$
kratkotrajna obtežba (S)	$k_{mod,S} := 0.9$	$k_{def,S} := 0.0$
trenutna obtežba (I)	$k_{mod,I} := 1.1$	

Obtežba

lastna	-parket	$gl_1 := 2.0cm \cdot 8kN \cdot m^{-3}$	$gl_1 = 0.16 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-deske 3x	$gl_2 := 3 \cdot 2.5cm \cdot 5kN \cdot m^{-3}$	$gl_2 = 0.38 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-nasutje	$gl_3 := 12cm \cdot 18kN \cdot m^{-3}$	$gl_3 = 2.16 \cdot kN \cdot m^{-2}$
	-stropniki	$gl_4 := 17cm \cdot \frac{21}{\alpha n} \cdot 5kN \cdot m^{-3}$	$gl_4 = 0.20 \cdot kN \cdot m^{-2}$

$$q_P := \sum gl = 2.89 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

koristna	-stanovanjski	$gk_1 := 2 \cdot kN \cdot m^{-2}$
----------	---------------	-----------------------------------

$$q_S := \sum gk = 2.00 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

$$\text{obtežna situacija} \quad q := 1.35 \sum gl + 1.5 \sum gk \quad q = 6.91 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

Obremenitev

obtežba na stropnik

razpon

$$e := 0.9m$$

$$l_o := 2.5m$$

$$q := q \cdot e$$

$$q = 6.22 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

$$l_o = 2.50 m$$

moment

$$M_{max} := \frac{q \cdot l_o^2}{8}$$

$$M_{max} = 4.86 \cdot kN \cdot m$$

strig

$$Q_{max} := \frac{q \cdot l_o}{2}$$

$$Q_{max} = 7.77 \cdot kN$$

Prerez

širina

$$b := 17cm$$

visina tramov

$$h := 21cm$$

prerez

$$A := h \cdot b$$

$$A = 357.00 \cdot cm^2$$

$$W := \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$W = 1249.50 \cdot cm^3$$

$$I := \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I = 1.31 \times 10^4 \cdot cm^4$$

Kontrola napetosti

upogib

$$\sigma := \frac{M_{max}}{W}$$

$$\sigma = 388.62 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} := k_{mod} \cdot S \cdot \frac{f_{m.k}}{\gamma_{m.les}} = 2.42 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{m.d} = 2423.08 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\sigma < f_{m.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\sigma}{f_{m.d}} = 0.16$$

strig

$$\tau := 1.5 \cdot \frac{Q_{max}}{A}$$

$$\tau = 32.64 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} := k_{mod} \cdot S \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_{m.les}} = 0.24 \cdot kN \cdot cm^{-2}$$

$$f_{v.d} = 235.38 \cdot N \cdot cm^{-2}$$

$$kontrola(\tau < f_{v.d}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{\tau}{f_{v.d}} = 0.14$$

Kontrola povosov

$$w_P := \frac{5 \cdot q_P \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_P = 0.10 \cdot cm$$

$$w_S := \frac{5 \cdot q_S \cdot e \cdot l_o^4}{384 \cdot E_{0.mean} \cdot I}$$

$$w_S = 0.07 \cdot cm$$

$$w_{inst} := w_P + w_S$$

$$\Psi_{2.S} := 0.3$$

$$w_{inst} = 0.17 \cdot cm$$

$$w_{net.fin} := w_P \cdot (1 + k_{def.P}) + w_S \cdot (1 + \Psi_{2.S} \cdot k_{def.S})$$

$$w_{net.fin} = 0.25 \cdot cm$$

$$w_{inst.lim} := \frac{l_o}{300}$$

$$w_{inst.lim} = 0.83 \cdot cm$$

$$w_{net.fin.lim} := \frac{l_o}{250}$$

$$w_{net.fin.lim} = 1.00 \cdot cm$$

$$kontrola(w_{inst} < w_{inst.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{inst}}{w_{inst.lim}} = 0.20$$

$$kontrola(w_{net.fin} < w_{net.fin.lim}) = \text{"OK"}$$

$$\frac{w_{net.fin}}{w_{net.fin.lim}} = 0.25$$

4.2 Kontrola zidov pri vertikalni obtežbi

Pri analizi nosilnih zidov pri navpični obtežbi smo upoštevali evropske predpise za zidane konstrukcije EUROCODE 6. Le-ti predpisujejo za zunanje vplive (akcije) naslednje delne varnostne faktorje:

za stalno težo: $\gamma_G = 1,35$

za koristno obtežbo: $\gamma_P = 1,50$

Za lastnosti materialov se v računu odpornosti zidov po EC 6 upoštevajo delni faktorji varnosti, ki so odvisni od strogosti kontrole proizvodnje zidakov in kontrole del pri izgradnji. V našem primeru smo izbrali: za kategorijo kontrole proizvodnje II in kategorijo kontrole izvedbe B :

$$\gamma_M = 2,50$$

Glede na zgoraj navedene faktorje varnosti za stalno in koristno obtežbo smo določili mejne normalne napetosti v spodnjem prerezu zidov pritličja ter jih primerjali z mejno računsko tlačno trdnostjo zidov po naslednji enačbi:

$$\sigma_{ou} = (1,35 \cdot (g_{zidov} + g_{strehe} + g_{stropov}) + 1,50 \cdot p) \leq \frac{f_c}{\gamma_M}$$

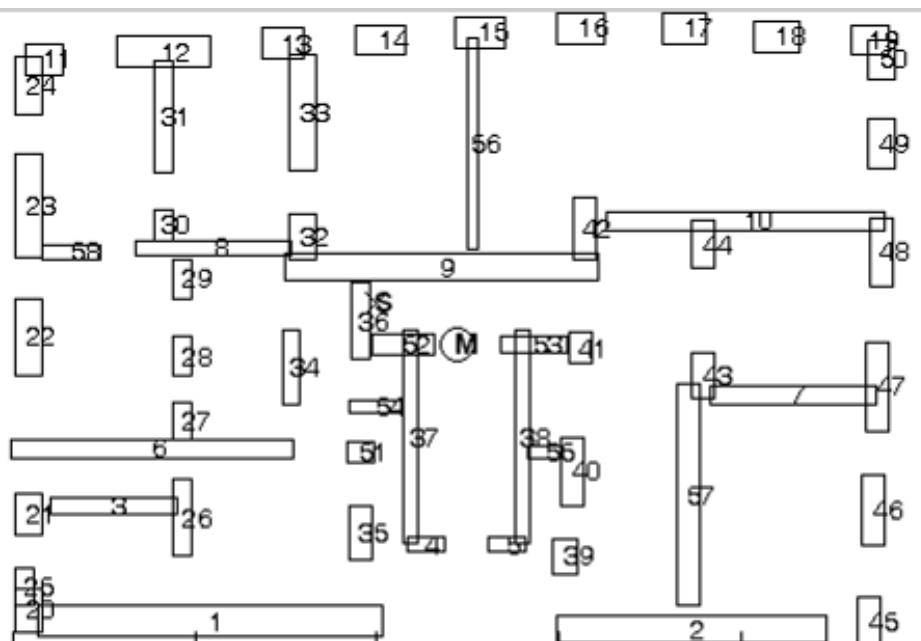
Kontrolirali smo nosilnost najbolj obremenjenega pritličnega zidu.

$$\text{mejna računsko tlačna trdnost: } \frac{f_c}{\gamma_M} = 2.00 / 2.5 = 0.8 \text{ MPa}$$

