

# Temeljenje na zamjenskom sloju poslovne građevine "Plodine" u Metkoviću

---

Putica, Lovro

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:088667>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-07**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Lovro Putica**

**Split, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Temeljenje na zamjenskom sloju poslovne građevine**  
**"Plodine" u Metkoviću**

**Završni rad**

**Split, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	<b>PREDDIPLOMSKI GRAĐEVINARSTVO</b>	<b>SVEUČILIŠNI</b>	<b>STUDIJ</b>
KANDIDAT:	LOVRO PUTICA		
MATIČNI BROJ (JMBAG):	0083225719		
KATEDRA:	Katedra za geotehniku		
PREDMET:	Mehanika tla i temeljenje		

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema:** Temeljenje na zamjenskom sloju poslovne građevine "Plodine" u Metkoviću

**Opis zadatka:** Za potrebe temeljenja objekta Plodine u Metkoviću - supermarketa s trgovačkom, uredskim i ugostiteljskim sadržajem izvršeni su geotehnički istražni radovi. Rezultati istražnih radova zajedno s građevinskim projektom konstrukcije su prilog ovog zadatka. Zbog uglavnom mekih i rastresitih površinskih slojeva tla na lokaciji, na temelju poznatih podataka o građevini i svojstvima tla, potrebno je razraditi varijantu temeljenja na poboljšanom tlu na način da se izvrši zamjena materijala do dubine koja odgovara razini pojave podzemne vode. Odrediti nosivost i očekivano slijeganje od zadanog opterećenja prema projektu konstrukcije. Geostatički proračun te provjeru graničnih stanja nosivosti/upotrebljivosti provesti prema Eurokodu 7 (HRN 1997-1:2012/NA).

U Splitu, 28.03.2023. godine

Voditelj Završnog rada:

izv. prof. dr. sc. Nataša Stambuk Cvitanović

*Sažetak:*

U Metkoviću je predviđena izgradnja građevine poslovne namjene - supermarket "PLODINE" s trgovačkim, uredskim i ugostiteljskim sadržajem. Potrebno je provjeriti granična stanja nosivosti i uporabljivosti po EC 7 za postojeći materijal i za zamjenski materijal

*Ključne riječi:*

supermarket, dimenzioniranje, nosivost, slijeganje

## **Foundation on the replacement layer of the business building "Plodina" in Metković**

**Abstract:**

In Metković, the construction of a business building is planned - a "PLODINE" supermarket with commercial, office and catering facilities. It is necessary to check the limit states of load capacity and usability according to EC 7 with the existing material and replacement layer

*Keywords:*

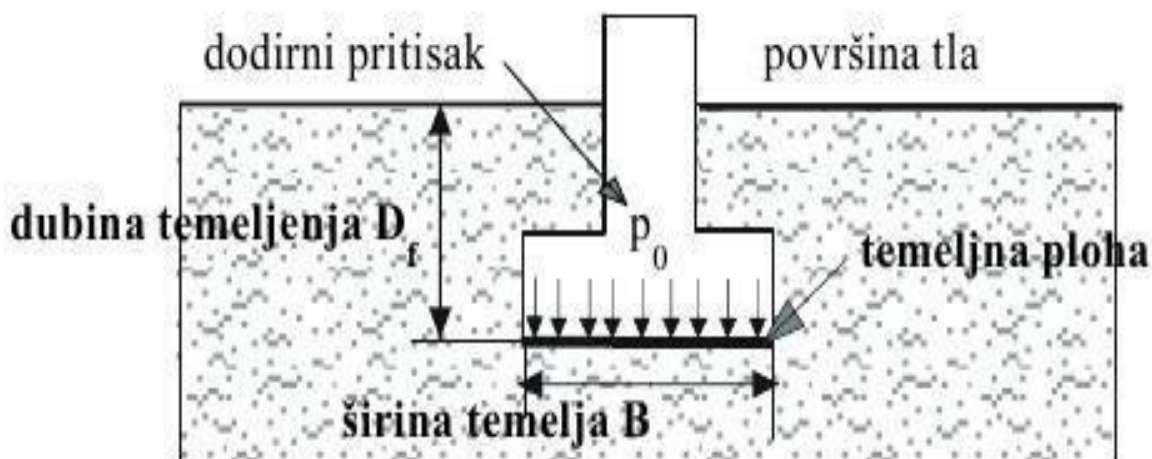
supermarket, dimensioning, bearing capacity, settlement

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Opis zadataka.....	3
1.2. Osvrt na geotehničke istražne radove .....	4
1.3. Geotehničke značajke lokacije .....	5
2. DIMENZIONIRANJE TEMELJA ZA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI .....	6
2.1. Uvod u proračun .....	6
3. PRORAČUN SLIJEGANJA - GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI .....	19
4. ZAKLJUČAK .....	30
5. LITERATURA .....	31
6. PRILOZI.....	32

## 1. UVOD

Temelj je dio građevine kojim se opterećenja iz kontroliranog nadzemnog dijela prenose u prirodnu sredinu, tlo, na način da građevina bude upotrebljiva i stabilna. Temelj je sastavni dio svake građevine, a oblik temelja i dubina temeljenja ovise o vrsti građevine i osobinama tla ispod nje. Temelj nikad nije sam sebi svrha.



Slika 1. Osnovni pojmovi kod temelja

Način temeljenja ovisan je o nizu čimbenika koje je potrebno utvrditi prije projektiranja temelja. U protivnom temeljenje može biti ograničavajući čimbenik u ostvarivanju projektirane građevine kako tehnički tako pogotovo ekonomski. Plitko temeljenje podrazumijeva temeljenje na temeljima samcima, trakama, roštiljima, pločama i elastičnim nosačima. Ovi temelji opterećenje u tlo prenose dodirnom plohom temelj – tlo, za razliku od dubokih koji prenose opterećenje i bočnim stranicama. Osnovni smisao plitkog temeljenja je da opterećenje s građevine na tlo prenosi isključivo pritiskom temeljne plohe na tlo. Kriterijem nosivosti je predviđeno da postoji odgovarajuća sigurnost od prekoračenja nosivosti ispod temelja. Kriterijem slijeganja se treba osigurati da slijeganje bude unutar dopuštenih granica. Pojedinačni temelji ispod stupova se nazivaju samci.

Najčešće se projektiraju i izvode kvadratnih ili pravokutnih osnova. Kvadratne osnove su optimalne u situacijama kada se temeljem samcem prenosi centrično vertikalno opterećenje. Ukoliko je opterećenje ekscentrično ili ukoliko postoje prostorna ograničenja koja onemogućavaju izvođenje kvadratnog temelja, rade se pravokutne osnove.

Poboljšanje tla izvodi se tamo gdje je moguće, nakon zahvata izvesti, na tako poboljšanom tlu, plitko temeljenje. Poboljšanje temeljnog tla izvodi se pretežno u plićim slojevima. Posebno se to odnosi na tla sklona likvefakciji, za koja je utvrđeno da se pružaju od površine do približno 10 m dubine. Pretpostavka je da ispod tih dubina dolazi do zbijanja tla uslijed vlastite težine te da u prirodi ima malo mogućnosti da se tla loših svojstava pojave ispod te dubine. Današnji strojevi mogu izvoditi poboljšanja i na većim dubinama, ako je potrebno.

Poboljšanja temeljnog tla u određenim slučajevima mogu biti vrlo učinkovita i ekonomski opravdanija od dubokog temeljenja. U nekim slučajevima je neizbježno, u nekim slučajevima moguće, a u nekim nedopustivo. Ovo treba razmotriti prije projektiranja načina temeljenja.

Svrha poboljšanja temeljnog tla je:

- povećanje nosivosti na dodirnoj plohi temelj – tlo, odnosno povećanje nosivosti sloja tla na kojem neposredno leži temelj ili kolnička konstrukcija,
- smanjenje slijeganja tla ispod nasipa i temelja uslijed dodatnog opterećenja nasipom ili temeljima,
- povećanje nosivosti sloja tla i smanjenje slijeganja tog istog sloja,
- smanjenje slijeganja tla u većim dubinama kada se dodatno naprezanje rasprostire u veće dubine,
- ubrzanje procesa konsolidacije tj. smanjenje vremena trajanja slijeganja,
- sprječavanje ili smanjenje mogućnosti pojave likvefakcije.



## 1.1. Opis zadataka

Na zahtjev investitora pristupilo se izradi glavnog projekta građenja građevine poslovne namjene - supermarket "PLODINE" s trgovačkim, uredskim i ugostiteljskim sadržajem u mjestu Metković, Grad Metković. Građenje poslovne građevine - supermarketeta s trgovačkim, uredskim i ugostiteljskim sadržajem u mjestu Metković, Grad Metković, na križanju Splitske ulice i Ulice Joakima Gotovca, na k.č. 6011, 6009/1, 6008/4, 6008/1, 6010, 6009/2, 6008/2, 6008/3, 6008/5 k.o. Metković odnosno prema novoj izmjeri k.č. 7867, 7866, 7865, 7864, 7863, 7862, 7861, 7860. Građevina se sastoji od prizemlja i kata pri čemu je dvoetažnost ostvarena na manjem dijelu razvijene površine, a veći dio građevine kojeg čine prodajni prostor i skladište je jednoetažan.

Objekt se izvodi kao polumontažna armiranobetonska hala pravilnog pravokutnog oblika dimenzija 50 x 50 s rasterom stupova 10,8 m (u smjeru primarnih nosača) i 16,4 m (u smjeru sekundarnih nosača). Objekt je jednoetažni osim dijela iznad rashladnih komora i mesnice gdje su na katu smješteni uredski prostori, garderobe, sanitarije za djelatnike i kompresorska stanica. Primarnu nosivu konstrukciju čine stupovi, krovni nosači i međukatna konstrukcija.

