

ODDELEK ZA GEOTEHNIKO IN PROMETNICE

Odsek za geotehniko

Ljubljana, 12. 7. 2019

ZAG

**ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE**

**SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE**

Dimičeva ulica 12
1000 Ljubljana
Slovenija

info@zag.si
www.zag.si

GEOMEHANSKO POROČILO **št. 810/18-710-2**

o sestavi in oceni nosilnosti temeljnih tal
na objektih Hudovernikova ulica 2, 4, 8 in 13 ter
Streliška ulica 37a

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

Naročilo: **pogodba št. C7560-18-210047 (ZAG št. 7862/18) z dne 14.08.2018 in**
dodatek št. 1 z dne 20.03.2019

Nosilec naloge: **Franci Smrtnik, univ. dipl. inž. grad.**

Vodja enote: **doc. dr. Karmen Fifer Bizjak, univ. dipl. inž. geol.**

Direktor: **doc. dr. Alež Čnidarič, univ. dipl. inž. grad.**

Rezultati preskušanja se nanašajo izključno na preskusne primerke. Poročilo se sme reproducirati samo v celoti.
Rok za reklamacije je 15 dni od izdaje poročila. Skupno število strani: 20, število prilog: 2; število dodatkov: 0.

Obr. P.S. 12-001-1/3

Vsebina

1. Uvod.....	4
2. Splošni podatki o stolpnica.....	5
3. Sestava tal obravnavanega območja in osnovni hidrološki podatki.....	5
3.1 Stolpnica A1-1 (Hudovernikova ulica 2, »A«):.....	5
3.2 Stolpnici A1-2 in A1-3 (Hudovernikova ulica 4 in 6, »E« in »D«):.....	6
3.3 Stolpnica A1-4 (Hudovernikova ulica 13, »B«):.....	6
3.4 Stolpnica A1-5 (Streliška ulica 37a, »C«):.....	7
3.5 Geološka in geomorfološka zgradba območja.....	8
3.6 Osnovni hidrogeološki podatki območja.....	8
4. Ugotovitve ob pregledu kletnih in pritlikih prostorov ter okolice objektov.....	8
5. Seizmičnost terena.....	9
6. Obstoječe temeljenje in kontrola nosilnosti skladno z EC7.....	9
6.1 Stolpnica A1-1 (Hudovernikova ulica 2):.....	9
6.2 Stolpnici A1-2 in A1-3 (Hudovernikova ulica 4 in 8):.....	10
6.3 Stolpnica A1-4 (Hudovernikova ulica 13):.....	12
6.4 Stolpnica A1-5 (Streliška ulica 37a):.....	13
7. Zaključek.....	14
Priloga 1: Fotodokumentacija iz ogleda.....	15
Priloga 2: Izračuni MSN po EC7.....	18

Kazalo slik

Slika 1: Razporeditev stolpnic z oznakami in fotografijami z osnovnimi podatki (vir: studiokrištof).....	4
Slika 2: Sondni profil za stolpnico A1-1 (fotoarhiv: 24279d-052).....	6
Slika 3: Sondni profil za stolpnici A1-2 in A1-3 (fotoarhiv: 24274d-119).....	6
Slika 4: Sondni profil za stolpnico A1-4 (fotoarhiv: 24279d-063).....	7
Slika 5: Sondni profil za stolpnico A1-5 (fotoarhiv: 24279d-074).....	7
Slika 6: Tloris temeljev za A1-1 (fotoarhiv: 24279d-057).....	10
Slika 7: Tloris temeljev za A1-2 in A1-3 (fotoarhiv: 24274d-090).....	11
Slika 8: Tloris temeljev za A1-4 (fotoarhiv: 24279d-054).....	12
Slika 9: Tloris temeljev za A1-5 (fotoarhiv: 24279d-054).....	13
Slika 10: SV fasada stolpnice A1-5 z okolico, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-010).....	15
Slika 11: Kletni prostori v A1-5 z mango razpoko med steno in zgornjo ploščo, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-003).....	15
Slika 12: Južna fasada stolpnice A1-4 z okolico, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-087).....	15
Slika 13: Kletni prostori v A1-4, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-077).....	15

Slika 14: S fasada stolpnice A1-3 z okolico, 11.12.2018 (<i>fotoarhiv 37494d-129</i>)	16
Slika 15: Kletni prostori in stena v A1-3, 11.12.2018 (<i>fotoarhiv 37494d-117</i>)	16
Slika 16: JV fasada stolpnice A1-2 z okolico, 11.12.2018 (<i>fotoarhiv 37494d-144</i>)	16
Slika 17: Stena, strop v kleti A1-2, 11.12.2018 (<i>fotoarhiv 37494d-123</i>).....	16
Slika 18: SV fasada stolpnice A1-1 z okolico, 11.12.2018 (<i>fotoarhiv 37494d-183</i>).....	17
Slika 19: Kletni prostori in stena v A1-1, 11.12.2018 (<i>fotoarhiv 37494d-161</i>)	17

1. Uvod

V okviru projekta in skladno z naročilom smo na projektu »Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi regitve izboljšanja le-teh« na lokacijah Hudovernikova ulica 2, 4, 8 in 13 ter Streliška ulica 37a opravili geomehanski ogled okolice vseh navedenih stolpnice, razgovor z upravitelji in hišniki ter preglede kletnih in pritličnih prostorov obravnavanih objektov.

Za potrebe izdelave geomehanskega poročila smo pregledali vso dostopno arhivsko dokumentacijo (pridobljena v okviru projektne naloge (naročitelj, statiko, geotehnik na poročila) ter ostale, ki jo imamo na razpolago v arhivih ZAG) za potrebe ugotovitve sestave tal obravnavanega območja in projektiranega temeljenja objektov.

Uporabljena dokumentacija:

- Fotodokumentacija projektne dokumentacije preslikana na UE;
- Del poročila ZAG gt. P904/11-610-2 v sklopu projekta POTROG;
- Potresna ogroženost nearmiranih stolpnice v Ljubljani, ZAG, Marjana Lutman, Ljubljana, 20. junij 2018;
- Stolpnice katalog popravljen.pdf, Studio Krištof arhitekti d.o.o., Celovita prenova 15 stolpnice v Ljubljani, 28.1.2019;
- Arhivska dokumentacija ZAG;
- Glebnik Ljubo, Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja, Geologija 1971, Ljubljana;
- Mencej Zvone, Prodni zasipi pod jezerskimi sedimenti Ljubljanskega barja, Geologija 31, 32, 517-553 (1988/89), Ljubljana.

studiokrištof

TIP STOLPNIC: A-1



Slika 1: Razporeditev stolpnice z oznakami in fotografijami z osnovnimi podatki (vir: studiokrištof)

Skladno s SIST EN 1997-1 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – Del 1: Splošna pravila (EC7) spada objekt v geotehnično kategorijo 3. V geotehnično kategorijo 3 so vključeni objekti, ki ne sodijo v kategorijo 1 ali 2, torej geotehnično zahtevni objekti in objekti velikega tveganja.

2. Splošni podatki o stolpnica

Na območju med Streljško in Zemljemersko ulico ter Roško cesto je bilo v letih 1959-1961 zgrajenih pet stolpnice z enako nadzemno arhitekturo.

