

# Sanacija i rekonstrukcija bastiona Starog grada Zrinskih u Čakovcu

---

Zadavec, Sara

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:145422>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-14**

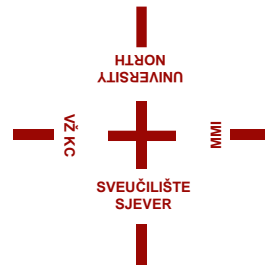


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



**Sveučilište  
Sjever**

**ZAVRŠNI RAD 266/GR/2016.**

**SANACIJA I REKONSTRUKCIJA BASTIONA  
STAROG GRADA ZRINSKI U ČAKOVCU**

**Sara Zadavec, 5125/601**

Varaždin, rujan 2016.



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**

**ZAVRŠNI RAD 266/GR/2016.**

**SANACIJA I REKONSTRUKCIJA BASTIONA  
STAROG GRADA ZRINSKI U ČAKOVCU**

MENTOR:

Prof. dr.sc. Božo Soldo

STUDENT:

Sara Zadravec, 5125/601

Varaždin, rujan 2016.



# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL

PRISTUPNIK

MATIČNI BROJ

DATUM

KOLEGIJ

NASLOV RADA

NASLOV RADA NA  
ENGL. JEZIKU

MENTOR

ZVANJE

ČLANOVI POVJERENSTVA

1.

2.

3.

4.

5.

VŽKC

MMI

## Zadatak završnog rada

BROJ

OPIS

ZADATAK URUČEN

POTPIS MENTORA

## SAŽETAK

Tema samog rada je primjer sanacije i rekonstrukcije bastiona Starog grada Zrinskih u Čakovcu s naglaskom na ojačanje temelja i zidova.

Kompletni rad je podijeljen na pet glavna poglavlja, gdje se u prvom poglavlju govori općenito o lokaciji i predmetnoj građevini.

Drugo poglavlje se bavi utvrđenim stvarnim izvedenim stanjem postojeće utvrde podijeljene na pet dilatacija.

U trećem poglavlju se opisuju radovi rekonstrukcije i sanacije konstrukcije bastiona, te su navedena funkcionalna rješenja rekonstrukcije i muzejskog postava.

Kod četvrtog poglavlja se iznose podaci o geotehničkim istražnim radovima, te je proveden kompletni proračun nosivosti i slijeganja pilota i mogući načini sanacije.

U petom poglavlju dat je kratki osvrt na sveukupni postupak rekonstrukcije i sanacije konstrukcije Starog grada Zrinskih, te karakteristični profil tla i preporuke za poboljšanje nosivosti i smanjena slijeganjana temelju uvida u geotehničke istražne radove.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OPĆENITO O LOKACIJI I PREDMETNOJ GRAĐEVINI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. OPIS POSTOJEĆE GRAĐEVINE .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. Podaci o utvrđenom stvarnom izvedenom stanju postojeće građevine .....</b>	<b>5</b>
3.1.1. Dilatacija I - Sjeverozapadni bastion .....	5
3.1.2. Dilatacija II - Zgrada dozidana na zid utvrde između SZ i ulaznog bastiona .....	8
3.1.3. Dilatacija III - Ulazni bastion .....	10
3.1.4. Dilatacija IV - Postojeći zid utvrde između ulaznog i SI bastiona .....	14
3.1.5. Dilatacija V - Jugoistočni bastion i zid utvrde .....	15
<b>4. OPIS ZAHVATA REKONSTRUKCIJE I SANACIJE BASTIONA .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Funkcionalna rješenja rekonstrukcije i muzejskog postava .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2. Tehnički opis radova rekonstrukcije i sanacije konstrukcije bastiona .....</b>	<b>18</b>
4.2.1. I. i II. dilatacija utvrde Starog grada .....	18
4.2.2. III. Dilatacija utvrde – Ulazni bastion .....	22
4.2.3. IV. Dilatacija utvrde – Rekonstrukcija zgrade i sanacija zida SI kurtine .....	33
4.2.4. V. dilatacija – Sanacija II bastiona i zida kurtine, te rekonstrukcija platforme .....	35
<b>5. OJAČANJE TEMELJNE PODLOGE .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1. Podaci o geotehničkim istražnim radovima .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2. Geotehničke značajke temeljnog tla .....</b>	<b>46</b>
5.2.1. Koherentna tla .....	46
5.2.2. Nekoherentna tla .....	48
<b>5.3. Proračuni i mogući načini sanacije temelja .....</b>	<b>50</b>
5.3.1. Proračun nosivosti pilota .....	50
5.3.2. Proračun slijeganja .....	54
5.3.3. Način izvedbe mikropilota .....	61
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>66</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>68</b>
<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>69</b>
<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>72</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>73</b>

## **1. UVOD**

Stari grad Zrinskih je utvrda u centru grada Čakovca, sjedišta Međimurske županije u Republici Hrvatskoj. Prvi puta se spominje u 13. stoljeću kao toranj ili kula jednostavnije fortifikacijske konstrukcije, izgrađen od drvenih elemenata. Od 1333. godine se navodi kao utvrda, odnosno utvrđeni grad (lat. castrum), u jednoj ispravi kralja Karla Roberta Anžuvinskog. Utemeljitelj Starog grada je ugarski grof Dimitrije Čak, po kojem je grad Čakovec dobio ime. Stari grad Čakovec utvrđeni je plemićki dvorac, a poznat je i pod nazivom Stari grad Zrinskih. Danas je simbol identiteta i tradicije Međimurja. Vlasnici utvrde, ujedno gospodari Čakovca i vlastelinstva Međimurje, često su se tijekom godina i stoljeća mijenjali. Utvrda se u više navrata rekonstruirala i nadograđivala, posebice u razdoblju vladavine obitelji Zrinski (1546-1691.) i Althan (1719-1791.). U 16. stoljeću hrvatski ban Nikola Šubić Zrinski, koji je došao u posjed Međimurja 1546. godine, pretvara čakovečki kastrum u utvrđeni renesansni dvor, branjen bedemima i bastionima, te okružen opkopima napunjenima vodom. Odlaskom Zrinskih s povijesne scene, kompleks Starog grada poslije nekoliko kratkotrajnih promjena vlasnika, dolazi u ruke grofova Althan. U njihovo se vrijeme događa veliki zemljotres 1738. godine, nakon čega na starim temeljima počinje izgradnja barokne palače utvrđene zidinama, kakav izgled u osnovi zadržava do danas.

Utvrda Starog grada Čakovca predmet je konzervatorske obnove desetljećima. Radovi se izvode s prekidima od 60-tih godina 20. stoljeća sve do danas. U tom razdoblju uporabni su prostori utvrde bili korišteni za različite javne namjene dok je fortifikacijski sustav zidina bio kontinuirano izložen fizičkoj degradaciji i rušenju. Stanje u kojem se utvrda nalazi ne može se nazvati primjerenim njezinom prostorno-funkcionalnom urbanom potencijalu i mogućnostima njenog aktivnog i održivog korištenja. U Republici Hrvatskoj zgrade koje spadaju u okvire kulturne baštine zastupljene su sa čak 35% ukupno postojećih građevina. Skoro svaka od ovih zgrada zahtjeva redovno održavanje, a često i veće radove u svrhu poboljšanja uvjeta života u njima. Provođenje građevinskih radova na postojećim zgradama je zahtjevan postupak sam po sebi, no projekt obnove, ojačanja, održavanja ili rekonstrukcije zgrada koji su označeni kao kulturno dobro predstavlja zahtjevan postupak. Ovakvi projekti obilježeni su iscrpnom pripremom i planiranjem, a osnovni zahtjevi definirani su u okvirima zakona Republike Hrvatske.



*Slika 1.1. Nekadašnji izgled Starog grada*

U glavnom projektu kojeg je izradila tvrtka Connecto Projekt d.o.o. zahvatom je obuhvaćena sanacija fortifikacije Starog grada Zrinskih u Čakovcu koja obuhvaća glavni ulazni bastion, sjeveroistočni i sjeverozapadni bastion, te rekonstrukciju srušene barokne građevine iz 18. stoljeća uz jugoistočnu kortinu. Cilj projekta je vratiti izvorno stanje građevine zbog čega će se postojeći dio utvrde sanirati, a srušena građevina rekonstruirati prema dostupnim snimkama i nacrtima temeljne konstrukcije te bi zgrada po svemu, a posebno po vanjskim gabaritima i izgledu trebala odgovarati povijesnim podacima o srušenoj zgradi iz 18. stoljeća. Cijeli bastion će se iskoristiti kao prostor Muzeja sa pratećim prostorima i restoranom, te terasa bastiona kao vanjski muzejski prostor i spoj prema prostoru tornja koji će se iskoristiti kao vidikovac. Ciljevi projekta su također otvaranje novih radnih mjesta i osiguranje dodatnih izvora prihoda, uz nužno očuvanje prirodne i graditeljske baštine, te pridržavanje načela održivog razvoja.

Cilj završnog rada je najprije prikazati prvobitno stanje građevine nakon izgradnje, te postojeće stanje građevine danas koja je zbog neodržavanja izgubila svoje prvobitno stanje. Dio građevine zahtijeva sanaciju, a dio građevine koji je srušen zbog opasnosti od urušavanja zahtijeva rekonstrukciju. Prikazati će se postojeće stanje svake od 5 dilatacija u koje je podijeljena spomenuta građevina, te će se detaljnije opisati namjeravani postupak sanacije i rekonstrukcije. Na temelju uvida u geotehničke istražne radove i geostatičke analize prikazati će se preporuka za temeljenje, odnosno poboljšanje tla IV. i V. dilatacije u smislu povećanja nosivosti i smanjenja slijeganja tla.

## 2. OPĆENITO O LOKACIJI I PREDMETNOJ GRAĐEVINI

Građevina Starog grada Zrinskih je locirana u Čakovcu na građevnoj parceli na k.č. 2418 i 2420, k.o. Čakovec. Glavni pristup na parcelu je sa sjeverne strane preko kamenog mostića.



*Slika 2.1. Položaj predmetne lokacije u Čakovcu*

Stari grad Zrinskih sastoji se od vanjskih obrambenih zidina - bastiona koji čine tlocrtno peterokutni oblik te su u današnjem obliku izgrađeni većinom u 16. i 17. stoljeću. Spomenuti bastioni jedinstveni su u Hrvatskoj po tome što nisu zemljani već su sagrađeni od opeke. Monumentalne zidine čija se debljina na nekim mjestima mjeri metrima, uokviruju vanjsko dvorište koje razdvaja zidine i palaču, centralni objekt čitavog fortifikacijsko-smještajnog kompleksa.

U 16. stoljeću, u doba obitelji Zrinskih središnji je dio utvrde preoblikovan u renesansnu palaču oko koje je podignut sklop opekom građenih zidina. Zidine nikada nisu bile dovršene, tijekom vremena su dijelom nadograđene, a dijelom porušene. Oko zidina stoljećima su postojali široki opkopi ispunjeni vodom koja je dotjecala iz male međimurske rijeke Trnave, te su s prestankom turske opasnosti skoro potpuno isušeni, osim jednog jezera sa sjeverne strane utvrde koje je isušeno nakon sedamdesetih godina 20. stoljeća. Na taj je način nekadašnji srednjovjekovni nizinski utvrđeni grad okružen širokim jarcima napunjenim vodom (njem. Wasserburg) izgubio svoje puno značenje. Preko vodenog okruženja u dvorac



se ulazilo sa sjeverne strane, dugačkim drvenim mostom koji je vodio do glavne ulazne kule. Danas se na tom mjestu nalazi kratak kameni mostić.

Izvorno lociran u ravnom močvarnom području, okružen prirodnim i kulturnim krajolikom, Stari grad Zrinskih danas svojim smještajnim karakteristikama predstavlja središnji urbani prostor grada Čakovca s funkcijom prostorne povijesne gradske jezgre i novih gradskih zona. Pripada tipu višeslojnog utvrđenog feudalnog rezidencijalnog kompleksa kojeg čine reprezentativna palača s unutrašnjim dvorištem te utvrda peterokutnog oblika sa sustavom zidova i bastiona.

Stari grad Čakovec je desetljećima kategoriziran kao spomenik kulture nulte kategorije, a prema novoj je kategorizaciji od dana 19.11.2007. godine razvrstan u kulturno dobro od nacionalnog značenja (s oznakom N-23), a klasificiran je u profanu graditeljsku baštinu. U njemu je danas smješten raznovrstan i vrijedan stalni izložbeni postav Muzeja Međimurja. Cijeli se fortifikacijsko-smještajni kompleks Starog grada nalazi okružen prostranom parkovnom arhitekturom Perivoja Zrinskih.



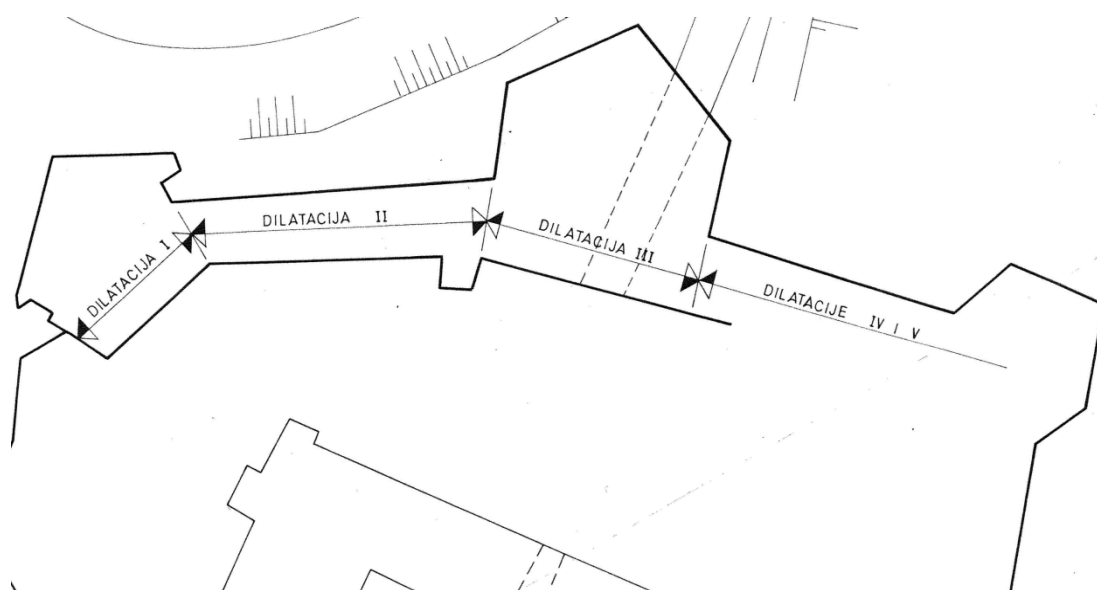
*Slika 2.2. Kompleks Starog grada Zrinskih*

### 3. OPIS POSTOJEĆE GRAĐEVINE

#### 3.1. Podaci o utvrđenom stvarnom izvedenom stanju postojeće građevine

Prema glavnom projektu zahvatom je obuhvaćena sanacija fortifikacije Starog grada u Čakovcu koja obuhvaća glavni ulazni bastion, sjeveroistočni i sjeverozapadni bastion, te rekonstrukciju srušene barokne građevine iz 18. stoljeća uz jugoistočnu kortinu. Kao što je već ranije spomenuto, građevina je smještena na k.č. broj 2418 i 2420, k.o. Čakovec.

Pregledom opsežne istražne i projektne dokumentacije o sanacijama konstrukcije utvrde Starog grada Zrinskih, vidljiva je podjela cijele današnje građevinske utvrde na cjeline koje su vidljive na priloženoj tlocrtnoj skici - na pet „dilatacija“, čiji nazivi se spominju u svim dosadašnjim projektima te građevine, pa su zadržani i u ovom završnom radu, iako to nisu prave dilatacije u konstruktivnom smislu.



Slika 3.1. Tlocrtna skica prikaza dilatacija

##### 3.1.1. Dilatacija I - Sjeverozapadni bastion

Na dvorišnu stranu srednjovjekovne prizemne utvrde je u 18. stoljeću dograđen kat kao zgrada uz koju je ostala otvorena i nenatkrivena terasa bastiona. Vertikalna i stropna konstrukcija nad prostorijom prizemlja tog peterkutnog bastiona je izvedena u obliku polukružnog svoda od pune opeke, koji je ispod dva uzdužna zida kata ojačana sa zidanim lukom.





*Slika 3.2. Polukružni svod prizemlja*

Stropna konstrukcija (dograđenog) kata je drveni grednik, a krovšte je dvostrešno te sastoji od klasične drvene konstrukcije pokrivena crijepom. Zidovi kata su opečni, debljine od 35 do 60 cm. Sa zapadne, bočne strane ovog bastiona postojalo je bočno stubište, neposredno poslije drugog svjetskog rata, koje je srušeno. U svemu je bilo slično dvama postojećim dvorišnim stubištima uz ulazni bastion.

#### Dosadašnji projektni i izvedbeni radovi na sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije I. dilatacije

Prema dostupnoj dokumentaciji o stanju postojeće i radovima na sanaciji konstrukcije I. dilatacije, postojeća konstrukcija stropa i krovšta, kao i završetka zidova kata sanirani su projektno i izvedbeno umjesto sličnih starijih elemenata zgrade u okviru sanacije I. i II. dilatacije početkom 90-tih godina. Istovremeno je tada sanirana nenatkrivena terasa i izvedeni su grudobrani SZ bastiona. Pregledom dostupnih projekata po kojima su se izvodile te sanacije, projektiranju prijedlozi sanacije dijelova konstrukcije I. dilatacije - u prvom redu konstrukcije zidova kata, krovšta, poda otvorene terase i grudobrana oko nje, te vanjskih ploha zidova SZ bastiona – bili su korektni i u redu sa stanovišta struke i propisa.

Prema pregledu sadašnjeg stanja konstrukcije, vidljivo je da su natkriveni dijelovi – sva konstrukcija ispod krova I. kata – izvedeni u redu i do današnjeg dana ostali u takvom stanju, osim dijelova zidova koji su u istraživanjima povijesnih promjena oko otvora u katu pokazali oštećenja prvotnih lukova kata kod umetanja kamenih okvira sadašnjih prozora, još vjerojatno početkom prošlog stoljeća (slika 3.3.).



*Slika 3.3. Oštećenje lukova na I.katu*

Suprotno tome, skoro sve otvorene i nenatkrivene površine konstrukcije – pod terase, zidovi i vrh grudobrana (slika 3.4.), te vanjske kose plohe zidova bastiona (slika 3.5.) - su u vremenu od sanacije do danas toliko oštećeni da im je potrebna ponovna hitna sanacija ili čak natkrivanje. Prvenstveni uzrok tome je dugogodišnje neodržavanje konstrukcije.



*Slika 3.4. Nenatkrivena terasa SZ bastiona*





*Slika 3.5. Kosa ploha zida SZ bastiona*

### **3.1.2. Dilatacija II - Zgrada dozidana na zid utvrde između SZ i ulaznog bastiona**

Prema istraživanjima RZH, i kod ove dilatacije je na masivni zid srednjevjekovne utvrde u 18.stoljeću dograđena zgrada prema dvorišnoj strani i toliko je dignut prvotni zid utvrde, da je ta zgrada u katu spojena s istovremeno zidanim katom nad SZ bastionom.

Vertikalna konstrukcija prizemlja je zidana u gornjim dijelovima opekom, a prema temeljima iz pomiješanih dijelova od opeke i kamena. Debljine vanjskih zidova su 200 cm i 100 cm, a unutarnjih 50 cm i 70 cm. Stropna konstrukcija prizemlja izvedena je od zidanih opečnih svodova. Strop iznad hodnika je bačvasti svod sa vidljivom već provedenom sanacijom pukotine uzduž hodnika u tjemenu svoda. Svodovi u prostorijama su kupole - dvosmjerno zakrivljeni i oslonjeni na sva četiri zida. I kod tih svodova vidljivi su na više mjesta u više prostorija tragovi pukotina koje su već sanirane injektiranjem.

Vertikalna konstrukcija kata je zidana od opečnih zidova debljine 120 cm (vanjski bedem), 60 cm (vanjski dvorišni zid), te 35 cm unutarnji zidovi. Nad zidovima kata je drveni grednik, te drveno dvostrešno krovništvo.

Dosadašnji projektni i izvedbeni radovi na sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije II. dilatacije

Prema dostupnoj dokumentaciji koja se bavi stanjem postojeće i projektiranjem sanacija II. dilatacije, sadašnja konstrukcija drvenog grednika stropa, drveno krovšte, te zidani dimnjaci i zidovi zabata potkrovlja već su sanirane „nove“ konstrukcije koje su početkom 90-tih zamijenile stare dotrajale iste dijelove te zgrade. Tada su vrhovi zidova kata ojačani i spregnuti horizontalno s a.b. gredama nad zidovima kata (slika 3.6.), te sa čeličnim zategama, sve u okviru iste statičke sanacije I. i II. dilatacije pred kraj prošlog stoljeća.



*Slika 3.6. Ojačanje postojećih zidova I. kata*

Posebno je kod te sanacije tretiran dvorišni zid koji je kroz prošla stoljeća dobio izbočenje u visini stropa prizemlja prema dvorišnoj strani, vjerojatno uslijed kombinacije pritiska svoda u hodniku, mogućeg dodatnog ekscentričnog vertikalnog opterećenja, ali moguće i zbog popuštanja dvorišne strane njegovog trakastog temelja. U projektnoj dokumentaciji sanacije tog dvorišnog zida zgrade II.dilatacije projektno se osmislilo njegovo osiguranje putem kombinacije spreznja zida za ostatak konstrukcije zgrade, te injektiranja skoro cijelog zida u prizemlju i djelomično u katu. Injektiranje je u najvećem dijelu provedeno (slika 3.7.).



*Slika 3.7. Injektiranje zida u prizemlju i katu*

### **3.1.3. Dilatacija III - Ulazni bastion**

Osnova III. dilatacije sastoji se iz visokog prizemlja ulaznog bastiona, na kojem je naknadno izvedeni toranj, na vanjskoj strani, prema perivoju, te katni dio zgrade na dijelu bastiona okrenutom prema dvorištu. Uz taj bastion, sastavni dio ove dilatacije čini spojna katna konstrukcija prema IV. dilataciji, koja je većim dijelom i pripadala zgradi izgrađenoj u 18. stoljeću, a srušenoj 70-tih godina prošlog stoljeća. To je prostor od tlocrtno jedne prostorije, ali su izgrađene tri, jedna iznad druge. Nad donje dvije prostorije izvedeni su križni zidani svodovi, dok je najviša prostorija rekonstruirana s a.b.stropnom konstrukcijom iznad nje. Ovaj dio građevine je u svim dosadašnjim projektima prozvan „prostor radiostanice“, prema najdužoj upotrebi kojoj je služio, pa ga se i ovdje tako naziva, radi poveznice prema prošloj dokumentaciji.

Vertikalna konstrukcija prizemlja samog bastiona izgrađena je od masivnih zidova, većim dijelom zidanih opekama, ali djelomično i kamenom, zidanih sa dva lica međusobno povezanih i zapunjenih najvjerojatnije s nepravilno položenom opekama. Osnovna, povijesno starija konstrukcija fortifikacije jesu vanjski zidovi u prizemlju ovog peterokutnog bastiona, te dva centralna stupa zidana od opeke. Debljina tih vanjskih zidova je oko 4,0 m. Stropovi su od polukružnih svodova od opeke.

Većom rekonstrukcijom prizemlja, kada je utvrda prestala imati obrambenu ulogu, jedinstveni prostor ovog bastiona pregrađen je s uzdužnim zidom između stupova, s dva poprečna zida, te s pregrađivanjem svoda u prostoru kolnice. Noviji zidovi su tanji, od 35 do 180 cm, i pliće su temeljeni.



Konstrukcija kata je također naknadno dograđena nad manjim dijelom bastiona bliže dvorišnoj strani, a sastoji se od opečnih zidova debljine od 35 do 100 cm, i to oko jedne trećine tlocrta. Katna dogradnja u svemu je konstruktivno izvedena kao i kod katova I. i II. dilatacije, dakle iz drvenog grednika i dvostrešnog drvenog krovišta, osim što je nad srednjim dijelom natkrivenog tlocrta (5,5 x 4,0 m) u katu masivni svod.

Preostali dio tlocrta je otvorena terasa, okružena zidanim bedemom na kojem je već projektirana, ali još nije izvedena povijesno i oblikovno pravilna konstrukcija grudobrana. Sa dvorišne strane bočno su na ovaj bastion dograđene konstrukcije dva natkrivena stubišta (slika 3.8.). Ona su u potpunosti statički sanirana krajem prošlog stoljeća, ali je neodržavanje i nekorištenje građevine doprinijelo vidljivim oštećenjima i propadanjima drvenih stuba, bočnih zidanih stupaca i parapeta, kao i elemenata klasičnog drvenog krovišta.



*Slika 3.8. Dva bočna stubišta ulaznog bastiona*

#### Dosadašnji projektni i izvedbeni radovi na sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije III. dilatacije

Prema dostupnoj dokumentaciji koja se bavi postojećim stanjem te projektiranjem i praćenjem izvedbe sanacija III. dilatacije, sadašnja postojeća konstrukcija stropa i krovišta, kao i završetka zidova kata sanirani su projektno i izvedbeno umjesto sličnih starijih elemenata zgrade u okviru sanacije III. dilatacije početkom 90-tih godina. Istovremeno su tada otvoreni i odstranjeni slojevi nad dva velika svoda bastiona, te su nadomješteni privremenim zrnatim lakim materijalom, izvedeni grudobrani SZ bastiona (nepravilno sa

povijesne i oblikovne strane), te su veće pukotine u svodovima nad prizemljem sanirane injektiranjem. Tada je nad terasom ovog bastiona izvedena i privremena drvena nadstrešnica (slika 3.9.).



*Slika 3.9. Natkrivena terasa ulaznog bastiona*

Toranj, naknadno dozidan na konstrukciju vanjskih zidova bastiona, je konstruktivno saniran 70-tih godina. Također je saniran i portal ulaza u ovaj bastion (slika 3.10).

Stropna konstrukcija kata i konstrukcija krovništva je u svim elementima slična i imala je istu povijest stvaranja, propadanja i saniranja kao kod I. i II. dilatacije, dakle to je sada „novi“ drveni grednik, te klasična konstrukcija drvenog krovništva s dvostrukom visuljom nad katom zgrade ulaznog bastiona.

Strop iznad bivše radio stanice, prostorije na bivšem spoju III. i IV. dilatacije, je u novije vrijeme obnovljen u vidu a.b. sitno rebraste a.b.ploče (slika 3.11.) nad kojom je također novo drveno krovništvo, a zidovi ovog spojnog dijela (prema srušenoj i budućoj zgradi koja se treba rekonstruirati) su spregnuti i konstruktivno osigurani s horizontalnim zategama u dva smjera. Temelji tog spojnog dijela III. dilatacije također su morali biti sanirani, jer su opažena oštećenja od pre velikih slijeganja, pa su ispod njih izvedeni injektirani mikropiloti s naglavnim temeljnim gredama.