Upoštevane vertikalne obtežbe

Streha:			$\alpha = 44^\circ$										
kritina - bobrovec			...	0.65	/	0.719	=	0.90	kN/m ²				
l teža konstr.							=	0.60	kN/m ²				
							g	=	1.50	kN/m ²	$g_u =$	2.03	
sneg + veter							p	=	1.10	kN/m ²	$p_u =$	1.65	
							q_s	=	2.60	kN/m ²	$q_u =$	3.68	
<u>Leseni strop nad pritličjem</u>													
parket			0.020	*	8.0		=	0.16	kN/m ²				
deske 3x	3	*	0.025	*	5.0		=	0.38	kN/m ²				
nasutje			0.120	*	18.0		=	2.16	kN/m ²				
stropniki	0.17	*	0.21	*	5.0	/	0.90	=	0.20	kN/m ²			
							g	=	2.89	kN/m ²	$g_u =$	3.91	
koristna							p	=	2.00	kN/m ²	$p_u =$	3.00	
							q	=	4.89	kN/m ²	$q_u =$	6.91	
<u>Leseni strop nad 1. nadstropjem</u>													
parket			0.020	*	8.0		=	0.16	kN/m ²				
deske 3x	3	*	0.020	*	5.0		=	0.30	kN/m ²				
nasutje			0.120	*	18.0		=	2.16	kN/m ²				
stropniki	0.22	*	0.20	*	5.0	/	0.58	=	0.38	kN/m ²			
							g	=	3.00	kN/m ²	$g_u =$	4.05	
koristna							p	=	2.00	kN/m ²	$p_u =$	3.00	
							q	=	5.00	kN/m ²	$q_u =$	7.05	
<u>Leseni strop nad 2. nadstropjem</u>													
estrih, tlakovci			0.095	*	20.0		=	1.90	kN/m ²				
nasutje			0.090	*	18.0		=	1.62	kN/m ²				
stropniki	0.35	*	0.16	*	5.0	/	0.35	=	0.80	kN/m ²			
							g	=	4.32	kN/m ²	$g_u =$	5.83	
koristna							p	=	2.00	kN/m ²	$p_u =$	3.00	
							q	=	6.32	kN/m ²	$q_u =$	8.83	
<u>Teža opečnih zidov na m² zidu:</u>													
							d=65 cm						
omet	2	*	0.030	*	20.0		=	1.20	kN/m ²				
lastna teža zidu			0.065	*	18.0		=	1.17	kN/m ²				
							g	=	2.37	kN/m ²	$g_u =$	3.20	
<u>Teža opečnih zidov na m² zidu:</u>													
							d=38 cm						
omet	2	*	0.030	*	20.0		=	1.20	kN/m ²				
lastna teža zidu			0.038	*	18.0		=	0.68	kN/m ²				
							g	=	1.88	kN/m ²	$g_u =$	2.54	

Oznake elementov



mejne normalne napetosti

zid	σ_{ou}	zid	σ_{ou}	zid	σ_{ou}
1	0.142	21	0.140	41	0.194
2	0.070	22	0.140	42	0.069
3	0.102	23	0.070	43	0.123
4	0.103	24	0.070	44	0.123
5	0.103	25	0.083	45	0.150
6	0.083	26	0.083	46	0.194
7	0.174	27	0.207	47	0.194
8	0.291	28	0.207	48	0.194
9	0.177	29	0.207	49	0.070
10	0.233	30	0.083	50	0.070
11	0.122	31	0.083	51	0.076
12	0.155	32	0.070	52	0.083
13	0.155	33	0.070	53	0.103
14	0.155	34	0.226	54	0.114
15	0.155	35	0.081	55	0.060
16	0.155	36	0.054	56	0.114
17	0.155	37	0.226	57	0.182
18	0.155	38	0.226	58	0.291
19	0.122	39	0.194		
20	0.070	40	0.194		

Mejne normalne napetosti so manjše od mejne računske tlačne trdnosti, torej niso prekoračene.

4. OCENA PROTIPOTRESNE ODPORNOSTI OBJEKTA

Oceno potresne ogroženosti objekta Kongresni trg 15 smo izvedli z računalniškim programom SREMB.

5.1 Metoda računa

Računalniški programom SREMB upošteva nelinearen odnos med obremenitvami in deformacijami sten oziroma njihovo duktilno obnašanje. Program nam na osnovi razporeditev, dimenzij in tlačne obremenitve zidov ter njihovih materialnih karakteristik določi idealizirano histerezo ovojnice obravnavane etaže. Idealizirana histereza ovojnice predstavlja nosilnost in duktilnost obravnavane etaže in omogoča oceno protipotresne odpornosti objekta. Izračun temelji na naslednjih predpostavkah, ki izhajajo iz predpostavke etažnega mehanizma:

- stene so povezane med seboj in s stropnimi konstrukcijami, ki so toge v svoji ravnini; ta toga povezava zagotavlja sodelovanje vseh zidov pri prevzemu horizontalne obremenitve
- stene so na zgornjem in spodnjem robu vpete v stropno konstrukcijo
- stene sestavljenih prereзов (L, T, H, +) obravnavamo kot vsoto na navpičnih stikih med seboj ločenih sten
- doprinos odpornosti sten k odpornosti etaže je odvisen od njihove togosti in nosilnosti, pa tudi od njihove deformacije, ki je odvisna predvsem od položaja elementa v tlorisu etaže

Analizo smo izvedli za obstoječe stanje sten. Geometrijo objekta smo privzeli po obstoječih posnetkih objekta.

4.1.1. Karakteristike materialov

V seizmičnem računu so upoštevane naslednje kvalitete materialov in trdnostne karakteristike:

Mehanske karakteristike	f_c [MPa]	f_t [MPa]	E [MPa]	G [MPa]	μ
Obstoječe stene in stebri					
opečni zid	2,0	0,18	800	200	3

4.1.2. Vertikalne obtežbe za račun potresnega vpliva

Za določitev potresnega vpliva po EC 8 upoštevamo težnostne sile (mase) z naslednjo kombinacijo:

$$\sum G_{kj} + \sum \psi_{Ei} \cdot Q_{ki},$$

kjer je:

- G_{kj} - karakteristična vrednost stalnega vpliva j,
- Q_{ki} - karakteristična vrednost spremenljivega vpliva i,
- ψ_{Ei} - koeficient za kombinacijo za spremenljiv vpliv i.

Koeficienti ψ_{Ei} upoštevajo verjetnost, da obtežba Q_{ki} med potresom ni prisotna po celi konstrukciji in jih izračunamo z izrazom:

$$\psi_{Ei} = \varphi \cdot \psi_{2i},$$

pri čemer je ψ_{2i} kombinacijski faktor za različne tipe obtežb:

stanovanje $\psi_{2i} = 0.3$

sneg $\psi_{2i} = 0$

Faktor φ je odvisen od tipa spremenljive obtežbe, od lege etaže in od tega ali so etaže zasedene neodvisno ena od druge. V našem primeru predpostavimo, da so etaže zasedene neodvisno, tako ima faktor φ naslednje vrednosti:

za stanovanja: $\varphi = 0.5$

5.2 Zahteve predpisov

V računu smo izračunano protipotresno odpornost objekta izrazili s koeficientom potresne odpornosti SRC ter ga primerjali s »predpisanim mejnim strižnim koeficientom« BSC_u , ki predstavlja razmerje med predpisano mejno potresno silo in vertikalno obtežbo konstrukcije.