V času projektiranja so bile stolpnice označene z »A« (Hudovernikova ulica 2), »B« (Hudovernikova ulica 13), »C« (Streljška ulica 37a), »D« (Hudovernikova ulica 8) in »E« (Hudovernikova ulica 4). Stolpnice »D« in »E« sta izvedeni v dveh kletnih etažah (2K+P+10N+T), ostale tri pa imajo eno kletno etažo (K+P+10N+T). Vse stolpnice imajo nad pritličjem 10 nadstropij in 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). Po podatkih so nosilni zidovi kletnih etaž in pritličja izvedeni iz nearmiranega betona, medtem ko so nosilni zidovi nadstropij zidani iz polnih opekljnih zidakov.

V okviru tega projekta so se stolpnice označile na novo (glej sliko 1) in sicer s sledečimi oznakami: »A1-1« Hudovernikova ulica 2; »A1-2« Hudovernikova ulica 4; »A1-3« Hudovernikova ulica 8; »A1-4« Hudovernikova ulica 13 in Streljška ulica 37a kot »A1-5«.

Stolpnice so različno temeljene. Po podatkih (iz tehničnega poročila) sta stolpnici A1-2 - »D« in A1-2 - »E« zgrajeni na območju zasute gramozne jame, zato je bila temeljna konstrukcija podprta z vodnjaki.

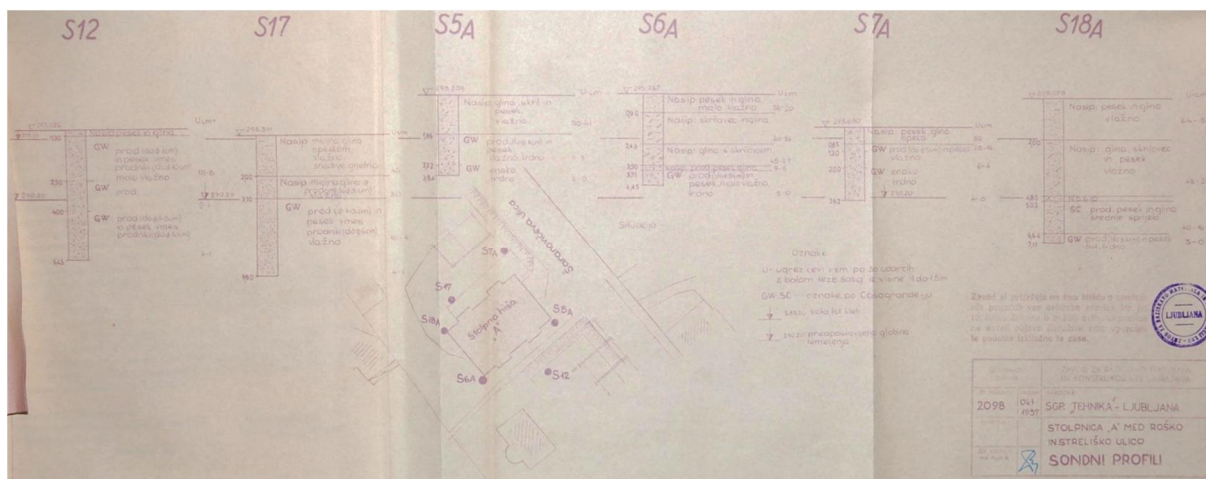
Ostale stolpnice so plitvo temeljene na mreži nearmiranih betonskih pasovnih temeljev, ki segajo v dobro nosilno podlago iz pečljeno-meljnega do glinastega prodaja.

3. Sestava tal obravnavanega območja in osnovni hidrogeološki podatki

Za potrebe projektiranja je bilo v oktobru 1957 (sondni profili ZRMK št. 2098, oktober 1957) območje dokaj natančno preiskano z geomehanskimi vrtninami. Za vsako stolpnico nam je bil na razpolago sondni profil iz katerega v nadaljevanju podajamo ugotovitve.

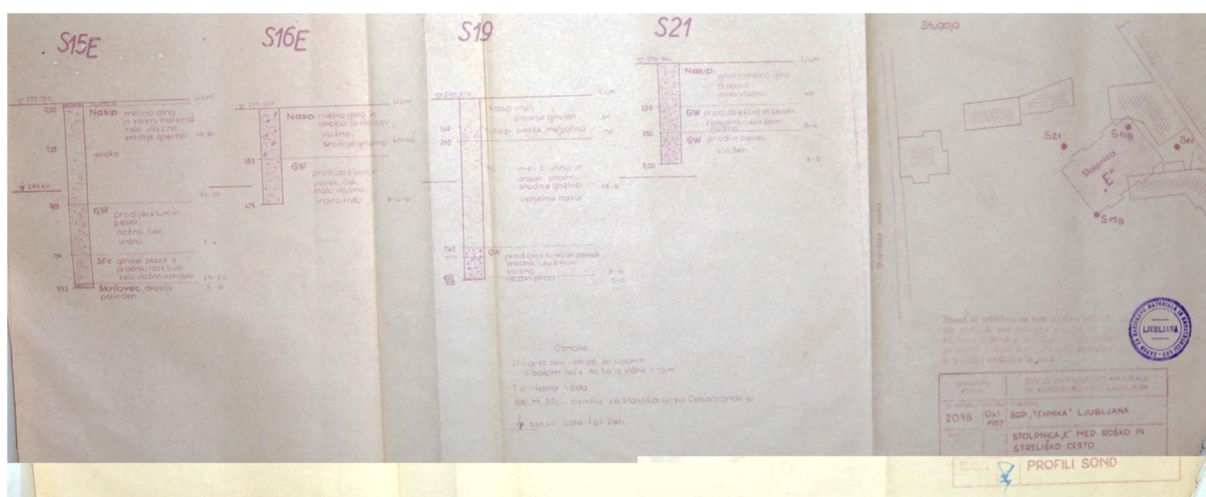
3.1 Stolpnica A1-1 (Hudovernikova ulica 2, »A«):

Iz pregleda sondnega profila je razvidno, da pod umetnim nasipom, ki sega do globine cca 3,5 m pod terenom nastopa pečljeno-meljni prod z zrni do 10 cm, kar tudi predstavlja temeljna tla stolpnice.



Slika 2: Sondni profil za stolpnico A1-1 (fotoarhiv: 24279d-052)

3.2 Stolpnici A1-2 in A1-3 (Hudovernikova ulica 4 in 6, »E« in »D«):

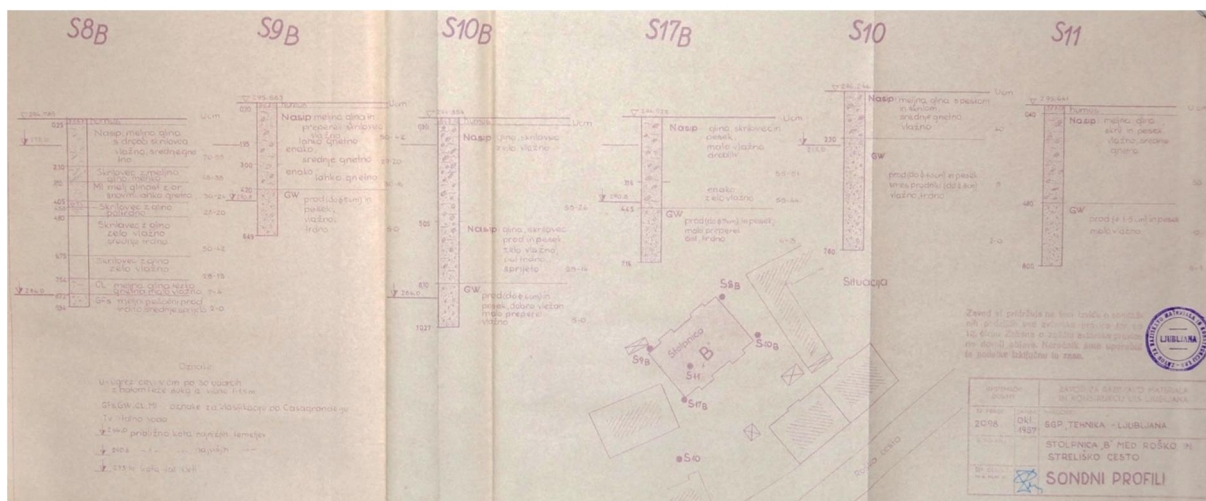


Slika 3: Sondni profil za stolpnici A1-2 in A1-3 (fotoarhiv: 24274d-119)