*Slika 3.10. Glavni ulaz u bastion*



*Slika 3.11. Strop bivše radi stanice*



### **3.1.4. Dilatacija IV - Postojeći zid utvrde između ulaznog i SI bastiona**

Radi se o srušenoj zgradi iz 18. stoljeća (slika 3.12.), koja će se rekonstruirati a sada se sastoji samo od vanjskog zida bedema (kurtina) zidanog opekom bez grudobrana, između ulaznog i sjeveroistočnog bastiona, debljine oko 2,0 do 2,7 m. Prema dosadašnjim istraživanjima i sondažnim jamama, temeljen je približno između apsolutnih kota 161,90 i 162,40 mNm.

Dio te dilatacije do 70-tih godina je bila i zgrada građena u 18. stoljeću, ali je zbog opasnosti od urušavanja, srušena 1976. godine. Predviđena je rekonstrukcija ove zgrade u vidu njene replike koja će se također oslanjati na taj dio kurtine.



*Slika 3.12. Srušena građevina iz 18.st.*

#### Dosadašnji projektni i izvedbeni radovi na sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije IV. dilatacije

Prema dostupnoj dokumentaciji koja se bavi stanjem postojeće, te projektiranjem i praćenjem sanacija IV. dilatacije, ovaj je zid (slika 3.13.), zbog većih pukotina i jakih oštećenja više puta saniran 1992. i 93. godine, zajedno sa zidovima SI bastiona (V. dilatacije). Nisu sanirani njegovi temelji, ali, budući da nije dodatno opterećen, (a nekad je bio, dakle sada je u fazi rasterećenja) sada nema pukotina od diferencijalnog ili apsolutnog slijeganja.



*Slika 3.13. Zid utvrde - kurtina*

### **3.1.5. Dilatacija V - Jugoistočni bastion i zid utvrde**

Ova dilatacija se sastoji samo iz zidina i to prvo četiri zida peterokutnog sjeveroistočnog bastiona, širine pri dnu 320 i 350 cm, te zida istočne kurtine debljine pri dnu 210 do 215 cm.

#### Dosadašnji projektni i izvedbeni radovi na sanaciji i rekonstrukciji zidova V. dilatacije

Prema dostupnoj dokumentaciji koja se bavi stanjem postojeće, te projektiranjem i praćenjem sanacija V. dilatacije, svi navedeni zidovi su 1992. i 1993. godine sanirani, ali su nakon toga nastale nove pukotine, posebno na zidovima peterokutnog bastiona, pa su 2006. godine projektom sanacije temelja ovog bastiona obuhvaćeni, a zatim slijedeće godine i izvedeni radovi na podbetoniranju zidova bastiona (slika 3.14. i slika 3.15).



*Slika 3.14. Sanacija peterokutnog bastiona*





*Slika 3.15. Sanacija peterokutnog bastiona*

Sadašnje stanje zidova je uglavnom bez većih pukotina, koje su se prije redovito ponavljale, dakle zadnja je sanacija, što se tiče globalne stabilnosti i zaustavljanja slijeganja ovih zidova, uspjela. No, na površini samih zidova ponovo je izniklo razno bilje koje oštećuje i produbljuje propadanje zida, tako da ponovo treba sanacija vrha i vanjskih ploha tih zidova. Također je vidljiva velika površina plašta istočnog zida bastiona koja je nabubrila i prijeti njeno otpadanje s otvaranjem velike kaverne na zidu.



*Slika 3.16. Zid istočne kurtine*

## **4. OPIS ZAHVATA REKONSTRUKCIJE I SANACIJE BASTIONA**

### **4.1. Funkcionalna rješenja rekonstrukcije i muzejskog postava**

U rekonstruiranom prostoru bastiona smjestiti će se prostor Muzeja nematerijalne baštine Međimurja sa pratećim prostorima i restoranom. Muzej će biti smješten u zapadnom i centralnom bastionu, te između ta dva bastiona, u II.dilataciji. Komunikacija između prizemlja i kata osigurana je postojećim vanjskim stubištem te novoizgrađenim vanjskim stubištem koje će biti prigradeno uz sjeverozapadni bastion. Prilaz u katni postav muzeja putem lifta moguć je iz rekonstruirane zgrade, te pomoću vertikalnog dizala za invalide, predviđenog unutar prostora dvorišnog stubišta na spoju II. i III. dilatacije.

U dvorišnom dijelu prizemlja nove zgrade, rekonstrukcije na mjestu građevine iz 18. stoljeća, biti će smještena višenamjenska dvorana (recepција, suvenirnica, povremene izložbe), sanitarije posjetitelja te pomoćni prostori, a izložbeno ugostiteljski sadržaji predviđeni su na katu rekonstruirane barokne zgrade.

U prizemlju bočnog dijela nove zgrade kata predviđen je stan domara, a nad njim prostor za moguću buduću kuhinju, ako i kada se kat te zgrade prenamijeni u restoran.

Terasa bastiona, sa novim, rekonstruiranim grudobranima i novom nadstrešnicom, zadržava se kao vanjski muzejski prostor i spoj prema prostoru tornja, u kojem će se izvesti novo spiralno stubište do nivoa vidikovca, pod krovom tornja.

Prostor namijenjen za restoran sa šankom smješten je u zatvorenom dijelu bastiona orijentiranom prema dvorištu i palači.

Sam muzejski postav i komunikacija unutar muzeja prilagoditi će se maksimalno postojećem stanju uz minimalne intervencije. Od tih intervencija najznačajnije je otvaranje veze u prizemlju između sjeverozapadnog bastiona i kurtine (dakle između I. i II. dilatacije) koje je nužno za povezivanje muzeja u cjelinu.

## 4.2. Tehnički opis radova rekonstrukcije i sanacije konstrukcije bastiona

### 4.2.1. I. i II. dilatacija utvrde Starog grada

#### 1. Razgradnja dva postojeća poprečna zida, te izvedba jednog novog zida

POZ 201-I U I. katu I. dilatacije ukidaju se dva poprečna zida, jedan bočni debljine 30 cm, te jedan središnje postavljen 20 cm široki zid s dva velika otvora (slika 4.1.). Umjesto njih izvest će se, na mjestu ovog slabijeg centralno postavljenog zida, novi zid debljine 30 cm. Budući da su kod izvedbe prošle sanacije ove konstrukcije, iznad sadašnjih zidova, koji se ukidaju, izvedeni a.b. horizontalni serklaži u ravnini stropa kata, ovdje je provjerena nosivost a.b. serklaža (33/20 cm) koji ostaje iznad uklonjenog zida (POZ 201.-I), te je ustanovljeno da isti zadovoljava i s minimalnom armaturom u njoj (čak s 2Ø12 u donjoj zoni, te vilicama Ø8/15 cm).

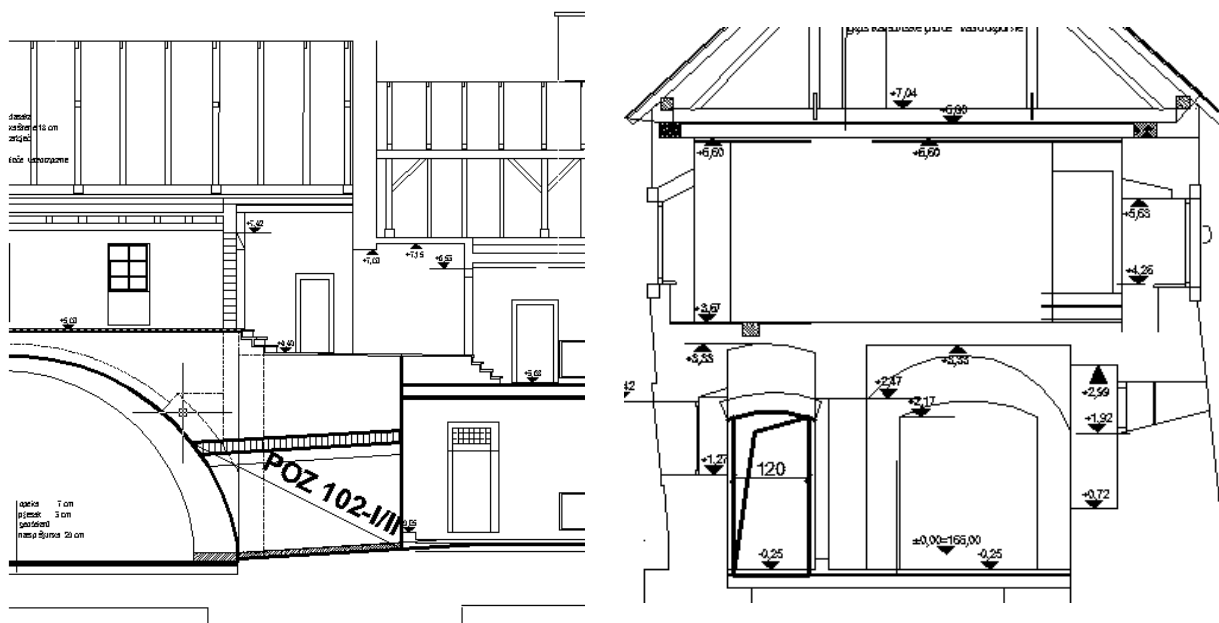


*Slika 4.1. Prikaz dva postojeća zida*

POZ 2021-I U sredini kata te zgrade, umjesto starog zida 20 cm izvodi se novi zid širine 30 cm (POZ 202-I) Taj zid se izvodi potpuno uokviren, dakle na krajevima s vertikalnim serklažima, nad njim već postojeći horizontalni serklaž, a ispod njega će se izvesti a.b. greda da dodatno ne optereti svod prizemlja.

## 2. Probijanje otvora u zidovima prizemlja I. i II. dilatacije

POZ 102-I/II Zbog ostvarivanja tople veze u prizemlju muzeja, na kraju hodnika II. dilatacije razgrađuje se poprečni zid I. i II. dilatacije, te se tu izvađa novi prolaz širine 120 cm, a visine 220 cm (slika 4.2.). Pod tog prolaza mora biti kosi, kao dio invalidske rampe, da bi se kroz njega savladao visinski skok u podovima I. i II. dilatacije.

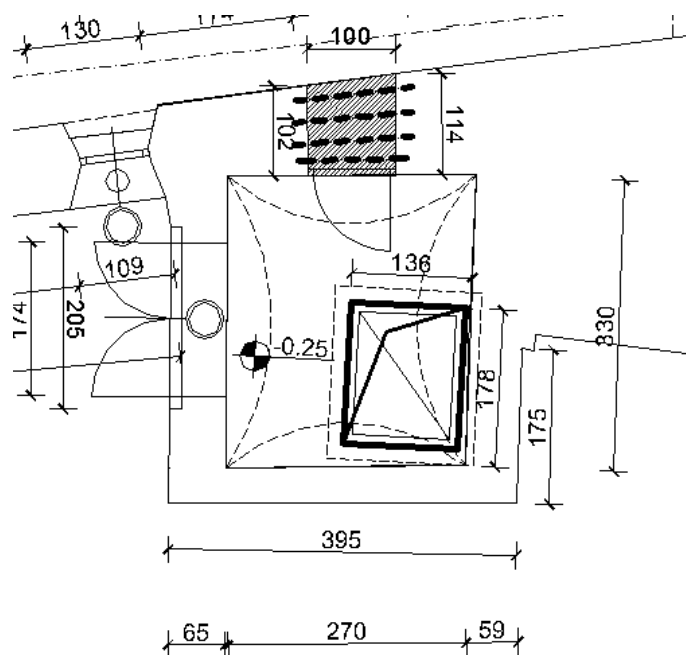


Slika 4.2. Skica uzdužnog i poprečnog presjeka

3. Postavlja se pomoćna platforma za invalide u prostoru bočnog dvorišnog stubišta uz II. dilataciju, te se zbog toga moraju izvesti dva zahvata na konstrukciji II.dilatacije:

### 3a. Probijanje prolaza u dvorišnom zidu prizemlja II.dilatacije (slika 4.3.)

POZ 103a-II - Otvor za prolaz iz hodnika II. dilatacije u prostor podesta bočnog stubišta sada ne postoji i potrebno ga je izvesti u prizemlju dvorišnog zida. Prvo će se iznad budućeg prolaza razgraditi zid u fazama po polovici širine, te sukcesivno postaviti čelične profile novog nadvoja, a zatim će se razgraditi zid na mjestu samog otvora. Kod toga treba nosivom skelom pridržati oba susjedna svoda, a razgrađivanje u obje faze ( za ugradnju nadvoja, kao i za probijanje otvora) izvađati bez udarnih oruđa, ručno i sa što je manje moguće dinamičkih djelovanja.



Slika 4.3. Tlocrt prostora bočnog dvorišnog stubišta

### 3b. Probijanje postojećeg svoda nad prizemljem dvorišnog stubišta II. dilatacije (slika 4.3.)

POZ 103b-II - U sklopu radova na postavljanju čelične konstrukcije vertikalne platforme za invalide u prostor koji je nadsvođen s križnim svodom nad prizemljem, potrebno je prvo ukloniti sve slojeve poda kata iznad svoda, istovremeno poduprti cijeli svod s nosivom skelom, te nju malo nadići (zabijanjem klinova ispod stupova ili s malim hidrauličkim prešama). Zatim treba razgraditi svod na mjestu platforme i nešto šire, radi postavljanja nove rubne konstrukcije na rubove svoda prema otvoru. Nakon ugradnje svih slojeva poda, otpušta se nosiva skela. Kod ugradnje konstrukcije platforme mora se osigurati da ona ne opterećuje sam svod vertikalno, već da se za njega pridržava samo horizontalno.

### 4. Sanacija grudobrana i zidova SZ bastiona

Zidovi i gornja ploha grudobrana SZ bastiona (slika 4.4.), koji su sanirani prema projektu iz 1999. godine, jako su oštećeni djelovanjem oborina, vode, sunca i mraza, te potpunim nedostatkom održavanja, i potrebno ih je u potpunosti zanatski rekonstruirati. To nisu radovi niti mjere koje bi se trebalo proračunati, jer se ne mijenjaju niti gabariti niti mase ili opterećenja, već se treba paziti na završne slojeve, premaze i postavljanje izolacije. Budući da su radovi na prošloj sanaciji bili usuglašeni s službom zaštite spomenika kulture, nova sanacija može se predvidjeti na sličan ili isti način, samo s drugim, modernijim materijalima i načinom njihove primjene.





*Slika 4.4. Oštećenje grudobrana SZ bastiona*

#### 5. Sanacija lokalnih pukotina uočljivih u zidovima I. i II. dilatacije

U zidovima kata I. dilatacije, posebno na dvorišnom zidu kata, oko kamenih okvira prozora (slika 4.5.), čijom su ugradnjom u prošlosti jako oštećeni prvotni lukovi zidova, potrebno je dozidati sve zidane stupce i dijelove koji nedostaju, u skladu sa zahtjevima i odredbama konzervatorske struke.



*Slika 4.5. Pukotine u zidovima I. i II. dilatacije*



## 6. Izvedba novog bočnog stubišta uz SZ bastion

POZ 100 NPSt - Izvodi se nova konstrukcija bočnog stubišta na kat SZ bastiona i ona je odvojena od postojeće građevine, a spojene su samo s užim hodnikom izvedenim od čelične okvirne konstrukcije. Cijela nova konstrukcija projektirana je iz čeličnih profila koje pridržavaju vanjske staklene plohe stubišta, te oblogu od kurtena, a također nose i krakove te podeste stubišta iz prizemlja u I. kat. Čelična okvirna konstrukcija i stube temeljeni su na a.b. temeljnim zidovima i trakama. S postojećom građevinom spojeni su također putem istih čeličnih profila. Podni limovi su perforirane rešetke.

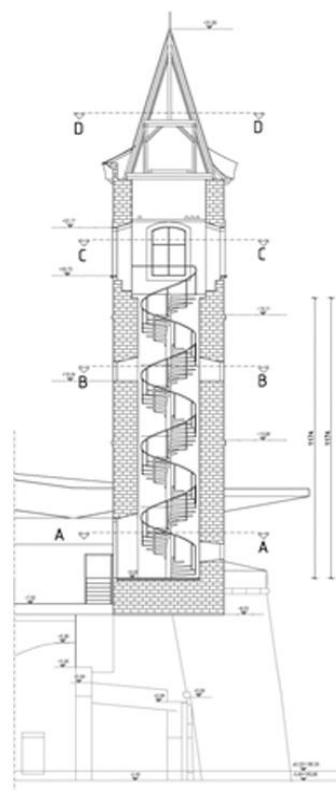
### 4.2.2. III. Dilatacija utvrde – Ulazni bastion

#### 1. Zamjena postojećeg drvenog stubišta u tornju s konstrukcijom čeličnog kružnog stubišta

POZ 300 TSt - Toranj se ovom rekonstrukcijom koristi kao vidikovac, pa se odstranjuje postojeća drvena konstrukcija podesta i stubišta u njemu (slika 4.6.), koja je nepodesna za prilaz posjetioca na visinu glavnih prozora na tornju. Umjesto toga, postavlja se kružno (tipsko) čelično stubište, koje zadovoljava sve propise, a odgovara gabaritima unutrašnjosti tornja (slika 4.7.). Budući da se ovo stubište široko primjenjuje, dimenzije i detalji su već definirani i razrađeni, jer na tržištu postoje takve tipske konstrukcije.



Slika 4.6. Postojeće drveno stubište



Slika 4.7. Presjek tornja

## 2. Razgradnja sadašnje privremene i izvedba nove nadstrešnice

Razgradit će se sadašnja, privremena drvena nadstrešnica (slika 4.8.) pokrivena s crijepom i na njenom mjestu izvesti nova nadstrešnica nad terasom ulaznog bastiona.

POZ 303 NN - Konstrukcija nove nadstrešnice je iz više materijala:

- čelika, od kojih su stupovi i horizontalni spregovi, grede u podu koje prenašaju opterećenje stupova nadstrešnice na zidove prizemlja bastiona, te konstrukcija obodnog dijela nadstrešnice,
- iz lameliranog drveta, od kojeg su nosači središnjeg dijela, odozdo vidljivi dio nadstrešnice,
- te iz punog drveta, od kojeg su sekundarni nosači ispod samog pokrova nadstrešnice.

Nova nadstrešnica pokriva cijelu terasu, te izlazi tlocrtno do 70 cm preko ruba grudobrana, a visinski je odmaknuta preko 1 m iznad vrha grudobrana. Sastoji se iz dva oblikovna i visinski postavljena dijela, iako oni čine jednu konstruktivnu cjelinu. Tlocrtno približno nad grudobranima i nešto izvan njih, izvađa se rub nadstrešnice s podgledom skošenim prema van i izvedenim iz kurtena, a s gornje strane kao ravni krov. Ovaj rubni dio je i najniži, a postavljen je približno u visini žlijeba sadašnje zgrade bastiona u I. katu.



*Slika 4.8. Privremena drvena nadstrešnica*

### 3. Provjera drvenog krovišta nad katom III. dilatacije

POZ 300 III-DK - Drveno dvostrešno krovšte nad katom III. dilatacije već je prije sanirano. Njegovi elementi su zadovoljavali za postojeće stanje nekorištenog krovšta, no sada je projektirano da se to krovšte koristi kao spremište i zbog toga se mora obložiti s vatrootpornim pločama (3 cm). Provjerom postojećih elemenata ustanovljeno je da veći dio elemenata krovne konstrukcije zadovoljava, odlučeno je da se ojačaju samo podrožnice između kosnika stupova.

### 4. Provjera i sanacija elemenata drvenog grednika nad I. katom III. dilatacije

POZ 200 III-DG - Drveni grednik nad katom III. dilatacije je relativno nov i izveden prema dokumentaciji sanacije ove konstrukcije (slika 4.9.). Njegovi elementi su zadovoljavali za postojeće stanje nekorištenog krovšta, no ovim projektom se predviđa da se to krovšte koristi kao spremište za glomazne, ali lagane dijelove opreme i izloške muzeja (opterećenje do 3 kN/m<sup>2</sup>). Provjerom postojećih elemenata stropa kata, ustanovljeno je da veći dio elemenatagrednika zadovoljava, a ojačati treba samo drvenu podvlaku - gredu 30/34 cm, koja nosi grede stropa kata (20/20cm). To je ujedno povezano i s:



*Slika 4.9. Drveni grednik I. kata*



#### 4a. Otvaranje prolaza u unutarnjem uzdužnom zidu kata III. dilatacije

POZ 200 III-DG-a - U srednjem uzdužnom zidu I. kata otvara se otvor širine 2 m, te se ukida ojačanje zida od dimnjaka (slika 4.10.), na ležaju drvene podvlake 30/34 cm. Novi otvor se ojačava s a.b. okvirom (30/25 cm) koji se u visini gornje grede, a ispod oslonca navedene podvlake, produžuje za 1,5m u susjedni dio zida da bi rasprostiranje ležajne sile ojačane drvene podvlake preko tog a.b. produženja u zidu i donje prečke a.b. okvira bilo približno jednakog učinka dosadašnjeg rasprostiranja (simetrično preko dvije strane zida uzdužnog zida sa svake strane ležaja grede).



Slika 4.10. Postojeći unutarnji uzdužni zid I. kata

#### 5. Rekonstrukcija grudobrana na ulaznom bastionu

POZ 200 III-Gr - Postojeće stanje rubnih završetaka terase ulaznog bastiona (slika 4.11.), prema tumačenju povijesne, konzervatorske i restauratorske struke, jest u potpunosti krivo, te je već u prethodnim projektima zatražen i odobren novi, pravilan projekt grudobrana, slično onima već izvedenim na SZ bastionu (I. dilataciji). Budući da grudobrani po tom projektu do danas nisu izvedeni, kod ove rekonstrukcije su projektirani takvi, već odobreni grudobrani, tj. preuzeti su iz prethodnog projekta prema gabaritima, cjelokupnom predviđenom izgledu i materijalima.



*Slika 4.11. Postojeće stanje grudobrana*

#### 6. Rekonstrukcija slojeva podova terase i svih prostorija u I. katu ulaznog bastiona

POZ 200 III-PT - Sadašnje stanje konstrukcije centralnog ili ulaznog bastiona je takvo da je osnovna statička sanacija (ove III. dilatacije) projektirana i obavljena u 90-tim godinama prošlog stoljeća, ali bez završnih oblikovanja, kao što su pravilno izvedeni grudobrani na terasi bastiona, te izvedba svih podova. Sve prostorije zgrade u I. katu sada su bez bilo kakvih slojeva poda (slika 4.12.), a nad konstrukcijom svodova prizemlja, na terasi je stavljen zamjenski nasip od lakog granulata (slika 4.13.). U prethodnom projektu sanacije, projektirani su slojevi novog poda i s tim opterećenjem su kontrolirani svodovi prizemlja, kao i cijela konstrukcija bastiona, pa, budući da su oni pravilno odabrani, i ovim projektom su odabrani kao pod terase, uz neke minimalne korekcije, koje ne utječu na ukupnu težinu niti masu tog poda. Slojevi tog poda su, odozgo prema dolje: opeka u cementnom mortu, lagano armirani beton 8 cm, te najniže, do zidanog svoda, nasip od „thermoteca“.





*Slika 4.12. Pod prostorije na katu III.dilatacije*



*Slika 4.13. Pod natkrivene terase bastiona*

#### 7. Otvaranje i rekonstrukcija naknadno zatvorena tri luka u katu dvorišne fasade

POZ 200 III-ZL - Naknadno izgrađena zgrada u I. katu ulaznog bastiona početno je imala dvorišnu fasadu s relativno velikim lučnim otvorima, koji su naknadno zazidani s ugrađenim manjim prozorima (slika 4.14.). Projektom ove rekonstrukcije predviđeno je otvaranje tih prvotnih lučnih otvora, što je moguće, budući da kod zatvaranja tih otvora nisu bili oštećeni njihovi nosivi dijelovi, lukovi iznad njih i rubni stupci tog zida oko otvora. S druge strane, u toku neprestanih rekonstrukcija u prošlosti ove građevine, dosta je vjerojatno da su ukupne i lokalne deformacije i pomaci dijelova konstrukcije u blizini tog zida, prilagodbe svodova prizemlja na nova opterećenja, njihova prezidavanja, mikro pomaci u temeljnom tlu i stopama temelja, doprinijeli da se prvotna konstrukcija lukova naknadno, u većoj ili manjoj mjeri, osloni na naknadnu ispunu otvora koji se sad ponovo otvaraju. Pa će se zazidani otvori rekonstruirati na način da se pretpostavi da je ispunja, koja će se razgraditi, tokom vremena donekle opterećena, te zbog toga treba, prije početka i u toku razgradnje zida ispune, pridržati lukove u barem dvije točke, a unutar bravarije za nove otvore sakriti nosivu čeličnu konstrukciju koja će i ubuduće donekle zamijeniti eventualnu sadašnju nosivu funkciju uklonjene ispune.



*Slika 4.14. Dvorišna fasada ulaznog bastiona*



#### 8. Otvaranje zazidanog prvog luka u središnjem zidu kolnice i njegova sanacija

POZ 101 III-ZL - Slično prethodnoj točki rekonstrukcije, i u prizemlju ulaznog bastiona je predviđeno otvaranje jednog naknadno zazidanog otvora u središnjem zidu kolnice (slika 4.15).

Projektom ove rekonstrukcije na mjestu (prema dvorištu) prvog zazidanog luka biti će glavni ulaz u muzejske prostore, te je potrebno ne samo otvoriti mala zazidana vrata u zidu te ispune, nego zamijeniti cijelu ispunu tog nekadašnjeg luka sa staklenom stijenom glavnog ulaza u muzej. U otvor će se postaviti nosiva čelična konstrukcija, usklađena i skrivena u bravariju staklene stijene budućeg otvora, te da ta konstrukcija bude trajna nosiva zamjena dosadašnjoj zidanoj ispuni novog (starog) otvorenog prostora ispod luka.



*Slika 4.15. Prikaz zazidanog otvora u prizemlju*

#### 10. Otvor prozora u prizemlju dvorišne fasade između kolnice i dvorišnog stubišta

POZ 103 III-ZL - Postojeći zazidani otvor prozora prizemlja u dvorišnom zidu ulaznog bastiona (slika 4.16.), neposredno blizu lijevog dvorišnog stubišta, ovom se rekonstrukcijom neće ponovo otvoriti kao prozor, iako su još i ostavljeni dijelovi drvenarije prošlog prozora. Treba ga samo pravilno građevinski sanirati, bez bitnih statičkih zahvata.





*Slika 4.16. Zazidani otvora prozora u prizemlju*

#### 11. Sanacija konstrukcije dva ulazna stubišta uz dvorišnu stranu ulaznog bastiona

POZ 103a III, POZ 103b III - Dva postojeća bočna dvorišna stubišta, izvedena iz zidanih zidova i stupaca, drvenih stuba, te drvenog jednostrešnog krovišta (slika 4.17), već su pred kraj prošlog stoljeća konstruktivno sanirana, ali su od tada pretrpjeli štetu, u prvom redu zbog neodržavanja, te od padanja snijega sa visokog krovišta zgrade centralnog bastiona. Njihova sanacija svodi se na obnovu i sanaciju svih njihovih oštećenih elemenata u istim dimenzijama i materijalu.