4.1.3. Predpisani mejni strižni koeficient po evropskem standardu Eurocode 8

$$BSC_u = \gamma_I a_g S \eta \beta_o / q \lambda$$

γ_I ...	faktor pomembnosti objekta ($\gamma_I = 1,0$ za II. kategorijo: stanovanjski objekt)
a_g ...	projektni pospešek a_g (za Ljubljano je a_g enak 0,25g)
S ...	Parameter tal ($S = 1,0$ za A ali B kategorijo)
η ...	Zmanjšanje zaradi dušenja ($\eta = 1,0$ za 5 % dušenje)
β_o ...	Koeficient dinamičnosti, odvisen od lastne periode nihanja konstrukcije (pri zidanih konstrukcijah $T < 0,6$ s, zato velja maksimalna normalizirana spektralna vrednost $\beta_o = 2,5$)
q ...	faktor obnašanja konstrukcije oziroma zmanjšanje elastičnega spektra (1,5 za nearmirano zidovje)
λ ...	korekcijski faktor (0,85 za stavbe nad 2 etaži)

Z letom 2002 je ob slovenskem standardu Eurocode 8 v uporabi karta potresne nevarnosti Slovenije (avtor: J. Lapajne s sodelavci, projektni pospešek tal, povratna doba 475 let, trdna tla). Mejni strižni koeficient po Eurocode 8 za obravnavani objekt znaša:

<i>Projektni pospešek EC8</i>	<i>$a_g = 0,25 g$</i>
<i>BSC_u</i>	<i>0,354</i>

Poleg nosilnosti mora imeti kritična etaža tudi zadostno duktilnost, ki jo določimo glede na faktor obnašanja konstrukcije. Mejno duktilnost kritične etaže, ki ustreza predpostavljenemu faktorju redukcije sil (obnašanju konstrukcije), izračunamo po spodnji enačbi:

$$\mu_u = (q^2 + 1)/2$$

Računska idealizirana duktilnost kritične etaže mora biti večja od mejne duktilnosti μ_u , ki za obravnavani objekt znaša

$$\mu_u = (1,5^2 + 1)/2 = 1,62$$

5.3 Ocena seizmične odpornosti objekta

Preiskave s področja protipotresne odpornosti zgradb kažejo, da med potresi prihaja do etažnega porušnega mehanizma – običajno pride do porušitve etaže, ki je najbolj obremenjena oziroma najšibkejša.

V našem primeru smo računsko preverili pritlično etažo, ki je kritična etaža v primeru potresa. Z računalniškim programom SREMB smo izračunali protipotresno odpornost objekta v obeh smereh glavnega koordinatnega sistema. Rezultati računa so zbrani v spodnji preglednici:

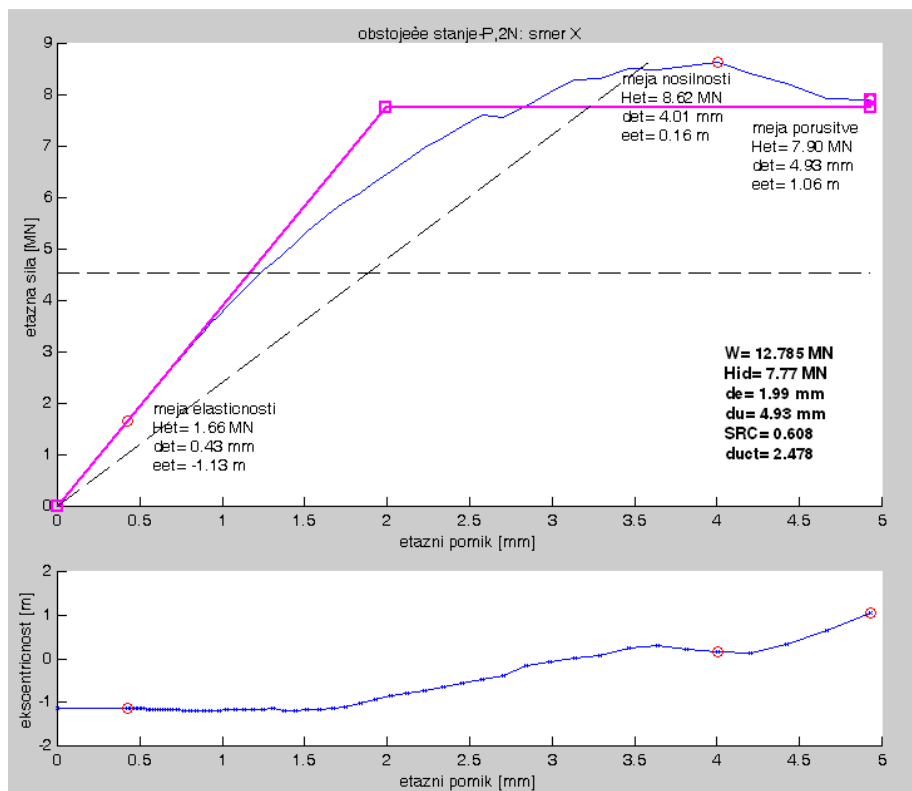
4.1.4. Obstoječe stanje

a) Obstoječe stanje

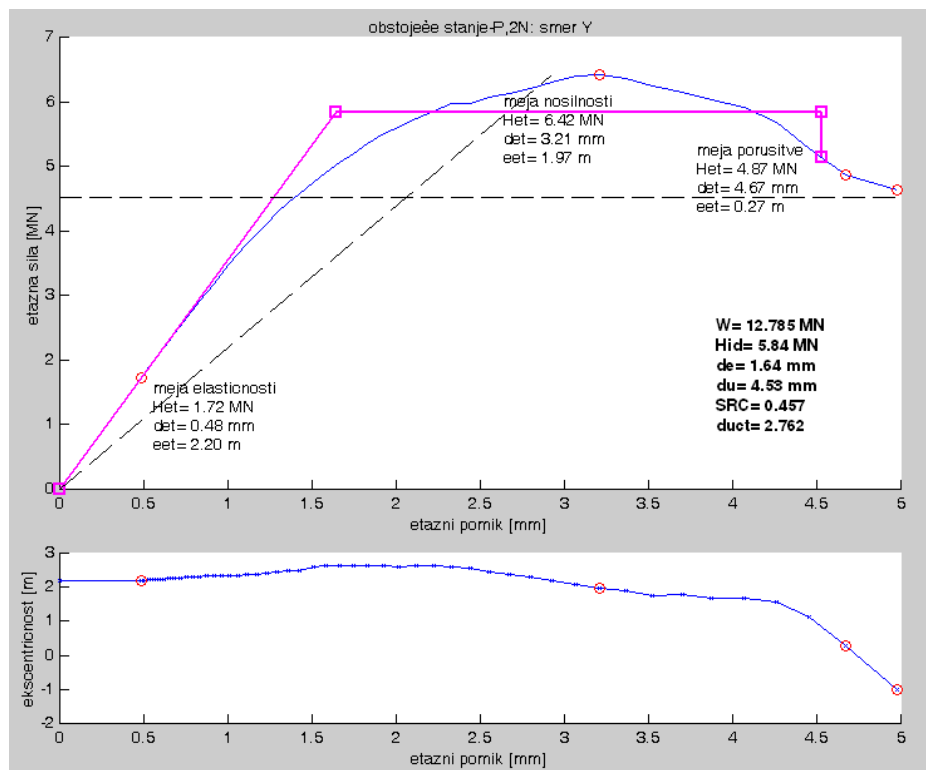
$$\text{smer X :} \quad \text{SRC}_x = 0,608 \quad > \quad \mathbf{BSCu_x = 0,354}$$

$$\text{smer Y :} \quad \text{SRC}_y = 0,457 \quad > \quad \mathbf{BSCu_y = 0,354}$$