Građevine se grade na terenu sa slojevima opisanim u Izvještaju o geotehničkim istražnim radovima. Za potrebe temeljenja dana su opterećenja na stupu predmetne građevine koji opterećuje temelj. Dimenzije temelja određene su tako da moraju zadovoljiti uvjete za oba granična stanja, granično stanje nosivosti i granično stanje uporabljivosti. Za opisanu geotehničku situaciju, potrebno je izvršiti analizu slijeganja – provjeru graničnog stanja uporabljivosti, odnosno zbog pretpostavke o velikoj stišljivosti tla provjeriti je li izvedbom zamjenskog sloja moguće zadržati diferencijalna slijeganja u dopuštenim granicama prema Eurokodu 7 (HRN EN 1997-1), te po potrebi predložiti i druga moguća rješenja.

## **1.2. Osvrt na geotehničke istražne radove**

Svrha istražnih radova je prikupljanje podataka o karakteristikama lokacije, o općim i mehaničkim svojstvima tla potrebnim za provjeru stabilnosti, čvrstoće i deformabilnosti tla za vrijeme izgradnje i korištenja navedene građevine. Terenski istražni radovi na istraživanoj lokaciji sastojali su se od geomehaničkog istražnog bušenja i CPTU sondiranja. Terenska istraživanja su provedena u kolovozu 2021. godine.

### **Geotehničko sondažno bušenje**

Bušenje je provedeno strojnim bušenjem, metodom rotacijskog bušenja uz kontinuirano jezgrovanje. Materijal izbušene jezgre fotografiran je i pregledan od strane geomehaničara/geologa, te klasificiran u skladu s jedinstvenom metodom klasifikacije. Za vrijeme istražnog bušenja uzimani su reprezentativni poremećeni i neporemećeni uzorci pojedinih slojeva tla u skladu s normom EN ISO 22475-1 i otpremeni u geomehanički laboratorij na daljnju obradu i ispitivanje. U svrhu ocjene mehaničkih parametara tla, na terenu su izvedena „in situ” ispitivanja zbijenosti tla primjenom standardnog penetracijskog pokusa (SPP-a) u skladu sa normom EN ISO 22476-3. Dubinski intervali uzimanja neporemećenih uzoraka tla i provođenja „in situ“ pokusa određivani su tijekom bušenja, uz naglasak na dubinske intervale promjena materijala. Tijekom istražnog bušenja praćeno je da li se u bušotini pojavljuje podzemna voda (PPV), a po završetku istražnih radova mjerena je razina podzemne vode (RPV).

### **CPTU Sondiranje**

U sklopu terenskih radova izvedeno je „in situ“ ispitivanje tla statičkim penetrometrom (CPTU). Izvedene su ukupno 4 CPTU sonde. Sondiranje terena izvedeno je do dubina od 7,80 do 14,16 m. Penetracija je završena na dosegnutim dubinama zbog postizanje maksimalnog kapaciteta utiskivanja. CPTU sondiranje je utiskivanje u tlo cilindrične sonde-penetrometra, šiljatog vrha, konstantnom brzinom (20 mm/s) uz mjerenje otpora prodiranju šiljka, trenja po plaštu sonde i pornog tlaka induciranog prodiranjem sonde. Iz dobivenih podataka reinterpetirati će se sastav i mehaničke karakteristike tla (relativna zbijenost, nedreniranu posmičnu čvrstoću kod koherentnih materijala i kut unutrašnjeg trenja kod pjeskovitih materijala). Mjerenja su izvedena sukladno metodologiji i postupku opisanom u normi EN ISO 22476-1: Ground investigation and testing.

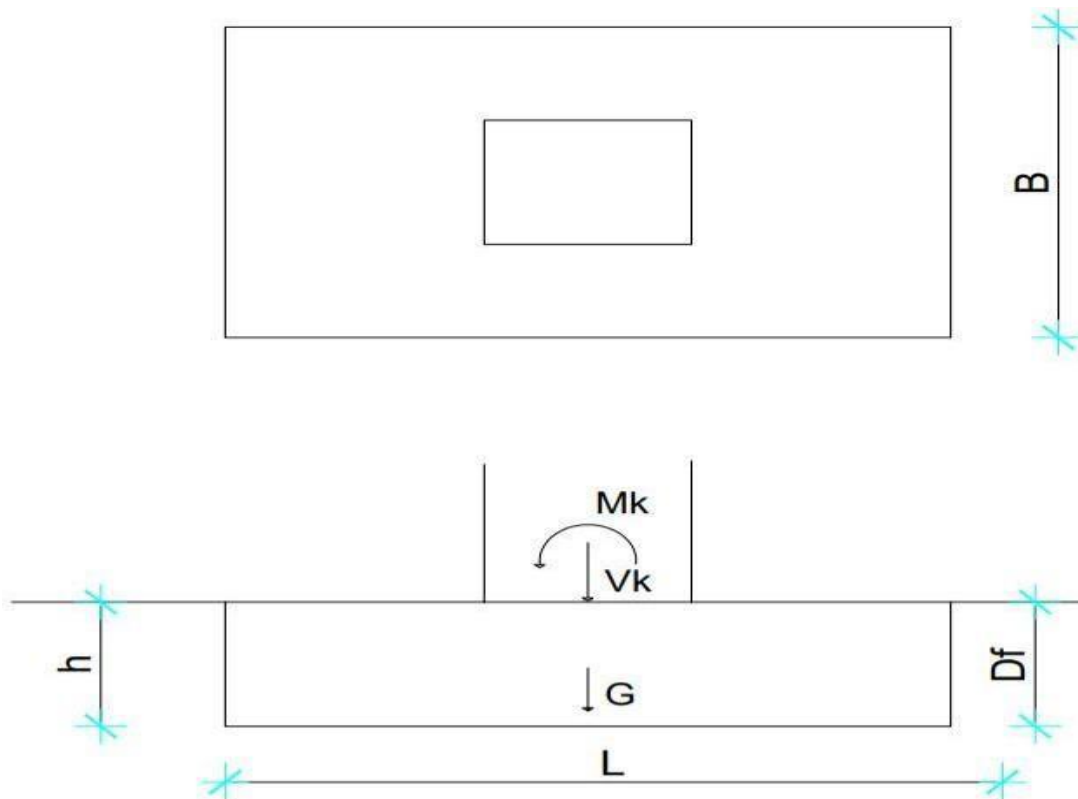
### 1.3. Geotehničke značajke lokacije

Geotehničke značajke lokacije su određene na temelju istražnih bušotina čiji je situacijski položaj prikazan u prilogu 1, a predmetnim izvještajem opisane su dvije geotehničke jedinice. Parametri čvrstoće i deformabilnosti geotehničkih jedinica određeni su na temelju rezultata SPT pokusa i laboratorijskih ispitivanja. Za sloj gline s nešto primjesama pijeska, meke do srednje konzistencije terenskim pokusima (standardni penetracijski pokus, SPT) utvrđen je broj udaraca potrebnih za prodiranje noža u tlo  $N_{nož} = 4$ . Ispitivanjem uzorka iz bušotine dobivena je vrijednost kohezije  $ck = 6 \text{ kPa}$ , kuta unutarnjeg trenja  $\varphi_k = 28^\circ$  i modula stišljivosti  $E_{oed} = 3 \text{ MPa}$ .

## 2. DIMENZIONIRANJE TEMELJA ZA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

### 2.1. Uvod u proračun

Za granično stanje nosivosti (nosivost tla ispod temelja) podrazumijeva se sposobnost tla da podnese opterećenja koja mu putem temelja predaju građevine izgrađene na njegovoj površini. Za potrebe dimenzioniranja, za ovo granično stanje, mora biti zadovoljen uvjet da ne dođe do loma tla ispod temelja. Proračun je proveden prema proračunskom pristupu 3 [(A1 d ili A2 e) + M2 + R3]. Dimenzije temelja odabrane su iskustveno a i iz toga su dobivene sljedeće dimenzije temelja prikazane na slici 2., a za koje je izvršena provjera graničnih stanja:



Slika 2. Prikaz dimenzija i opterećenja temelja

- visina temelja  $h=0,5$  m
- dubina temeljenja  $Df=0,5$  m
- dužina temelja  $B=2$  m
- širina temelja  $L=2$  m

Opterećenja temelja uglavnom nastaju djelovanjem konstrukcije koju pridržavaju. Ta opterećenja se preko temelja prenose u tlo koje se zbog toga deformira, što pak izaziva pomake, rotacije i deformacije temelja. Zbog zajedničkog među-djelovanja konstrukcije, temelja i tla, u većini slučajeva opterećenje temelja ovisi kako o krutosti konstrukcije, tako i o krutosti temelja i krutosti tla.

Drugim riječima, konstrukcija, temelj i tlo čine jedan jedinstveni sustav. U ovom slučaju stup opterećuje temelj s momentom (1) koji je u projektu konstrukcije ( Prilog 5 ) već uvećan s parcijalnim faktorom za trajno nepovoljna djelovanja prema tablici 1. i vertikalnom silom koja se skupa sa vlastitom težinom temelja (2) također uvećava s parcijalnim faktorom za djelovanja (3).

## **ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA OSNOVNA (STATIČKA) PRORAČUNSKA KOMBINACIJA Stup na poziciji C1 (tip S2)**

### **Bez poboljšanja**

$$M_d = 137 \text{ kNm ( 1 )}$$

$$G = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 2 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 25 = 67,5 \text{ kN ( 2 )}$$

$$V_d = V_k + G = 1615,5 + 67,5 = 1683 \text{ kN ( 3 )}$$

Za odabrani profil tla geotehničkim elaboratom dani su sljedeći karakteristični parametri sloja gline (uz korekciju prema preporukama Orr & Farrell, 1999).