*Slika 4.17. Detaljniji prikaz desnog bočnog stubišta*

## 12. Rekonstrukcija krajnjeg zida „radiostanice“

POZ 201 III-Z - Spojni dio između centralnog bastiona III. dilatacije i nove zgrade IV. dilatacije (slika 4.18), već spomenuti ostatak srušene zgrade nazvan po radiostanici koja je nekad tu bila smještena, već je prije statički saniran kao što je već navedeno. Zadnje izvedeni radovi sanacije na tom dijelu utvrde bili su podbetoniranje i ojačanje temelja te zgrade putem mikropilota.

Sada će istočni zidovi tog dijela postojeće građevine biti susjedni novoj zgradi na način da se na udaljenosti 15 do 20 cm od postojećeg zida (koji je posebno u prizemnom dijelu vertikalno jako neravan) izvađaju zabatni zidovi nove zgrade, a prostor između njih će se prirodno odzračivati. Zbog funkcionalnog spajanja novih i postojećih prostora, kroz postojeći zid u katu „radiostanice“ izvest će se tri otvora za prolaze i vrata. Ovaj će se zid u katu sastojati od samih stupova i stupaca, te nadvoja među njima. To znači da se prije svih radova mora poduprti sadašnji a.b.strop I. kata, razgraditi postojeći zid i izvesti elementi novog na tom mjestu, a to će biti armirano betonski stupovi i grede nad njima, na koje će se zatim prenijeti opterećenje od sadašnjeg stropa i krovišta.



*Slika 4.18. Krajnji zid "radiostanice"*

13. Rekonstrukcija slojeva podova kod zgrade „radiostanice“, te rekonstrukcija postojećih stuba iz kata „radiostanice“ na kat ulaznog bastiona

POZ 104 III-PSt - Sada se na svod nad srednjom prostorijom u tom dijelu bastiona, nad kojim je već izvedena podna a.b.ploča, dodaju minimalni slojevi poda, zanemarive težine u odnosu na dosadašnje i prošlo opterećenje, a postojeće drveno stubište, koje se nalazi nad bočnim zidovima bastina (slika 4.19.), rekonstruira se.



*Slika 4.19. Postojeće drveno stubište*



#### 4.2.3. IV. Dilatacija utvrde – Rekonstrukcija zgrade i sanacija zida SI kurtine

##### 1. Rekonstrukcija zgrade iz 18. stoljeća srušene u 70.tim godinama



*Slika 4.20. Zgrada iz 18. stoljeća*

Na priloženoj slici vidljiva, a danas nepostojeća zgrada iz 18. stoljeća, rekonstruirana se prema dostupnim snimkama, nacrtima i nalazima temeljne konstrukcije. Zgrada bi u svemu, a posebno po vanjskim gabaritima i izgledu, trebala odgovarati povijesnim podacima o srušenoj zgradi iz 18. stoljeća. To znači da se sastoji iz dvije povezane cjeline:

- glavnog dijela zgrade tlocrtno dimenzije 21 x 16 m, koja ima dva novo izvedena uzdužna zida (dvorišni i srednji zid), te sjeveroistočni zid (fasadni prema prostoru parka oko utvrde) koji u prizemlju čini postojeći sjeveroistočni zid kurtine, dok se u katu izvađa treći novi uzdužni zid koji se oslanja na postojeći zid kurtine i s njim čini jednu cjelinu,
- te manjeg, bočnog dijela zgrade, nešto nižeg krova i tlocrtnih dimenzija 10 x 6,6 m, te malo zakošenog u odnosu na glavni dio zgrade. Uz ovaj dio zgrade se bočno izvađa vanjsko stubište, te balkonska istaka nad prizemljem sa zadnje strane, okrenute prema zidu bedema.

Nova zgrada izvest će se u gabaritima i rasporedu osnovnih nosivih zidova kao stara, srušena. Materijal nosivih zidova je također zidano zide, ali omeđeno s armirano-betonskim vertikalnim i horizontalnim serklažima. Debljine tih zidova biti će iste ili slične odgovarajućim zidovima stare građevine, s tim da će najdeblji zidovi (100 i 95 cm)



biti zidani iz dva zida, sa šupljinom između njih i čeličnim sponama za povezivanje ta dva dijela jednog zida.

Od međukatnih konstrukcija nove zgrade, iznad cijelog dvorišnog poteza glavnog dijela nove zgrade izvest će se bačvasti zidani svod sa susvodnicama, kao kopija takvog svoda iz srušene zgrade. Nad prizemljem bočnog, manjeg dijela zgrade postojao je sličan masivni zidani svod. No, tamo se on neće rekonstruirati zbog toga jer bi s njim u tom dijelu prizemlja dobili izuzetno skućeni prostor. Za sve ostale prostore u prizemlju i katu nove zgrade, međukatne konstrukcije biti će s ravnim podgledom (izvedba a.b. ploča).

Srušena zgrada imala je klasično drveno krovište – trostruku visulju, a sada će se izvesti stolice kao glavni vezovi, jer to omogućuju nosivosti a.b.ploča nad katom, te jer će se na taj način dobiti bitno veći i komotniji prostor za korištenje u potkrovlju nove zgrade.

U novoj zgradi je smješten i lift koji se nastavlja i u potkrovlje, a čija konstrukcija su a.b.zidovi 20 cm, te ploče ispod i iznad njega. Oko njega prolazi stubište iz prizemlja na kat, te drugo koje vodi u potkrovlje zgrade. Oba ova stubišta prolaze kroz novi krajnji zid, ali također u katu probijaju njemu susjedni postojeći zid „radiostanice“. Taj zid se dakle u katu mora sanirati pomoću a.b.stupova i vertikalnih serklaža, te gredama koje će podupri strop i sadašnji zabatni zid postojeće zgrade.

Zgrada će biti temeljena na a.b. temeljnim trakama visine 65 cm, a širine odgovarajuće širinama zidova, koje će ujedno biti i naglavne grede za mikropilote koji će prenijeti opterećenje od cijele zgrade na dublje slojeve zemlje veće nosivosti. Naime, zbog deformabilnosti gornjih slojeva terena ispod nove zgrade (što je očito bio i jedan od uzroka deformacija, oštećenja i na kraju rušenja stare zgrade na tom mjestu), ispod svih temeljnih traka izvest će se mikro piloti dubine oko 6 m, tako da uđu približno 1 m u dobar nosivi sloj zemlje. Slični mikropiloti (promjera od 120 do 150 mm) korišteni su već za sanaciju susjednih postojećih temelja III. Dilatacije.

Postojeći zid kurtine, na koji će se dograditi nova zgrada, ne pokazuje pukotine ili oštećenja od slijeganja, jer je na njemu već prije bilo slično opterećenje, pa je tlo ispod njega većinom konsolidirano, ali će se i taj zid podbetonirati i osigurati s kratkim mikropilotima (duljine 1,5 do 2 m). Kod toga će se njegov vanjski rub, prema parku, lagano sanirati na taj način, zbog denivelacije terena za približno 3 metra. No, ista sanacija pomoću mikropilota i podtemeljne grede zamišljena je i ispod unutarnjeg ruba ovog zida, i to prvenstveno zbog toga da se prilikom tih radova dosta duboki iskop iskoristi za postavljanje zaštite od vlaženja vertikale zida koja će, skupa s dvije naglavne a.b.grede pod rubovima zida s obje strane, svesti vlaženje ovog zida u budućnosti samo na

središnji dio stope zida, koji je od kamena i nema više toliku površinu u dodiru sa vlažnim tlom. Sve navedeno je potrebno, budući da se ne predviđaju druge mjere protiv vlage u tom postojećem zidu, osim zaštitnog premaza od kiše i ostalih atmosferskih utjecaja s vanjske strane, te žbukanje sanir-žbukom koja dopušta disanje zida.

Iz istog razloga odjeljivanja na spoju postojeće vlažne konstrukcije od novih elemenata, izvest će se zidovi nove zgrade (30 cm debljine) odvojeni od postojećih 20 do 30 cm, te će se taj prostor trajno provjetravati.

#### 4.2.4. V. dilatacija – Sanacija II bastiona i zida kurtine, te rekonstrukcija platforme

Kao i zidovi i gradobran I. dilatacije, tako su i ovi zidovi rekonstruirani i sanirani u nekoliko navrata tokom prošlih 20 godina (slika 4.21). Na žalost, današnje stanje ovih zidova je tako loše, da je ponovo potrebna sanacija novo nastalih oštećenja zidova II bastiona i kurtine, posebno s vanjske strane, prema parku, gdje iz zida raste već dugogodišnje raslinje, dijelovi zida su otpali. Također su vidljiva ponovna oštećenja zidova od prodiranja vode u njihovu unutrašnjost, pa je najnovije, pri kraju ove 2015. godine na kosoj, vanjskoj strani istočnog zida nabubrila veća površina zida (promjera nekoliko metara), gdje je potrebna hitna sanacija da ne dođe do urušavanja veće količine vanjskog dijela zida (slika 4.22.).



Slika 4.21. Sanacija zida bastiona, 2006. godine



*Slika 4.22. Istočni zid bastiona*

Duž cijelog zida istočne kurtine i bastiona V. dilatacije (slika 4.23.) izvest će se s istočne strane rekonstrukcija drvene platforme, koja će se sa strane nove zgrade spojiti s balkonom zgrade, a s druge, južne strane završit će se s drvenim stubištem koje će posjetioce voditi u dvorišni prostor Starog grada Zrinskih između fortifikacije i palače.

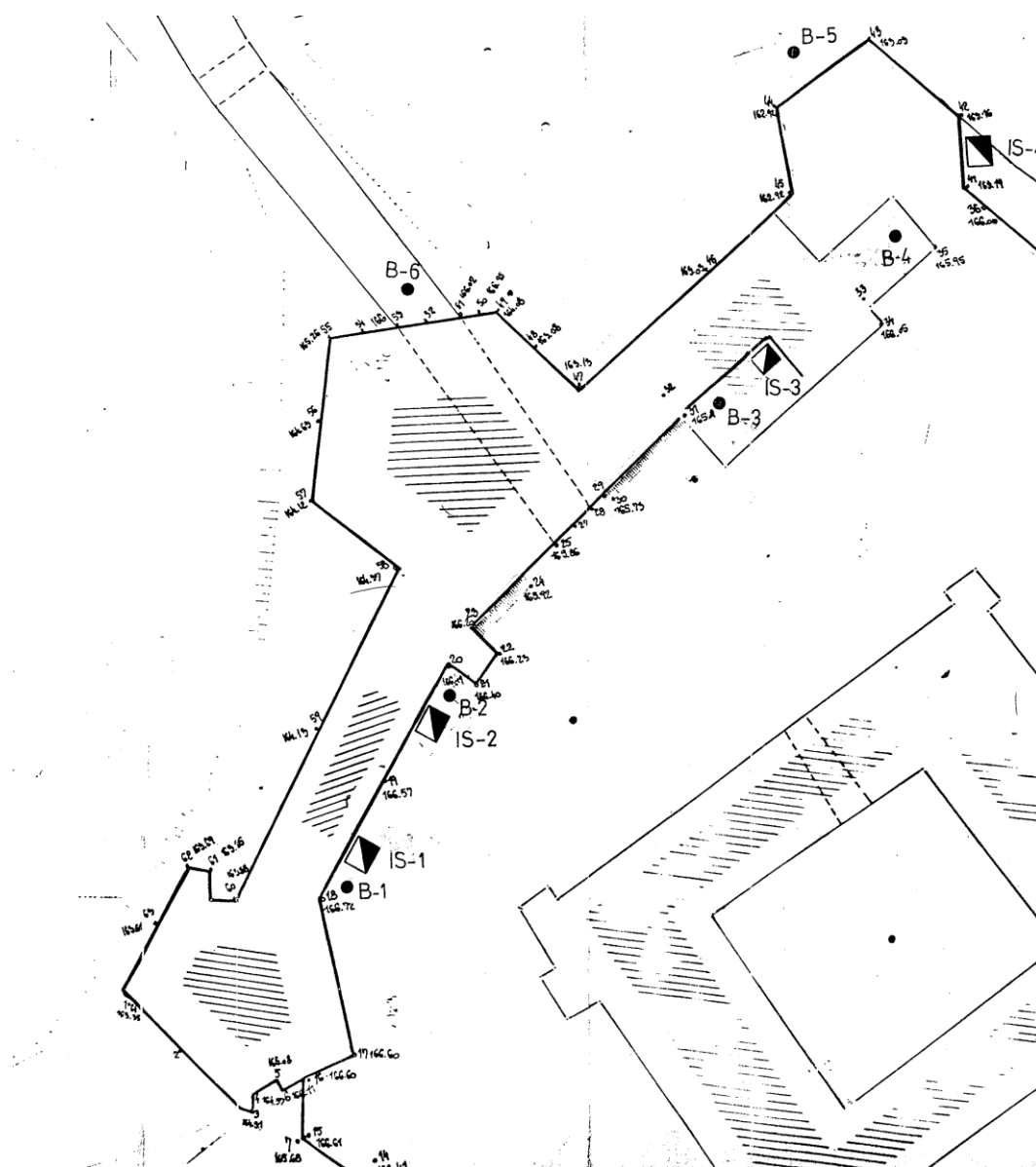


*Slika 4.23. II bastion i zid kurtine*

## 5. OJAČANJE TEMELJNE PODLOGE

### 5.1. Podaci o geotehničkim istražnim radovima

U nastavku se prikazuju podaci o položaju istražnih bušotina i sondažnih jama (slika 5.1.), te geotehničke karakteristike i profili ispitivanog tla na temelju dokumentacije geotehničkog izvještaja o istražnim geotehničkim radovima na unutrašnjem jugoistočnom dijelu palače Stari grad Čakovec.



Slika 5.1. Položaj istražnih bušotina i sondažnih jama

Ispitivano tlo sačinjavaju više geotehničkih horizonata i to:



-do dubine 1,35 metara prisutni je nasuti materijal kojeg karakteriziraju zagrijeni silt, fregmenti opeke, nešto šljunka i komadi vapnenca.

Spomenuti horizont nalazi se iznad nivoa postojećih temelja.

-od 1,35 metara do 2,60 metara utvrđena je prisutnost organogenog tla močvarnog porijekla kojeg karakterizira treset i dijelovi drvene mase. Tlo je neplastično i nekohezivno, te kao takvo nepodobno za fundiranje.

-od 2,60 do 3,50 metara zaliježu siltozno - pjeskovito - šljunkovite frakcije sa tragovima organske supstance.

Tlo je nevezano i nekohezivno, te relativno dobro zbijeno. Standardnim penetracijskim pokusom u zoni tog horizonta utvrđeno je 11 udaraca.

-od 3,5 do 5,0 metara prisutan je sloj šljunka sa prekomjerno gline tamno zelene boje dobre zbijenosti, a uvrštava se u kategoriju GFc.

Posljednji horizont dubine ispitivanja sačinjavaju smeđi slabo građirani šljunak sa max. valuticom  $\Phi$  max. 70 mm.

Tlo je dobro zbijeno (SPP = 17).

Područje Starog grada Čakovec ispitano je u svrhu sanacije sa 6 geotehničkih istražnih bušotina koje su izvedene do dubine od 8,00 metara.

U površinskom dijelu bušotine B-5 nalazi se humusni sloj debljine 0,30 m, dok je kod ostalih bušotina utvrđen nasip od opeke, šljake, šljunka i gline. Debljina nasipa kreće se od 2,0 do 3,10 metara.

Ispod nasipa u svim bušotinama osim bušotine B-5 utvrđen je sloj organske gline s fragmentima treseta. Glina je sivoplave boje, visokog plasticiteta- valjčić od 1 mm može se formirati, mekan je. Miris po organskoj truleži je intenzivan. Tlo je vezano, kohezivno, plastično i lako gnječivo. Prema Internacionalnoj AC klasifikaciji ovo tlo je uvršteno u grupu OH/Pt. Donja granica ovog sloja utvrđena je u dubini između 3,0 i 5,0 metara.

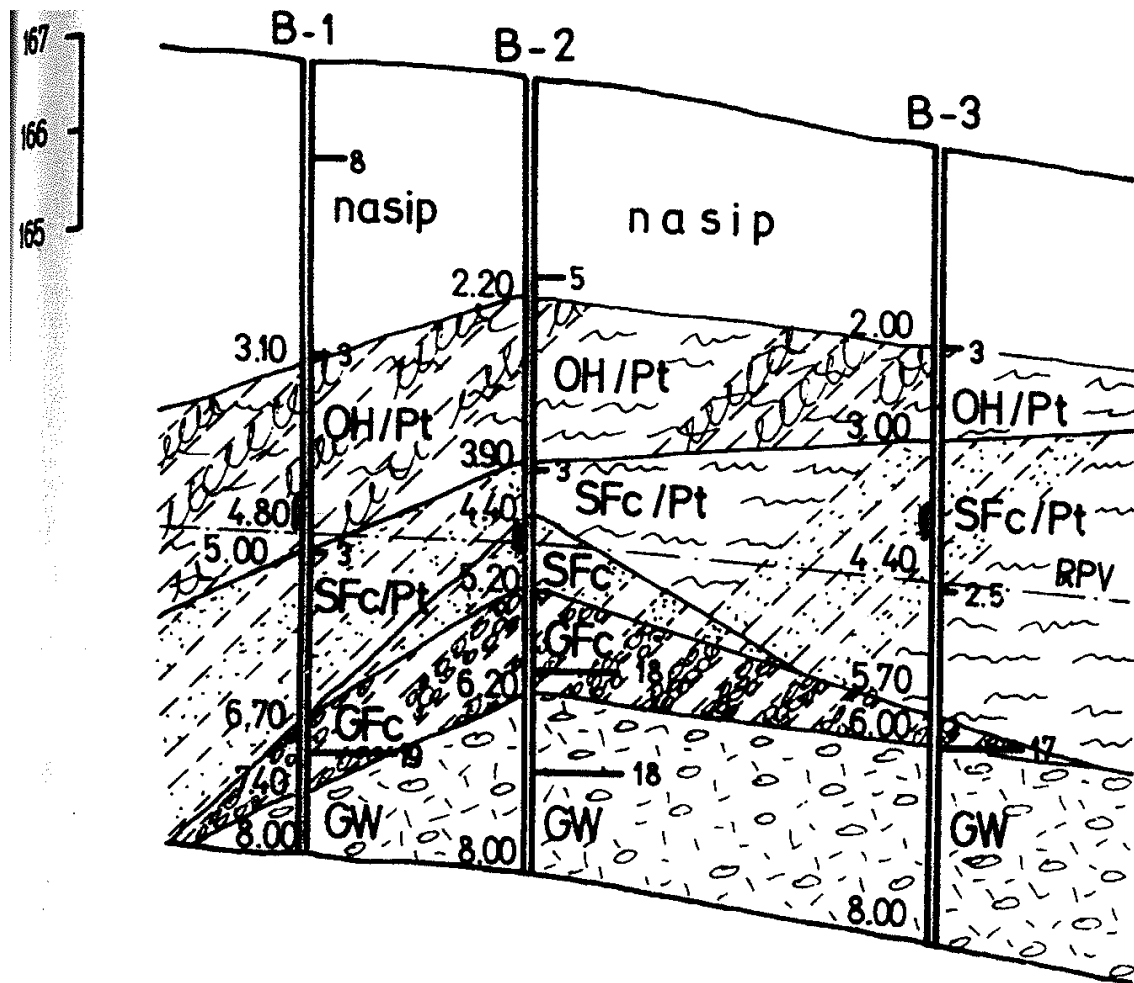
Slijedeći sloj izgrađen je od pijeska s visokim sadržajem gline i fragmenata treseta. Pijesak je sitnozrnati plave boje zaobljenih zrnaca, a glina je organska, intenzivnog mirisa po truleži. Prisutne su i sitne valutice šljunka. Tlo je slabo vezano do nevezano, a klasificirano je kao SFc/Pt. Donja granica ovog sloja nalazi se u dubini između 4,40 i 6,70 metara.

U bušotini B-2 u intervalu od 4,40 i 5,20 metara nalazi se leća pijeska sive boje s visokim sadržajem gline. Tlo je nevezano, a klasificirano je kao SFc.

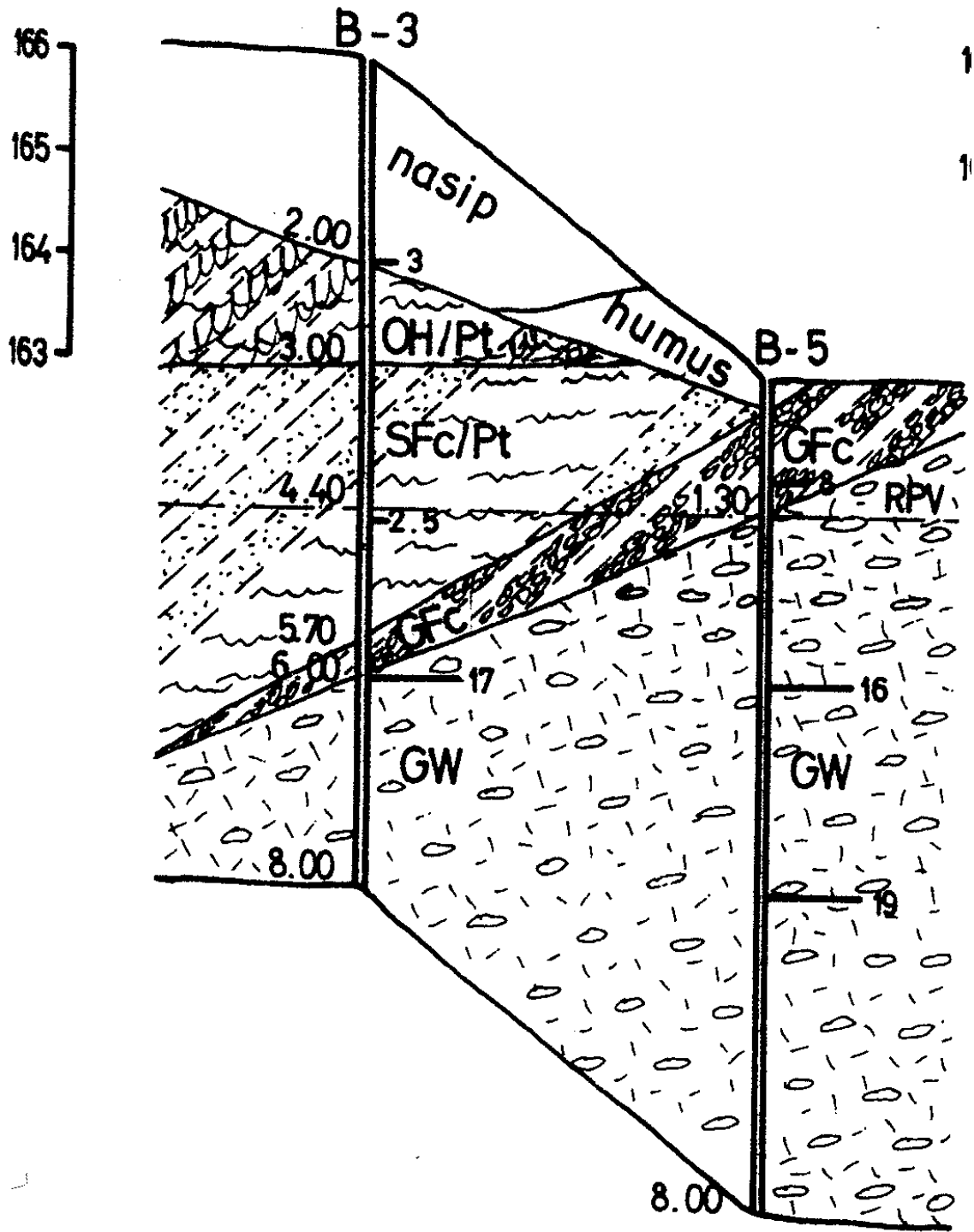
U svim bušotinama je utvrđen sloj šljunka i pijeska s povišenim sadržajem gline. Šljunak je srednji i sitan, veličine do 60 mm. Tlo je nevezao i uvršteno u grupu GFc. U bušotini B-5 ovaj

sloj nalazi se ispod humusa do dubine od 1,30 m. Kod ostalih bušotina donja granica ovog sloja utvrđena je u dubini između 5,60 i 7,40 metara.

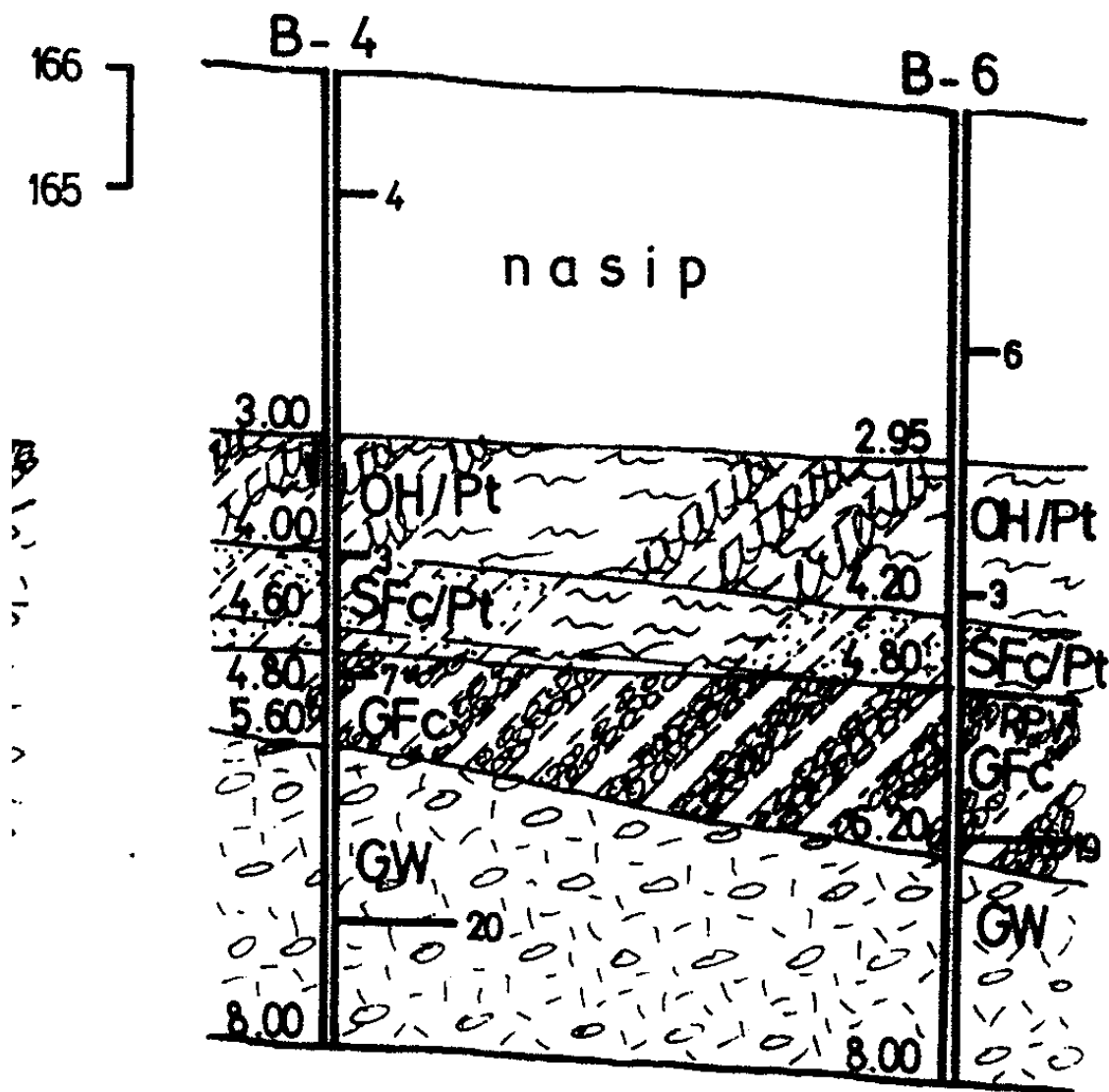
Sve bušotine završene su u sloju dobro graduiranog šljunka i pijeska. Valutice šljunka su zaobljene, izometrijskog su habitusa. Maksimalni promjer valutice iznosi oko 100 mm. Pijesak je sive boje zaobljenih zrnaca. Tlo je nevezano i uvršteno u grupu GW.