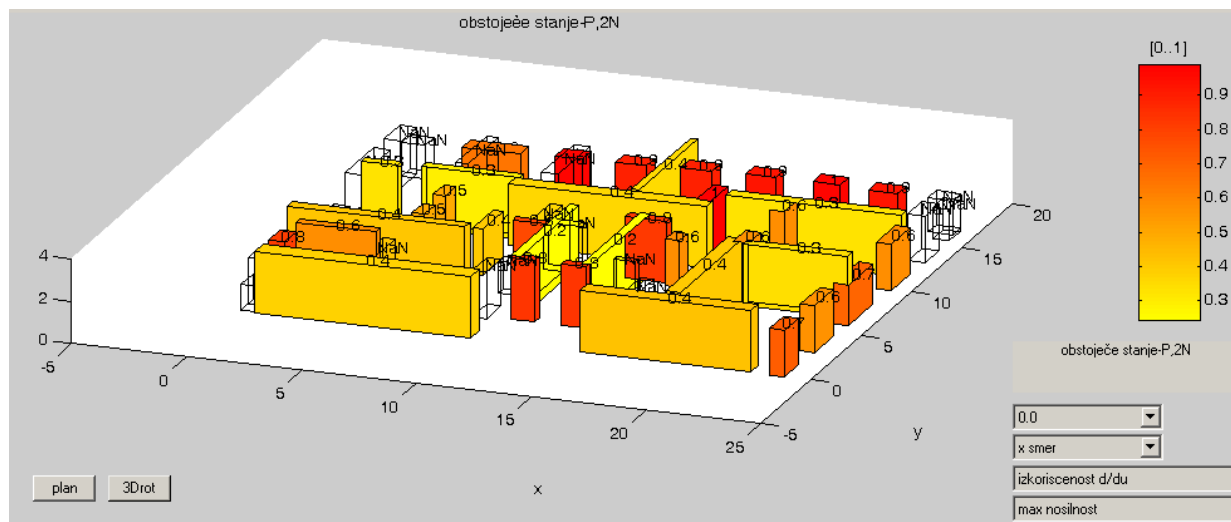
Analiza obnašanja nosilnega sistema pri potresni obremenitvi kaže dobro obnašanje objekta v X in Y smeri. V obeh smereh zadošča evropskim predpisom.