- jedinična težina (iz laboratorijskih rezultata)  $\gamma = 19.1 \text{ kN/m}^3$
- kohezija (iz lab. rezultata)  $ck = 0.8 \cdot 6 = 4.8 \text{ kPa}$
- kut unutarnjeg trenja (iz lab. rezultata i CPT-a)  $\text{tg}\varphi_k = \text{tg}28^\circ = 0.95$
- edometarski modul (iz laboratorijskih rezultata)  $E_{\text{oed}} = 3.71 \cdot 0.8 = 3 \text{ MPa}$

Razina podzemne vode definirana je na dubini 2.85 m od površine terena

$$c_d = \frac{ck}{\gamma_c} = \frac{4.8}{1.25} = 3.84 \text{ kPa}$$

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_d} = \frac{\tan 27^\circ}{1.25}$$

$$\varphi_d = 22.18^\circ$$

Parcijalni faktori  $\gamma_c$  i  $\gamma\varphi$  i računavaju se također iz tablice 1.

Tablica 1. Parcijalni faktori po skupinama za granična stanja STR I GEO

(1) Parcijalni faktori djelovanja ( $\gamma_F$ ) i učinka djelovanja ( $\gamma_E$ )					
Djelovanja	simbol	A1	A2		
trajna nepovoljna	$\gamma_{G;sup}$	1.35	1.0		
povoljna	$\gamma_{G;inf}$	1.0	1.0		
promjenjiva nepovoljna	$\gamma_Q$	1.5	1.3		
povoljna	$\gamma_Q$	0	0		
(2) Parcijalni faktori svojstva materijala (tlo, stijena) ( $\gamma_M$ )					
Svojstvo	simbol	M1	M2		
tangens efektivnog kuta trenja	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25		
efektivna kohezija	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25		
nedrenirana i jednoosna čvrstoća	$\gamma_{cu}$ ili $\gamma_{qu}$	1.0	1.4		
težinska gustoća	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0		
(3) Parcijalni faktori otpora ( $\gamma_R$ ):					
Otpornost†	simbol	R1	R2	R3	R4
Plitki temelji nosivost	$\gamma_{R,v}$	1.0	1.4	1.0	-
klizanje	$\gamma_{R,h}$	1.0	1.1	1.0	-
Zabijeni piloti osnovica	$\gamma_b$	1.0	1.2	1.0	1.3
plašt (tlak)	$\gamma_s$	1.0	1.2	1.0	1.3
stopa+plašt (tlak)	$\gamma_t$	1.0	1.2	1.0	1.3
plašt (vlak)	$\gamma_{s,t}$	1.25	1.2	1.0	1.6
Bušeni piloti osnovica	$\gamma_b$	1.25	1.2	1.0	1.6
plašt (tlak)	$\gamma_s$	1.0	1.2	1.0	1.3
stopa+plašt (tlak)	$\gamma_t$	1.15	1.2	1.0	1.5
plašt (vlak)	$\gamma_{s,t}$	1.25	1.2	1.0	1.6
Prednapeta sidra privremena	$\gamma_{a,t}$	1.1	1.35	1.0	1.1
trajna	$\gamma_{a,p}$	1.1	1.5	1.0	1.1
Potporne konstrukcije nosivost	$\gamma_{R,v}$	1.0	1.4	1.0	-
klizanje	$\gamma_{R,h}$	1.0	1.1	1.0	-
otpor tla	$\gamma_{R,e}$	1.0	1.4	1.0	-
Kosine i opća stabilnost otpor tla	$\gamma_{R,e}$	1.0	1.1	1.0	-

## Reduciranje površine temelja

$$e_b = \frac{Md}{Vd} = \frac{137}{1804} = 0.075 \text{ m}$$

$$B' = B - 2 \cdot e_b = 1.85 \text{ m}$$

$$e_l = 0 \quad L' = L$$

$$A' = B' \cdot L' = 3.7 \text{ m}^2$$

$$q_f = c_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + \sigma'_{ov} \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i$$

$$N_q = e^{\pi \text{tg} \varphi_d} \cdot \text{tg}^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) e^{\pi \text{tg} 21.17} \cdot \text{tg}^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{22.18}{2} \right) = 7.96$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \varphi_d = (7.96 - 1) \text{ctg} (22.18^\circ) = 17.07$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \text{tg} \varphi_d = 2(7.96 - 1) \text{tg} (22.18^\circ) = 5.68$$

## nagib baze temelja

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1,0$$

## faktori oblika temelja

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{1.85}{2} \cdot \sin (22.18^\circ) = 1.35$$



$$s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B'}{L} = 1 - 0,3 \frac{1,85}{2} = 0,72$$

$$s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{(1,35 * 7,96) - 1}{7,96 - 1} = 1,4$$

### faktori nagiba rezultante djelovanja

$i_q, i_\gamma, i_c = 1,0 \rightarrow$  za uspravno djelovanje

$$q_f = 3,84 \cdot 17,07 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 + 9,55 \cdot 7,96 \cdot 1 \cdot 1,35 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1,85 \cdot 19,1 \cdot 5,68 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 1$$

$$q_f = 266,74 \text{ kPa}$$

$$E_d \leq R_d$$

$$\frac{V_{ed}}{A} \leq \frac{q_f}{\gamma_r}$$

$$\frac{1683}{3,7} \leq \frac{266,74}{1}$$

$487,56 \leq 266,74$  NE ZADOVOLJAVA

## S poboljšanjem

$$M_d = 137 \text{ kNm}$$

$$G = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 2 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 25 = 67,5 \text{ kN}$$

$$V_d = V_k + G = 1615,5 + 67,5 = 1683 \text{ kN}$$

Za odabrani profil tla geotehničkim elaboratom dani su sljedeći karakteristični parametri sloja gline:

- jedinična težina  $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- kohezija  $c_k = 0$
- kut unutarnjeg trenja  $\varphi_k = 37,5$
- modul stišljivosti  $E_{oed} = 60 \text{ MPa}$

**Razina podzemne vode definirana je na dubini 2.85 m od površine terena**

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_d} = \frac{\tan(37,5^\circ)}{1,25}$$

$$\varphi_d = 31,08^\circ$$

**Reduciranje površine temelja**

$$e_b = \frac{M_d}{V_d} = \frac{137}{1804} = 0,075 \text{ m}$$

$$B' = B - 2 \cdot e_b = 1,85 \text{ m}$$

$$e_l = 0 \quad L' = L$$

$$A' = B' \cdot L' = 3,7 \text{ m}^2$$

$$q_f = c_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + \sigma'_{ov} \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_c$$

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi_d} \cdot \operatorname{tg}^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) e^{\pi \operatorname{tg} 31,08} \cdot \operatorname{tg}^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{31,08}{2} \right) = 20,83$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \varphi_d = (20,83 - 1) \operatorname{ctg} (31,08^\circ) = 32,89$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \operatorname{tg} \varphi_d = 2(20,83 - 1) \operatorname{tg} (31,08^\circ) = 23,91$$

### nagib baze temelja

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1,0$$

### faktori oblika temelja

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{1,85}{2} \cdot \sin (31,08^\circ) = 1,47$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B'}{L} = 1 - 0,3 \frac{1,85}{2} = 0,72$$

$$s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{(1,47 \cdot 20,83) - 1}{20,83 - 1} = 1,52$$

### faktori nagiba rezultante djelovanja

$$i_q, i_\gamma, i_c = 1,0 \rightarrow \text{za uspravno djelovanje}$$

$$q_f = 0 + 10,5 \cdot 20,83 \cdot 1 \cdot 1,47 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1,85 \cdot 21 \cdot 23,91 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 1$$

$$q_f = 656,57 \text{ kPa}$$

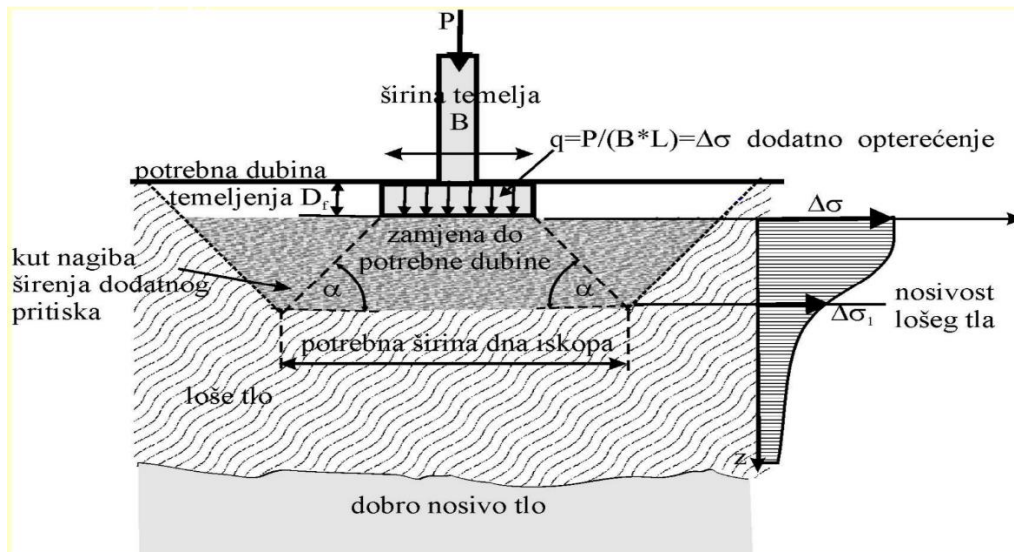
$$E_d \leq R_d$$

$$\frac{V_{ed}}{A'} \leq \frac{q_f}{\gamma_r}$$

$$\frac{1683}{3,7} \leq \frac{656,57}{1}$$

$$454,86 \leq 656,57 \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

( ISKORISTIVOST 70 % )



Slika 3. Prikaz zamjene temeljnog tla

### ANALIZA NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA DINAMIČKA (POTRESNA) PRORAČUNSKA KOMBINACIJA Stup na poziciji C4 (tip S1)

$$M_d = 437 \text{ kNm}$$

$$G = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 2 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 25 = 67,5 \text{ kN}$$

$$V_d = 655 + G = 1736,5 + 67,5 = 722,5 \text{ kN}$$

Za odabrani profil tla geotehničkim elaboratom dani su sljedeći karakteristični parametri sloja gline (uz korekciju prema preporukama Orr & Farrell, 1999.):