Slika 5.2. Profil tla između bušotina B1, B2 i B3



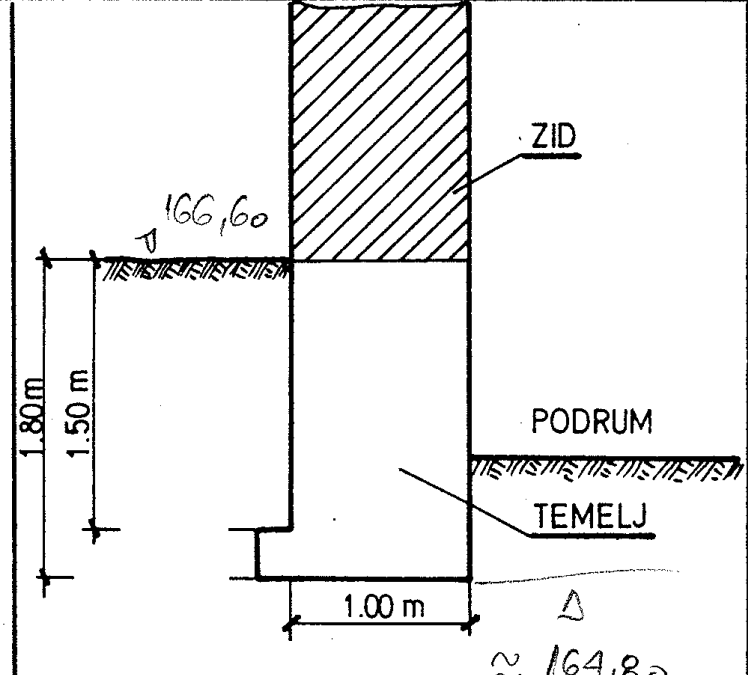
Slika 5.3. Profil tla između bušotina B3 i B5



Slika 5.4. Profil tla između bušotina B4 i B6

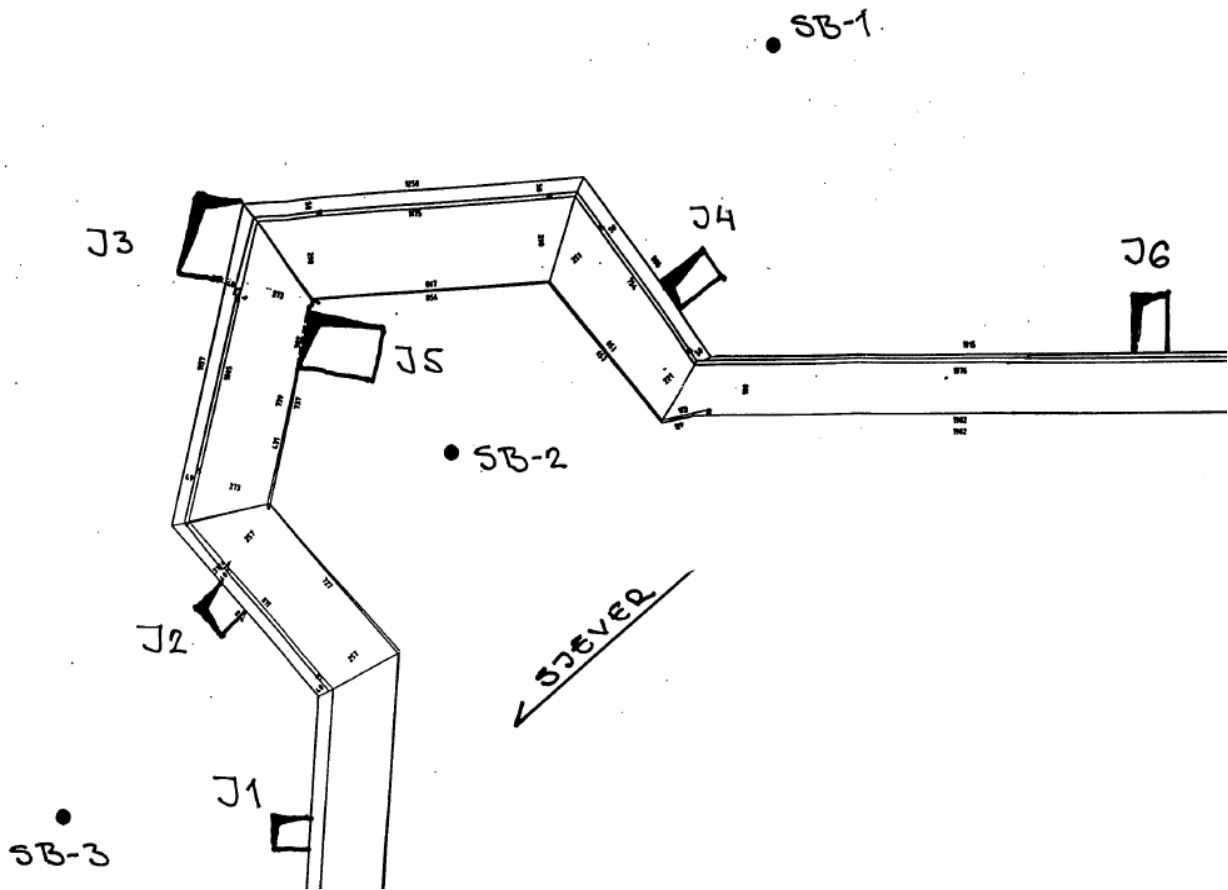


SONDA: ISKOP BROJ 2.

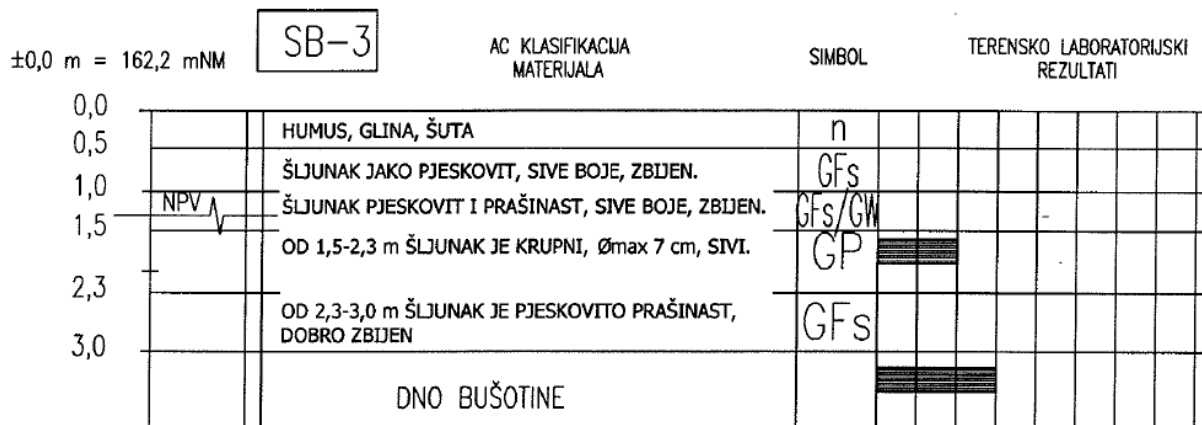
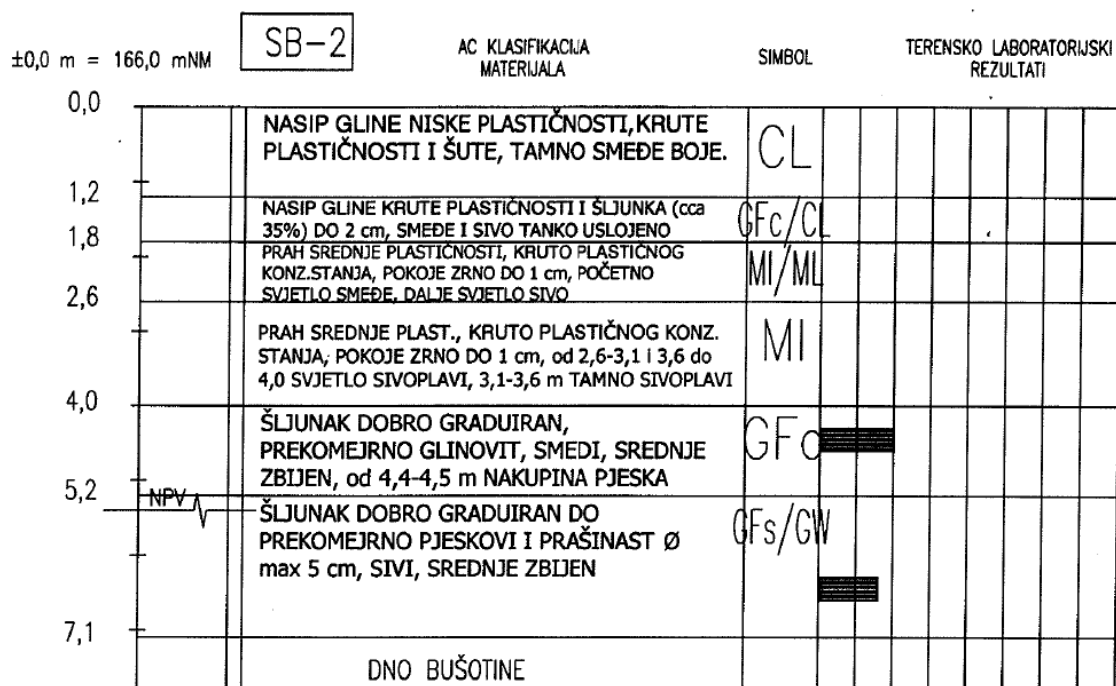
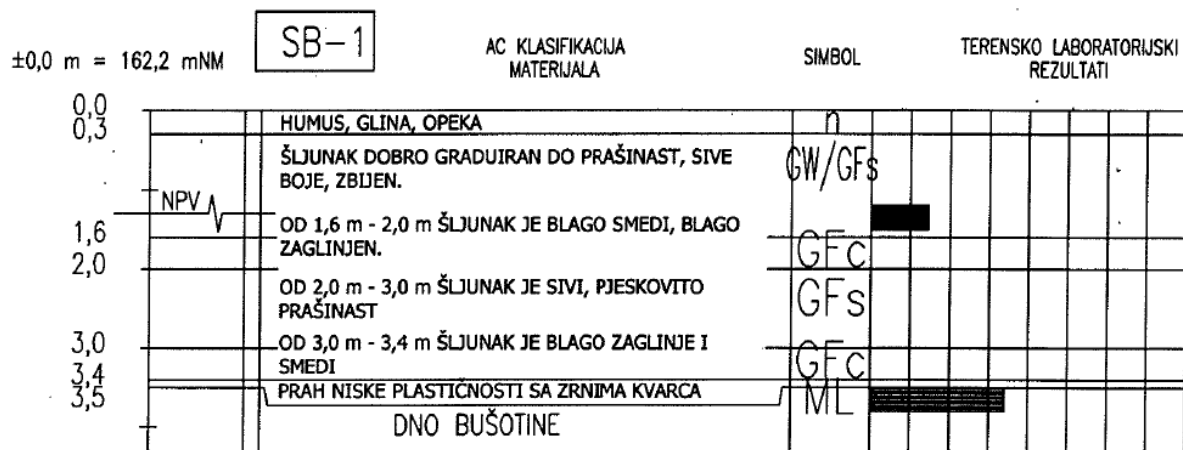
dubina (m)	razina podzemne vode	oznaka tla	AC klasifikacija	opis slojeva
0,00				
				 <p>CH - glina srednje boje, prašinasta, visoko plastična.</p>

Slika 5.5. Karakteristični profil položaja starog temelja

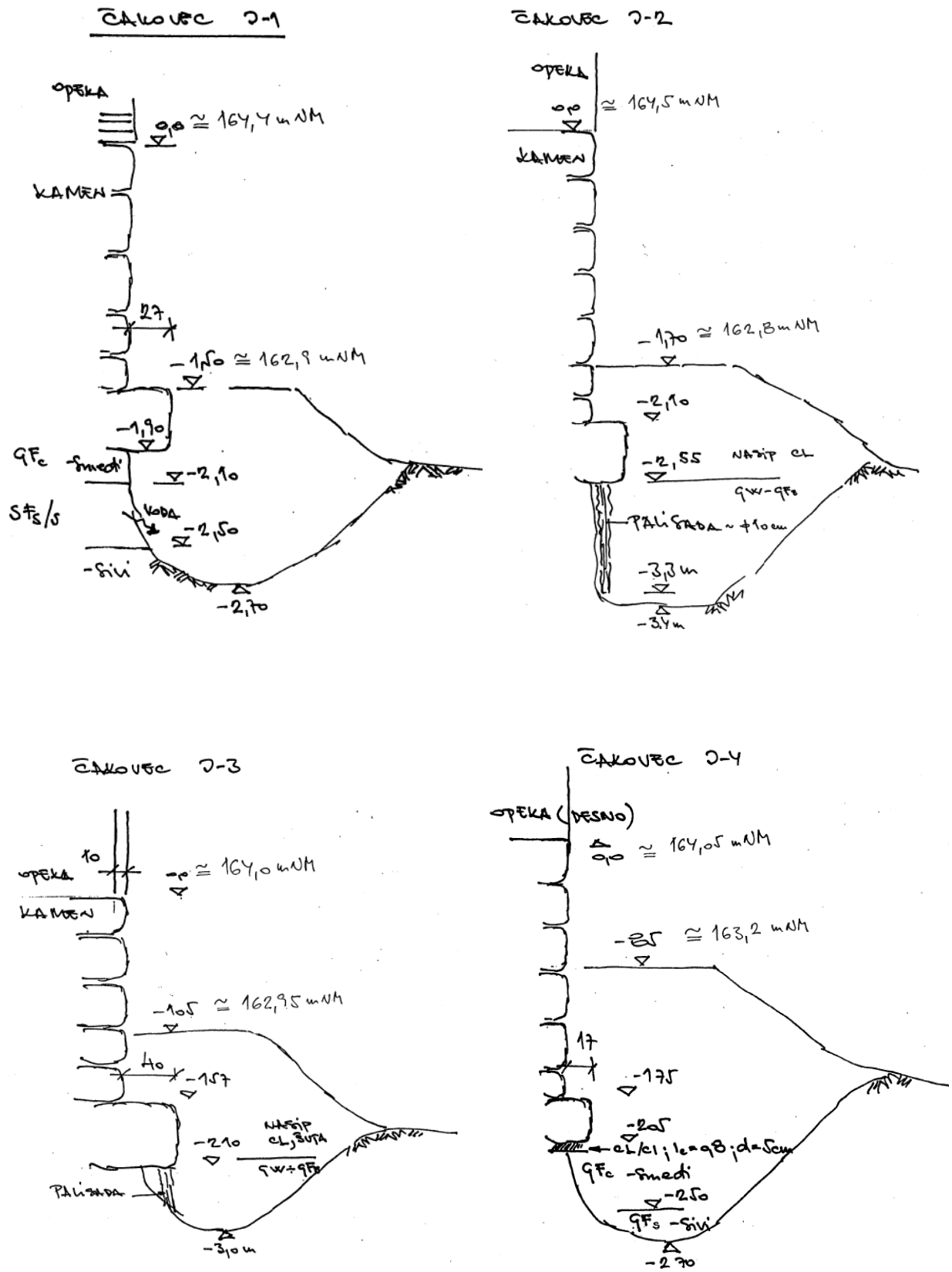
U nastavku se prikazuju podaci o istražnim radovima dubine temelja i položaja preko jama na temelju dokumentacije geotehničkog izvješća i geotehničke analize i sanaciji bedema VI. i V. dilatacije, koje je izradila tvrtka Geoexpert GTB, Zagreb.



Slika 5.6. Položaj bušotina i istražnih jama



Tablica 5.1. Geotehnički profili bušotina



Slika 5.7. Profili položaja dubine temelja preko jama

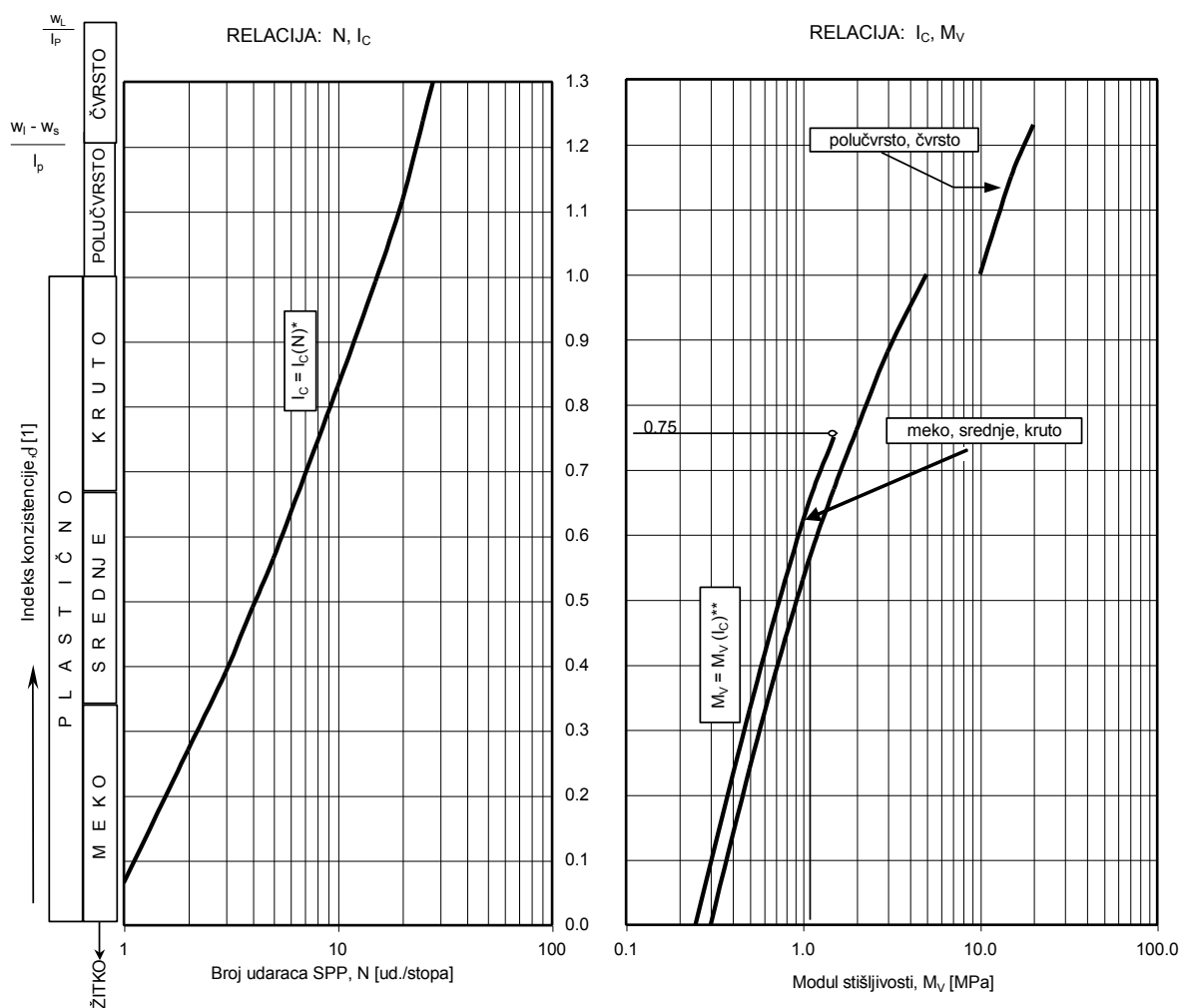


## 5.2. Geotehničke značajke temeljnog tla

Prema seizmološkoj karti Republike Hrvatske s povratnim razdobljem od 500 godina metodom Medvedeva, na lokaciji zahvata može se očekivati potres od VIII° prema MCS skali.

### 5.2.1 Koherentna tla

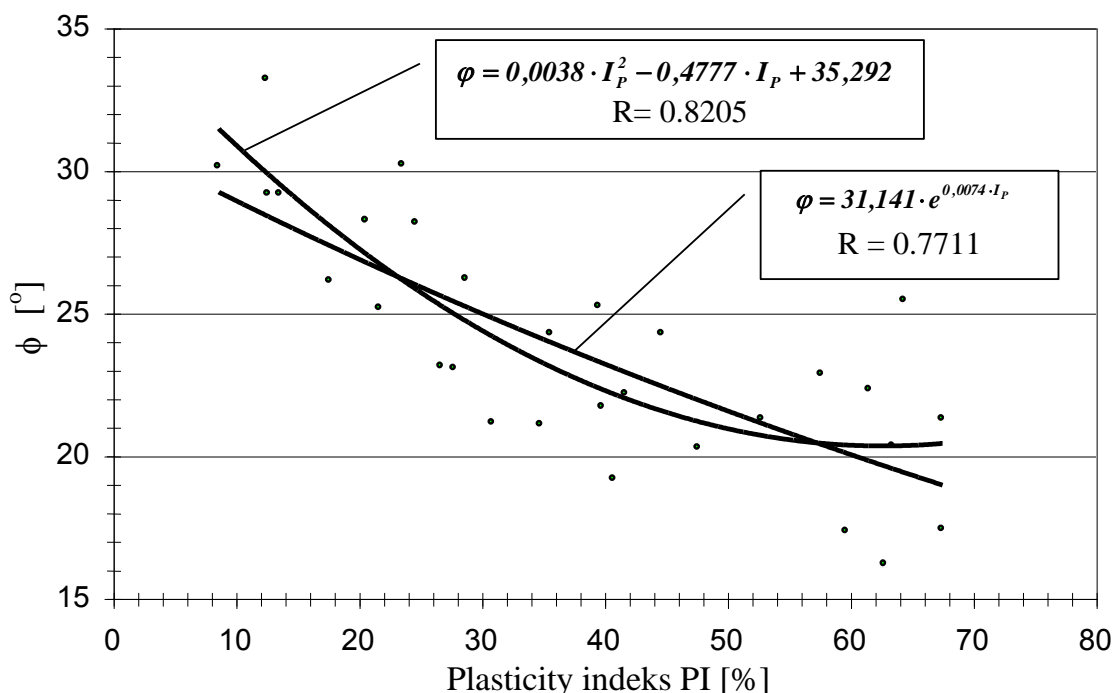
Na slici 5.8. krivulja  $I_c = I_c(N)^*$  konstruirana je prema podacima iz "Soil Mechanics in Foundation Engineering" (Wilun i K. Starzevski), a krivulja  $M_v = M_v(I_c)^{**}$  prema pravilniku, "Sl. list 34/74, čl.99. Indeksi konzistencije ( $I_c$ ) u laboratoriju prezentiraju koherentni materijal srednje plastično. Prema slici 5.8. vrijednosti dobivene na terenu "IN SITU" za N (SPP) odgovaraju vrijednostima indeksa konzistencije ( $I_c$ ). Na temelju broja udaraca standardnog penetracijskog pokusa koji rezultira podatkom N (broj udaraca za prodor šiljka/noža za jednu stopu) s vrijednostima 4 - 8, tlo je srednje gnječivo, tj. srednje plastičnosti za prah i glinu. Ispod se nalazi šljunak s brojem udaraca  $N > 15$ .