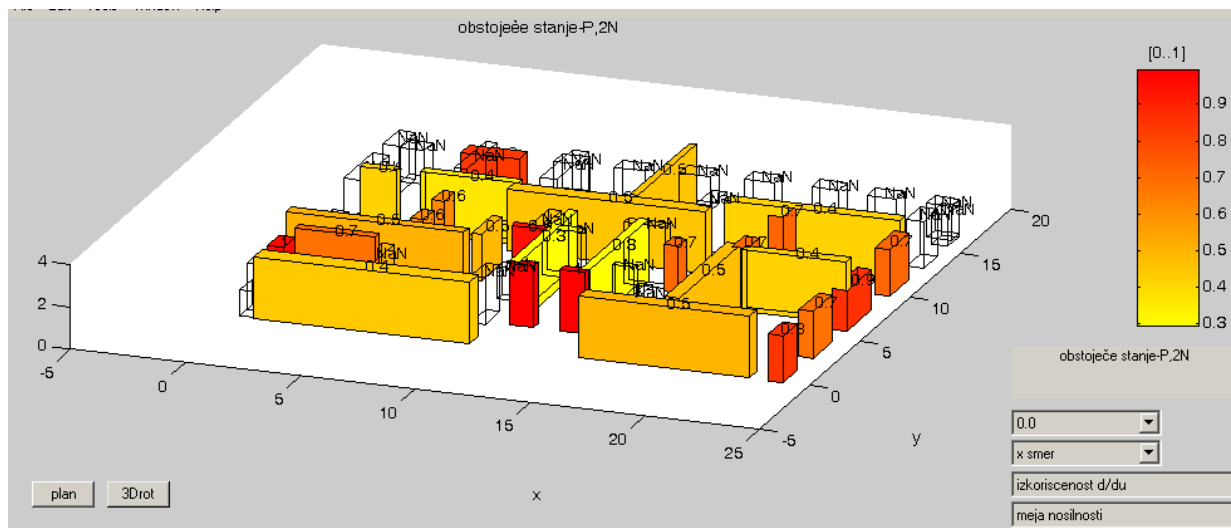
Etažna histerezna ovojnica za X smer



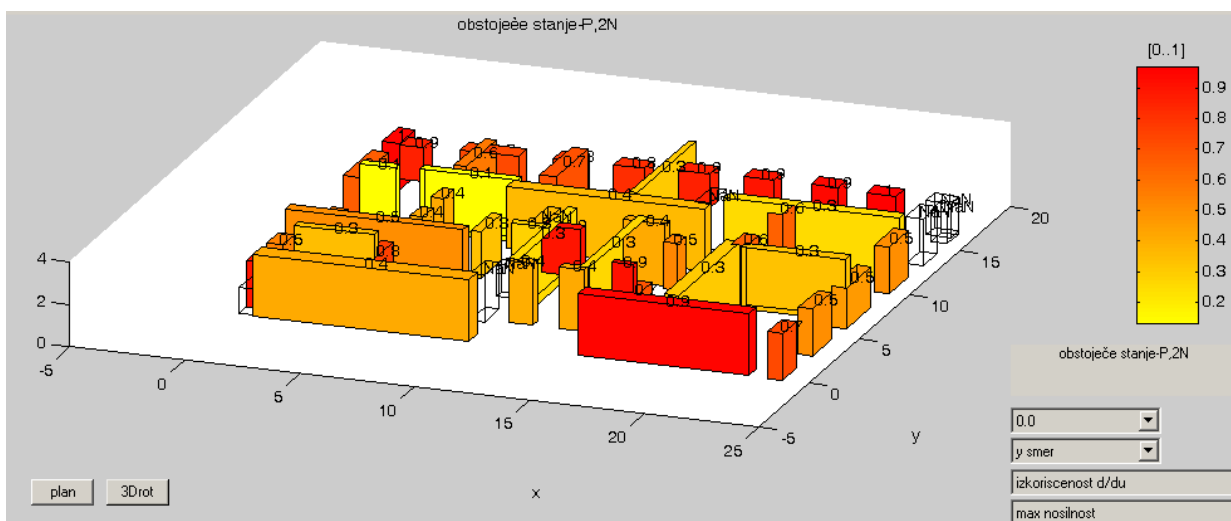
Etažna histerezna ovojnica za Y smer



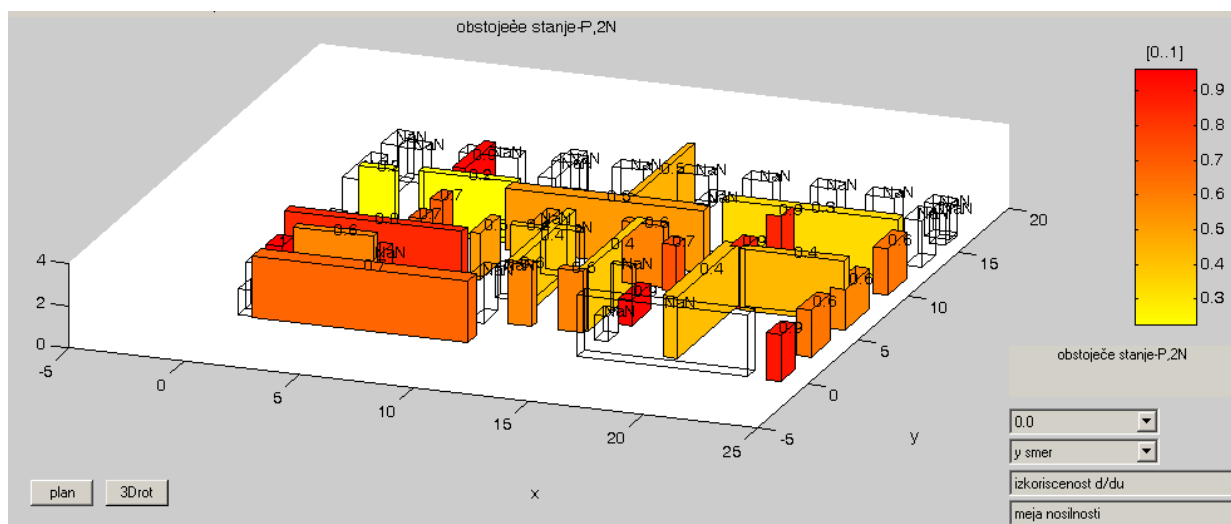
Izkoriščenost duktilnosti elementov d/du za X smer pri max nosilnosti



Izkoriščenost duktilnosti elementov d/du za X smer pri meji nosilnosti



Izkoriščenost duktilnosti elementov d/du za Y smer pri max nosilnosti



Izkoriščenost duktilnosti elementov d/du za Y smer pri meji nosilnosti

5. SMERNICE ZA IZVEDBO OJAČITVENO SANACIJSKIH DEL

Da bi objektu zagotovili ustrezno varnost in stabilnost v skladu z veljavnimi tehničnimi predpisi in sodobnimi dognanji o obnašanju objektov pri redni in potresni obtežbi ter drugih vplivih, bo potrebno večje posege izvajati le v predelu temeljenja. Glede na zahtevane osnovne predpostavke o povezanosti objekta v nivojih lesenih stropov, ki je ponekod na objektu vidno, navaja pa jo tudi Sanacijski načrt v 1.03 ter stanovalci, in glede na izvedene preračune, je protipotresna in statična stabilnost objekta zadostna, kar pomeni, da razen popravil razpok v zidovih in sanacije drugih elementov objekta (tlakov, kamnitih elementov), večji posegi na objektu načeloma niso potrebni. Kljub temu je pri obnovi fasade potrebno preveriti, ali so prisotne obojestranske jeklene vezi in po potrebi vgraditi dodatne obojestranske oz. kjer ni možno obojestranske, enostranske jeklene vezi na nivoju lesenega stropa vsakega nadstropja. Večji posegi so potrebni na področju temeljenja. Ugotovitve v zvezi z temeljenjem objekta ter predlogi za ojačitev v predelu temeljenja so podrobneje podani s strani geomehanika v priloženem poročilu. Na objektu bo potrebno izvesti naslednje ojačitveno-sanacijske ukrepe:

Potrebni ojačitveni posegi:

1. **Sanacija vlage v kleti:** Z izvedbo sistematičnega injektiranja s hidrofbnim dodatkom bo izboljšana izolacija proti kapilarni vlagi. V sklopu predvidenega ojačevanja temeljev pa je predvidena še hidroizolacijska bariera.
2. **Izvedba obojestranskih protipotresnih jeklenih vezi:** na nivoju lesenih stropov naj se izvedejo obojestranske protipotresne jeklene vezi ϕ 20 (manjkajoče vezi).

3. Sanacija razpok v zidovih

Majhne širine razpok na majhni debelini zidu se zaprejo z malto, pri debelejšem zidu se razpoke linijsko injektirajo z apneno injekcijsko maso (širina razpok med 0,3-3,0 mm).

Pred linijskim injektiranjem odstranimo poškodovan omet, navrtamo luknje in vstavimo injekcijske nastavke s hitrovezočo malto. Zelo široke razpoke zapremo z apneno malto. V nosilnih zidovih se najprej odstrani omet in slaba malta iz rege ali razpoke do globine 7 cm izmenično obojestransko. Nato se razpoko očisti in zapolni z apneno malto. Predelne zidove se sanira na podoben način. Odstrani se omet v območju razpoke, se poglobi in razširi razpoka v obliki črke V do ene tretjine debeline zidu. Po čiščenju se razpoka zapolni z apneno malto.

4. Injektiranje kamnitih in mešanih zidov

Ker je v kleti mestoma prisotna malta slabše kakovosti in vlaga v kamnitih in mešanih zidovih, je smiselno kletne zidove sistematično injektirati z injekcijsko maso s hidrofbnim dodatkom.

Injekcijska masa zapolni morebitne votline in po strjevanju poveže kamnito zidovje v monolitno strukturo.

Pred sistemskim injektiranjem je potrebno izvesti vzorčno polje, na podlagi katerega se določijo parametri injektiranja in preveri njegova učinkovitost.

Injekcijsko mešanico vtisnemo v zid skozi injekcijske cevke. Najprej se do polovice debeline zidu izvrtajo luknje, v medsebojni razdalji 0,5 m-1,0 m v katere se s pomočjo hitrovezoče malte vgradijo plastične cevke. Pred tem zapremo površine morebitnega poškodovanega ometa s cementnim obrizgom ali malto. Nato zidovje omočimo in ga injektiramo od spodaj navzgor.

5. **Zainjektiranje prezidav:** tekom let je objekt doživel kar nekaj prezidav starih vrat in podobno, pri vsaki rekonstrukciji pa nastajajo novi preboji. Vse prezidave je potrebno na stikih starih zidov in pozidav vratnih odprtin zainjektirati s cementno silikatno injekcijsko maso. Pri sedanji rekonstrukciji je potrebno paziti, da se ne dela novih prebojev v obstoječe stene, oz. da so te oslabilve čim manjše.
6. **Menjava polomljenih kamnitih elementov:** Okrog okenskih in vratnih odprtin in nekatere kamnite stopnice in tlakovce se zamenja z novimi.
7. **Sanacija ometov:** Po sanaciji razpok obnovijo ometi.