Obe stolpnici se nahajata na območju opuž ene gramoznice. Iz pregleda sondnega profila je razvidno, da se pod umetnim nasipom (iz melja, peska in gline), ki na nekaterih delih sega do globine cca 7,5 m, pojavi sprva plast pečleno meljnega proda s peskom, ki na globini cca 9,3 m preide v poltrden skrilavec. Skrilavec tudi predstavlja podlago za temeljenje.

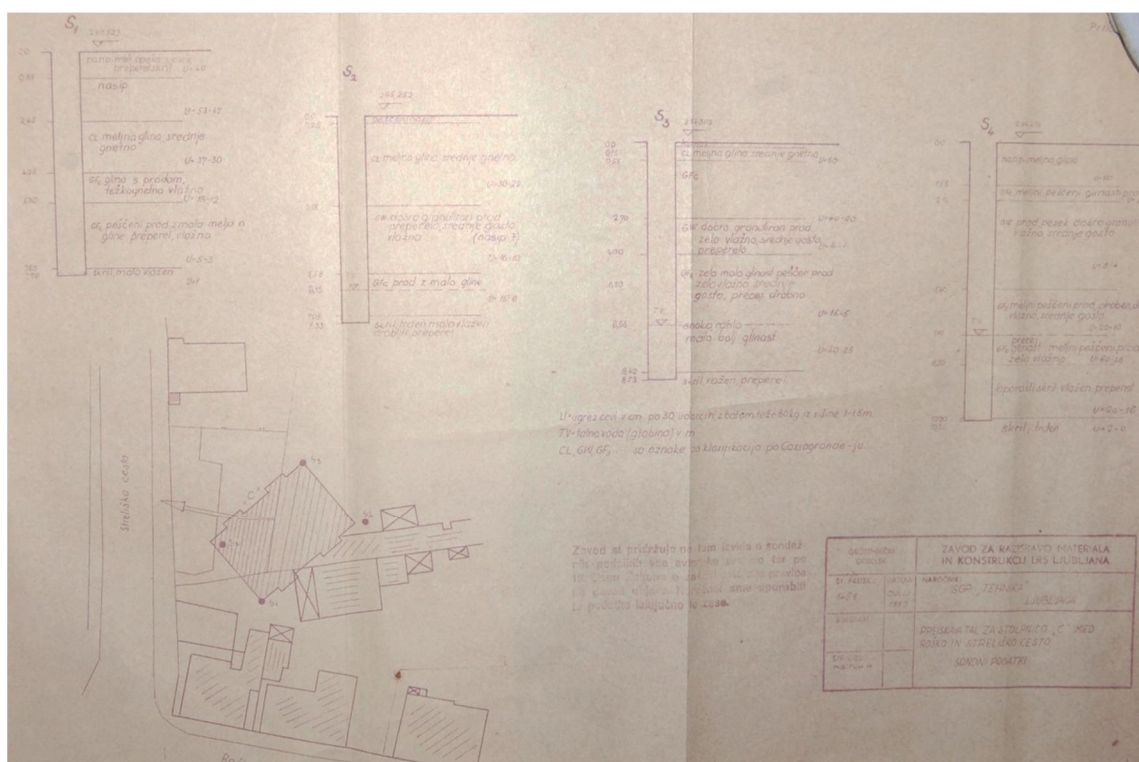
3.3 Stolpnica A1-4 (Hudovernikova ulica 13, »B«):

Iz pregleda sondnega profila je razvidno, da pod umetnim nasipom (meljna glina, preperel skrilavec), ki ponekod sega do globine cca 8,1 m pod terenom, nastopa pečleno-meljni prod z zrni do $\bar{u}$ 8 cm, kar tudi predstavlja temeljna tla stolpnice.



Slika 4: Sondni profil za stolpnico A1-4 (fotoarhiv: 24279d-063)

3.4 Stolpnica A1-5 (Streligka ulica 37a, »C«):



Slika 5: Sondni profil za stolpnico A1-5 (fotoarhiv: 24279d-074)

Iz pregleda sondnega profila je razvidno, da se pod umetnim nasipom (meljna glina) ali meljno srednje gnetno glino, ki ponekod sega do globine cca 4,25 m pod terenom, nahaja pečl eno-meljni do glinast droben prod, kar tudi predstavlja temeljna tla stolpnice. Pod njim pa trden skrilavec, malo vlažen, drobljiv in preperel.

Iz navodil za temeljenje stanovanjskega bloka C (stolpnica A1-5) ob Roški ulici lahko povzamemo sledeč e ugotovitve: Iz splošnih geotehnič nih preiskav je bilo ugotovljeno, da je v sredi med Streligko ulico, Roško in Garanovič evo ulico zasuta bivga gramozna jama.

3.5 Geološka in geomorfološka zgradba območja

V geološkem smislu obravnavano območje leži na meji med Ljubljanskim poljem (na severni strani Gradu in Golovca), kjer prevladujejo fluvioglacialni sedimenti (debelozrnati klastiti) in Ljubljanskim barjem (na južni strani Gradu in Golovca), z jezersko sedimentacijo (drobnozrnati klastiti), ki so se odlagali v obdobju kvartarja. Predkvartarno geološko podlago območja tvorijo neprepustne premokarbonske klastične kamnine (meljevci, pegljenaki, skrilavi glinavci in občasno konglomerat), katere izdanjajo na okoliških hribih (Grad in Golovec). Pobočja permokarbonskih kamnin so podvržena meteorni eroziji in deluvialnim procesom, zaradi česar njihovo preperino nanaša po pobočju na nižje dele. Nanošen material iz okoliških hribov se odraža predvsem kot močno preperel meljasto pegljen, pogosto tudi glinast gružel, z občasnimi slabo zaobljenimi prodniki pegljenjakov in meljevcev, ter glina z različnimi primesmi preperelih permokarbonskih kamnin. Sami kosi gružla so pogosto prepereli v glino in pesek.

Na obravnavanem območju, je najvišja plast antropogena, nasipna plast, pod katero se večinoma nahajajo dobro prepustni savski karbonatni pegljeni prodi. Prode so v preteklosti kopali, zato se je na obravnavanem območju nahajala gramozna jama. Pod savskimi prodi se nahajajo večinoma deluvialni sedimenti (prepereli glinasti gružli, glinee), ki so slabo prepustni. Zgoraj opisani sedimentacijski procesi so se v kvartarju večkrat izmenjali, zaradi česar se plasti lahko večkrat zamenjajo. Zaradi menjavanja slabo in dobro prepustnih plasti pa prihaja do območij z viselo podtalnico. Debelina kvartarnih nanosov in globina predkarbonske podlage narašča v smeri proti severovzhodu.