Slika 5.8. Geomehničke korelacije za ocjenu karakterističnih parametara koherentnih vrsta tla

Konzistentno stanje	SPP	$q_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\tau_r$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$I_c$	TERENSKA IDENTIFIKACIJA	
ŽITKO	< 2	< 25	< 300	< 12.5	< 0	može se lako utisnuti šaka	
Lako	GNJEČIVO	2 - 4	25 - 50	200 - 600	12.5 - 25	0 - 0.33	može se lako utisnuti palac, može se valjati
Srednje		4 - 8	50 - 100	500 - 1500	25 - 50	0.33 - 0.66	palac se može utisnuti laganim pritiskom može se valjati u valjčić $\phi < 3$ mm
Teško		8 - 15	100 - 200	1200 - 10000	50 - 100	0.66 - 1.0	može se ostaviti otisak palca samo uz snažan pritisak na granici mogućnosti valjanja do $\phi 3$ mm a da se ne drobi
ČVRSTO	15 - 30	200 - 400	5000 - 20000	100 - 200	1 do $\frac{w_L - w_S}{I_P}$	može se lako zarezati noktom drobi se kod $\phi 3$ mm ali se može prignječiti	
KRUTO	> 30	> 400	> 20000	> 200	$> \frac{w_L - w_S}{I_P}$	teško se zarezuje noktom gnječanjem se mrviti	

Tablica 5.2. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava koherentnog tla



Slika 5.9. Korelacija kuta trenja s indeksom plastičnosti prirodnih materijal, (iz literature)

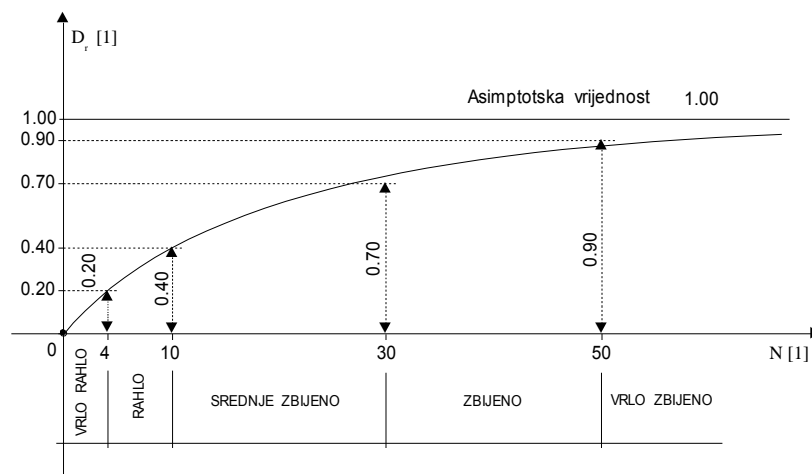
Analizom dobivenih podataka iz laboratorija i empirijskim korelacijama preko podatka broja udaraca SPT, za izradu geostatičkog proračuna usvojeni su slijedeći parametri temeljnog tla, za koherentno tlo,

sloj koherentnog materijala :

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3, \quad M_v = \text{cca } 2 \text{ MN/m}^2, \quad c = 5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{i} \quad \phi = 24^\circ.$$

### 5.2.2. Nekoherentna tla

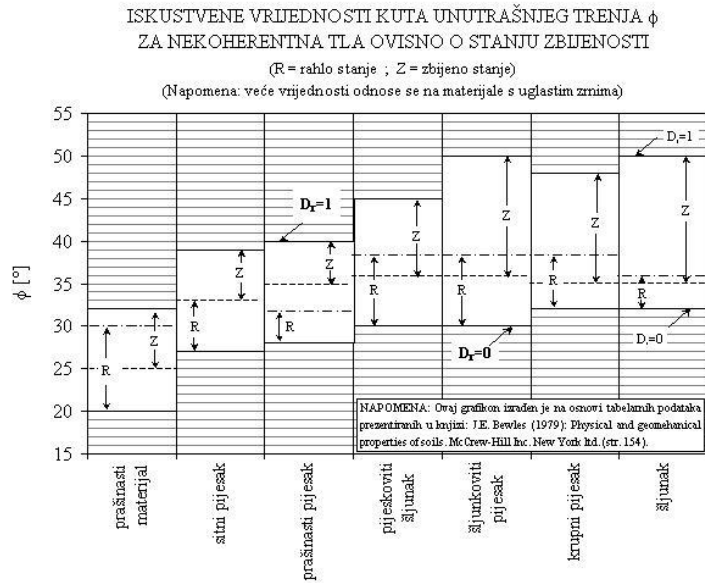
Na temelju broja udaraca standardnog penetracijskog pokusa (SPP) koji rezultira podatkom  $N$  (broj udaraca za prodor šiljka/noža za jednu stopu) u intervalu temeljnog tla, šljunka s pijeskom (GM), (vidi slike 5.10, 5.11. i 5.12. te tablicu 5.2.) iz kojih se mogu korelacijom dobiti određeni parametri nekoherentnog tla.



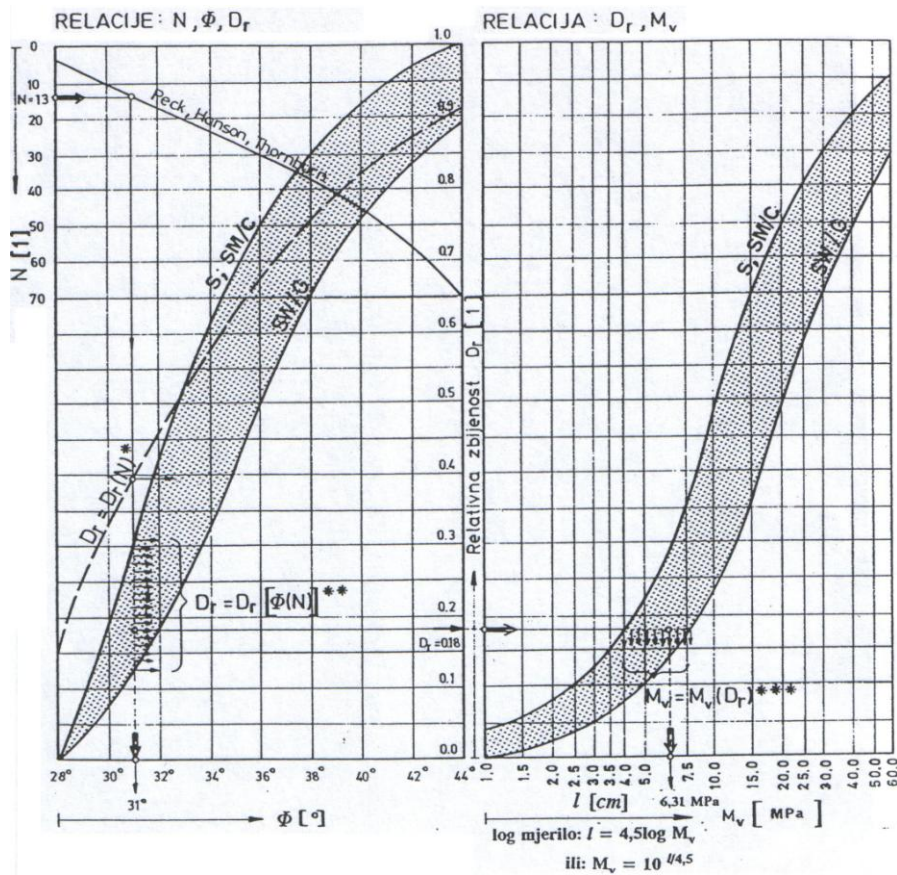
Slika 5.10. Graf funkcije  $D_r = D_r(N)$

STUPANJ ZBIJENOSTI	CPT*	SPT	RELATIVNA GUSTOĆA	KUT UNUTARNJEG TRENJA** $\phi$		MODUL STIŠLJIVOSTI*** $M_v$ [MN/m <sup>2</sup> ]	
	$Q_c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	N [ud./stopa]	$D_r$ [%]	Peck 1974.	Mayerhof 1956.	Pijesak sitni i srednji	Krupni pijesak i šljunak
VRLO RASTRESIT [VERY LOOSE]	< 2	< 4	< 20	< 29	< 30	< 3.5	< 8.5
RASTRESIT [LOOSE]	2 - 4	4 - 10	20 - 40	29 - 30	30 - 35	3.5 - 7.5	8.5 - 15
<b>SREDNJE ZBIJEN [MEDIUM]</b>	<b>4 - 12</b>	<b>10 - 30</b>	<b>40 - 60</b>	<b>30 - 36</b>	<b>35 - 40</b>	<b>7.5 - 15</b>	<b>15 - 30</b>
<b>ZBIJEN [DENSE]</b>	<b>12 - 20</b>	<b>30 - 50</b>	<b>60 - 80</b>	<b>36 - 41</b>	<b>40 - 45</b>	<b>15 - 30</b>	<b>30 - 60</b>
VRLO ZBIJEN [VERY DENSE]	> 20	> 50	80 - 100	> 41	> 45	> 30	> 60

Tablica 5.3. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava nekoherentnog tla



Slika 5.11. Iskustvene vrijednosti kuta unutrašnjeg trenja za nekoherentna tla



Slika 5.12. Dijagram korelacija za nekoherentno tlo

Analizom dobivenih podataka iz laboratorija i empirijskim korelacijama preko podatka N, za izradu geostatičkog proračuna usvojeni su sljedeći parametri temeljnog tla:

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3, \quad M_v \approx 25 \text{ MN/m}^2, \quad c = 0 \text{ kN/m}^2 \text{ i } \phi = 36^\circ.$$



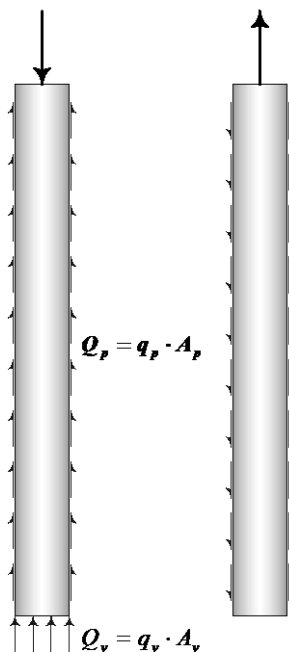
### 5.3. Proračuni i mogući načini sanacije temelja

#### 5.3.1. Proračun nosivosti pilota

Ukupna nosivost pilota može se izraziti :

$$Q_u = Q_v + Q_p$$

što znači ukupna nosivost pilota je zbroj nosivosti na vrhu i na plaštu pilota.



Slika 5.13. Nosivost pilota na tlak i na vlak

Nosivost pilota na vrh:  $Q_{vrh} = q_v \cdot A_v$

Tomlinsonov postupak:  $q_v = c_u \cdot N_c$

gdje je  $N_c$  faktor nosivosti, po literaturi najčešće 9.

Nosivost pilota na oplošje:  $Q_{plašt} = f_s \cdot A_p$

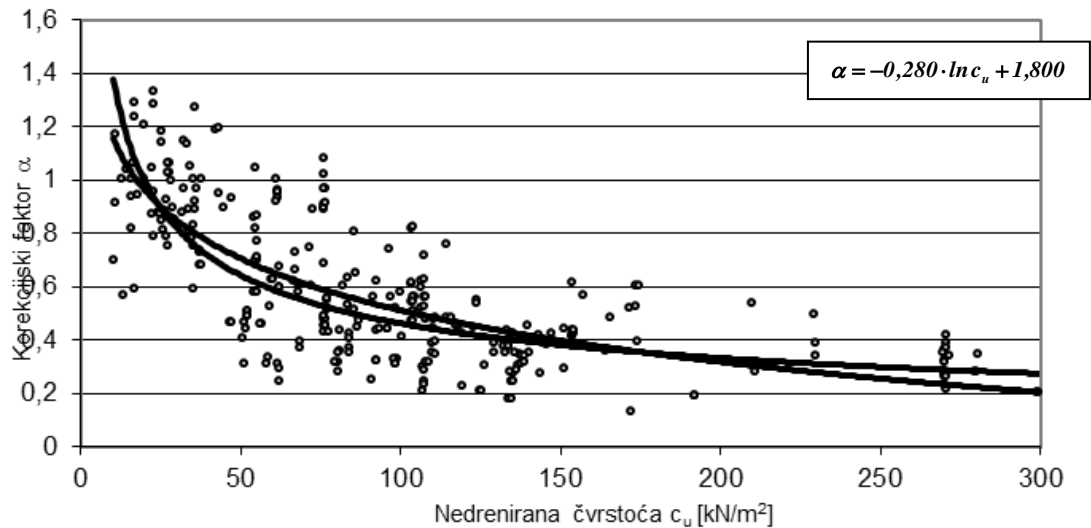
$\alpha$  - postupak:  $f_s = \alpha \cdot c_u$

$\alpha$  je adhezijski faktor između pilota i tla ovisi o nedreniranoj čvrstoći

#### Proračun empirijskom metodom

Na oplošju:  $Q_p = q_p \cdot A_p$

gdje je  $q_p = \alpha \cdot c_u$  trenje između pilota i tla, a ovisi od nedrenirane čvrstoće  $c_u$  i faktora korekcije  $\alpha$  nedrenirane čvrstoće.



Slika 5.14. Odnos faktora korekcije i nedrenirane čvrstoće

Nosivost na vrh

Sila nosivost na vrh pilota je:  $Q_v = q_v \cdot A_v$

Za koherentno tlo:

gdje je  $q_v = N_c \cdot c_u$  nosivi tlak na vrh pilota, a ovisi o nedreniranoj čvrstoći  $c_u$  i faktora nosivosti  $N_c$ .  $N_c$  je u rasponu od 6 do 13 a najčešće vrijednost 9.

Za nekoherentno tlo:

U literaturi se nalaze i izrazi za nosivosti pilota na vrh i površinske otpornosti (trenje) između pilota i tla na osnovi broja udaraca ( $N_{SPP}$ ) SPP (standardnog penetracijskog pokusa), što postavljaju također mnogi autori.

$q_v$  - nosivosti pilota na vrh [ $MN/m^2$ ]:  $q_v = k \cdot N_{SPP}$

Za zabijene pilote:  $k = 0,40$  za pijesak (Shioi & Fukui, 1982.);  $k = 0,45$  za pijesak (Martin, 1987.);  $k = 0,04 \cdot L/D$  za pijesak (Martin, 1987.)

$$q_v = k \cdot N_{SPP}$$

$$q_v = 0,45 \cdot 25 = 11,25 \text{ MN/m}^2$$

$$Q_v = 11,25 \cdot 0,03140 = 0,353 \text{ MN}$$

$$Q_v = 353 \text{ kN}$$

S obzirom da se radi o injektiranim pilotima koeficijent  $\alpha$  može se uzeti  $\alpha = 1$

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad q_p = \alpha \cdot c_u$$

Dužina pilota  $L=4,5$  m

$$Q_f = 80 \cdot 2,83$$

$$Q_f = 226 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost

$$Q_u = Q_v + Q_p \quad Q_u = 353 + 226$$

$$Q_u = 579 \text{ kN}$$

Nosivost pilota dužine  $L=4,5$  m

Dužine 3,5 m u glini i 1 m u šljunku

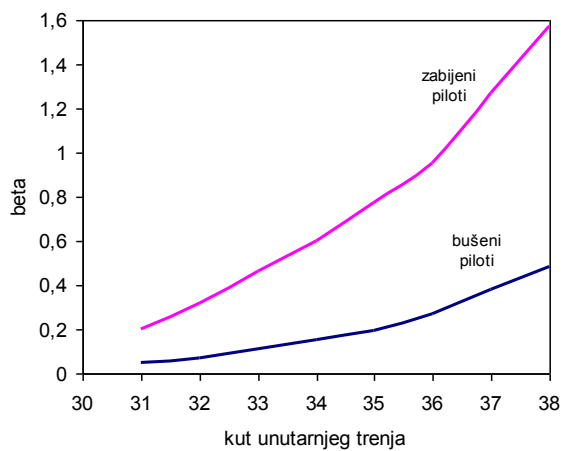
Nosivost na plašt u glini dužine 3,5 m

$$Q_f = 80 \cdot 2,2$$

$$Q_f = 176 \text{ kN}$$

Nosivost na plašt u šljunku dužine 1 m

**$\beta$  - postupak**



Slika 5.15.: Ovisnost  $\beta$  o kutu unutarnjeg trenja  $\varphi$

$$f_s = \beta \cdot \sigma'_v \quad \sigma_v = 20 \cdot 4 = 80 \quad Q_f = 80 \cdot 1$$

$$\beta = 1,4 \quad Q_f = 80 \text{ kN}$$

**Ukupna nosivost** - dužine  $L=4,5$  m

$$Q_u = 353 + 176 + 112$$

$$Q_u = 640 \text{ kN}$$

**Procjena nosivosti cijevnog injektiranog pilota u karakterističnom profilu tla je**

$$Q_u = 600 \text{ kN}.$$

**Ukupna nosivost** - dužine  $L=6,0$  m

Dužina u koherentnom tlu 3 m

$$Q_f = 80 \cdot 2$$

$$Q_f = 160 \text{ kN}$$

Dužina u nekoherentnom tlu 3 m

$$Q_f = 100 \cdot 2$$

$$Q_f = 200 \text{ kN}$$

Nosivost na vrh pilota

$$Q_v = 350 \text{ kN}$$

**Ukupna nosivost**

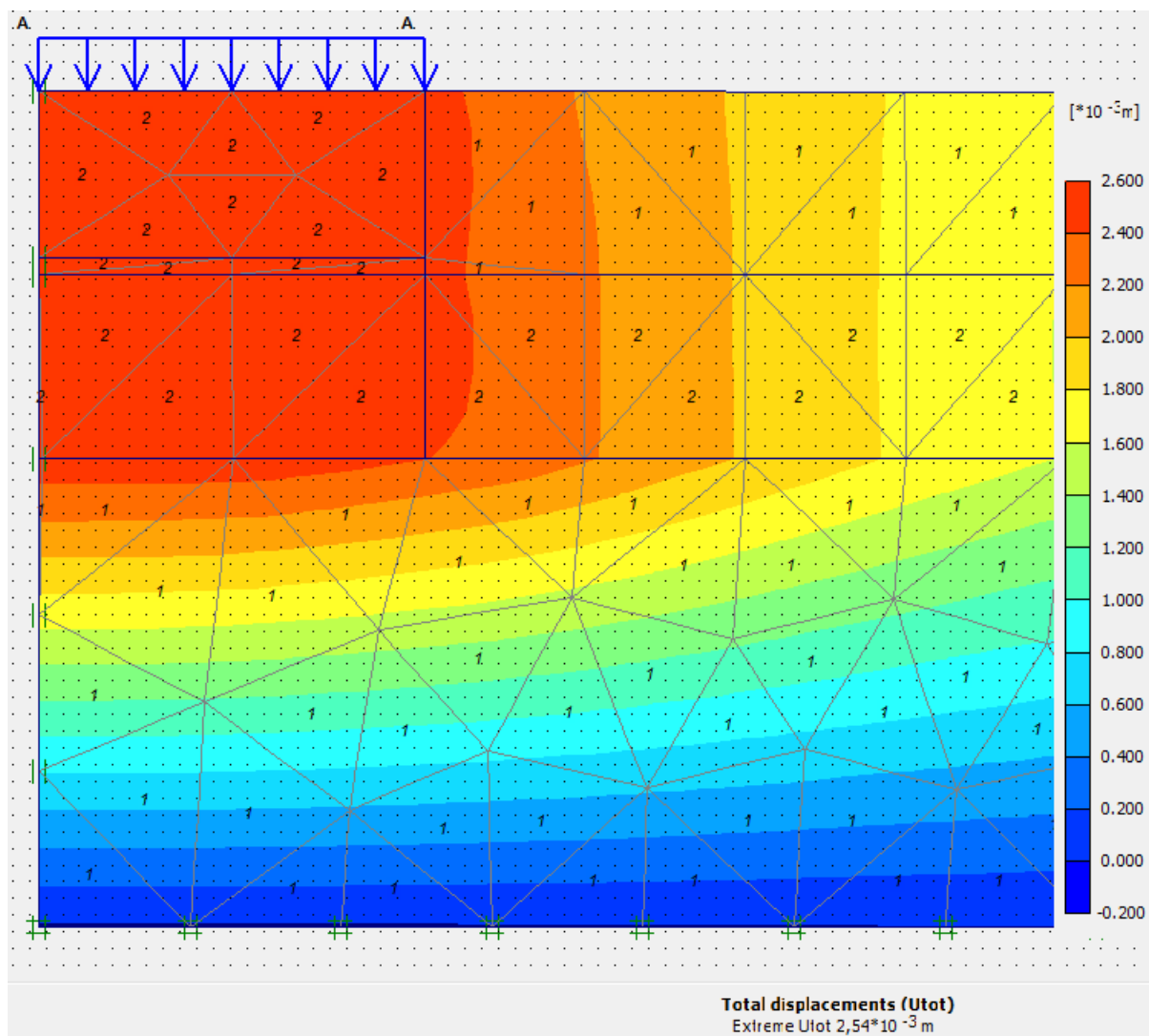
$$Q_u = Q_v + Q_p \quad Q_u = 350 + 360$$

$$Q_u = 710 \text{ kN}$$

**Procjena nosivosti cijevnog injektiranog pilota dužine (6 m) u karakterističnom profilu tla je  $Q_u = 700 \text{ kN}$ .**



## 5.3.2. Proračun slijeganja



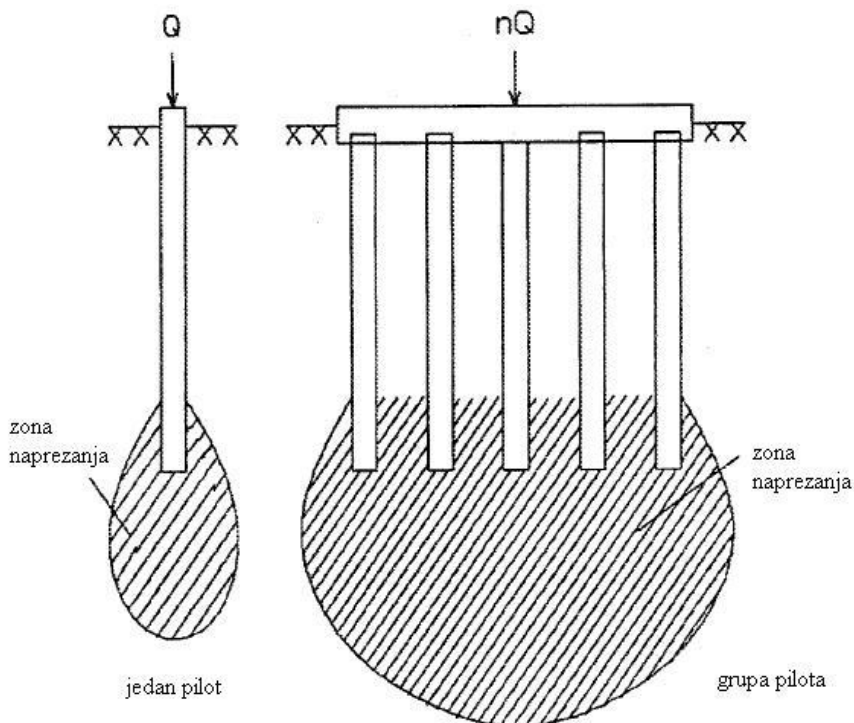
**Temelj na dubini 4,5 - 6,0 m (dubina pilota), dužina građevine  $B=20$  m, širina  $B=15$  m, opterećenje  $q=50$  kN/m<sup>2</sup>**

Tlocrtna površina  $A=15 \times 20=300$  m<sup>2</sup>; ako je opterećenje za visinu građevine od cca 10 m cca  $q=50$  kN/m<sup>2</sup>; Ukupna težina je  $300 \times 50=15000$  kN; Broj mikropilota pilota je 100;

Sila na jedan pilot  $Q_p=150$  kN.

### Proračun slijeganja grupe pilota

Proračun slijeganja grupe pilota proračunat će se na način poznavanja slijeganja jednog pilota i primjenom određenih izraza iz literature



Slika 5.16. Zone naprezanja kod pilota i grupe pilota

Slijeganje grupe pilota može se izračunati na osnovi poznavanja slijeganja jednog pilota i odnosa širine grupe pilota i promjera jednog pilota.

Jedan od odnos slijeganja jednog pilota i grupe pilota (Pile buck, Inc.1992. Design of pile Foundations, p.o. box 1056, FL, P8 1-69) :

Slijeganje grupe pilota jednaka je umnošku koeficijenta  $\alpha$  i slijeganja jednog pilota  $s$

$$S_g = \alpha \cdot s$$

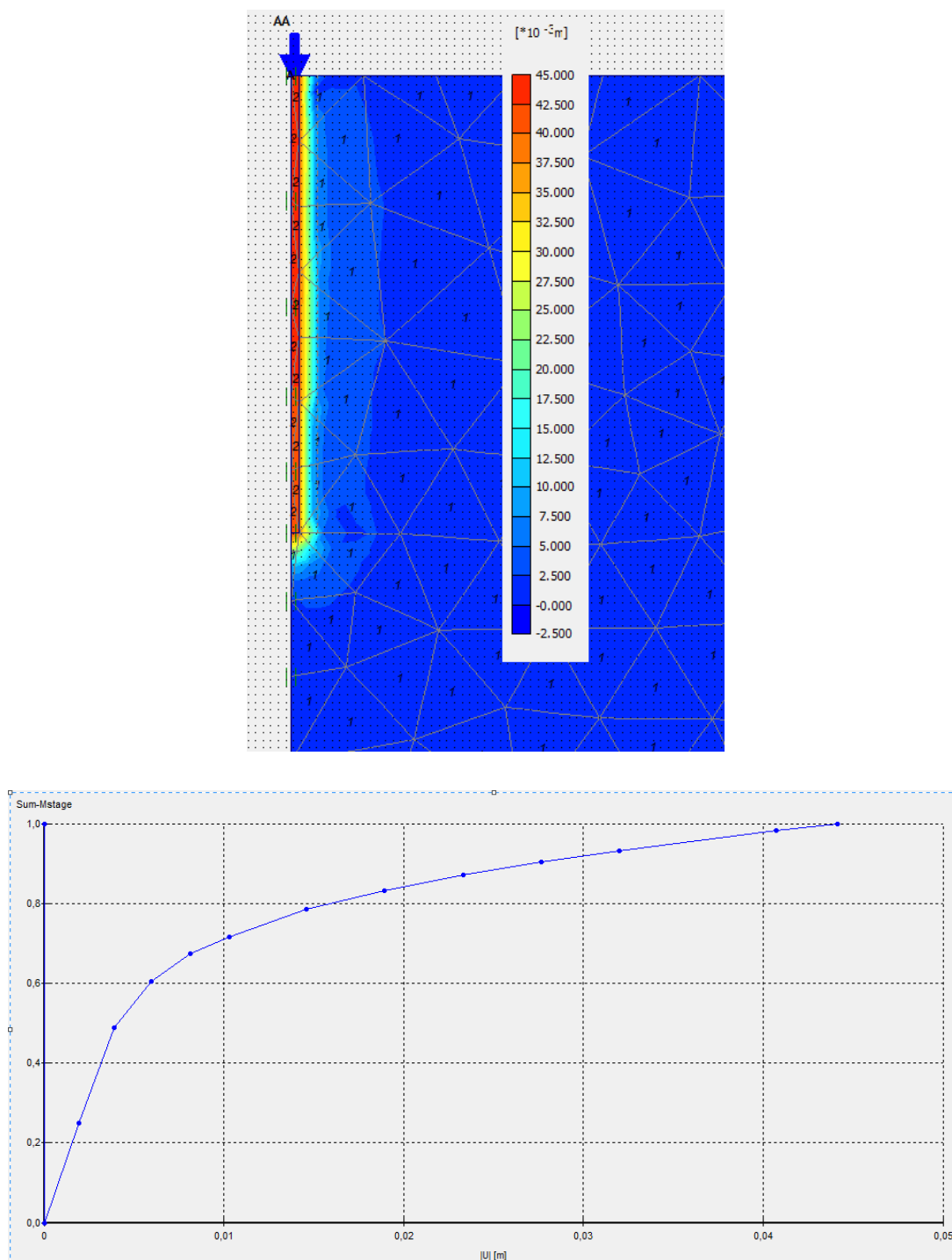
gdje je:

koeficijent  $\alpha = \sqrt{\frac{B_{gp}}{D_p}}$ , ( $B_{gp}$  - širina grupe pilota,  $D_p$  - promjer pilota)

$s$  - slijeganje jednog pilota, izračunat će se pomoću programa Plaxis.

Ukupna sila na jedan pilota izračunat će se:  $Q_p = \frac{Q_u}{n}$ , (Ukupna sila građevine podijeljena s brojem pilota je sila na jednom pilotu).

Rezultati slijeganja jednog pilota iz programa Plaxis:



Slika 5.17. Slijeganje jednog pilota

**Pilot:**

Promjera  $D=0,2$  m

U proračunu jednog pilota: Opterećenje  $q=15000$  kN/m<sup>2</sup> ili sila  $Q=470$  kN

Za slijeganje pilota 0,5 mm, koeficijent opterećenja  $k=0,1$ . Sila pri slijeganju 0,5 mm je 47 kN.