6. Okvirna ocena stroškov

PRIBLIŽNA OCENA STROŠKOV ZA KONGRESNI TRG 15 BREZ TEMELJENJA					
št	opis del	enota	cena na enoto	količina	skupaj
1	Zamenjava poškodovanih kamnitih elementov stpnice, deli okvirjev	kom	200.00 €	30.00	6.000.00 €
2	Začasna odstranitev za ponovno uporabo - obloge in tlaki in odvoz na začasno deponijo gradbenega materiala na gradbišču, obračun po m2;	m2	8.00 €	100.00	800.00 €
3	Odstranjevanje podlog pod tlaki v skupni debelini do 10 cm in odvoz na začasno deponijo objekta, obračun po m2;	m2	5.00 €	100.00	500.00 €
4	Grobi in fini omet notranjih opečnih sten z apneno malto 1:3, predhodni cementni obrizg, naprava malte, prenosi ter vsa pomožna dela na objektu, obračun po m2;	m2	14.01 €	2000.00	28.020.00 €
5	Krpanje fasadnega ometa z grobo in fino podaljšano cementno malto 1:2:6, predhodni obrizg s cementno malto 1:3, naprava malt, prenosi in vsa pomožna dela na objektu, obračun po m2;	m2	33.65 €	250.00	8.412.50 €
6	Čiščenje obstoječih površin pred polaganjem novih tlakov oziroma pred dobetoniranjem novih konstrukcij, obračun po m2	m2	2.88 €	100.00	288.00 €
7	Izdelava fasadnih odrov višine do 10 m, naprava podstavka, montaža in demontaža ter vsa pomožna dela na gradbišču, obračun po kvadratnem metru;	m2	8.10 €	200.00	1.620.00 €
8	Izdelava lahkih premičnih odrov, naprava podstavka, montaža, demontaža ter vsa pomožna dela na gradbišču, obračun po kvadratnem metru;	m2	2.88 €	200.00	576.00 €
9	Obdelava fasade s fasadno barvo, vključena vsa pomožna dela, obračun po kvadratnem metru;	m2	7.60 €	250.00	1.900.00 €
10	Izdelava obojestranske horizontalne protipotresne jeklne vezi f 20 mm, vključno z izsekavanjem utorov, vtanjem lukenj, napanjanjem vezi, vgradnjo sidrskih plošč, antikorozijsko zaščito vseh jeklenih elementov z dvakratnim epoksidnim premazom, rabciranjem in zametavanjem vezi, obračun po tekočem metru;	m1	600.00 €	100.00	60.000.00 €
11	Injektiranje razpok v zidanih nosilnih zidovih s cementno silikatno injekcijsko maso, vključno z vsemi transporti in pomožnimi deli, obračun po tekočem metru;	m1	45.23 €	1500.00	67.845.00 €
12	Saniranje razpok v nosilnih stenah, odstranitev ometa in slabe malte iz rege ali razpoke do globine cca 7 cm izmenično obojestransko, čiščenje razpoke in zapolnitev s pod. cem. m.1:2:6, kompletno material, transporti in vsa pomožna dela, obračun po tekočem metru	m1	22.16 €	1500.00	33.240.00 €
13	Saniranje razpok v opečnih predelnih stenah, odstranitev ometa, poglobitev in razširitev razpoke v obliki črke V do globine cca 4 cm, čiščenje razpoke in zapolnitev s podaljšano cementno malto 1:2:6, kompletno material, transporti in pomožna dela, obračun po tekočem metru	m1	18.31 €	500.00	9.155.00 €
14	Sistematično injektiranje kamnitih in mešanih zidov s cementno silikatno injekcijsko maso s <u>hidrofobnim</u> <u>dodatkom</u> , vključno z vsemi transporti in pomožnimi deli, obračun po kubičnem metru;	m3	80.76 €	300.00	24.228.00 €
15	Dobava in polaganje stenskih keramičnih ploščic z zalivanjem ali lepljenjem, fugiranje stikov, obloga v kopalnici do stropa, v kuhinji višine 60 cm, obračun po kvadratnem metru;	m2	23.44 €	100.00	2.344.00 €
16	Dobava in polaganje talnih keramičnih ploščic v sanitarnih, polaganje v cem. malto obračun po kvadratnem metru;	m2	26.14 €	50.00	1.307.00 €
17	Slikanje sten in stropov s poldisperzijsko barvo, krpanje, impregnacija, osnovni in 2x končni premaz, obračun po kvadratnem metru;	m2	3.16 €	2000.00	6.320.00 €
SKUPAJ OCENA					252.555.50 €

7. Zaključek

Pregled objekta Kongresni trg 15 in opravljene analize so pokazale, da je objekt v razmeroma dobrem stanju, obnašanje konstrukcije pri potresni obtežbi je dobro v obeh smereh. Za prevzemanje potresnih obtežb je za objekt pomembno, da je ustrezno povezan. Jeklene vezi so sicer na nekaterih mestih vidne, za vsak slučaj pa naj se ob prenovi fasade preveri, ali so vgrajene res povsod.

Na objektu je potrebno sanirati razpoke ter stike zidov in pozidanih odprtin ter zamenjati poškodovane kamnite elemente. V kletni etaži je smiselna izvedba sistematičnega injektiranja s cementno-silikatno injekcijsko maso s hidrofobnim dodatkom.

Urediti je potrebno temeljenje po navodilih geomehanika.

PRILOGE:

PRILOGA 1: »**Mesta pregleda objekta**«

PRILOGA 2: »**Fotodokumentacija**«.