- jedinična težina (iz laboratorijskih rezultata)  $\gamma = 19,1 \text{ kN/m}^3$
- kohezija (iz lab. rezultata)  $c_k = 0,8 \cdot 6 = 4,8 \text{ kPa}$
- kut unutarnjeg trenja (iz lab. rezultata i CPT-a)  $\text{tg}\varphi_k = \text{tg}28^\circ \cdot 0,95 \Rightarrow \varphi_k = 27^\circ$
- edometarski modul (iz laboratorijskih rezultata)  $E_{oed} = 3,71 \cdot 0,8 = 3 \text{ MPa}$

Razina podzemne vode definirana je na dubini 2.85 m od površine terena

$$c_d = \frac{c_k}{\gamma_c} = \frac{4,8}{1,25} = 3,84 \text{ kPa}$$

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_d} = \frac{\tan(27^\circ)}{1.25}$$

$$\varphi_d = 22.18^\circ$$

### Reduciranje površine temelja

$$e_b = \frac{Md}{Vd} = \frac{437}{722.5} = 0.6 \text{ m}$$

$$B' = B - 2 * e_b = 0.8 \text{ m}$$

$$e_l = 0 \quad L' = L$$

$$A' = B' * L' = 1.6 \text{ m}^2$$

$$q_f = c_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + \sigma'_{ov} \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i$$

$$N_q = e^{\pi t g \varphi_d} \cdot t g^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) e^{\pi t g 21.17} \cdot t g^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{22.18}{2} \right) = 7.96$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg } \varphi_d = (7.96 - 1) \text{ctg } (22.18^\circ) = 17.07$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) t g \varphi_d = 2(7.96 - 1) t g (22.18^\circ) = 5.68$$

### nagib baze temelja

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1,0$$

### faktori oblika temelja

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{0,8}{2} \cdot \sin (22,18^\circ) = 1,15$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B'}{L} = 1 - 0,3 \frac{0,8}{2} = 0,88$$

$$s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{(1,15 \cdot 7,96) - 1}{7,96 - 1} = 1,17$$

### faktori nagiba rezultante djelovanja

$$i_q, i_\gamma, i_c = 1,0 \rightarrow \text{za uspravno djelovanje}$$

$$q_f = 3,84 \cdot 17,07 \cdot 1 \cdot 1,17 \cdot 1 + 9,55 \cdot 7,96 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 + 0,5 \cdot 0,8 \cdot 19,1 \cdot 5,68 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1$$

$$q_f = 201,93 \text{ kPa}$$

$$E_d \leq R_d$$

$$\frac{V_{ed}}{A} \leq \frac{q_f}{\gamma_r}$$

$$\frac{722,5}{1,6} \leq \frac{201,93}{1}$$

$$451,56 \leq 201,93 \text{ NE ZADOVOLJAVA}$$

## Sa poboljšanjem

$$M_d = 437 \text{ kNm}$$

$$G = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 2 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 25 = 67,5 \text{ kN}$$

$$V_d = V_k + G = 655 + 67,5 = 722,5 \text{ kN}$$

Za odabrani profil tla geotehničkim elaboratom dani su sljedeći karakteristični parametri sloja gline:

- jedinična težina  $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- kohezija  $c_k = 0$
- kut unutarnjeg trenja  $\varphi_k = 37,5^\circ$
- modul stišljivosti  $E_{oed} = 60 \text{ MPa}$

Razina podzemne vode definirana je na dubini 2.85 m od površine terena

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi_k}{\gamma_d} = \frac{\tan(37,5^\circ)}{1,25}$$

$$\varphi_d = 31,08^\circ$$

## Reduciranje površine temelja

$$e_b = \frac{M_d}{V_d} = \frac{437}{722,5} = 0,6 \text{ m}$$

$$B' = B - 2 \cdot e_b = 0,8 \text{ m}$$

$$e_l = 0 \quad L' = L$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,6 \text{ m}^2$$

$$q_f = c_d \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + \sigma'_{ov} \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_c$$

$$N_q = e^{\pi t g \varphi_d} \cdot t g^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) e^{\pi t g 31,08} \cdot t g^2 \cdot \left( 45^\circ + \frac{31,08}{2} \right) = 20,83$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \varphi_d = (20.83 - 1) \operatorname{ctg} (31.08^\circ) = 32.89$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \operatorname{tg} \varphi_d = 2(20.83 - 1) \operatorname{tg} (31.08^\circ) = 23.91$$

### nagib baze temelja

$$b_c, b_q, b_\gamma = 1,0$$

### faktori oblika temelja

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \sin \varphi_d = 1 + \frac{0.8}{2} \cdot \sin (31.08^\circ) = 1.21$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \frac{B'}{L} = 1 - 0,3 \frac{0.8}{2} = 0.88$$

$$s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{(1.2 \cdot 20.83) - 1}{20.83 - 1} = 1.22$$

### faktori nagiba rezultante djelovanja

$$i_q, i_\gamma, i_c = 1,0 \rightarrow \text{za uspravno djelovanje}$$

$$q_f = 0 + 10,5 \cdot 20.83 \cdot 1 \cdot 1.21 \cdot 1 + 0,5 \cdot 10.8 \cdot 21 \cdot 23.91 \cdot 0.88 \cdot 1 \cdot 1$$

$$q_f = 466.77 \text{ kPa}$$

$$E_d \leq R_d$$

$$\frac{V_{ed}}{A} \leq \frac{q_f}{\gamma_r}$$

$$\frac{722.5}{1.6} \leq \frac{466.77}{1}$$

$$451.56 \leq 466.77 \quad \text{ZADOVOLJAVA}$$

( ISKORISTIVOST 98 % )



### **3. PRORAČUN SLIJEGANJA - GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI**

Slijeganje površine tla ili temelja je deformacija tla nastala zbog promjene (porasta) naprezanja u vertikalnom smjeru u tlu, te se najveća pozornost posvećuje upravo određivanju vertikalnih pomaka temelja tj. slijeganju. Veličina slijeganja, koju neka građevina može podnijeti bez posljedica naziva se dopušteno slijeganje (uvjet graničnog stanja uporabljivosti). Ono ovisi o ravnomjernosti sastava tla, raspodjeli opterećenja na tlo, statici objekta, konsolidaciji, krutosti konstrukcije kao i namjeni građevine. Analiza slijeganja se provodi kako se ne bi pojavila oštećenja koja bi ugrozila uporabljivost same građevine, stabilnost građevine, izgled građevine ili izazvala kvarove na građevini. Trenutno slijeganje ostvaruje istovremeno s nanošenjem opterećenja, kod slabo propusnih tala izazvano je deformacijama, dok kod nezasićenih i dobro propusnih tala, smanjenjem poroziteta i posmičnim deformacijama. Konsolidacijsko slijeganje nastaje deformacijom tla, a proces je usporen vremenski zbog ograničene brzine istjecanja vode i zraka iz pora tla. Ukupno slijeganje je prema preporuci HRN EN 1997-1:2012 ograničeno na 50mm za standardne građevine. Temelji samci, čiji je odnos širine i debljine takav im je progib od savijanja zanemariv u odnosu na slijeganje, u proračunu se pretpostavlja da su kruti. Zbog pretpostavke o prevelikoj stišljivosti tla na kojem će se graditi objekt, izvodi se zamjenski sloj dobro graduiranog šljunka GrW boljih svojstava u visini 2.85m neposredno ispod temelja (prilog 6) sa modulom stišljivosti od 60 MPa, a izračunava se ukupno slijeganje koje mora biti unutar dozvoljenih granica.

## Proračun slijeganja

Najveća sila prema GSU ( Prilog 6 ) , nalazi se na stupu D1 te se za taj stupu računa slijeganje bez poboljšanja i s poboljšanjem

## Bez poboljšanja

$$p = \frac{V_d}{B L'} = \frac{1172.9+67.5}{1.84 \cdot 1.953} = 345.18 \text{ kPa}$$

$$p_0 = p - \gamma \cdot D_f = 345.18 - 19.1 \cdot 0.5 = 335.63 \text{ kPa}$$

$z$	$z'$	$\gamma$	$\sigma'_{ov}$	$\bar{\sigma}_{ov}$	$z'/b$	$N_1$	$N_s$	$\Delta z$	$\Delta \sigma$	$\Delta \bar{\sigma}$
0.5	-	19.1	9.55	-	0	0.25	1	-	335.63	-
2.85	2.35	19.1	54.44	32	2.35	0.069	0.276	2.35	92.63	214.13
5	4.5	9.29	74.41	64.42	4.5	0.021	0.084	2.15	28.19	60.41
8.5	8	9.29	106.92	90.67	8	0.007	0.028	3.5	9.40	18.8