Tlo:

$$c = 20 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi = 26^\circ$$

$$E_s = 20 \text{ MN/m}^2$$

$$c_u = 80 \text{ kN/m}^2$$

**Za opterećenje pilota silom 150 kN****Za nosač 1x10 m:**

Slijeganje grupe pilota

$$\alpha = \sqrt{\frac{B_{gp}}{D_p}} = \sqrt{\frac{1,2}{0,2}} = 2,45$$

Ako je slijeganje jednog pilota  $s = 0,5$  mm onda je slijeganje grupe pilota  $n \times m = 1 \times 10$ :

$$s_g = \alpha \cdot s; \quad s_g = 2,45 \cdot 0,5; \quad s_g = 1,3 \text{ mm}$$

Broj pilota  $n=10$

Ukupna sila koju preuzimaju piloti pri slijeganju jednog pilota 0,5 mm i grupe pilota 5 mm je  $Q = n \cdot Q_p = 10 \cdot 47 \approx 470$  kN.

Kontaktno naprezanje

$$q = \frac{n \cdot Q_p}{A} = \frac{470}{10} \approx 50 \text{ kN/m}^2$$

**Za površinu 15x20 m:**

Slijeganje grupe pilota

$$\alpha = \sqrt{\frac{B_{gp}}{D_p}} = \sqrt{\frac{15}{0,2}} = 8,7$$

Ako je slijeganje jednog pilota  $s = 0,5$  mm onda je slijeganje grupe pilota  $n \times m = 1 \times 10$ :

$$s_g = \alpha \cdot s; \quad s_g = 8,7 \cdot 0,5; \quad s_g = 4,4 \text{ mm}$$



Tlocrtna površina  $A=15 \times 20=300 \text{ m}^2$ ; ako je opterećenje za visinu građevine od cca 10 m cca  $q=50 \text{ kN/m}^2$ ; Ukupna težina je  $300 \times 50= 15000 \text{ kN}$ ; Broj mikropilota pilota je 100;

Sila na jedan pilot  $Q_p=150 \text{ kN}$ .

Broj pilota  $n=100$

Ukupna sila koju preuzimaju piloti pri slijeganju jednog pilota 1,5 mm i grupe pilota 15 mm je  $Q = n \cdot Q_p = 100 \cdot 150 \approx 15000 \text{ kN}$ .

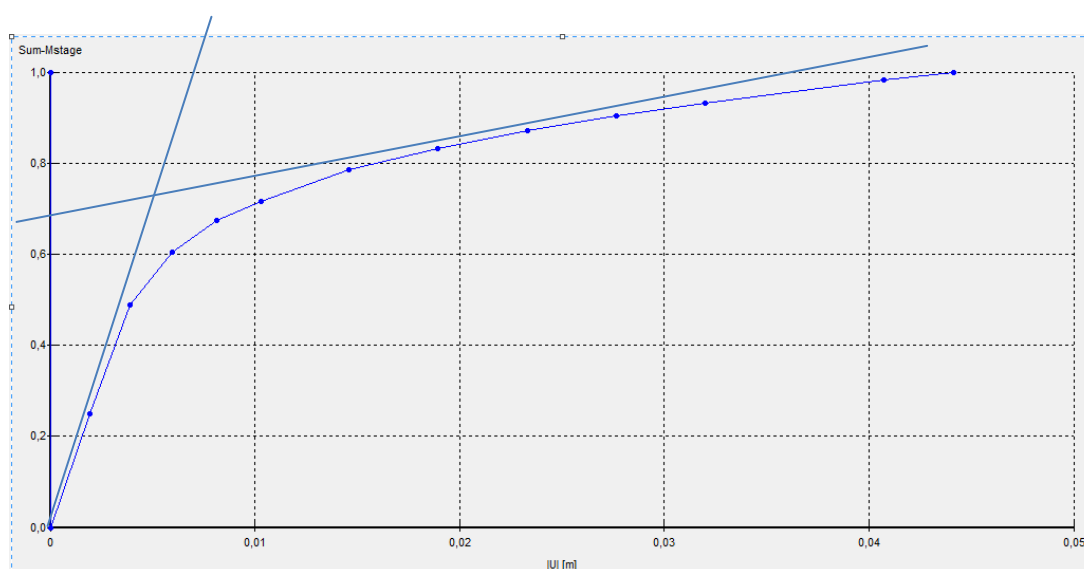
Slijeganje grupe pilota na površini  $300 \text{ m}^2$ :

$$s_g = \alpha \cdot s; \quad s_g = 8,7 \cdot 1,5; \quad s_g = 13 \text{ mm}$$

Kontaktno naprezanje

$$q = \frac{n \cdot Q_p}{A} = \frac{100 \cdot 150}{300} \approx 50 \text{ kN/m}^2$$

### Nosivost pilota



Slika 5.18. Slijeganje jednog pilota

Iz dijagrama

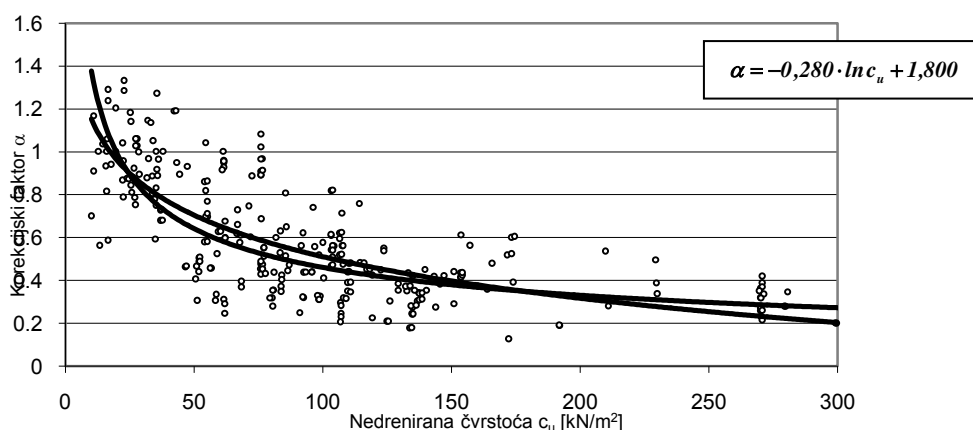
Opterećenje  $q=15000 \text{ kN/m}^2$  ili sila  $Q=470 \text{ kN}$

### Empirijskom metodom za proračun nosivosti jednog pilota

Na oplošju:

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

gdje je  $q_p = \alpha \cdot c_u$  trenje između pilota i tla, a ovisi od nedrenirane čvrstoće  $c_u$  i faktora korekcije  $\alpha$  nedrenirane čvrstoće.



Slika 5.19. Odnos faktora korekcije i nedrenirane čvrstoće

Nosivost na vrh pilota je:

$$Q_v = q_v \cdot A_v$$

gdje je  $q_v = N_c \cdot c_u$  nosivi tlak na vrh pilota, a ovisi o nedreniranoj čvrstoći  $c_u$  i faktora nosivosti  $N_c$ , koji je u rasponu od 6 do 13 a najčešće vrijednost 9.

Ukupna nosivost

$$Q_f = N_c \cdot c_u \cdot A_v + \alpha \cdot c_u \cdot A_p$$

S obzirom da se radi o injektiranim pilotima koeficijent  $\alpha$  može se uzeti  $\alpha = 1$

$$Q_f = 9 \cdot 80 \cdot 0,0314 + 80 \cdot 3,77 \quad Q_f = 324 \text{ kN}$$

Približno kao proračun u Plaxisu.

Slijeganje pilota – još jedna kontrola:

Općenito, za relativno standardno dimenzionirane pilote, ako se usvoji faktor sigurnosti od 2.5, slijeganje pilota pri radnom opterećenju će biti reda veličine 1 do 2 % promjera pilota, npr. kod punog mobiliziranja površinskog trenja

$$s = 1 - 2\% d_b$$

za promjer baze 20 cm, slijeganje od 1 % je 2 mm.

Za slijeganje od 0,5 mm, sila na pilotu je približna kao i proračun u Plaxisu.

### Proračun slijeganja temelja na dubini

Pomoću Bjerumovih dijagrama

$$s = \mu_1 \mu_0 \frac{1-\nu^2}{E} \cdot q \cdot B$$

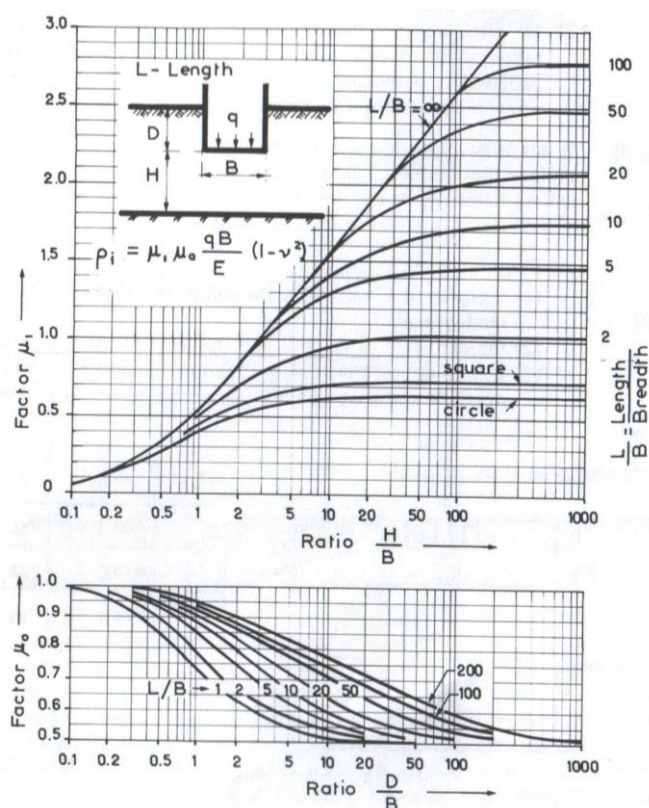
gdje su:  $\mu_1$  i  $\mu_0$  faktori iz dijagrama na slikama a ovise od odnosa debljine sloja ispod temelja i širine temelja ( $H/B$ ) te dubine temeljenja i širine ( $D/B$ ).

$B=10$  m,  $L=1$ ;  $D=6$  m,  $H=?$  m,  $\mu_1 = 1,7$ ,  $\mu_0 = 0,7$ ,  $q=40$  kN/m<sup>2</sup>,  $E=20000$  kN/m<sup>2</sup> na dubini 6 m

$$s = \frac{1,7 \cdot 0,7 \cdot 40 \cdot 1,2 \cdot 0,91}{20000} s \approx 3 \text{ mm}$$

$B=20$  m,  $L=15$ ;  $D=6$  m,  $\mu_1 = 0,8$ ,  $\mu_0 = 0,8$ ,  $q=50$  kN/m<sup>2</sup>,  $E=20000$  kN/m<sup>2</sup> na dubini 6 m

$$s = \frac{0,8 \cdot 0,8 \cdot 50 \cdot 15 \cdot 0,91}{20000} s \approx 20 \text{ mm}$$



Slika 5.20. Bjerumovi dijagrami za faktore  $\mu_1$  i  $\mu_0$

**Zaključak:**

Na osnovi svih proračuna: slijeganje se procjenjuje  $s \approx 1,5$  cm.

### 5.3.3. Način izvedbe mikropilota

#### Cijevni mikropiloti

Faze radova: Bušenje i umetanje mikropilotske zašiljene cijevi promjera 4 do 5 cola je vrlo jednostavno. Djelotvorna mjera je injekcijski zahvat koncipiran tako da se postigne injekcijsko prednaprezanje kontaktne zone između pilota i okolnog tla.

Brtvi se prstenasti međuprostor između cijevi i okolnog tla na segmentu duljine 1 do 2 m ispod površine terena. Kada se brtva uspostavi, prelazi se na pripremu i izvođenje injekcijskog zahvata.

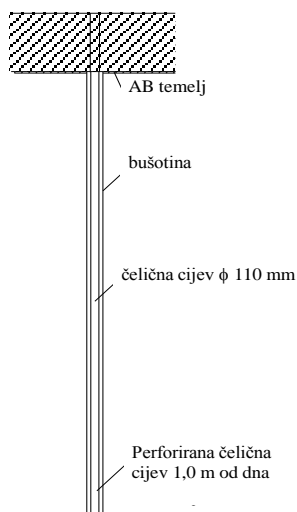
Navedeni efekt ima pozitivan utjecaj na nosivost pilota s dva aspekta:

- Stvrdnuta injekcijska smjesa izložena je uvećanom tlačnom prostornom naprezanju (prednaprezanju) što joj povećava otpornost na rascjep.
- Tlo oko konture mjehura nalazi se u povišenom stanju kompresije, što ima za posljedicu smanjenje poroziteta, a time i smanjenje deformabilnosti, što znači i povećanje nosivosti.

Koncepcija mikropilotiranja (ugrađena čelična cijev kroz koju se naknadno provodi injekcijski zahvat) može u mnogim situacijama predstavljati brzo, jeftino i efikasno rješenje.

Faze radova:

- Bušenje bušotina promjera do 150 mm;
- Umetanje perforiranih čeličnih cijevi dužine 4,50 m promjera 110 mm, debljinestijenke 4 mm;
- Ugradnja brtve između čelične cijevi i stijenke bušotine, te ugradnja gumenog pakera;
- Injektiranje cementnom suspenzijom pod tlakom.



Slika 5.21. Skica temelj, bušotina, čelična cijev



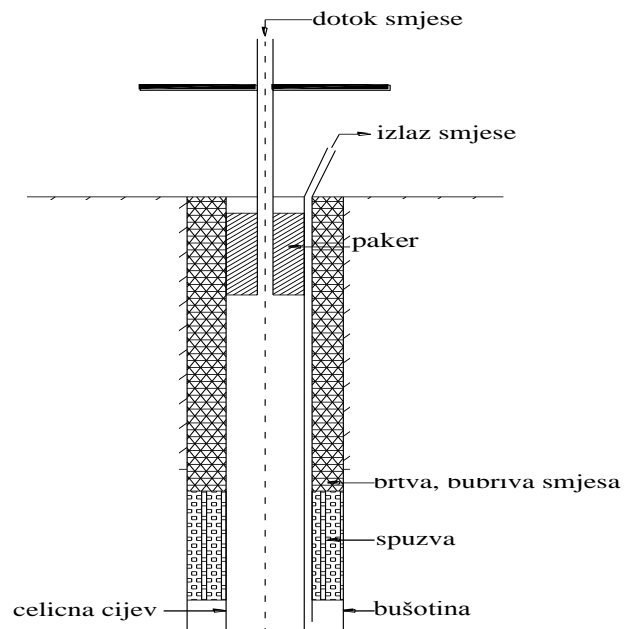
Slika 5.22. Perforiranje čelične cijevi 1,0 m od vrha cijevi



Slika 5.23. Brtva sa spojem čelične i okite cijevi

Nakon postavljanja cijevi i završetka brtvljenja pristupa se izradi injekcijske smjese te ostalim radovima neophodnim za rad na injekcijskom zahvatu.

Nakon postavljanja pakera i postavljanja brtve utiskuje se injekcijska smjesa pod pažljivo prilagođenim radnim tlakom. Pod tim tlakom injekcijska smjesa izlazi iz cijevi (kroz perforacije), no zbog velike gustoće (a time i znatne viskoznosti) injekcijska se smjesa kao utisnuti fluid ne može širiti u okolno tlo.



Slika 5.24. Presjek bušotine s namještenim cijevima i pakerom



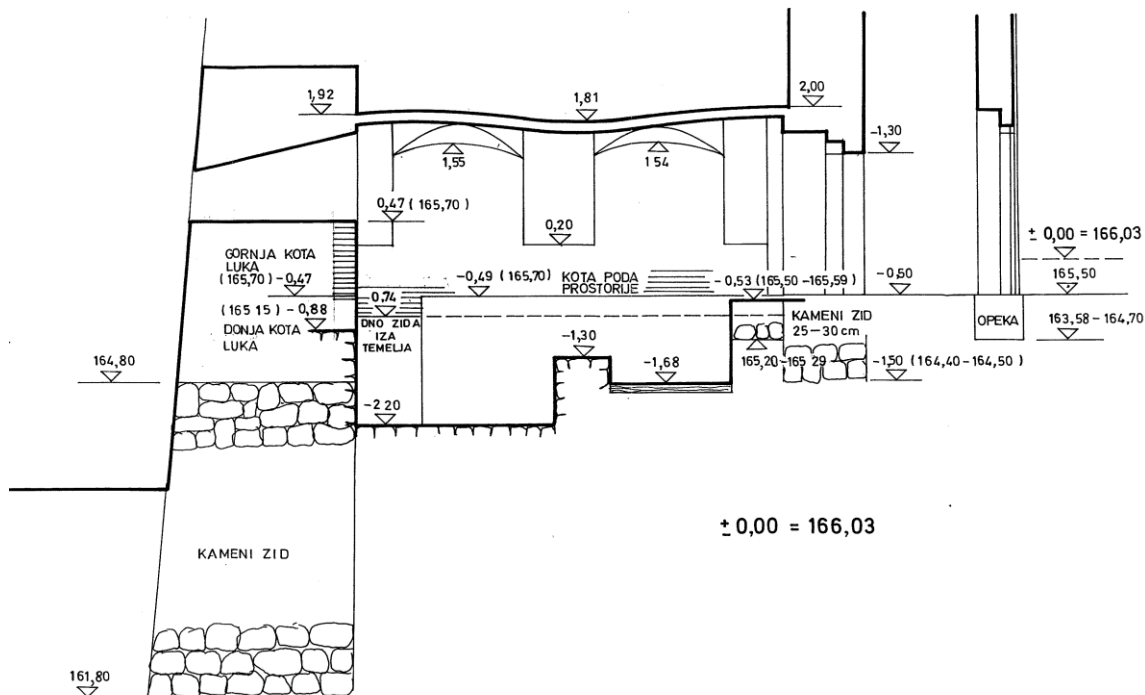
Za uspješnu izvedbu mikropilota značajnu ulogu ima injekcijska smjesa, točnije sastav injekcijske smjese te gustoća  $\rho$  koja ovisi o vodocementnom faktoru, tj. omjeru miješanja vode i cementa  $v/c$ . Kod injekcijskih smjesa primjenjuje se  $v/c$  od 0,40 pa na više.

Zbog kapaciteta opreme u kojoj se miješa injekcijska smjesa poželjno je znati količine ostalih tvari na 100 kg suhe tvari.

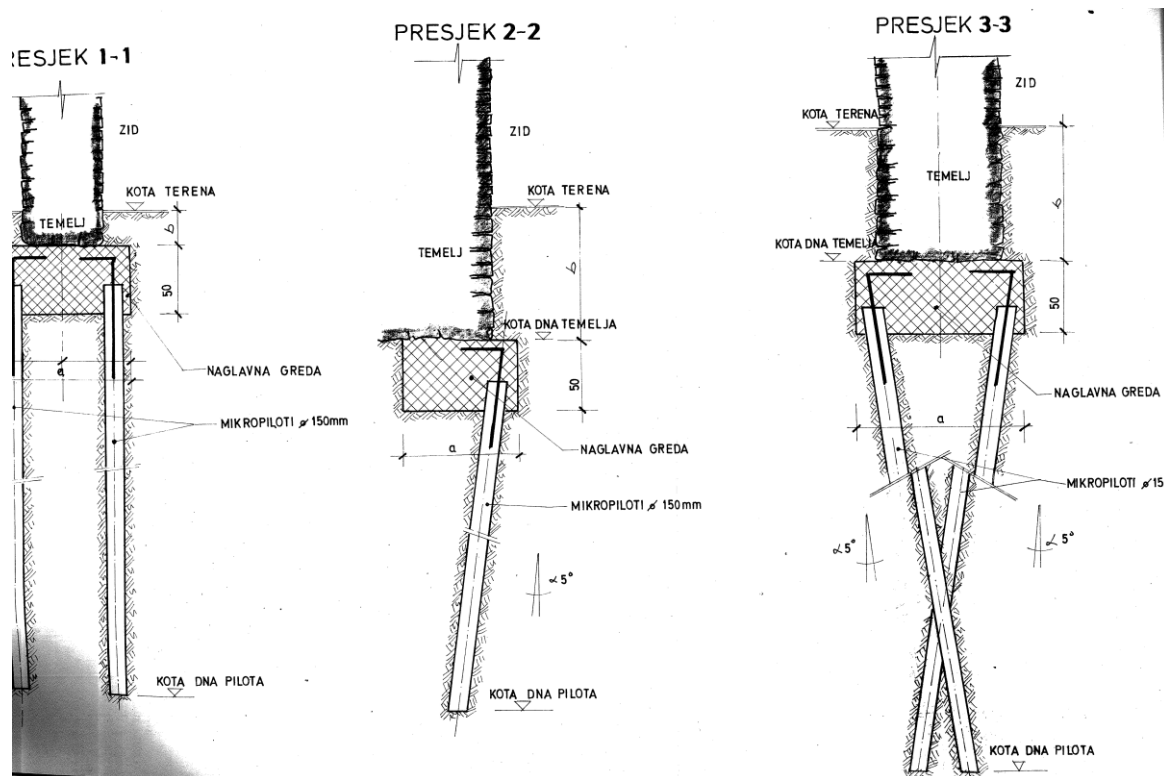
Vrsta tvari	Masa kg	Specifična gustoća $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	Obujamska količina litara
Voda	42	1,0	42
Dodatak za bubrenje	0,50	3,0	0,17
Cement	100	3,05	33

Tablica 5.4. Sastav i svojstva injekcijske smjese na 100 kg suhe tvari cementa

U nastavku se prikazuju presjeci iz projekta sanacije temelja "Radiostanice" - Stari grad Čakovec, kojeg je izradila tvrtka za projektiranje i građenje Conex, Zagreb.



Slika 5.25. Presjek okomit na bedem



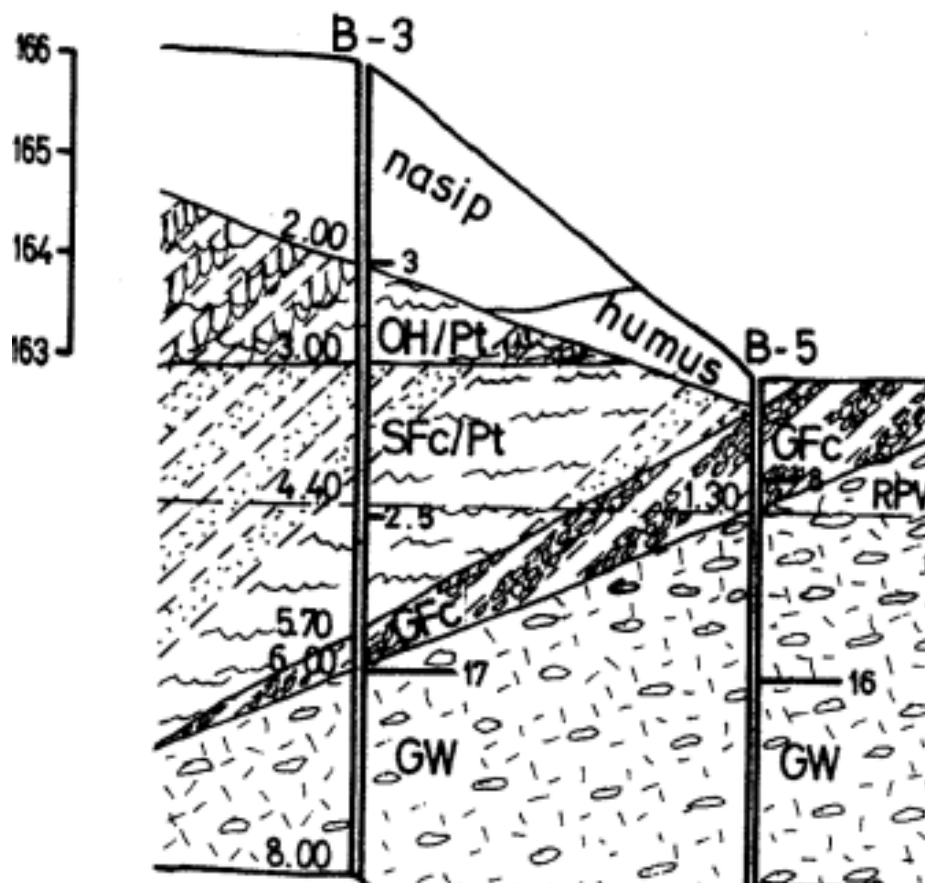
Slika 5.26. Predložena sanacija mikropilotima

Na temelju uvida u geotehničke istražne radove i geostatičke analize može se zaključiti slijedeće:

#### Karakteristični profil tla:

Do dubine 4 m nalazi se nasipni materijal, mješavina, građevinskog otpada, praha i lije; na dubini dubljoj od 4 m nalazi se šljunčani materijal veće otpornosti.

Voda je zabilježena tijekom bušenja na dubini 4 m na višoj koti i 1 m na nižoj koti.



Slika 5.27. Karakteristični profil tla

### Preporuka za temeljenje/poboljšanje tla

(poboljšanje nosivosti i smanjenja slijeganja):

S obzirom na položaj slojeva koji su ispod plićih temelja na kontaktnoj plohi temeljenja te njihovog različitog sastava, debljine odnosno otpornosti predlaže se poboljšanje tih slojeva jednim od načina koji su prije prikazani :

- izrada mikropilota dužine 4,5 – 6,0 m i konsolidacijsko injektiranje pod tlakom,
- armiranje i betoniranje, temelja samaca i/ili temeljnih nosača.

U prilogima P7 i P8 prikazana je pozicija mikropilota i temeljnih nosača.

## **6. Zaključak**

Utvrda Starog grada Čakovca predmet je konzervatorske obnove desetljećima. Radovi se izvode s prekidima od 60-tih godina 20. stoljeća sve do danas. U tom razdoblju uporabni su prostori utvrde bili korišteni za različite javne namjene dok je fortifikacijski sustav zidina bio kontinuirano izložen fizičkoj degradaciji i rušenju. Bastion koji je bio očuvan do razine funkcioniranja, saniranjem postojećih ostataka temeljne zone i rekonstrukcijom dijela zidova postao je ponovno estetski i prostorni dio utvrde koji postavlja zahtjev nastavka radova na prezentacije arheoloških ostataka bastionske arhitekture Starog grada Čakovca.

U radu je prikazan primjer projekta rekonstrukcije i sanacije Starog grada Čakovca koji je kategoriziran kao spomenik kulture nulte kategorije, a prema novoj kategorizaciji razvrstan je u kulturno dobro od nacionalnog značaja. Prikazani su nacrti i slikoviti prikaz postojeće utvrde te namjeravani građevinski zahvati na utvrdu (sanacija postojeće građevine te rekonstrukcija zgrade u vidu njene replike iz 18. stoljeća) i zahvat obnove i ojačanja temeljnog tla i temelja. Naglašene su i određene pažnje koje treba imati prilikom ovakvih zahvata da ne bi došlo do neželjenih oštećenja koje se događaju u praksi.