PRILOGA 1: Mesta pregleda objekta

PRILOGA 2: Fotodokumentacija



Slika 2.1
Zidna sonda Z1



Slika 2.2
Zidna sonda Z2



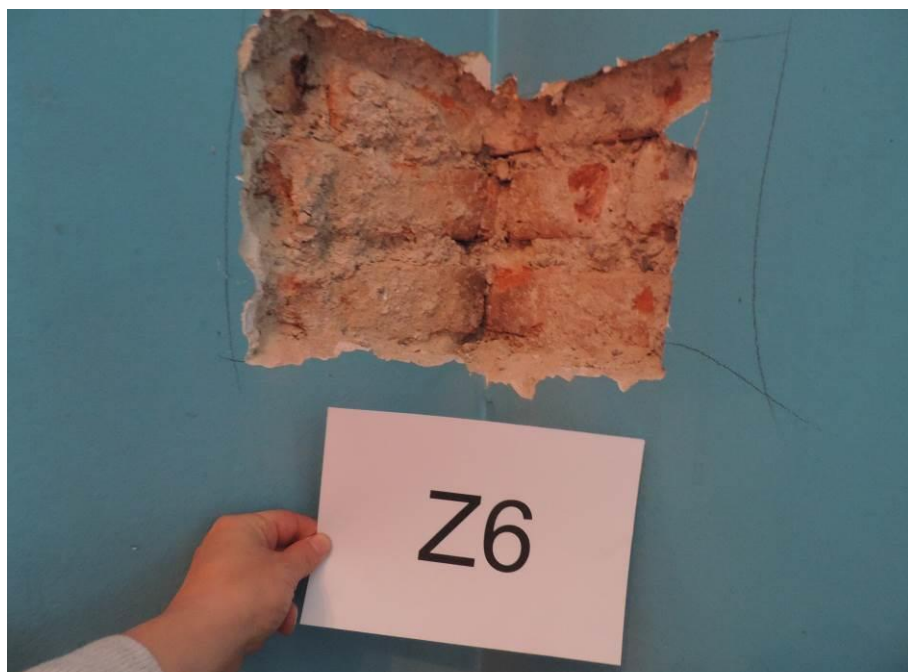
Slika 2.3
Zidna sonda Z3



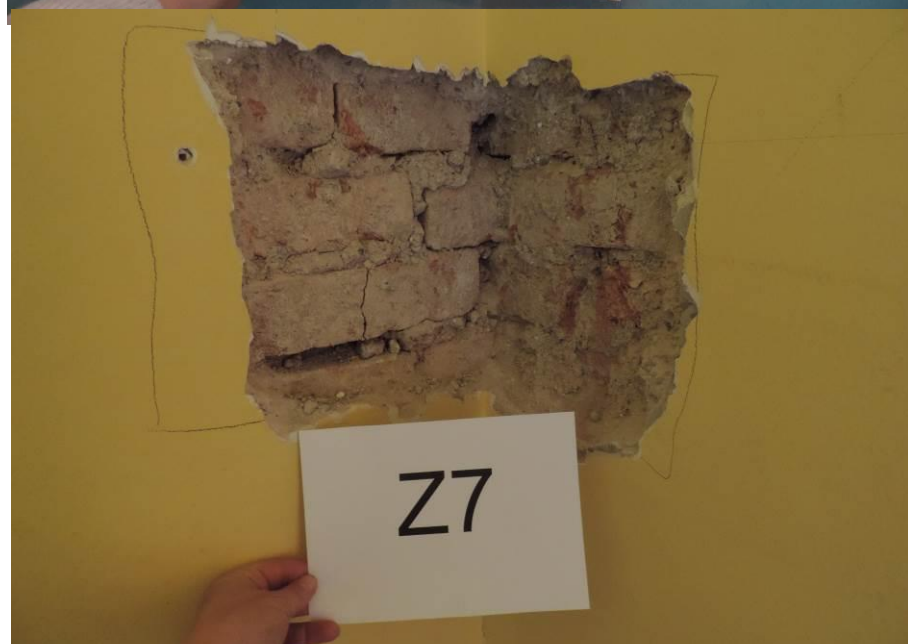
Slika 2.4
Zidna sonda Z4



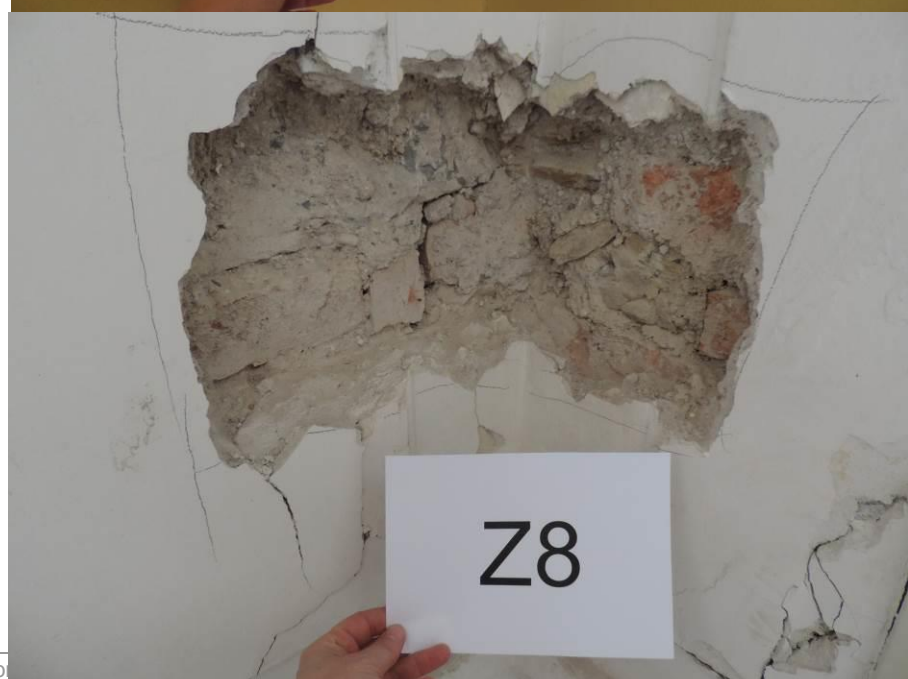
Slika 2.5
Zidna sonda Z5



Slika 2.6
Zidna sonda Z6



Slika 2.7
Zidna sonda Z7



Slika 2.8
Zidna sonda Z8



Slika 2.9
Zidna sonda Z9



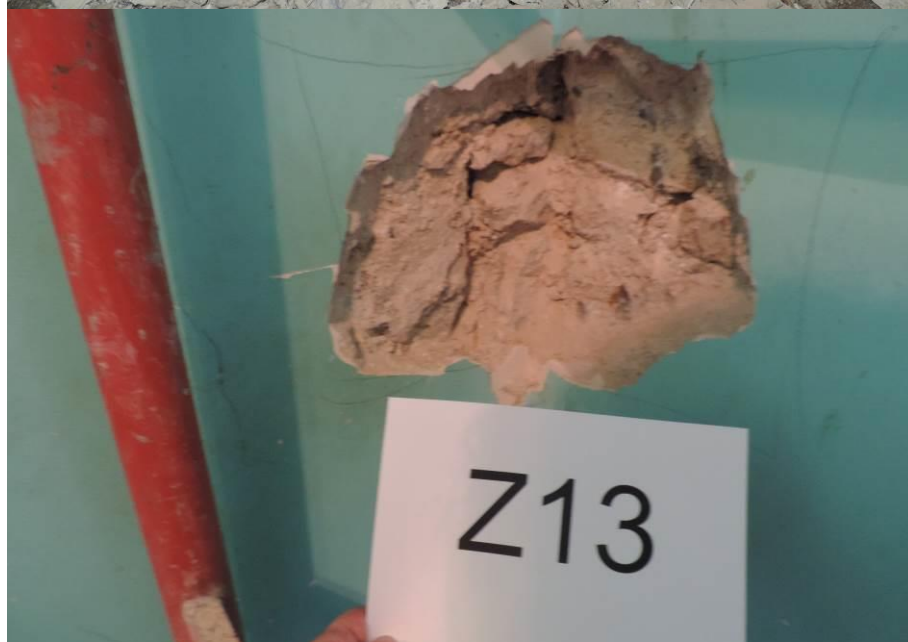
Slika 2.10
Zidna sonda Z10



Slika 2.11
Zidna sonda Z11



Slika 2.12
Zidna sonda Z12



Slika 2.13
Zidna sonda Z13



Slika 2.14
Zidna sonda Z14



Slika 2.15
Zidna sonda Z15



Slika 2.16
Zidna sonda Z16