3.6 Osnovni hidrogeološki podatki območja

Natanljivi podatki o globini podpovršinske in podzemne vode za to območje nimamo. Talna voda se lahko pojavi v obliki viselčev podtalnice na različnih globinah. Le ta se pojavi v zgornjih pegleno prodnatih plasteh pod katerimi se nahaja bolj neprepustna plast iz meljne glin.

Globina podzemne vode se nahaja na nivoju Ljubljanice oz. pojava hribinske podlage iz skrilavca. Iz arhivskih podatkov je razvidno, da se je le ta leta 1991 nahajala na globini cca 286,0 m.n.v.

4. Ugotovitve ob pregledu kletnih in pritličnih prostorov ter okolice objektov

Dne 11.12.2018 sta predstavnika ZAG iz Odseka za geotehniko opravila geomehanski ogled območja in kletnih ter pritličnih prostorov posameznih stolpnih.

Ob vizualnem pregledu kletnih in pritličnih prostorov nismo zabeležili večjih razpok ali drugih poškodb, ki bi kazale na prekoračene napetosti v temeljnih tleh, na vseh petih obravnavanih objektih (stolpnih). Ocenjujemo, da so manjše vidne razpoke v posamezni kleti posledica konstrukcijskih in materialnih lastnosti.

Ob pregledu in iz razgovora s hišnikom ter predstavnikom upravljavca v nobeni kleti ne prihaja do zamakanja oz. vlaženja konstrukcije.

Ocenjujemo, da je bil za posamezne stolpnice glede na ugotovljeno stanje in geološko-geomehanske podatke izbran ustrezen načrt in temeljenja. V vseh primerih se je posedanje objekta in okolice že zaključilo.

5. Seizmičnost terena

Po karti 'Potresna nevarnost Slovenije - projektni pospeški tal' (avtorji: Janez Lapajne, Barbara Ćket Motnikar, Polona Zupančič, izdaja 2001), ki upošteva povratno dobo potresov 475 let, spada obravnavano področje v območje z vrednostjo projektnega pospeška tal $a_g = 0,250g$.

Skladno s SIST EN 1998-1: 2004 Evrokod 8: 'Projektiranje potresno odpornih konstrukcij - del 1: Splošna pravila, potresni vplivi in vplivi na stavbe', na osnovi informativne karte potresne mikrorajonizacije MOL, geološke karte, arhivskih podatkov in izvedenih preiskav ocenjujemo, da se tla pod stolpnici lahko uvrstijo v tip C. Ob predpostavki, da sta objekta A1-2 in A1-3 globoko temeljena na vodnjakih, ki segajo do trdne podlage skrilavca bi pri izračunih lahko upoštevali tip tal A.

V tip tal C spadajo: Globoki sedimenti gostega ali srednje gostega peska, proda ali toge gline globine nekaj deset do več sto metrov s sledečimi parametri: $v_{s,30} = 180-360$ m/s, $N_{SPT} = 15-50$ udarcev/30 cm in $c_u = 70-250$ kPa. Medtem ko v tip tal A spada skala s sledečim parametrom: $v_{s,30} > 800$ m/s.

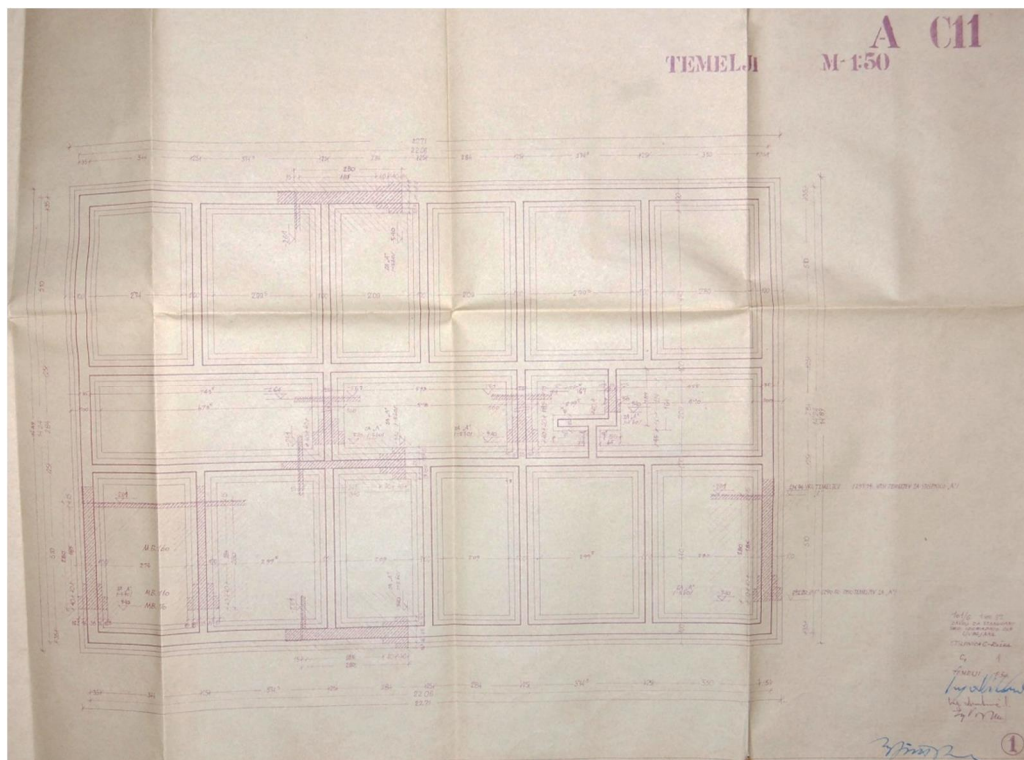
6. Obstoječe temeljenje in kontrola nosilnosti skladno z EC7

Detaljnih podatkov o dejanski izvedbi temeljenja nimamo na razpolago. Za potrebe ocene obstoječega temeljenja smo pregledali dostopno projektno dokumentacijo. Pregled izvedenega - obstoječega temeljenja ni bil opravljen, ker so za to potrebne obsežne preiskave in izkopi ob temeljih. Ocenjujemo, da je bilo temeljenje objektov - stolpnice izvedeno v okviru projekta oz. znotraj mej z dovoljenim odstopanjem.

Na osnovi projektnih podatkov o načrtu temeljenja in sestave temeljnih tal, pregleda okolice, kletnih in pritličnih etaž ter zunanosti objekta ugotavljamo, da na obstoječih objektih ni vidnih poškodb, ki bi bile posledica deformacij v obstoječih temeljih, diferenčnih posredkov objekta ali temeljnih tal. Ocenjujemo, da nosilnosti temeljnih tal, do sedaj niso bile presežene.

6.1 Stolpnica A1-1 (Hudovernikova ulica 2):

Objekt je po podatkih iz načrtov ploščito temeljen na mreži betonskih pasovnih temeljev širine 100 cm. Kota dna temeljenja je bila izbrana na a.k. = 290,20 m.n.v. t.j. -5,60 m pod koto pritličja $\pm 0,00 = 296,20$ m.n.v.