Dosadašnjim radovima izvela se sanacija konstrukcije I., II. i III. dilatacije, te sanacija najprije zidova IV. i V. dilatacije, a zatim i temelja bastiona V. dilatacije. Time su konstrukcije svih dilatacija u sadašnjem stanju i obliku sačuvane što se tiče mehaničke stabilnosti i sigurnosti na bitne utjecaje kao što su snijeg, vjetar ili potresna djelovanja, no zbog daljnjeg nekorištenja i otvorenosti dijelova konstrukcije na utjecaj atmosferilija, biti će potrebni zahvati mjestimične sekundarne sanacije konstrukcije. Na mjestima rekonstrukcije ili u blizini dogradnje, trebati će ojačati postojeću konstrukciju. Primjer toga je dodatno ojačanje temeljenja postojeće sjeveroistočne kurtine, kada se nju ponovo optereti s težinom rekonstruirane zgrade, slično temeljenju same nove zgrade.

Postojeće građevine I., II. i III. dilatacije u globalu se zadržavaju u potpuno istim gabaritima i s istim masama i njihovim rasporedom. One su do sada u pravilu konstruktivno sanirane, a sada se na njihovim konstrukcijama projektiraju zahvati koji globalno ne mijenjaju zatečene mase ili njihov raspored, niti bitno oslabljuju konstrukciju u cjelini. Zbog toga se ovdje ne dokazuje ponovo globalna stabilnost njihovih konstrukcija na sva buduća opterećenja, jer se ona ne povećavaju – i dalje se predviđaju neiskorištena potkrovlja, nenatkrivena terasa, te prostorije u prizemlju i katu s istim rasporedom, te sličnim opterećenjima kao i do sada.

Druga stvar je sa sanacijom vanjskih nezaštićenih dijelova postojeće konstrukcije, kosih zidova bedema, ploha grudobrana i poda terase SZ bastiona, te dijelovima dvorišnih fasada ove dvije dilatacije, koje su sve bitno propale u zadnjih 20 do 30 godina nekorištenja i nebrige oko održavanja. Potrebne su ozbiljne mjere sanacije, ne toliko konstruktivne (na temelju nekog proračuna), već vraćanja oštećenih dijelova zidova, gornjih površina grudobrana, poda terase i istraživanjem oštećenih lukova na dvorišnoj strani, sve putem zanatskih radova na sanaciji i restauraciji. Kod IV. dilatacije će se sanirati zid sjeveroistočne kurtine, te rekonstruirati zgrada u vidu njene replike srušene u 18. st. Zidine V. dilatacija će se sanirati i rekonstruirati će se drvena platforma koja će biti spojena sa balkonom nove rekonstruirane kuće, dok će se s južne strane nalaziti drveno stubište koje će posjetioce voditi u dvorišni prostor Starog grada.

Na temelju uvida u geotehničke istražne radove i geostatičke analize mogu se zaključiti karakteristični profil tla te preporuka za temeljenje/poboljšanje tla. Do dubine 4 m nalazi se nasipni materijal, mješavina građevinskog otpada, praha i lije, a na dubini dubljoj od 4 m nalazi se šljunčani materijal veće otpornosti. Voda je zabilježena tijekom bušenja na dubini 4 m na višoj koti i 1 m na nižoj koti. S obzirom na položaj slojeva koji su ispod plićih temelja na kontaktnoj plohi temeljenja te njihovog različitog sastava, debljine odnosno otpornosti predlaže se poboljšanje tih slojeva jednim od načina koji su prije prikazani: izrada mikropilota dužine 4,5 – 6,0 m i konsolidacijsko injektiranje pod tlakom, te armiranje i betoniranje temelja samaca i/ili temeljnih nosača.

U Varaždinu, 25.10.2016.

**Sara Zadavec**

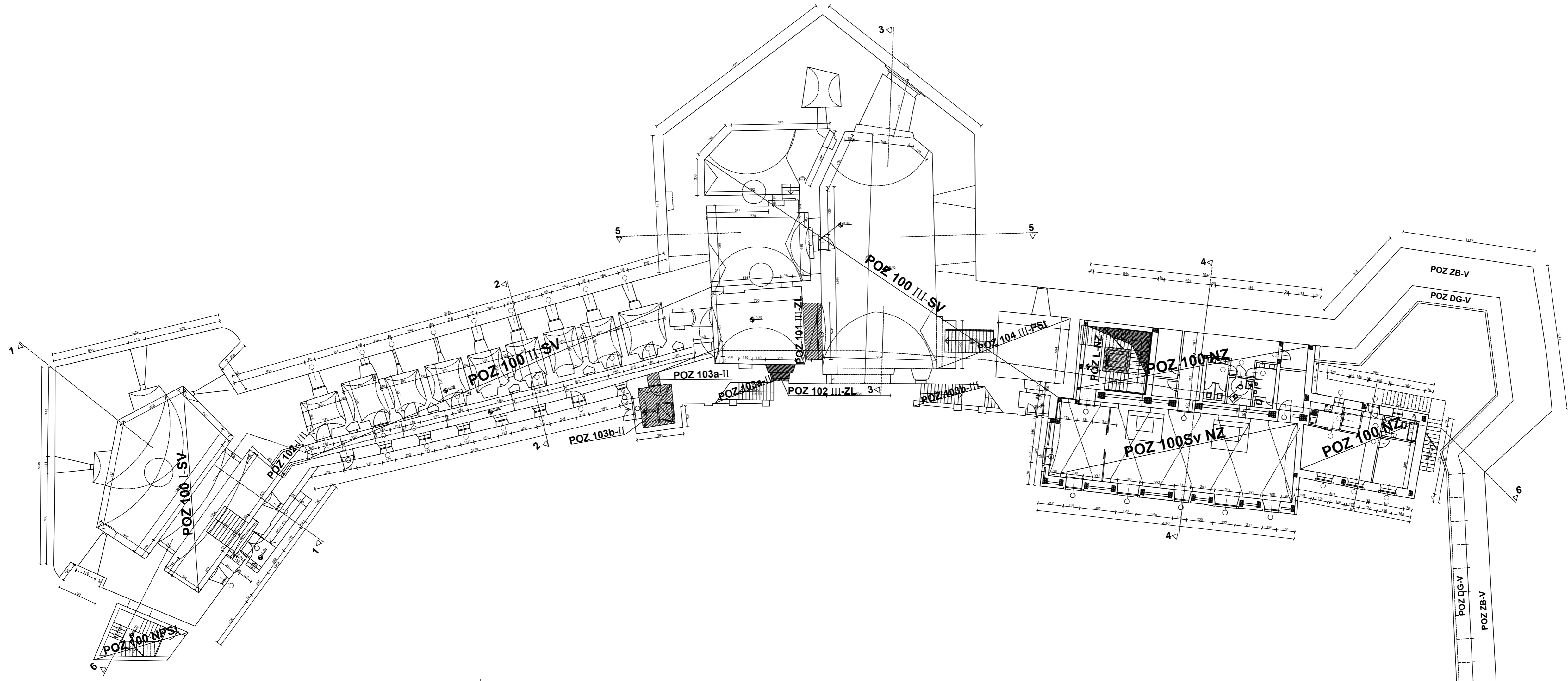
---

Sara Zadavec



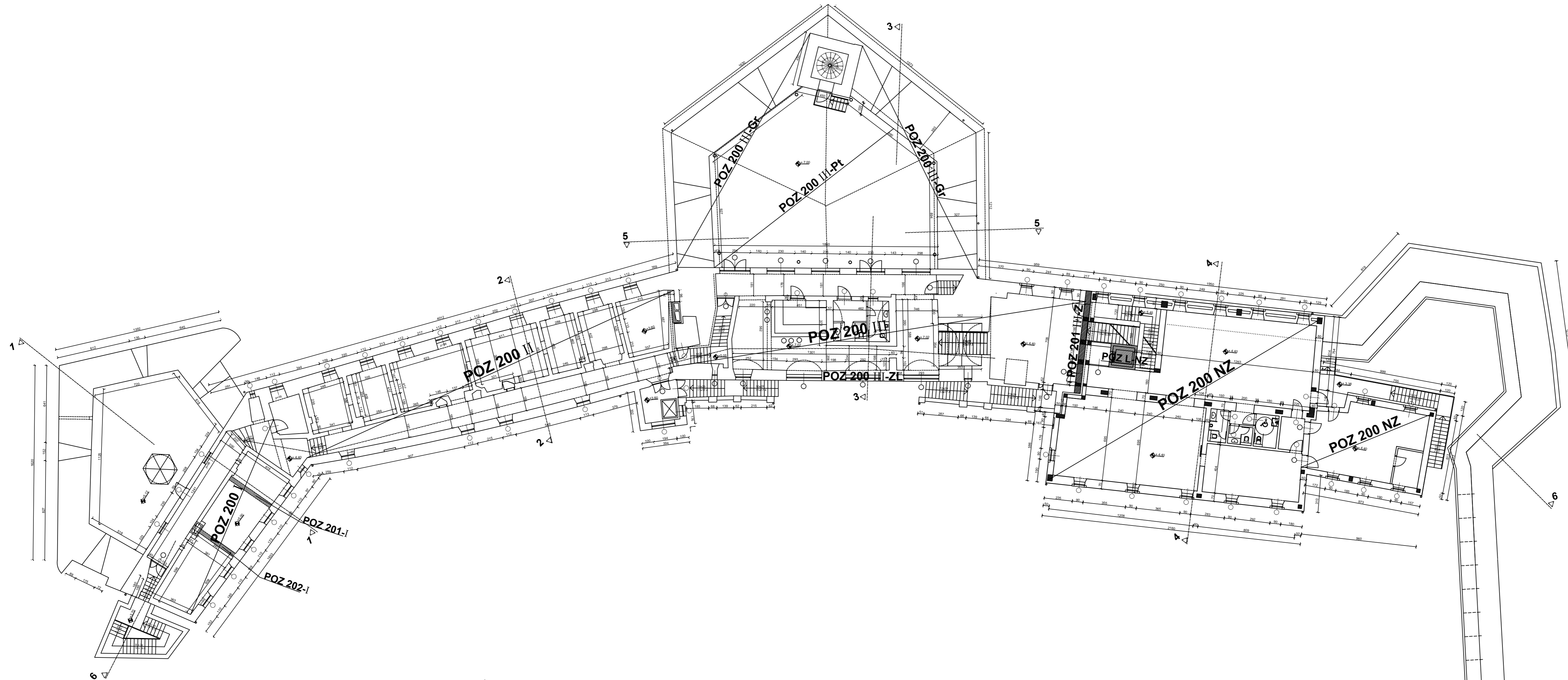
This drawing and all the information contained in it are the copyright of CONING. Any unauthorized usage empowers CONING to indemnification. All rights reserved.

Dva, j crtez i svi podaci na njemu vlasništvo su poduzeća CONING. Korištenje u neodgovorene svrhe povlači obvezu obeštećenja. Sva prava pridržana.

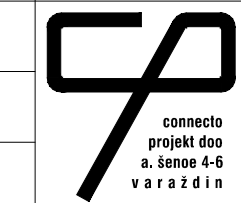


Napomene	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
Izmjene i dopune	Datum
Investitor MEDIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC Ruđera Boškovića 2	
Građevina BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU -REKONSTRUKCIJA	
Vrsta i naziv projekta GLAVNI PROJEKT PROJEKT KONSTRUKCIJE	
Autor idejnog rješenja	
Glavni projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ. Projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Suradnici MERY HUTINSKI, građ.teh.	
Sadržaj NACRT POZICIJA KONSTRUKCIJA PRIZEMLJA- POZ 100	
Zajed. oznaka projekta 6107/15-BČ	Id. broj
Interni br. projekta 6107/15	Format A3+
Datum 12.2015	Mjerilo 1:200
Oznaka nacrt 1.0.	Lis/Listova 1/1



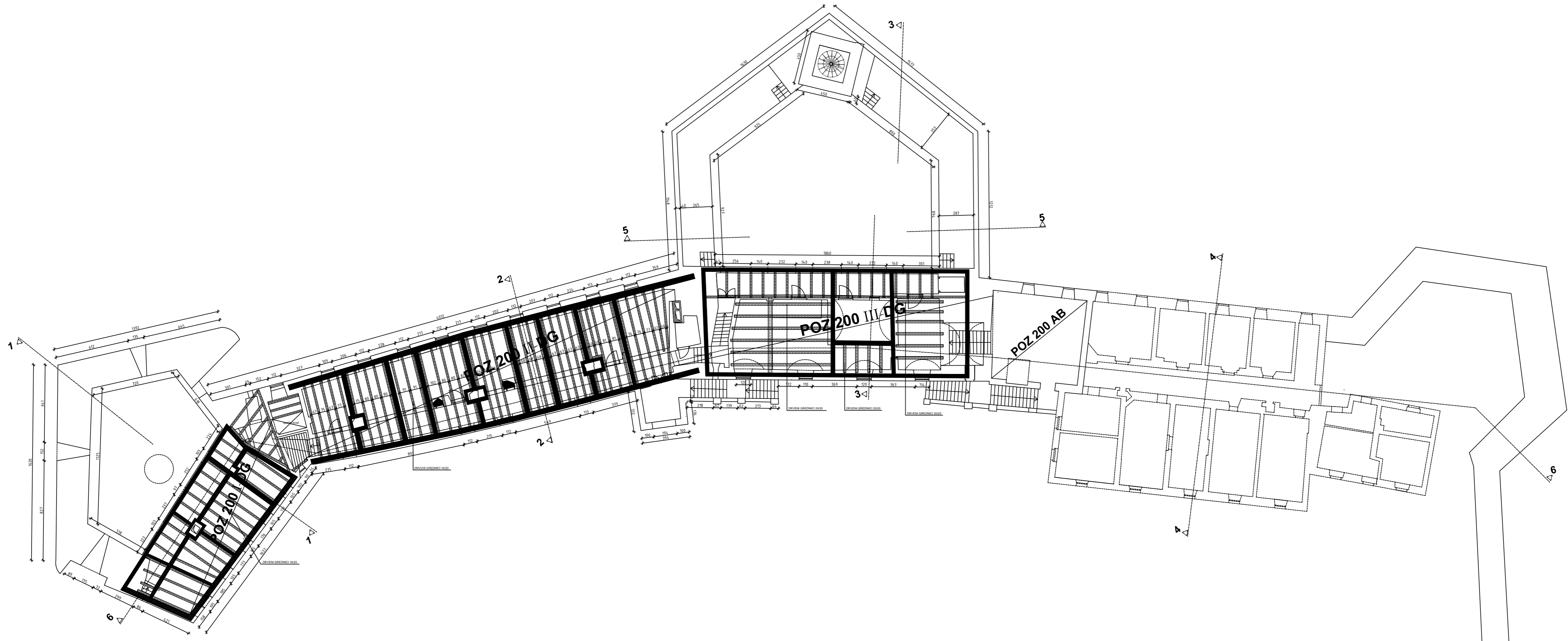


Napomene	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
Izmjene i dopune	Datum
Investitor MEDIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC Ruđera Boškovića 2	
Građevina BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU -REKONSTRUKCIJA	
Vrsta i naziv projekta GLAVNI PROJEKT PROJEKT KONSTRUKCIJE	
Autor idejnog rješenja	
Glavni projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ. Projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Suradnici MERY HUTINSKI, građ.teh.	
Sadržaj NACRT POZICIJA KONSTRUKCIJA KATA- POZ 200	
Zajed. oznaka projekta 6107/15-BČ	Id. broj
Interni br. projekta 6107/15	Format A3+
Datum 12.2015	Mjerilo 1:200
Oznaka nacrt 2.0.	Lis/Listova 1/1



This drawing and all the information contained in it are the copyright of CONING. Any unauthorized usage empowers CONING to indemnification. All rights reserved.

Dva, j crtez i svi podaci na njemu vlasništvo su poduzeća CONING. Koristištenje u neodgovorene svrhe povlači obvezu odštete. Sva prava pridržana.



Napomene

6		
5		
4		
3		
2		
1		
Izmjene i dopune		Datum

Investitor  
**MEDIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC**  
 Ruđera Boškovića 2  
 Građevina  
**BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU**  
**-REKONSTRUKCIJA**

Vrsta i naziv projekta  
**GLAVNI PROJEKT**  
**PROJEKT KONSTRUKCIJE**

Autor idejnog rješenja

Glavni projektant  
**IVAN PASKA, dipl.ing.građ.**  
 Projektant  
**IVAN PASKA, dipl.ing.građ.**

Suradnici  
**MERY HUTINSKI, građ.teh.**

Sadržaj  
**NACRT POZICIJA KONSTRUKCIJA**  
**DRVENIH GREDENIKA- POZ 200-DG**

Zajed. oznaka projekta

**6107/15-BČ**

Interni br. projekta

**6107/15**

Datum

**12.2015**

Oznaka nacrt

**3.0.**

Id. broj

Format

**A3+**

Mjerilo

**1:200**

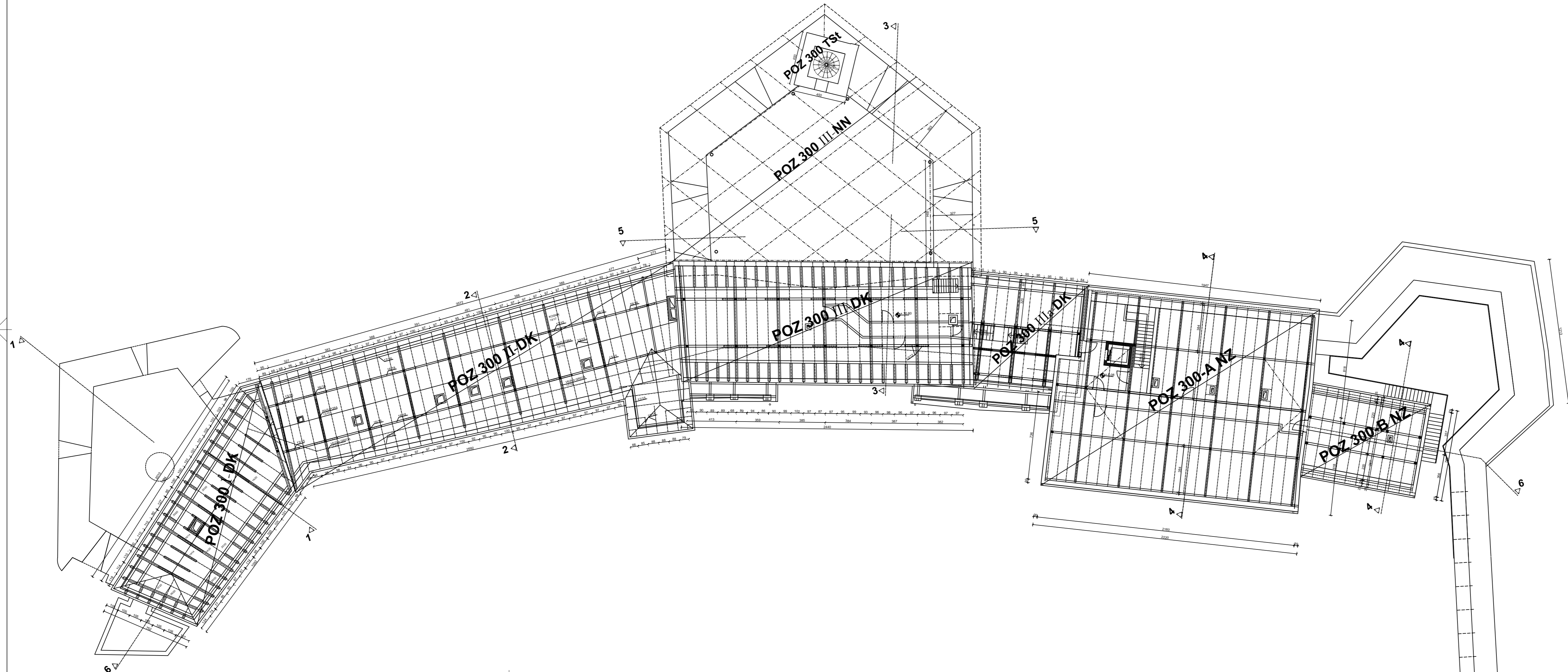
Lis/Listova

**1/1**



This drawing and all the information contained in it are the copyright of CONING. Any unauthorized usage empowers CONING to indemnification. All rights reserved.

Dva, j crtez i svi podaci na njemu vlasništvo su poduzeća CONING. Koristi se u neodgovorene svrhe povlači obvezu obaveštavanja. Sva prava pridržana.



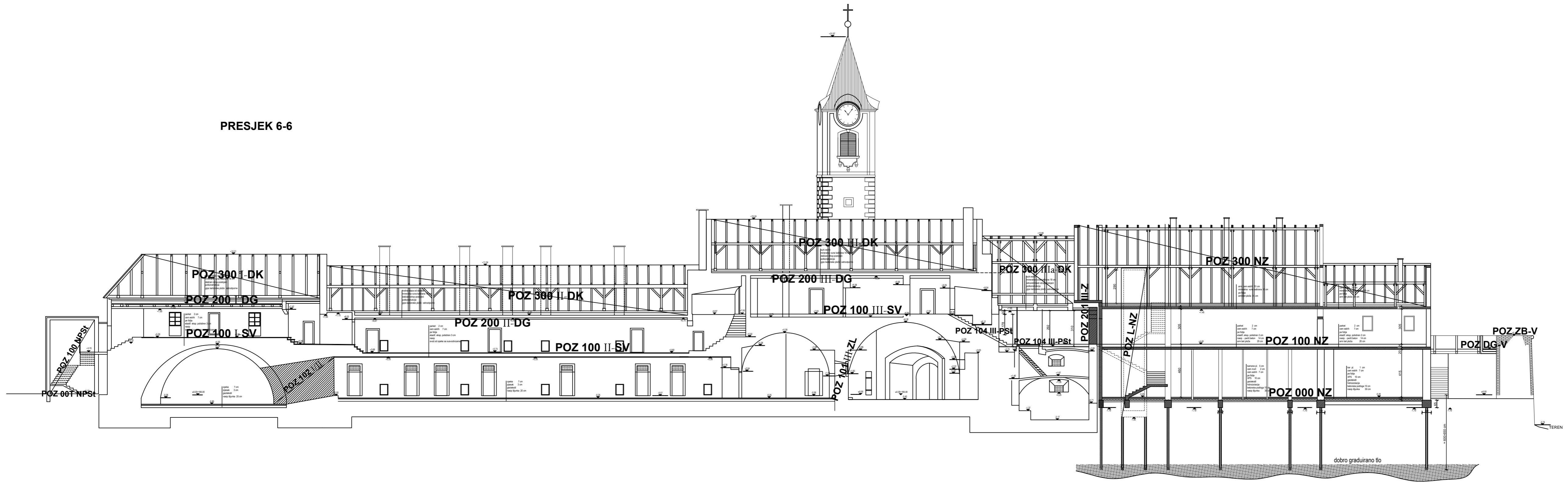
Napomene	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
Izmjene i dopune	Datum
Investitor MEDIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC Ruđera Boškovića 2	
Građevina BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU -REKONSTRUKCIJA	
Vrsta i naziv projekta GLAVNI PROJEKT PROJEKT KONSTRUKCIJE	
Autor idejnog rješenja	
Glavni projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ. Projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Suradnici MERY HUTINSKI, građ.teh.	
Sadržaj NACRT POZICIJA KONSTRUKCIJA KROVIŠTA- POZ 300	
Zajed. oznaka projekta 6107/15-BČ	Id. broj
Interni br. projekta 6107/15	Format A3+
Datum 12.2015	Mjerilo 1:200
Oznaka nacrt 4.0.	Lis/Listova 1/1



This drawing and all the information contained in it are the copyright of CONING. Any unauthorized usage empowers CONING to indemnification. All rights reserved.

Dva.j crtez i svi podaci na njemu vlasništvo su poduzeća CONING. Koristi se u neodgovorene svrhe povlači obvezu obaveštavanja. Sva prava pridržana.