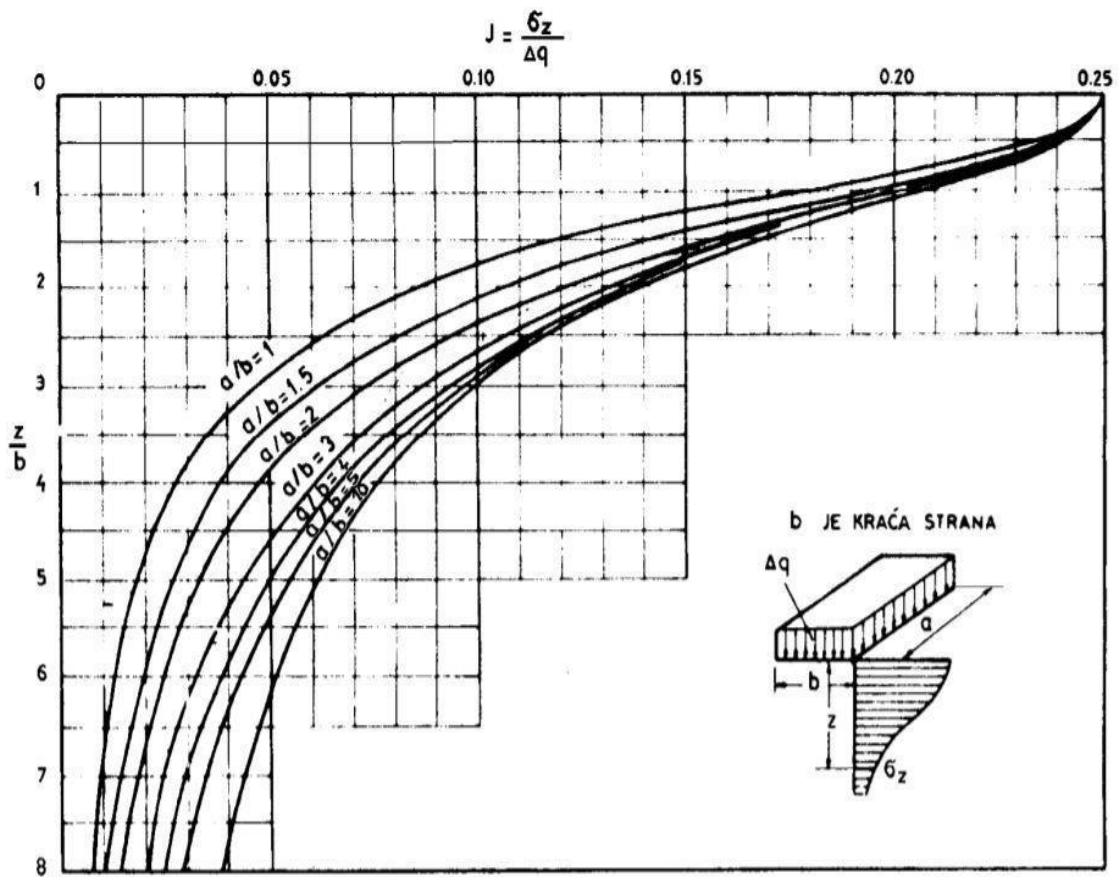
Prikaz mjernih jedinica

- $z$  (m)                       $\sigma'_{ov}$  ( kPa)       $\Delta \sigma$  ( kPa)
- $z'$  (m)                       $\bar{\sigma}_{ov}$  ( kPa)       $\Delta \bar{\sigma}$  ( kPa)
- $\gamma$  ( kN/m<sup>3</sup>)       $\Delta z$  (m)

Pojašnjenje oznaka i pripadajuće formule:

- vertikalno geostatičko efektivno naprezanje  $\sigma'_{ov} = \gamma \cdot \Delta z$  (kPa)
- $N_1$  - očitano iz dijagrama Steinbrenner-a (a=1 m ; b=1 m ; a/b ≈ 1)
- $N_s = 4 \cdot N_1$
- dodatno naprezanje  $\Delta \sigma = p_0 \cdot N_s$

$$s = \sum \frac{\Delta \sigma}{M_k} \Delta z = \frac{214.13}{3000} \cdot 235 + \frac{60.41}{3000} \cdot 215 + \frac{18.8}{3000} \cdot 350 = 23.3 \text{ cm}$$



Slika 4. Steinbrenner-ov dijagram

## Proračun slijeganja

### S poboljšanjem

$$p = \frac{V_d}{B L'} = \frac{1172.9+67.5}{1.84 \cdot 1.953} = 345.18 \text{ kPa}$$

$$p_0 = p - \gamma \cdot D_f = 345.18 - 21 \cdot 0.5 = 334.68 \text{ kPa}$$

$z$	$z'$	$\gamma$	$\sigma'_{ov}$	$\bar{\sigma}'_{ov}$	$z'/b$	$N_1$	$N_s$	$\Delta z$	$\Delta \sigma$	$\Delta \bar{\sigma}$
0.5	-	21	10.5	-	0	0.25	1	-	334.68	-
2.85	2.35	21	59.85	35.18	2.35	0.069	0.276	2.35	92.37	213.53
5	4.5	11.19	83.91	71.88	4.5	0.021	0.084	2.15	28.11	60.24
8.5	8	11.19	123.07	103.49	8	0.007	0.028	3.5	9.37	18.74

Pojašnjenje oznaka i pripadajuće formule:

- vertikalno geostatičko efektivno naprezanje  $\sigma'_{ov} = \gamma \cdot \Delta z$  (kPa)
- $N_1$  - očitano iz dijagrama Steinbrenner-a ( $a=1 \text{ m}$  ;  $b=1 \text{ m}$  ;  $a/b \approx 1$ )
- $N_s = 4 \cdot N_1$
- dodatno naprezanje  $\Delta \sigma = p_0 \cdot N_s$

$$s = \sum \frac{\Delta \sigma}{M_k} \Delta z = \frac{213.53}{60000} \cdot 235 + \frac{60.24}{3000} \cdot 215 + \frac{18.74}{3000} \cdot 350 = 7.34 \text{ cm}$$

## Proračun diferencijalnog slijeganja

Ostali stupovi duž osi 1 – područje najvećih kontaktnih naprezanja

## S poboljšanjem

Diferencijalna slijeganja se računaju prema GSU , samo s poboljšanim materijalom

### Stup F1

$$p = \frac{V_d}{B L'} = \frac{566.35+67.5}{1.723 \cdot 1.963} = 187.35 \text{ kPa}$$

$$p_0 = p - \gamma \cdot D_f = 187.35 - 21 \cdot 0,5 = 176.85 \text{ kPa}$$

$z$	$z'$	$\gamma$	$\sigma'_{ov}$	$\bar{\sigma}'_{ov}$	$z'/b$	$N_1$	$N_s$	$\Delta z$	$\Delta \sigma$	$\Delta \bar{\sigma}$
0.5	-	21	10.5	-	0	0.25	1	-	176.85	-
2.85	2.35	21	59.85	35.18	2.35	0.069	0.276	2.35	48.81	112.83
5	4.5	11.19	83.91	71.88	4.5	0.021	0.084	2.15	14.86	31.83
8.5	8	11.19	123.07	103.49	8	0.007	0.028	3.5	4.95	9.9

Pojašnjenje oznaka i pripadajuće formule:

- vertikalno geostatičko efektivno naprezanje  $\sigma'_{ov} = \gamma \cdot \Delta z$  (kPa)
- $N_1$  - očitano iz dijagrama Steinbrenner-a ( $a=1 \text{ m}$  ;  $b=1 \text{ m}$  ;  $a/b \approx 1$ )
- $N_s = 4 \cdot N_1$
- dodatno naprezanje  $\Delta \sigma = p_0 \cdot N_s$

$$s = \sum \frac{\Delta \sigma}{M_k} \Delta z = \frac{112.83}{60000} \cdot 235 + \frac{31.83}{3000} \cdot 215 + \frac{9.9}{3000} \cdot 350 = 3.88 \text{ cm}$$

## Stup E1

$$p = \frac{V_d}{B L'} = \frac{1261.44 + 67.5}{1.968 \cdot 1.998} = 337.92 \text{ kPa}$$

$$p_0 = p - \gamma \cdot D_f = 337.92 - 21 \cdot 0,5 = 327.42 \text{ kPa}$$

$z$	$z'$	$\gamma$	$\sigma'_{ov}$	$\bar{\sigma}'_{ov}$	$z'/b$	$N_1$	$N_s$	$\Delta z$	$\Delta\sigma$	$\Delta\bar{\sigma}$
0.5	-	21	10.5	-	0	0.25	1	-	327.42	-
2.85	2.35	21	59.85	35.18	2.35	0.069	0.276	2.35	90.37	208.89
5	4.5	11.19	83.91	71.88	4.5	0.021	0.084	2.15	27.50	58.94
8.5	8	11.19	123.07	103.49	8	0.007	0.028	3.5	9.17	18.34

Pojašnjenje oznaka i pripadajuće formule:

- vertikalno geostatičko efektivno naprežanje  $\sigma'_{ov} = \gamma \cdot \Delta z$  (kPa)
- $N_1$  - očitano iz dijagrama Steinbrenner-a ( $a=1$  m ;  $b=1$  m ;  $a/b \approx 1$ )
- $N_s = 4 \cdot N_1$
- dodatno naprežanje  $\Delta\sigma = p_0 \cdot N_s$

$$s = \sum_{M_k} \frac{\Delta\sigma}{M_k} \Delta z = \frac{208.89}{60000} \cdot 235 + \frac{58.94}{3000} \cdot 215 + \frac{18.43}{3000} \cdot 350 = 7.18 \text{ cm}$$

## Stup D1

$$p = \frac{V_d}{B L'} = \frac{1094.4+67.5}{1.843 \cdot 1.959} = 321.87 \text{ kPa}$$

$$p_0 = p - \gamma \cdot D_f = 321.87 - 21 \cdot 0,5 = 311.37 \text{ kPa}$$

$z$	$z'$	$\gamma$	$\sigma'_{ov}$	$\bar{\sigma}_{ov}$	$z'/b$	$N_1$	$N_s$	$\Delta z$	$\Delta \sigma$	$\Delta \bar{\sigma}$
0.5	-	21	10.5	-	0	0.25	1	-	311.37	-
2.85	2.35	21	59.85	35.18	2.35	0.069	0.276	2.35	85.94	198.65
5	4.5	11.19	83.91	71.88	4.5	0.021	0.084	2.15	26.16	56.05
8.5	8	11.19	123.07	103.49	8	0.007	0.028	3.5	8.72	17.44

Pojašnjenje oznaka i pripadajuće formule:

- vertikalno geostatičko efektivno naprezanje  $\sigma'_{ov} = \gamma \cdot \Delta z$  (kPa)
- $N_1$  - očitano iz dijagrama Steinbrenner-a ( $a=1 \text{ m}$  ;  $b=1 \text{ m}$  ;  $a/b \approx 1$ )
- $N_s = 4 \cdot N_1$
- dodatno naprezanje  $\Delta \sigma = p_0 \cdot N_s$

$$s = \sum_{M_k} \frac{\Delta \sigma}{M_k} \Delta z = \frac{198.65}{60000} \cdot 235 + \frac{56.05}{3000} \cdot 215 + \frac{17.44}{3000} \cdot 350 = 6.83 \text{ cm}$$

## Stup C1

Prethodno je već određeno:

$$s = 7.34 \text{ cm} = s_{\max}$$

## Stup B1

$$p = \frac{V_d}{B L'} = \frac{829.716 + 67.5}{1.773 \cdot 1.952} = 259.28 \text{ kPa}$$

$$p_0 = p - \gamma \cdot D_f = 259.28 - 21 \cdot 0.5 = 248.78 \text{ kPa}$$

$z$	$z'$	$\gamma$	$\sigma'_{ov}$	$\bar{\sigma}'_{ov}$	$z'/b$	$N_1$	$N_s$	$\Delta z$	$\Delta \sigma$	$\Delta \bar{\sigma}$
0.5	-	21	10.5	-	0	0.25	1	-	248.78	-
2.85	2.35	21	59.85	35.18	2.35	0.069	0.276	2.35	68.66	158.72
5	4.5	11.19	83.91	71.88	4.5	0.021	0.084	2.15	20.90	44.78
8.5	8	11.19	123.07	103.49	8	0.007	0.028	3.5	6.97	13.93

Pojašnjenje oznaka i pripadajuće formule:

- vertikalno geostatičko efektivno naprezanje  $\sigma'_{ov} = \gamma \cdot \Delta z$  (kPa)
- $N_1$  - očitano iz dijagrama Steinbrenner-a ( $a=1 \text{ m}$  ;  $b=1 \text{ m}$  ;  $a/b \approx 1$ )
- $N_s = 4 \cdot N_1$
- dodatno naprezanje  $\Delta \sigma = p_0 \cdot N_s$

$$s = \sum \frac{\Delta \sigma}{M_k} \Delta z = \frac{158.72}{60000} \cdot 235 + \frac{44.78}{3000} \cdot 215 + \frac{13.93}{3000} \cdot 350 = 5.46 \text{ cm}$$

\



## Stup A1

$$p = \frac{V_d}{B L'} = \frac{244.48+67.5}{1.345 \cdot 1.914} = 121.20 \text{ kPa}$$

$$p_0 = p - \gamma \cdot D_f = 121.20 - 21 \cdot 0,5 = 110.70 \text{ kPa}$$

$z$	$z'$	$\gamma$	$\sigma'_{ov}$	$\bar{\sigma}'_{ov}$	$z'/b$	$N_1$	$N_s$	$\Delta z$	$\Delta \sigma$	$\Delta \bar{\sigma}$
0.5	-	21	10.5	-	0	0.25	1	-	110.70	-
2.85	2.35	21	59.85	35.18	2.35	0.069	0.276	2.35	38.52	74.61
5	4.5	11.19	83.91	71.88	4.5	0.021	0.084	2.15	14.17	26.35
8.5	8	11.19	123.07	103.49	8	0.007	0.028	3.5	4.43	9.30

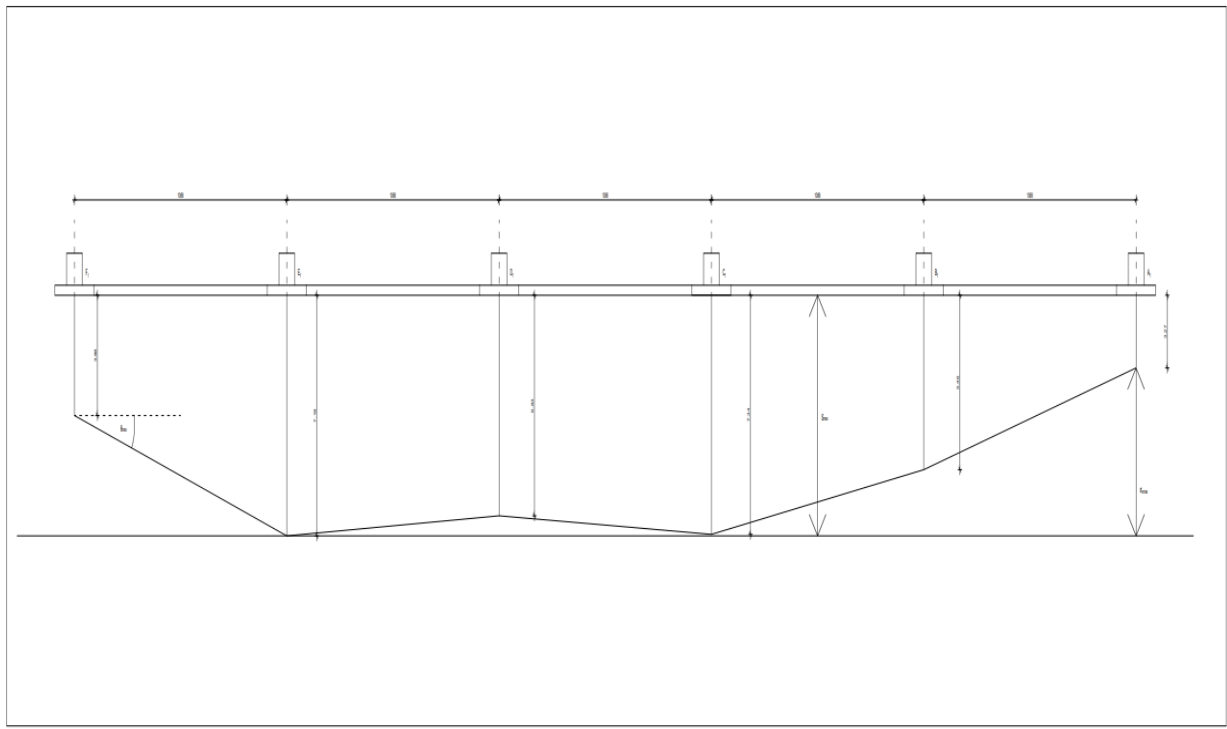
Pojašnjenje oznaka i pripadajuće formule:

- vertikalno geostatičko efektivno naprezanje  $\sigma'_{ov} = \gamma \cdot \Delta z$  (kPa)
- $N_1$  - očitano iz dijagrama Steinbrenner-a ( $a=1$  m ;  $b=1$  m ;  $a/b \approx 1$ )
- $N_s = 4 \cdot N_1$
- dodatno naprezanje  $\Delta \sigma = p_0 \cdot N_s$

$$s = \sum \frac{\Delta \sigma}{M_k} \Delta z = \frac{74.61}{60000} \cdot 235 + \frac{26.35}{3000} \cdot 215 + \frac{9.30}{3000} \cdot 350 = 3.27 \text{ cm}$$

Stup	Slijeganje (cm)
F	3.88
E	7.18
D	6.83
C	7.34
B	5.46
A	3.27

Najveća razlika između dva susjedna stupa je kod stupova E1 i F1 i iznosi 3.30 cm



Slika 5. Prikaz diferencijalnih slijeganja

Usporedbom dobivenih vrijednosti i graničnih vrijednosti slijeganja prema Eurokodu 7, zadovoljeni su uvjeti za ukupno slijeganje ( $s \leq 80 \text{ mm}$ ) i relativno diferencijalno slijeganje ( $\Delta s_{\max}/L = 0.0007 \leq 0.0015$ ) za višekratne okvirne građevine, kao i za kut zaokreta za pripadajuće konstrukcije ( $\Theta = 0.003 \leq 0.005$ ).

Granične vrijednosti prema Eurokodu prikazane na slici 3

Tablica H.1(HR) – Granične vrijednosti slijeganja

Vrsta građevine	Maksimalno ukupno konačno slijeganje $s_{m, \text{lim}}$		Relativno diferencijalno slijeganje		
	Vrijednost [mm]		Definicija	Vrijednost	Oznaka odgovarajućeg kuta
	Meka glina	Pijesak, tvrda glina			
<b>1 Zgrade i konstrukcije</b> kod kojih diferencijalno slijeganje ne prouzročuje dodatna naprezanja i probleme s uporabom konstrukcije i susjednih konstrukcija	120		$\frac{\Delta s}{L}$	0,003	–
				0,006	$\Theta$
<b>2 Konstrukcije</b>					
2.1 statički određena konstrukcija	100	100	$\frac{\Delta s}{l}$	0,005	$\Theta$
2.2 statički neodređena armiranobetonska konstrukcija	50	60		0,001	$\Theta$
2.3 statički neodređena čelična konstrukcija	60	80		0,002	$\Theta$
<b>3 Višekratne okvirne građevine</b>					
3.1 armiranobetonski okviri s ispunom od zidnih elemenata	80	60	$\frac{\Delta s_{\max}}{L}$	0,0015	–
3.2 čelični okviri s ispunom od zidnih elemenata				90	70
<b>4 Višekratne građevine s nosivim zidovima</b>					
4.1 od omeđenog zida	100	60	$\frac{\Delta s_{\max}}{L}$	0,0015	–
4.2 od predgotovljenih panela velikih dimenzija ili izrađenih od monolitnog betona				80	50
<b>5 Armiranobetonske konstrukcije</b>					
5.1 krute armiranobetonske konstrukcije (vodotoranji, silosi, visoke peći i sl.)	200		$\frac{\Delta s}{B}$	0,003	$\omega$
5.2 dimnjaci do 100 m visine	200			0,005	$\omega$
5.3 dimnjaci viši od 100 m	100			0,002	$\omega$
<b>6 Kranske staze</b>	50		$\frac{\Delta s}{l}$	0,0015	$\Theta$
				0,0025	$\alpha$