Slika 6: Tloris temeljev za A1-1 (fotoarhiv: 24279d-057)

Ocena nosilnosti:

Skladno z zahtevami SIST EN 1997-1:2005/A1:2014 - Evrokod 7 (v nadaljevanju EC7) smo na osnovi projektnih podatkov in ugotovitev v okviru projekta »Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-teh« izvedli analizo mejnega stanja nosilnosti (MSN) temeljev za stolpnico A1-1. Kontrola MSN se je izvedla na sledečih predpostavkah:

- upoštevana je bila zgolj vertikalna obtežba (lastna in spremenljiva);
- v kontroli ni upoštevan vpliv vetra (horizontalna obtežba, ki vpliva na eksetrično obremenitev temeljev);
- vertikalna obtežba se enakomerno prerazporedi na vse temelje;
- temelji se nahajajo nad gladino talne vode;
- vrednost strignega kota temeljnih tal predstavlja konzervativno oceno ($\varphi' = 26^\circ$).

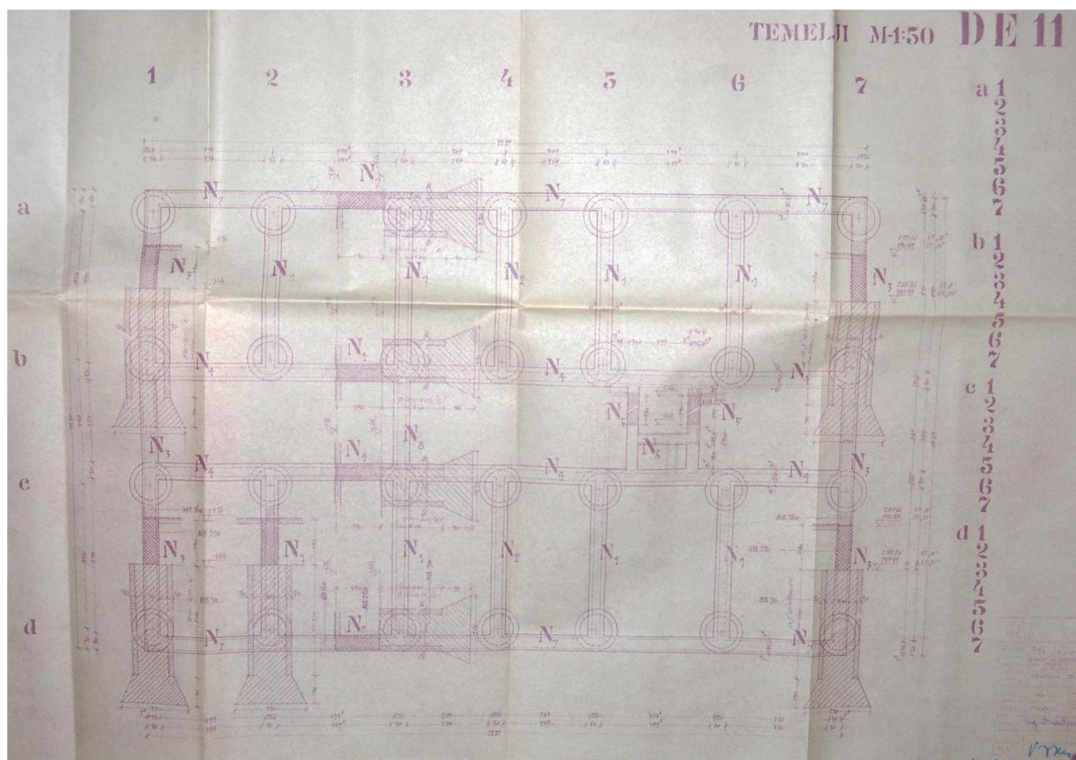
Na osnovi navedenih predpostavk je bila po EC7 izračunana nosilnost temeljnih tal oz. dopustna napetost $\sigma_{dop} = 770$ kPa, katera ni presežena. Tlak pod temelji kot posledica obremenitev stolpnice namreč znaša $p = 449$ kPa. Podrobnejši izračun se nahaja v prilogi 2.

Iz kontrole MSN lahko ugotovimo, da nosilnost temeljnih tal v statičnih pogojih in ob neupoštevanju obtežbe vetra ni presežena. To potrjuje tudi izveden ogled kletnih prostorov, kjer ni bilo zaznanih poškodb kot posledice neustreznega temeljenja oziroma preseženih napetosti v temeljnih tleh.

6.2 Stolpnici A1-2 in A1-3 (Hudovernikova ulica 4 in 8):

Po podatkih (iz tehničnega poročila) sta stolpnici »D« in »E« zgrajeni na območju zasute gramozne jame, zato je bila temeljna konstrukcija podprta z vodnjaki (na vrhu premera $\bar{u} 1,40$ m in na dnu razgirjeni do premera $\bar{u} 2,20$ m), ki segajo do trdne podlage iz skrilavca. Iz

poročila ZRMK št. 2098 od 16.11.1957 je bila pri izračunih upoštevana dopustna obremenitev $\dot{u}_{dop} = 8 \text{ kg/cm}^2 \approx 800 \text{ kN/m}^2$. Preko vodnjakov so bili izvedeni temeljni nosilci. Globina vodnjakov je bila projektirana že cca 6 m pod dnom temeljnih nosilcev.



Slika 7: Tloris temeljev za A1-2 in A1-3 (fotoarhiv: 24274d-090)

Ocena nosilnosti:

Skladno z zahtevami EC7 smo na osnovi projektnih podatkov in ugotovitev v okviru projekta »Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-teh« izvedli analizo mejnega stanja nosilnosti (MSN) temeljev za stolpnice A1-2 in A1-3, ki sta temeljeni globoko na vodnjakih. Kontrola MSN (po alternativni metodi) se je izvedla na sledečih predpostavkah:

- upoštevana je bila zgolj vertikalna obtežba (lastna in spremenljiva);
- v kontroli ni upoštevan vpliv vetra (horizontalna obtežba, ki vpliva na preložno obremenitev vodnjakov in možnost rotacije ipd.);
- vertikalna obtežba se enakomerno prerazporedi na vse vodnjake;
- vodnjaki so vpeti v skalno podlago iz skrilavca;
- zanemarili smo vpliv nosilnosti vodnjakov po plačlu;
- privzet je premer vodnjakov $\phi = 140 \text{ cm}$ in ni upoštevana razgiritev na dnu;
- predpostavljena vrednost strignega kota temeljnih tal in skrilavca znaša $\varphi' = 35^\circ$.

Na osnovi navedenih predpostavk je bila po EC7 izračunana projektna odpornost enega vodnjaka $R_{c,d} = 4598 \text{ kN}$, katera ni presežena. Projektna vrednost obtežbe enega pilota - vodnjaka kot posledica obremenitev stolpnice namreč znaša $V_d = 3127 \text{ kN}$. Podrobnejši izračun se nahaja v prilogi 2.