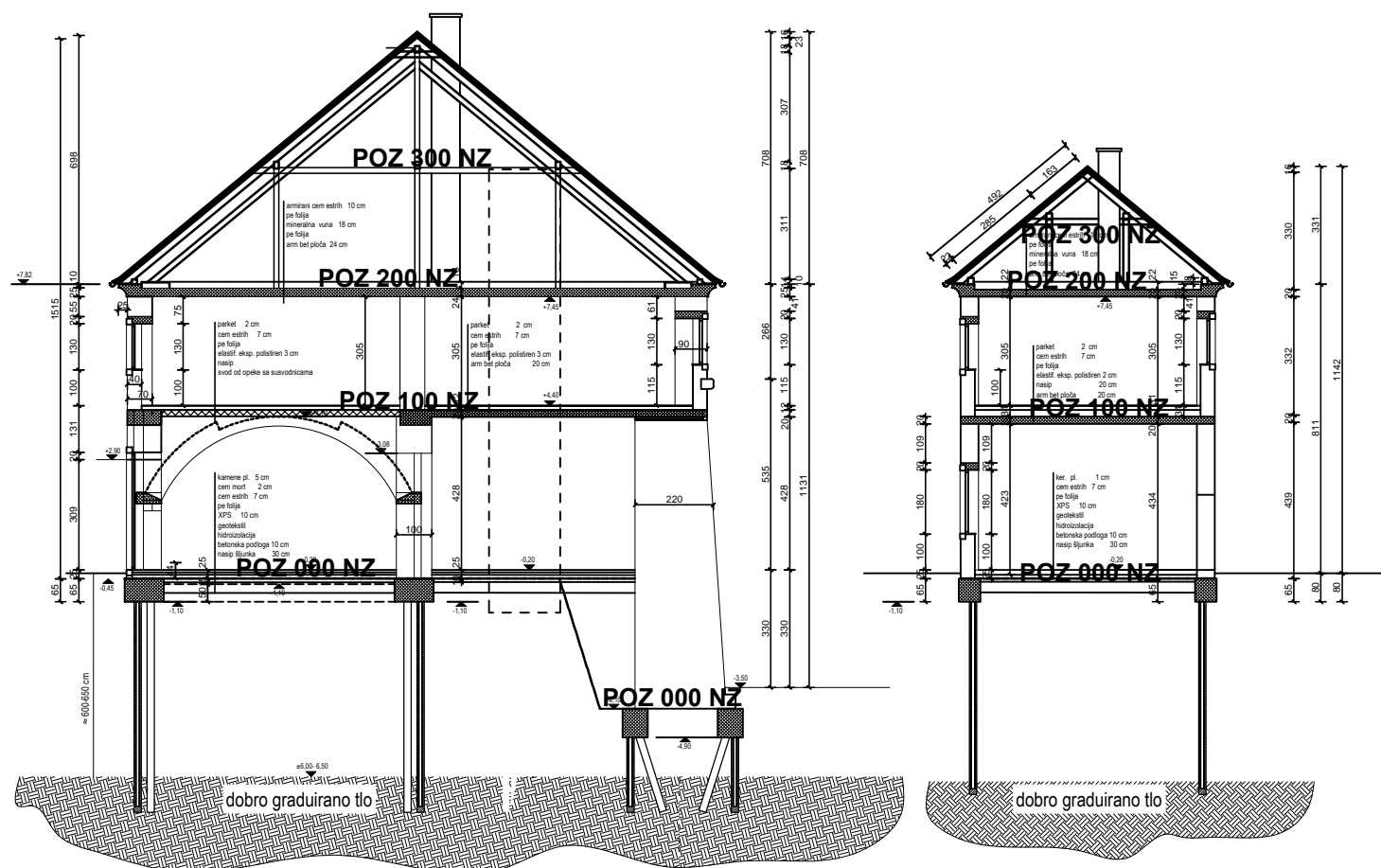
**PRESJEK 6-6**



Napomene	
6	
5	
4	
3	
2	
1	
Izmjene i dopune	Datum
Investitor MEDIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC Ruđera Boškovića 2	
Građevina BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU -REKONSTRUKCIJA	
Vrsta i naziv projekta GLAVNI PROJEKT PROJEKT KONSTRUKCIJE	
Autor idejnog rješenja	
Glavni projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ. Projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Suradnici MERY HUTINSKI, građ.teh.	
Sadržaj NACRT POZICIJA NA UZDUŽNOM PRESJEKU	
Zajed. oznaka projekta 6107/15-BČ	Id. broj
Interni br. projekta 6107/15	Format A3+
Datum 12.2015	Mjerilo 1:200
Oznaka nacrt 5.0.	Lis/Listova 1/1








Napomene

6		
5		
4		
3		
2		
1		
Izmjene i dopune		Datum

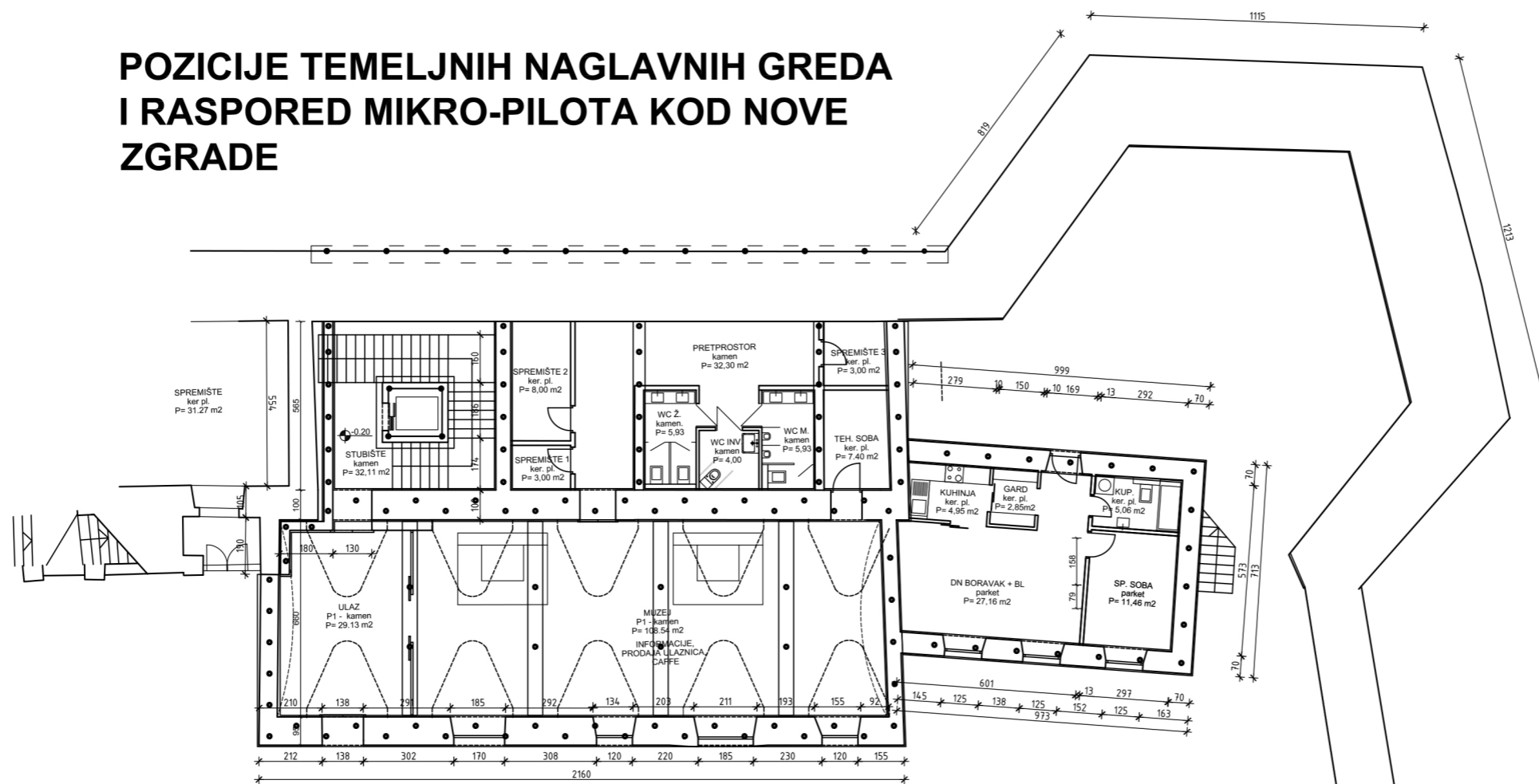
Investitor	MEĐIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC Ruđera Boškovića 2
Građevina	BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU -REKONSTRUKCIJA
Vrsta i naziv projekta	GLAVNI PROJEKT PROJEKT KONSTRUKCIJE
Autor idejnog rješenja	
Glavni projektant	IVAN PASKA, dipl.ing.građ.
Projektant	IVAN PASKA, dipl.ing.građ.
Suradnici	MERY HUTINSKI, građ.teh.

Sadržaj		
NACRT POZICIJA NA POPREČNOM PRESJEKU NOVE ZGRADE		
Zajed. oznaka projekta	Id. broj	
6107/15-BČ		
Interni br. projekta	Format	
6107/15	A3	
Datum	Mjerilo	
12.2015	1:100	
Oznaka nacrt	Lis/Listova	
6.0.	1/1	

This drawing and all the information contained in it are the copyright of CONNECTO PROJEKT d.o.o. Any unauthorized usage empowers CONNECTO PROJEKT d.o.o. to indemnification. All rights reserved.

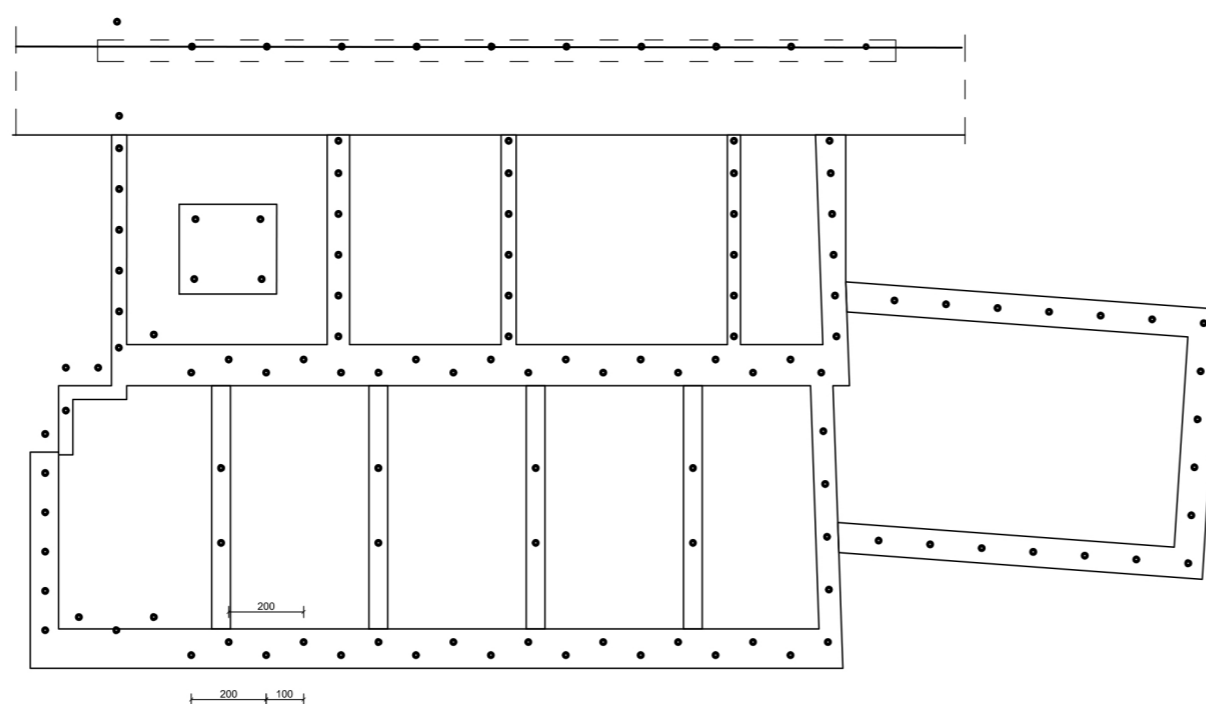
Ovaj crtež i svi podaci na njemu vlasništvo su poduzeća CONNECTO PROJEKT d.o.o. Korištenje u nedogovorene svrhe povlači obvezu obeštećenja. Sva prava pridržana.

# POZICIJE TEMELJNIH NAGLAVNIH GREDA I RASPORED MIKRO-PILOTA KOD NOVE ZGRADE



## POZICIJA 000 NZ

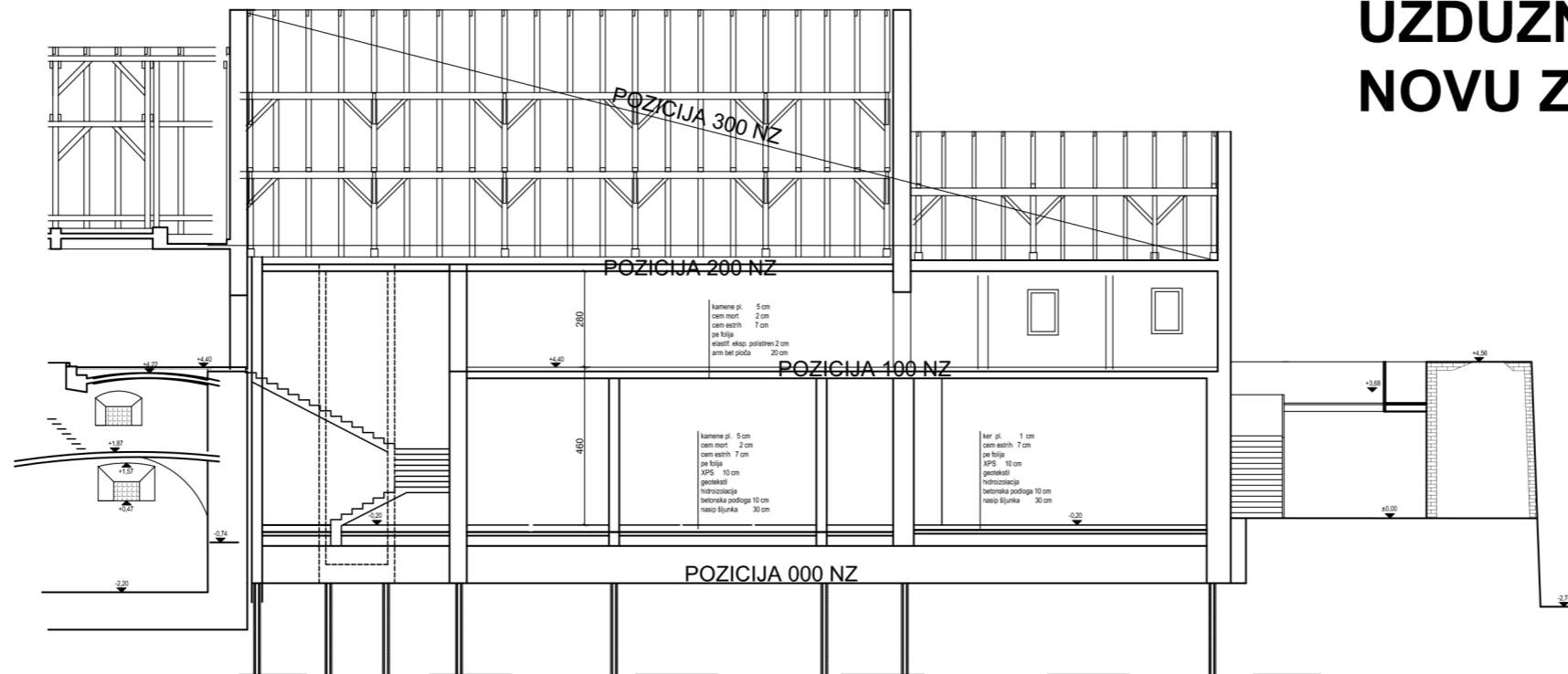
# TLOCRT SAMO TEMELJNIH NAGLAVNIH GREDA I MIKRO-PILOTA



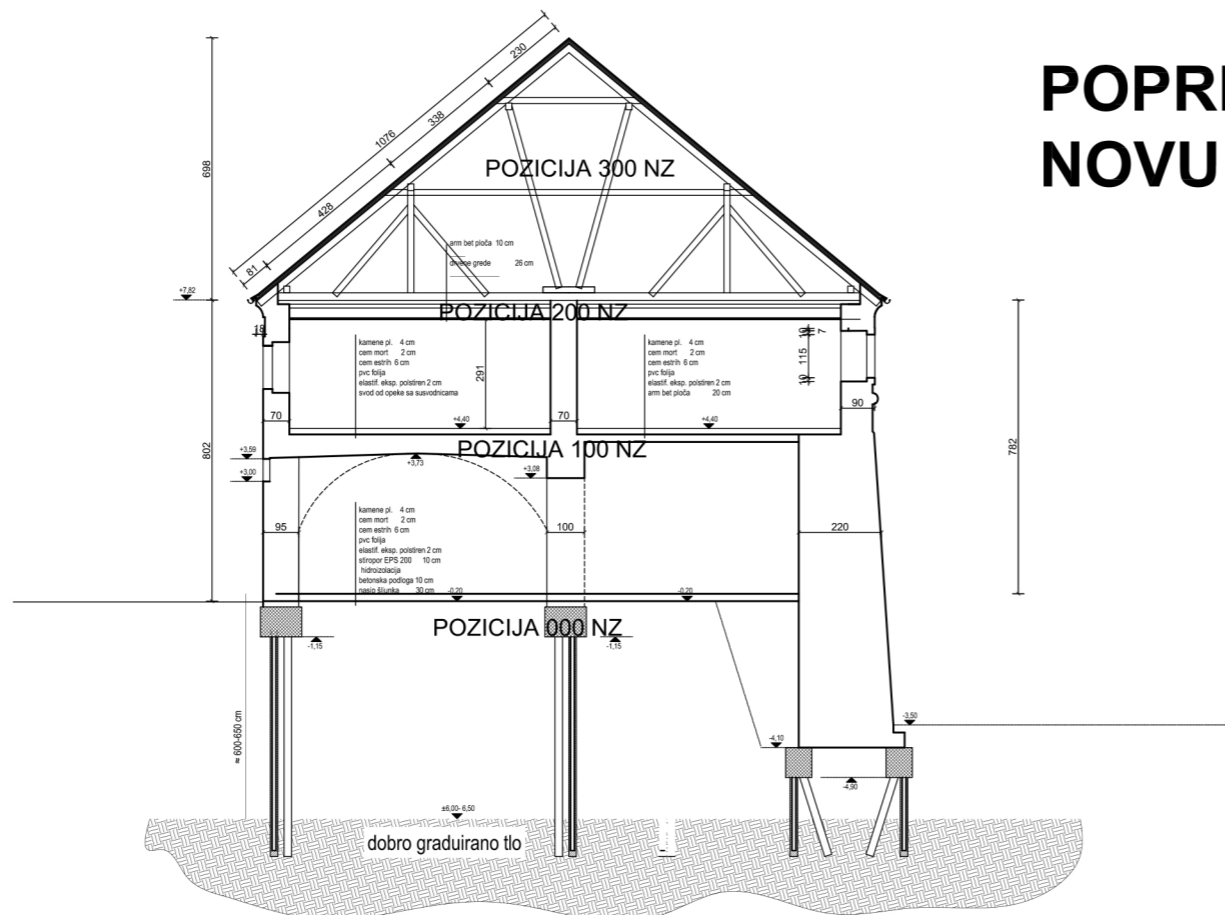
Investitor MEĐIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC Ruđera Boškovića 2	
Građevina BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU -REKONSRTUKCIJA	
Vrsta i naziv projekta GLAVNI PROJEKT	
Glavni projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Suradnik	
Sadržaj PLAN POZICIJA TEMELJNIH NAGLAVNIH GREDA I POLOŽAJA MIKRO-PILOTA KOD NOVE ZGRADE POZICIJA 000 NZ	
Zajed. oznaka projekta 6107/15-BČ	Id. broj
Interni br. projekta 6107/15	Format A3
Datum 10.2015	Mjerilo 1:200
Oznaka nacrt 7.0.	Lis/Listova



## UZDUŽNI PRESJEK KROZ NOVU ZGRADU



## POPREČNI PRESJEK KROZ NOVU ZGRADU



Investitor MEĐIMURSKA ŽUPANIJA, ČAKOVEC Ruđera Boškovića 2	
Građevina BASTIONI STAROG GRADA U ČAKOVCU -REKONSRTUKCIJA	
Vrsta i naziv projekta  GLAVNI PROJEKT	
Glavni projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Projektant IVAN PASKA, dipl.ing.građ.	
Suradnik	
Sadržaj PLAN POZICIJA NOVE ZGRADE U PRESJECIMA POZICIJA 100 NZ	
Zajed. oznaka projekta 6107/15-BČ	Id. broj
Interni br. projekta 6107/15	Format A3
Datum 10.2015	Mjerilo 1:200
Oznaka nacrt 8.0.	Lis/Listova



## LITERATURA

[1] B. Soldo: Geotehnički elaborat za potrebe rekonstrukcije bastiona Starog grada u Čakovcu, Ured ovlaštenog inženjera građevinarstva Božo Soldo, Varaždin, 2015.

[2] M. Šuput: Arhitektonski projekt – snimak postojećeg stanja, Connecto Projekt d.o.o., Varaždin, 2015.

[3] M. Šuput: Arhitektonski projekt – novo stanje, Connecto Projekt d.o.o., Varaždin, 2015.

[4] Geotehnički izvještaj o istražnim geotehničkim radovima na unutrašnjem jugoistočnom dijelu palače Stari grad Čakovec, Viša geotehnička škola Varaždin, RGN fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin, listopad 1977.

[5] Geotehnički elaborat za objekt Starog grada u Čakovcu, Fortifikacija Starog grada Čakovec, Viša geotehnička škola Varaždin, RGN fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin, rujan 1988.

[6] Projekt sanacije temelja Radiostanice - Stari grad Čakovec, Tehnički uvjeti izvedbe temeljenja - mikropilota, Poduzeća za projektiranje i građenje Conex, Zagreb, prosinac, 1995.

[7] Sanacija bedema dilatacija IV i V. Geotehničko izvješće i geotehničke analize, Geoexpert GTB, Zagreb, prosinac, 2005.

[8] Web stranice:

<http://www.arhitekti-hka.hr/hr/strucno-usavrsavanje/stari-grad-cakovec---obnova-utvrde,805.html>

[https://bib.irb.hr/datoteka/647272.Braun-Sigmund\\_OTMC2013.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/647272.Braun-Sigmund_OTMC2013.pdf)

**POPIS SLIKA**

<i>Slika 1.1. Nekadašnji izgled Starog grada</i> .....	2
<i>Slika 2.1. Položaj predmetne lokacije u Čakovcu</i> .....	3
<i>Slika 2.2. Kompleks Starog grada Zrinskih</i> .....	4
<i>Slika 3.1. Tlocrtna skica prikaza dilatacija</i> .....	5
<i>Slika 3.2. Polukružni svod prizemlja</i> .....	6
<i>Slika 3.3. Oštećenje lukova na I.katu</i> .....	7
<i>Slika 3.4. Nenatkrivena terasa SZ bastiona</i> .....	7
<i>Slika 3.5. Kosa ploha zida SZ bastiona</i> .....	8
<i>Slika 3.6. Ojačanje postojećih zidova I. kata</i> .....	9
<i>Slika 3.7. Injektiranje zida u prizemlju i katu</i> .....	10
<i>Slika 3.8. Dva bočna stubišta ulaznog bastiona</i> .....	11
<i>Slika 3.9. Natkrivena terasa ulaznog bastiona</i> .....	12
<i>Slika 3.10. Glavni ulaz u bastion</i> .....	13
<i>Slika 3.11. Strop bivše radi stanice</i> .....	13
<i>Slika 3.12. Srušena građevina iz 18.st.</i> .....	14
<i>Slika 3.13. Zid utvrde - kurtina</i> .....	15
<i>Slika 3.14. Sanacija peterokutnog bastiona</i> .....	15
<i>Slika 3.15. Sanacija peterokutnog bastiona</i> .....	16
<i>Slika 3.16. Zid istočne kurtine</i> .....	16
<i>Slika 4.1. Prikaz dva postojeća zida</i> .....	18
<i>Slika 4.2. Skica uzdužnog i poprečnog presjeka</i> .....	19
<i>Slika 4.3. Tlocrt prostora bočnog dvorišnog stubišta</i> .....	20
<i>Slika 4.4. Oštećenje grudobrana SZ bastiona</i> .....	21
<i>Slika 4.5. Pukotine u zidovima I. i II.dilatacije</i> .....	21
<i>Slika 4.6. Postojeće drveno stubište</i> .....	22
<i>Slika 4.7. Presjek tornja</i> .....	22
<i>Slika 4.8. Privremena drvena nadstrešnica</i> .....	23
<i>Slika 4.9. Drveni grednik I. kata</i> .....	24
<i>Slika 4.10. Postojeći unutarnji uzdužni zid I. kata</i> .....	25
<i>Slika 4.11. Postojeće stanje grudobrana</i> .....	26
<i>Slika 4.12. Pod prostorije na katu III.dilatacije</i> .....	27
<i>Slika 4.13. Pod natkrivene terase bastiona</i> .....	27



<i>Slika 4.14. Dvorišna fasada ulaznog bastiona</i> .....	28
<i>Slika 4.15. Prikaz zazidanog otvora u prizemlju</i> .....	29
<i>Slika 4.16. Zazidani otvora prozora u prizemlju</i> .....	30
<i>Slika 4.17. Detaljniji prikaz desnog bočnog stubišta</i> .....	30
<i>Slika 4.18. Krajnji zid "radiostanice"</i> .....	31
<i>Slika 4.19. Postojeće drveno stubište</i> .....	32
<i>Slika 4.20. Zgrada iz 18. stoljeća</i> .....	33
<i>Slika 4.21. Sanacija zida bastiona, 2006. godine</i> .....	35
<i>Slika 4.22. Istočni zid bastiona</i> .....	36
<i>Slika 4.23. II bastion i zid kurtine</i> .....	36
<i>Slika 5.1. Položaj istražnih bušotina i sondažnih jama</i> .....	37
<i>Slika 5.2. Profil tla između bušotina B1, B2 i B3</i> .....	39
<i>Slika 5.3. Profil tla između bušotina B3 i B5</i> .....	40
<i>Slika 5.4. Profil tla između bušotina B4 i B6</i> .....	41
<i>Slika 5.5. Karakteristični profil položaja starog temelja</i> .....	42
<i>Slika 5.6. Položaj bušotina i istražnih jama</i> .....	43
<i>Slika 5.7. Profili položaja dubine temelja preko jama</i> .....	45
<i>Slika 5.8. Geomehničke korelacije za ocjenu karakt.parametara koherentnih vrsta tla</i> .....	46
<i>Slika 5.9. Korelacija kuta trenja s indeksom plastičnosti prirodnih materijala</i> .....	47
<i>Slika 5.10. Graf funkcije <math>D_r = D_r(N)</math></i> .....	48
<i>Slika 5.11. Iskustvene vrijednosti kuta unutrašnjeg trenja za nekoherentna tla</i> .....	49
<i>Slika 5.12. Dijagram korelacija za nekoherentno tlo</i> .....	49
<i>Slika 5.13. Nosivost pilota na tlak i na vlak</i> .....	50
<i>Slika 5.14. Odnos faktora korekcije i nedrenirane čvrstoće</i> .....	51
<i>Slika 5.15.: Ovisnost <math>\beta</math> o kutu unutarnjeg trenja <math>\varphi</math></i> .....	52
<i>Slika 5.16. Zone naprezanja kod pilota i grupe pilota</i> .....	55
<i>Slika 5.17. Slijeganje jednog pilota</i> .....	56
<i>Slika 5.18. Slijeganje jednog pilota</i> .....	58
<i>Slika 5.19. Odnos faktora korekcije i nedrenirane čvrstoće</i> .....	59
<i>Slika 5.20. Bjerumovi dijagrami za faktore <math>\mu_1</math> i <math>\mu_0</math></i> .....	60
<i>Slika 5.21. Skica temelj, bušotina, čelična cijev</i> .....	61
<i>Slika 5.22. Perforiranje čelične cijevi 1,0 m od vrha cijevi</i> .....	62
<i>Slika 5.23. Brtva sa spojem čelične i okiten cijev</i> .....	62

<i>Slika 5.24. Presjek bušotine s namještenim cijevima i pakerom .....</i>	<i>62</i>
<i>Slika 5.25. Presjek okomit na bedem.....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 5.26. Predložena sanacija mikropilotima .....</i>	<i>64</i>
<i>Slika 5.27. Karakteristični profil tla.....</i>	<i>65</i>

## **POPIS TABLICA**

<i>Tablica 5.1. Geotehnički profili bušotina.....</i>	<i>44</i>
<i>Tablica 5.2. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava koherentnog tla.....</i>	<i>47</i>
<i>Tablica 5.3. Odnos fizičkih i mehaničkih svojstava nekoherentnog tla.....</i>	<i>48</i>
<i>Tablica 5.4. Sastav i svojstva injekcijske smjese na 100 kg suhe tvari cementa.....</i>	<i>63</i>

**PRILOZI**

P1 - TLOCRT PRIZEMLJA

P2 - TLOCRT KATA

P3 -TLOCRT DRVENIH GREDNIKA

P4 -TLOCRT KROVIŠTA

P5 -UZDUŽNI PRESJEK

P6 - POPREČNI PRESJECI

P7 - TLOCRTNI POLOŽAJ NAGLAVNIH GREDA I MIKROPILOTA

P8 - PRESJEK TEMELJENJA GRAĐEVINE

Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SIEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, SARA ZADRAVEC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA I REKONSTRUKCIJA BASTIONA STAROG GRADA ŽRINSKI U ŽAKOVCI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Sara Zadavec  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, SARA ZADRAVEC (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SANACIJA I REKONSTRUKCIJA BASTIONA STAROG GRADA ŽRINSKI U ŽAKOVCI (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Sara Zadavec  
(vlastoručni potpis)