**Legenda:**  
 $s$  – slijeganje,  $\Delta s$  – diferencijalno slijeganje,  $\Theta$  – kut zaokreta,  $\omega$  – naginjanje,  $\alpha$  – kutna deformacija

Slika 6. Granične vrijednosti slijeganja

## **4. ZAKLJUČAK**

Prikazani proračun zadovoljava granično stanje nosivosti i granično stanje uporabljivosti prema Eurokodu 7 (HRN 1997-1:2012/NA). Zamjenu materijala potrebno je izvršiti do razine podzemne vode s time da je ovdje proračun proveden za konstrukciju koja je statički određena , u slučaju statički neodređene konstrukcije potrebno je izračunati dodatna naprezanja i momente zbog popuštanja oslonaca

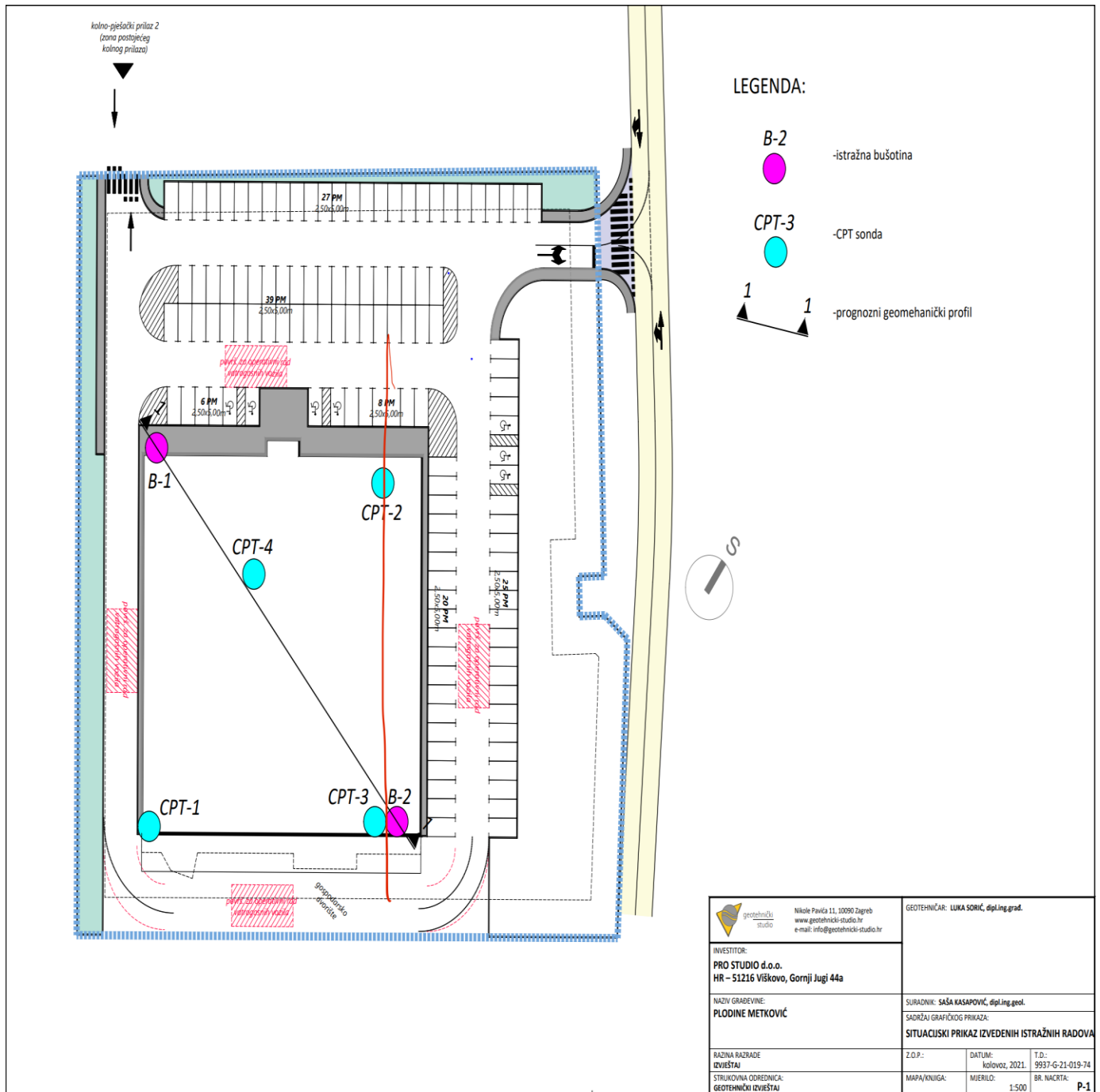
## 5. LITERATURA

- (1) Rekonstrukcija i dogradnja trgovačke građevine „Lidl“ , F120 Metković uz rekonstrukciju prometnih površina i parkirališta i izgradnju crpne stanice – Geotehnički elaborat; d.o.o. za inženjering, Zagreb, lipanj 2020
- (2) HRN EN 1997-1:2012/NA:2012; Eurokod 7
- (3) T. Roje Bonacci, "Mehanika tla", Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 2017. (četvrto izdanje)
- (4) T. Roje Bonacci, P. Mišćević, "Temeljenje", Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, 1997.
- (5) T. Roje Bonacci, "Duboko temeljenje i poboljšanje temeljnog tla", Građevinskoarhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2010.
- (6) <https://hr.wikipedia.org/wiki/Temelj>

## **6. PRILOZI**

- 6.1 Prilog 1 – Situacijski položaj sonde
- 6.2 Prilog 2 – Sondažni profil bušotine B01
- 6.3 Prilog 3 – Sondažni profil bušotine B02
- 6.4 Prilog 4 – Shematski prikaz stupova konstrukcije
- 6.5 Prilog 5 – Projekt konstrukcije , rezne sile GSN
- 6.6 Prilog 6 – Projekt konstrukcije , rezne sile GSU
- 6.7 Prilog 7 – Nacrt temelja sa ucrtanim slojevima tla
- 6.8 Prilog 8 – Nacrt temelja sa ucrtanim slojevima tla i zamjenskim slojem

## 6.1 Prilog 1 – Situacijski položaj sondi





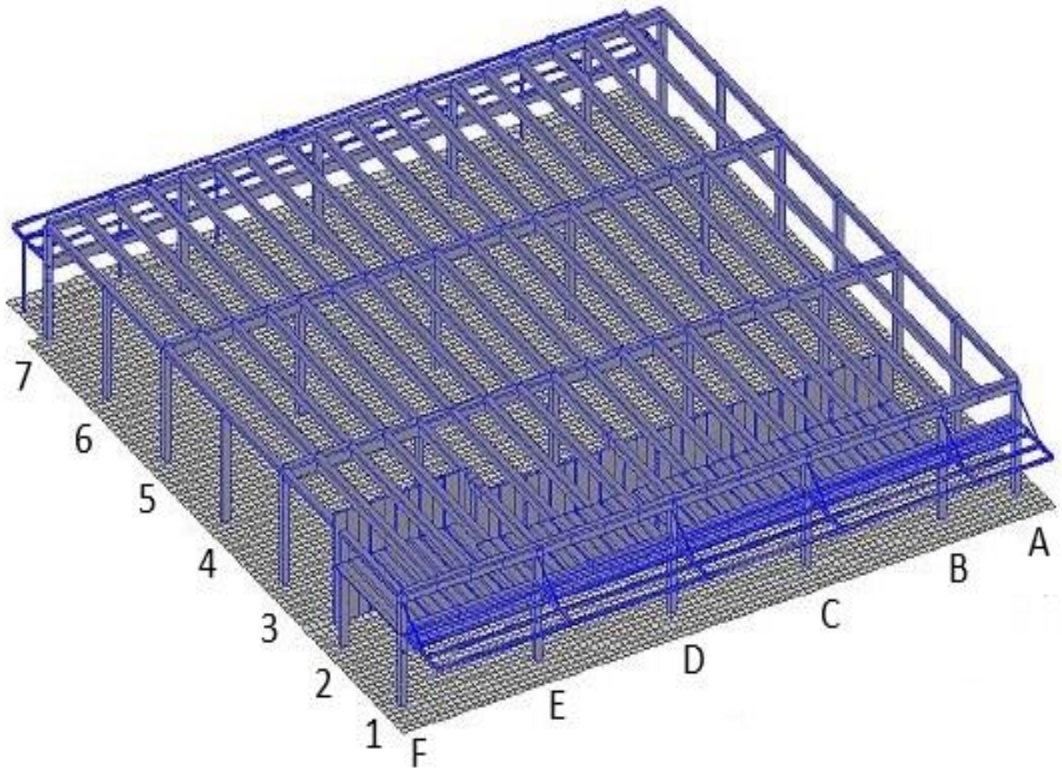
## 6.2 Prilog 2 – Sondažni profil bušotine B01