Slika 2.17
Zidna sonda Z17



Slika 2.18
Zidna sonda Z18



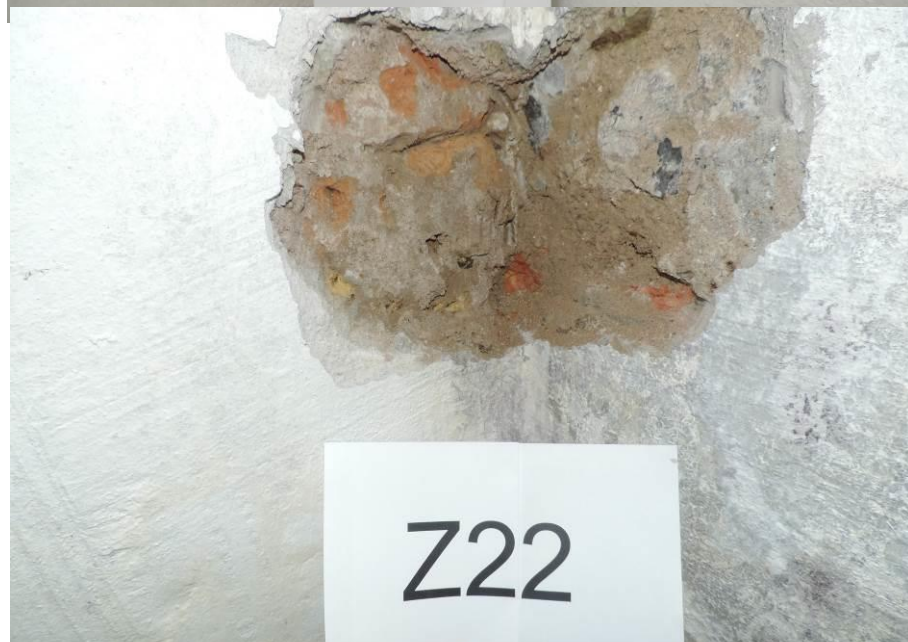
Slika 2.19
Zidna sonda Z19



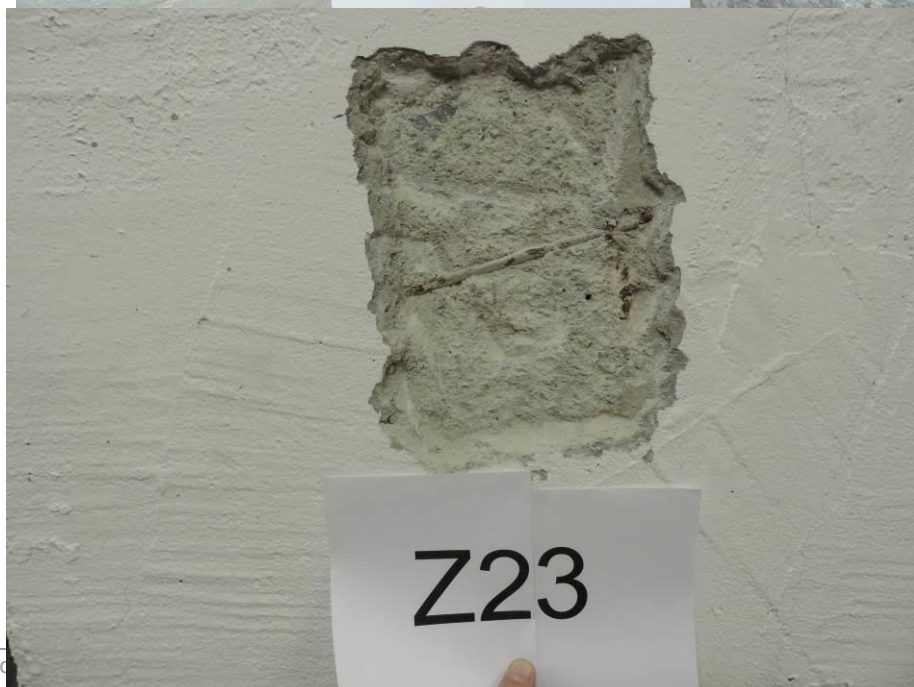
Slika 2.20
Zidna sonda Z20



Slika 2.21
Zidna sonda Z21



Slika 2.22
Zidna sonda Z22



Slika 2.23
Zidna sonda Z23



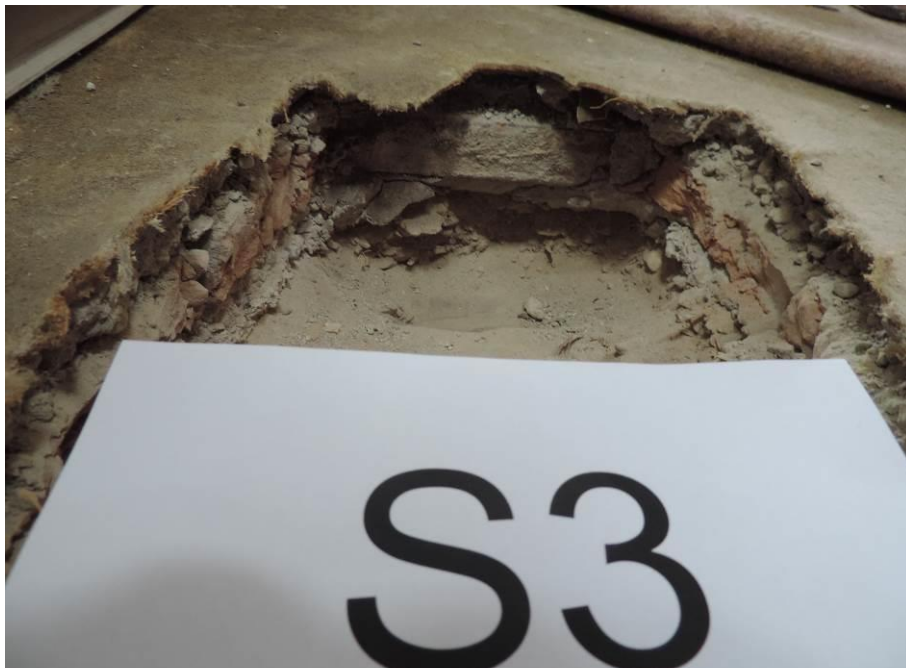
Slika 2.24
Zidna sonda Z24



Slika 2.25
Sonda špirovca
S1



Slika 2.26
Stropna sonda S2



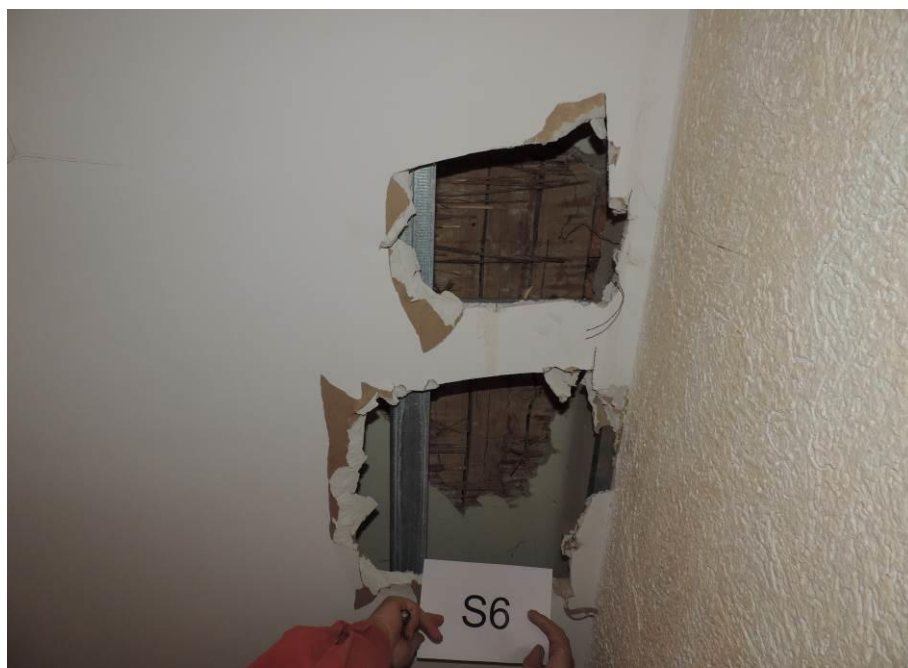
Slika 2.27
Stropna sonda S3



Slika 2.28
Stropna sonda
S4



Slika 2.29
Stropna sonda S5



Slika 2.30
Stropna sonda S6



Slika 2.31
Stropna sonda
S7



Slika 2.32
Temeljna sonda
T1



Slika 2.33
Temeljna sonda T2