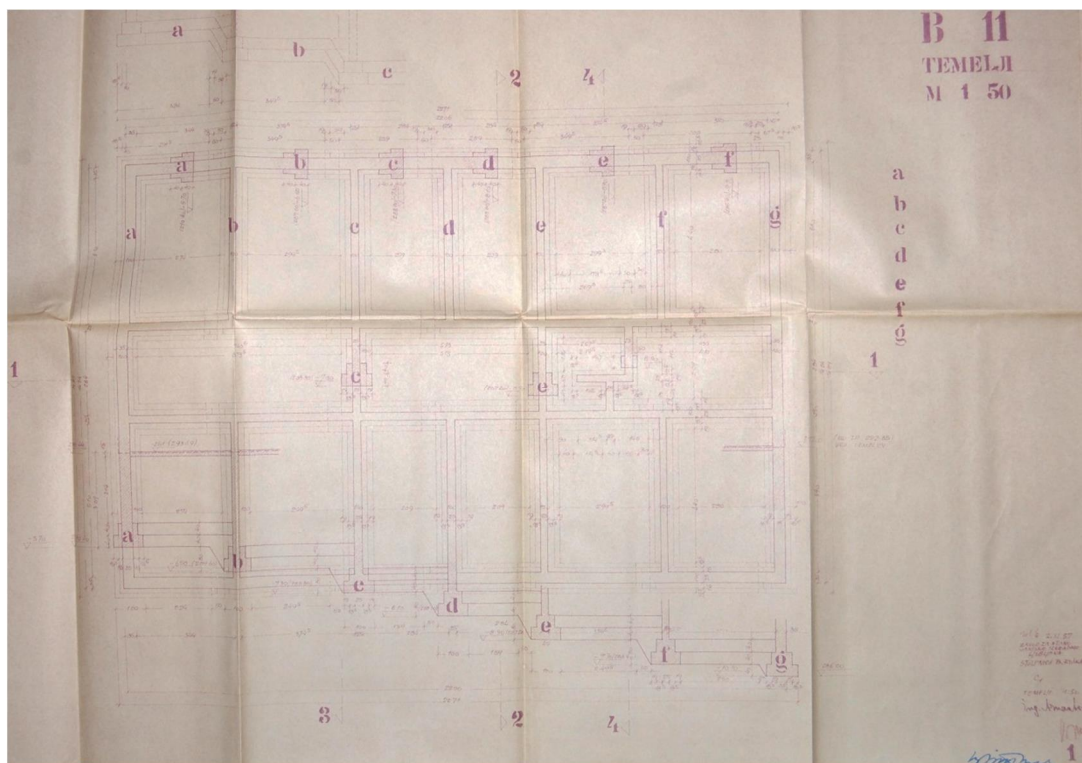
Iz kontrole MSN lahko ugotovimo, da nosilnost temeljnih tal oziroma vodnjakov v statičnih pogojih in ob neupoštevanju obtežbe vetra ni presežena. To potrjuje tudi izveden ogled

kletnih prostorov, kjer ni bilo zaznanih poškodb kot posledice neustreznega temeljenja oziroma preseženih napetosti v temeljnih tleh.

6.3 Stolpnica A1-4 (Hudovernikova ulica 13):

Objekt je po podatkih iz našt. rto. plitvo temeljen na mreži betonskih pasovnih temeljev širine 100 cm. Kota dna temeljenja je bila različna za posamezne temelje: temelji v osi »a« se nahajajo na globini a.k.= 290,40 m.n.v, t.j. -5,70 m pod koto $\pm 0,00 = 296,10$ m.n.v.; nato se do osi »f« globina temeljenja pogloblja za 0,80 m in za temelje v osi »g« še dodatno za 0,40 m kar pomeni a.k.= 286,00 m.n.v, t.j. -10,10 m pod koto $\pm 0,00 = 296,10$ m.n.v. Iz navodil za temeljenje stanovanjskega bloka C ob Roški ulici lahko razberemo dopustno obremenitev tal: »Po pregledu sondažnih vzorcev izpod naveden globine, v kateri bo temeljno dno, smo določili dopustno obremenitev na cca $4 \text{ kg/cm}^2 \text{ } \hat{=} 400 \text{ kN/m}^2$, za 2 m globoke temelje. Ker pa bodo temelji segali približno 3 m pod tla kleti, se dopustna obremenitev zvečja po formuli v PTP št. 11, t.j. 4462 na: $4,45 \text{ kg/cm}^2 \text{ } \hat{=} 445 \text{ kN/m}^2$.

Da bi jim bolj zmanjšali posedanje, naj se vseeno kot maksimalna dopustna obremenitev upošteva obremenitev do $4 \text{ kg/cm}^2 \text{ } \hat{=} 400 \text{ kN/m}^2$.



Slika 8: Tloris temeljev za A1-4 (fotoarhiv: 24279d-054)

Ocena nosilnosti:

Skladno z zahtevami EC7 smo na osnovi projektnih podatkov in ugotovitev v okviru projekta »Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-teh« izvedli analizo mejnega stanja nosilnosti (MSN) temeljev za stolpnico A1-4. Kontrola MSN se je izvedla na sledečih predpostavkah:

- upoštevana je bila zgolj vertikalna obtežba (lastna in spremenljiva);
- v kontroli ni upoštevan vpliv vetra (horizontalna obtežba, ki vpliva na eksetrično obremenitev temeljev);

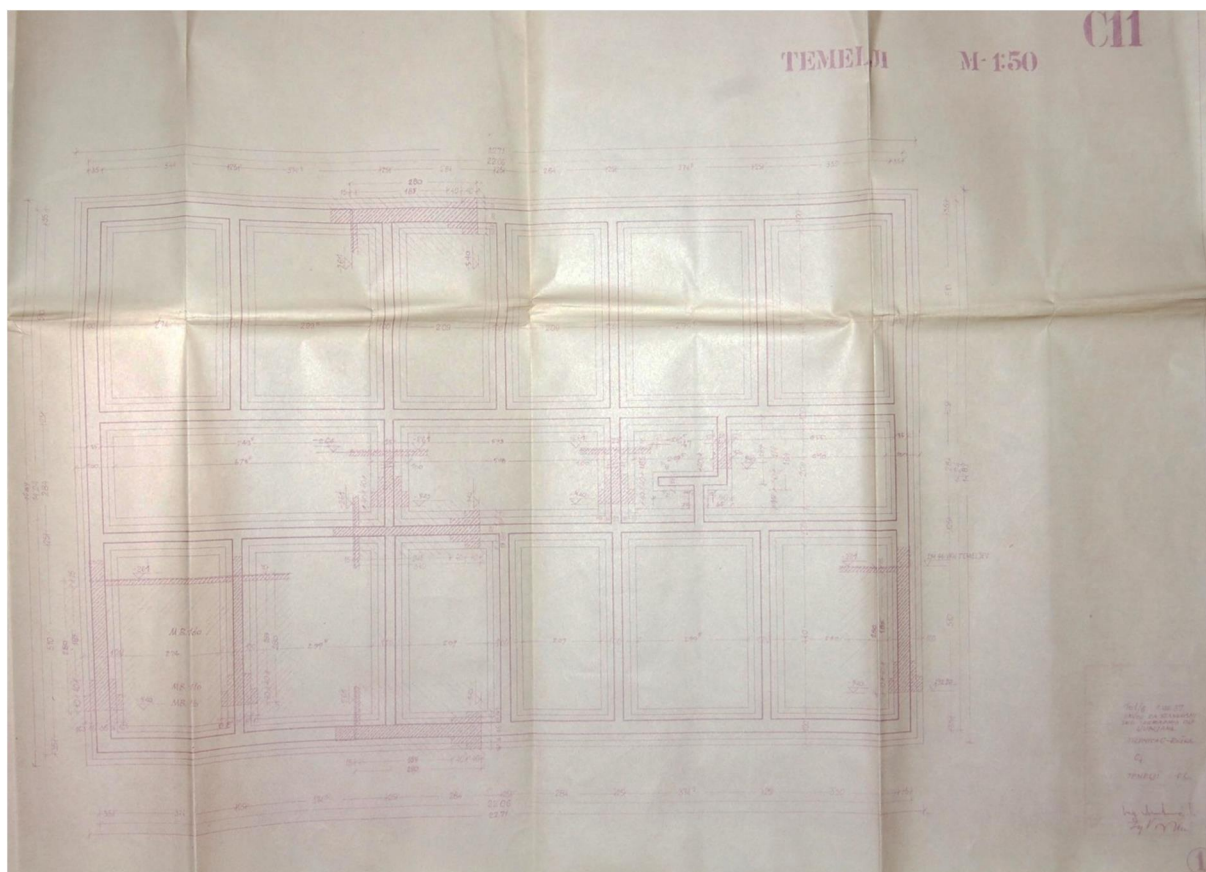
- vertikalna obtežba se enakomerno prerazporedi na vse temelje;
- globina temeljenja je privzeta na 290,40 m.n.v, t.j. -5,70 m pod koto trenutnega terena;
- temelji se nahajajo ravno še nad gladino talne vode;
- vrednost strignega kota temeljnih tal predstavlja konzervativno oceno ($\varphi' = 26^\circ$).