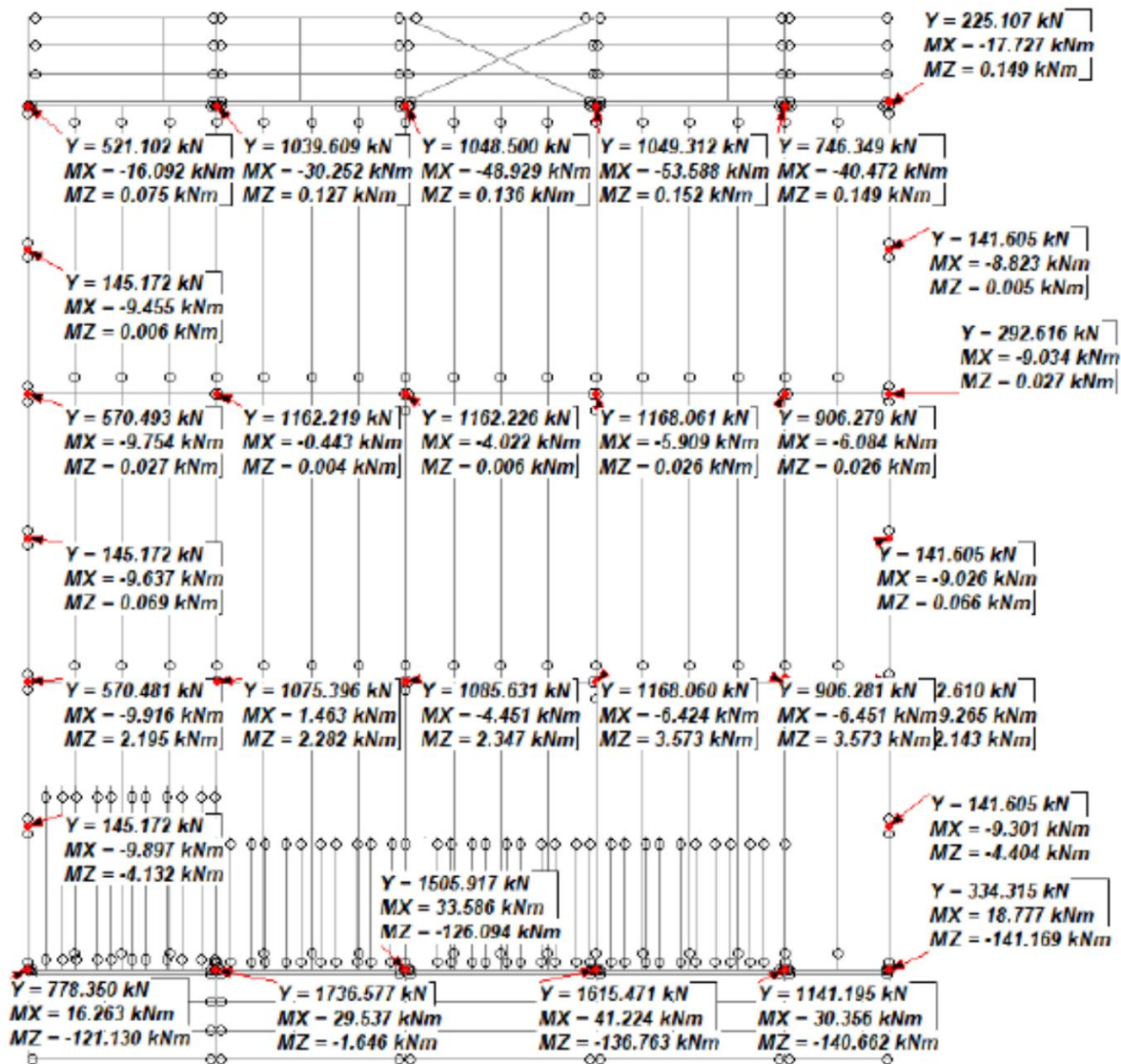
### 6.3 Prilog 3 – Sondažni profil bušotine B02



## 6.4 Prilog 4 – Shematski prikaz stupova konstrukcije



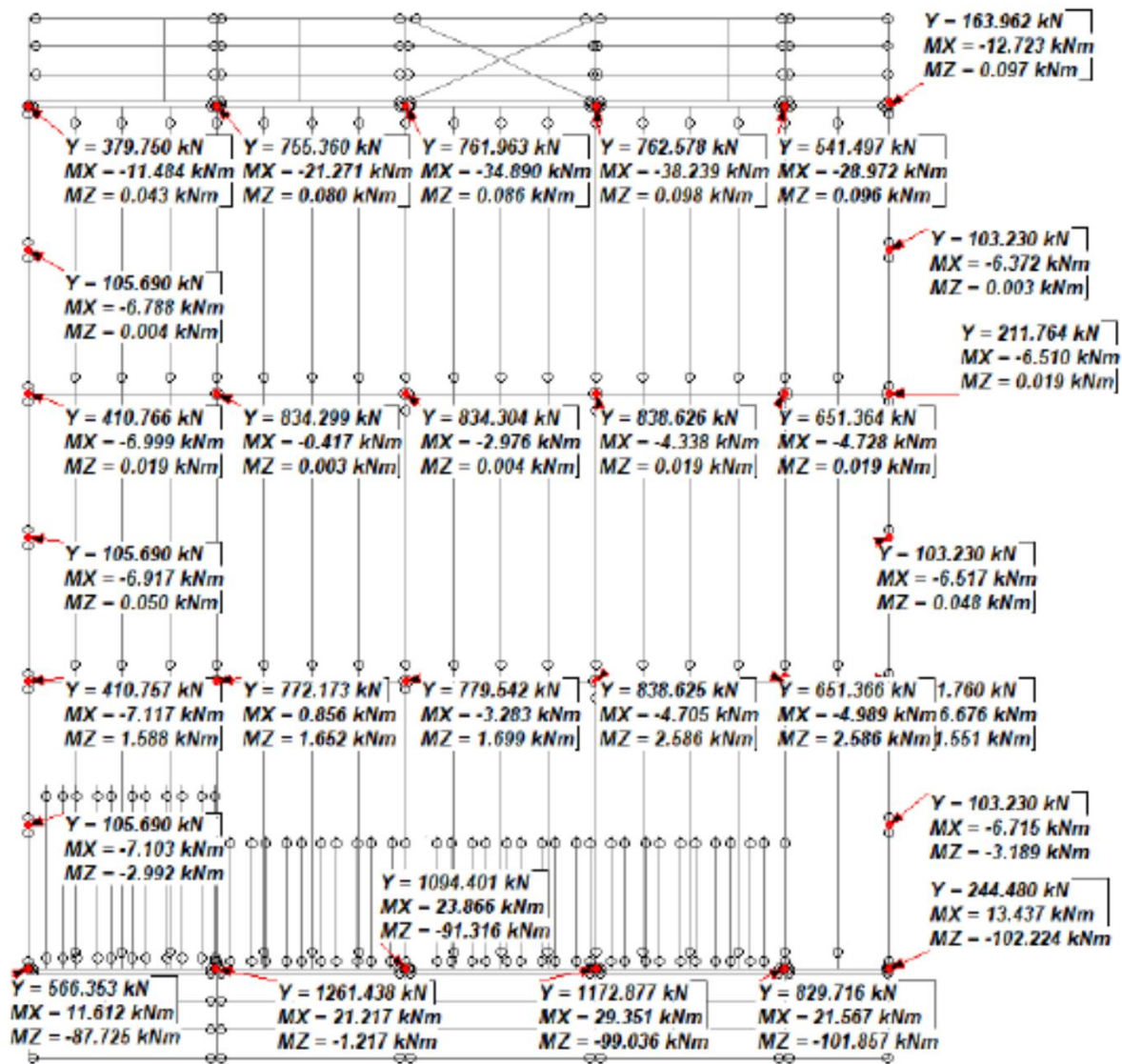
## 6.5 Prilog 5 – Projekt konstrukcije , rezne sile GSN



Slika 0.11 Reakcije stupova za granično stanje nosivosti



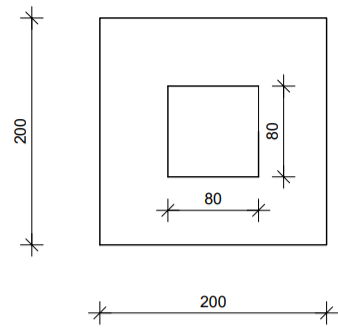
## 6.6 Prilog 6 – Projekt konstrukcije , rezne sile GSU



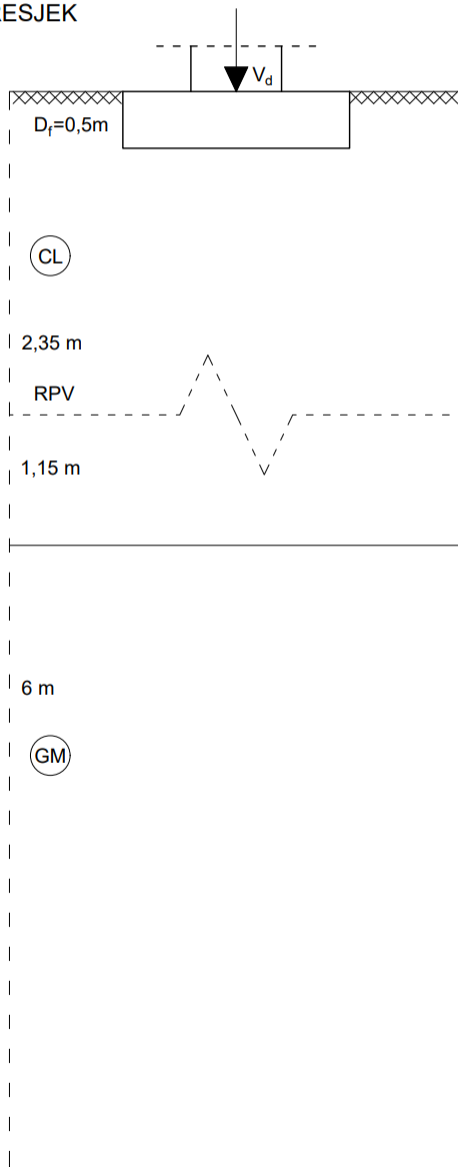
Slika 0.12 Reakcije stupova za granično stanje uporabivosti

## 6.7 Prilog 7 – Nacrt temelja sa ucrtanim slojevima tla

TLOCRT

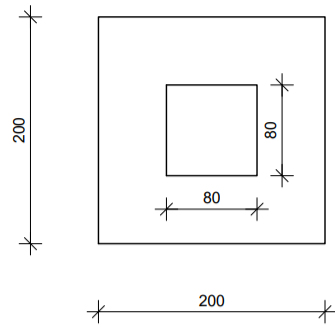


PRESJEK



## 6.8 Prilog 8 – Nacrt temelja sa ucrtanim slojevima tla i zamjenskim slojem

TLOCRT



PRESJEK