Na osnovi navedenih predpostavk je bila po EC7 izražunana nosilnost temeljnih tal oz. dopustna napetost $\sigma_{dop} = 782$ kPa, katera ni presežena. Tlak pod temelji kot posledica obremenitev stolpnice namreč znaša $p = 499$ kPa. Podrobnejši izražun se nahaja v prilogi 2.

Iz kontrole MSN lahko ugotovimo, da nosilnost temeljnih tal v statičnih pogojih in ob neupoštevanju obtežbe vetra ni presežena. To potrjuje tudi izveden ogled kletnih prostorov, kjer ni bilo zaznanih poškodb kot posledice neustreznega temeljenja oziroma preseženih napetosti v temeljnih tleh.

6.4 Stolpnica A1-5 (Streligka ulica 37a):

Objekt je po podatkih iz načrtov plitvo temeljen na mreži betonskih pasovnih temeljev širine 100 cm. Kota dna temeljenja je bila izbrana na a.k. = 292,20 m.n.v. t.j. -5,40 m pod koto pritlilja $\pm 0,00 = 297,60$ m.n.v.



Slika 9: Tloris temeljev za A1-5 (fotoarhiv: 24279d-054)

Ocena nosilnosti:

Skladno z zahtevami EC7 smo na osnovi projektnih podatkov in ugotovitev v okviru projekta »Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-teh« izvedli analizo mejnega stanja nosilnosti (MSN) temeljev za stolpnico A1-5. Kontrola MSN se je izvedla na sledečih predpostavkah:

- upoštevana je bila zgolj vertikalna obtežba (lastna in spremenljiva);
- v kontroli ni upoštevan vpliv vetra (horizontalna obtežba, ki vpliva na eksetrično obremenitev temeljev);
- vertikalna obtežba se enakomerno prerazporedi na vse temelje;
- temelji se nahajajo nad gladino talne vode;
- vrednost strignega kota temeljnih tal predstavlja konzervativno oceno ($\varphi' = 26^\circ$).

Na osnovi navedenih predpostavk je bila po EC7 izračunana nosilnost temeljnih tal oz. dopustna napetost $\sigma_{dop} = 770$ kPa, katera ni presežena. Tlak pod temelji kot posledica obremenitev stolpnice namreč znaša $p = 449$ kPa. Podrobnejši izračun se nahaja v prilogi 2.

Iz kontrole MSN lahko ugotovimo, da nosilnost temeljnih tal v statičnih pogojih in ob neupoštevanju obtežbe vetra ni presežena. To potrjuje tudi izveden ogled kletnih prostorov, kjer ni bilo zaznanih poškodb kot posledice neustreznega temeljenja oziroma preseženih napetosti v temeljnih tleh.

7. Zaključek

V okviru projekta in skladno z naročilom smo na projektu »Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-teh«, na lokacijah Hudovernikova ulica 2, 4, 8 in 13 ter Streljška ulica 37a opravili geomehanski ogled okolice vseh navedenih stolpnice, razgovor z upravitelji in hišniki ter preglede kletnih in pritličnih prostorov obravnavanih objektov. Pregledali smo dostopno arhivsko dokumentacijo, ki se nanaša na sestavo tal obravnavanega območja in s projektom predviden našel in temeljenja.

Glede na ugotovljeno sestavo tal je skladno z EC 8 podan tip tal pod obravnavanimi objekti.

V primeru kakršnih koli naštetih ojaitev in rekonstrukcij objektov za potrebe izboljšanja potresne varnosti, bo potrebno izvesti tudi izboljšanje - ojaitev temeljenja objektov oz. po potrebi tudi rekonstrukcijo in sanacijo temeljev.

Predlagamo, da se za nadaljnje faze obdelav in preiskav izvedejo dodatne geotehnične preiskave in analize izvedenega temeljenja (sondažni izkopi ob kletnih zidovih z varovanjem izkopa ter kontrolo izvedenega dejanskega temeljenja objekta).

V kolikor bi se naštevalo »nadomestno« gradnjo na obravnavani lokaciji, naj se izvede dodatne geotehnične preiskave skladno z EC7 (geomehanske vrtnice, geotehnične meritve na terenu, laboratorije preiskave vzorcev, ϵ) ter skladno s tem izdelava geološko-geomehansko poročilo za potrebe določitve pogojev temeljenja novogradenj.

Pripravili:

Franci Smrtnik, univ. dipl. inž. grad.

Barbara Likar, univ. dipl. inž. grad.

Andraž Geržak, univ. dipl. inž. geol.

Priloga 1: Fotodokumentacija iz ogleda



Slika 10: SV fasada stolpnice A1-5 z okolico, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-010)



Slika 11: Kletni prostori v A1-5 z manjšo razpoko med steno in zgornjo ploščo, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-003)



Slika 12: Južna fasada stolpnice A1-4 z okolico, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-087)



Slika 13: Kletni prostori v A1-4, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-077)



Slika 14: S fasada stolpnice A1-3 z okolico, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-129)



Slika 15: Kletni prostori in stena v A1-3, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-117)



Slika 16: JV fasada stolpnice A1-2 z okolico, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-144)



Slika 17: Stena, strop v kleti A1-2, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-123)



Slika 18: SV fasada stolpnice A1-1 z okolico, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-183)



Slika 19: Kletni prostori in stena v A1-1, 11.12.2018 (fotoarhiv 37494d-161)

Priloga 2: Izrač uni MSN po EC7

NOSILNOST TEMELJNIH TAL - drenirani pogoji

Stolpnici A1-1 in A1-5; Hudovernikova ulica 2 in Streliška 37a

Temeljna tla: peš eno-meljni prod

Podatki:

$\varphi =$	26	°	strižni kot
$c' =$	0	kPa	kohezija
$\gamma =$	21	kN/m ³	prostorninska teža tal
$\gamma_B =$	25	kN/m ³	prostorninska teža betona
$L =$	174,72	m	dolžina temelja
$B =$	1	m	širina temelja
$D =$	0,4	m	debelina temelja
$z =$	5,6	m	globina temelja
$h_w =$	10,2	m	globina talne vode
$\alpha =$	0	°	nagnjenost temeljne ploskve

Obremenitve:

$G_{k,t} =$	1747	kN	teža temelja
$G_{k,r} =$	45833	kN	stalna obtežba na temelj
$Q_{v,k} =$	9450	kN	spremenljiva obtežba (vertikalna smer)
$\gamma_G =$	1,35		delni faktor za stalno obtežbo
$\gamma_Q =$	1,50		delni faktor za spremenljivo obtežbo
$V_d =$	78408	kN	navpič na projektna obremenitev

Nosilnost tal:

$\gamma_\varphi =$	1,00		varnostni faktor za strižni kot
$\gamma_c =$	1,00		varnostni faktor za kohezijo
$\gamma_E =$	1,40		varnostni faktor za nosilnost tal
$\varphi_d =$	26	°	projektna vrednost strižnega kota
$c'_d =$	0	kPa	projektna vrednost kohezije
$q =$	117,6	kPa	efektivna navpič ni tlak ob temelju na globini temeljne ploš e
$e_B =$	0,00	m	ekscentričnost v smeri B
$e_L =$	0,00	m	ekscentričnost v smeri L
$B' =$	1,00	m	širina centrič no obr. temelja
$L' =$	174,72	m	dolžina centrič no obr. temelja
$A' =$	174,72	m ²	plošč ina centrič no obr. temelja

Koeficienti:

Nosilnost:	Nagib temelja:	Oblika temelja:	Nagib rezultante:
$N_c =$	$b_c =$	$s_c =$	$i_c =$
22,25	1,000	1,003	1,000
$N_q =$	$b_q =$	$s_q =$	$i_q =$
11,85	1,000	1,003	1,000
$N_\gamma =$	$b_\gamma =$	$s_\gamma =$	$i_\gamma =$
10,59	1,000	0,998	1,000

Koeficient m:

$m_B =$	1,99	$m =$	1,00
$m_L =$	1,01		

Kontrola:

$E V_d =$	78408	kN	navpič na sila
$p = \Sigma V_d / A' =$	449	kPa	tlak pod temeljem
$R_d =$	188265	kN	nosilnost tal
$\sigma_{dop} = R_d / A' =$	770	kPa	dopustna napetost

Nosilnost tal ni prekora ena. Temelj je ustreznih dimenzij.

RAČUN NOSILNOSTI PILOTA PO "ALTERNATIVNI METODI" EC-7

Stolpnici A1-2 in A1-3; Hudovernikova ulica 4 in 8

Temeljna tla: vpetje v skrilavec

Zanemarjen vpliv nosilnosti po plačju.

Pilot-vodnjak:

$L =$	6,0	m	dolžina pilota
$R =$	1,40	m	premer pilota
$A_b =$	1,54	m ²	ploščina konice pilota

Varnostni, delni in materialni faktorji:

$\gamma_M =$	1,40	modelni faktor (γ je 1 vrtina oz. terenska preiskava je 1,4)
$\gamma_{R;c} =$	1,10	delni faktor za pilote (tlačje no obremenjeni 1,1; natezno obremenjeni 1,15)
$\gamma_G =$	1,35	delni faktor za stalno obtežbo
$\gamma_Q =$	1,50	delni faktor za spremenljivo obtežbo

Zemljina

$\varphi =$	35	°	strižni kot zemljine ob konici
$H_W =$	4,00	m	globina talne vode

Odpor konice:

$\varphi' =$	35	°	strižni kot zemljine za določitev nosilnosti konice (uvrtani pilot: $\varphi' = \varphi - 3^\circ$)
$N_q =$	50		faktor nosilnosti (Berezantsev, 1961)
$q_b =$	4600	kPa	odpor konice pilota ($9 \cdot c_u$ za kohezivne, za nekohezivne $N_q \cdot \sigma_v'$)
$R_{b,k} =$	7081	kN	karakteristični na vrednost odpora konice

Celotni odpor:

$R_{c;k} =$	7081	kN	karakteristični na vrednost odpora pilota
$R_{c;d} =$	4598	kN	projektna vrednost odpora pilota

Kontrola nosilnosti pilota:

$G_{k,r} =$	53353	kN	stalna obtežba
$Q_{v,k} =$	10358	kN	spremenljiva obtežba (vertikalna smer)
$V_d =$	87564	kN	projektna vrednost vertikalne obtežbe na pilote
$n =$	28		število pilotov
$V_d =$	3127	kN	projektna vrednost vertikalne obtežbe pilota
$R_{c;d} =$	4598	kN	projektna vrednost odpora pilota

$V_d < R_{c;d}$ Pilot prenese obremenitev.

NOSILNOST TEMELJNIH TAL - drenirani pogoji
Stolpnica A1-4; Hudovernikova ulica 13

Temeljna tla: pečl eno-meljni prod

Podatki:

$\varphi =$	26	°	strigni kot
$c' =$	0	kPa	kohezija
$\gamma =$	21	kN/m ³	prostorninska teža tal
$\gamma_B =$	25	kN/m ³	prostorninska teža betona
$L =$	174,72	m	dolžina temelja
$B =$	1	m	širina temelja
$D =$	0,4	m	debelina temelja
$z =$	5,7	m	globina temelja
$h_w =$	10,2	m	globina talne vode
$\alpha =$	0	°	nagnjenost temeljne ploskve

Obremenitve:

$G_{k,t} =$	1747	kN	teža temelja
$G_{k,r} =$	52386	kN	stalna obtežba na temelj
$Q_{v,k} =$	9450	kN	spremenljiva obtežba (vertikalna smer)
$\gamma_G =$	1,35		delni faktor za stalno obtežbo
$\gamma_Q =$	1,50		delni faktor za spremenljivo obtežbo
$V_d =$	87255	kN	navpič na projektna obremenitev

Nosilnost tal:

$\gamma_\varphi =$	1,00		varnostni faktor za strigni kot
$\gamma_c =$	1,00		varnostni faktor za kohezijo
$\gamma_E =$	1,40		varnostni faktor za nosilnost tal
$\varphi_d =$	26	°	projektna vrednost strignega kota
$c'_d =$	0	kPa	projektna vrednost kohezije
$q =$	119,7	kPa	efektivna navpič ni tlak ob temelju na globini temeljne ploš e
$e_B =$	0,00	m	ekscentričnost v smeri B
$e_L =$	0,00	m	ekscentričnost v smeri L
$B' =$	1,00	m	širina centrič no obr. temelja
$L' =$	174,72	m	dolžina centrič no obr. temelja
$A' =$	174,72	m ²	plošč ina centrič no obr. temelja

Koeficienti:

Nosilnost:		Nagib temelja:		Oblika temelja:		Nagib rezultante:	
$N_c =$	22,25	$b_c =$	1,000	$s_c =$	1,003	$i_c =$	1,000
$N_q =$	11,85	$b_q =$	1,000	$s_q =$	1,003	$i_q =$	1,000
$N_\gamma =$	10,59	$b_\gamma =$	1,000	$s_\gamma =$	0,998	$i_\gamma =$	1,000
Koeficient m:							
$m_B =$	1,99	$m =$	1,00				
$m_l =$	1,01						

Kontrola:

$E V_d =$	87255	kN	navpič na sila
$p = \Sigma V_d / A' =$	499	kPa	tlak pod temeljem
$R_d =$	191380	kN	nosilnost tal
$\sigma_{dop} = R_d / A' =$	782	kPa	dopustna napetost

Nosilnost tal ni prekorač ena. Temelj je ustreznih dimenzij.