

Institut IGH d.d.

Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb, CROATIA

Tel:+385 1 6125 125, Fax:+385 1 6125 401,

igh@igh.hr, www.igh.hr



<u>Investitor/ Naručitelj:</u>	<b>KAPPA d.o.o., 31 000 OSIJEK, Kapucinska 33/I</b>
<u>Građevina:</u>	<b>VIŠENAMJENSKI OBJEKT 2Po+P+8 U ULICI HRVATSKE REPUBLIKE 29 U OSIJEKU</b>
<u>Knjiga (mapa):</u>	<b>IZMJENA I DOPUNA GLAVNOG PROJEKTA SNIŽENJA NIVOA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE GRAĐEVINSKE JAME</b>
<u>Vrsta projekt:</u>	<b>GLAVNI I IZVEDBENI GRAĐEVINSKI PROJEKT</b>
<u>Projektant:</u>	dr.sc. Ivica KOLUND, dipl.ing.građ.
<u>Suradnici:</u>	Davor ČANŽAR, dipl.ing.građ. Ivan KUNDAKČIĆ, dipl.ing.građ.
<u>Mjesto i datum:</u>	Osijek, svibanj, 2008.

KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

# SADRŽAJ:

1. Tehnički opis
2. Hidraulički proračun
3. Statički proračun
4. Proračun stabilnosti pokosa
5. Prilozi

# 1. TEHNIČKI OPIS

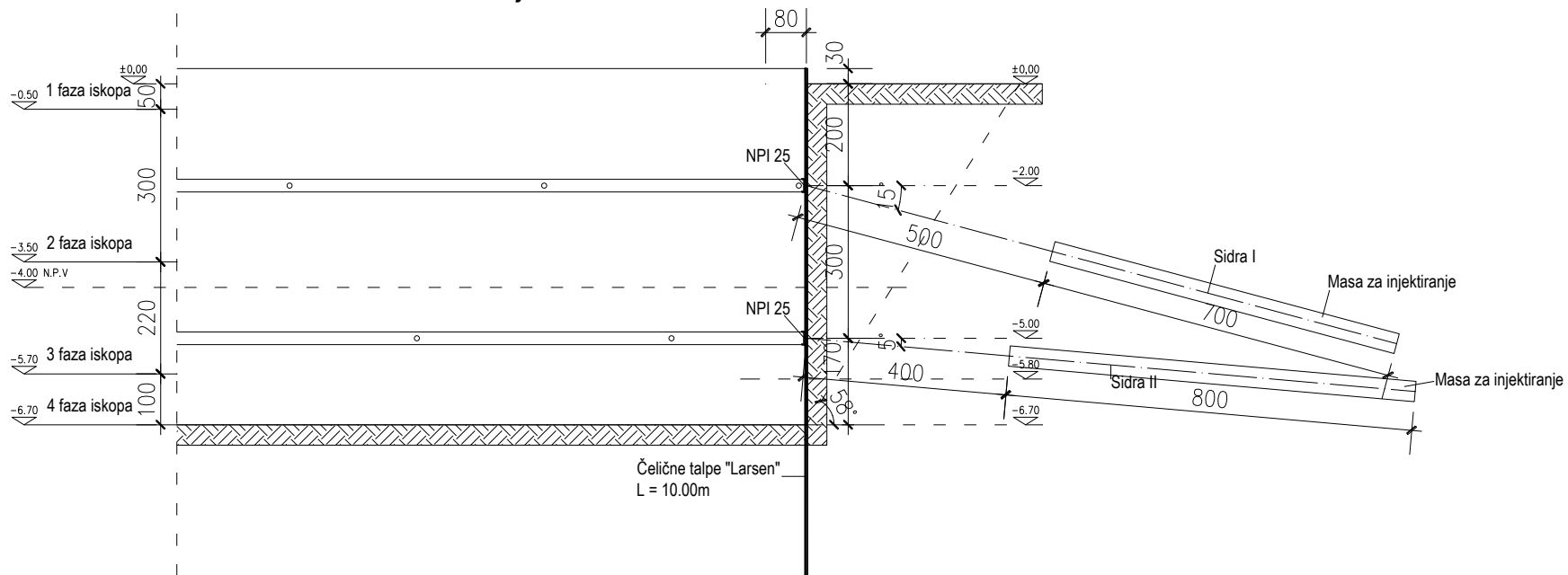
## ■ UVOD

Na zahtjev Naručitelja „Kappa d.o.o.“, 31 000 Osijek, Kapucinska 33/1, izrađen je *Izvedbeni projekt sniženja nivoa podzemnih voda i zaštite građevinske jame*, na građevini "Višenamjenski objekt 2Po+P+8" u ulici Hrvatske Republike 29 u Osijeku kao izmjena i dopuna Izvedbenog projekta - *Projekt zaštite građevinske jame, Mapa 4, br. projekta GT-01-01-2008, siječanj 2008* a izradio ga je „Geoekspert d.o.o.“, Zagreb.

Izmjena i dopuna Izvedbenog projekta je izvršena na zahtjev Naručitelja zbog bojazni da prvotno rješenje zaštite građevinske jame i sniženja nivoa podzemnih voda (geotehnička sidra i vertikalni drenažni bunari) nemože biti primjenjivo zbog moćnosti nepostizanja projektirane sile u sidrima (vrsta tla u kojemu se sidri), velike dužine sidara i sidrenih dionica, nedovoljnog prostora za izvedbu i nepoznatog utjecaja na okolne objekte istih, te iznošenja čestica tla iz vertikalnih bunara, (problemi uočeni na objektima izvedenim na ovome području uz isti način zaštite građevinske jame).

# I. PROJEKT ZAŠTITE GRAĐEVINSKE JAME

## Detalj A



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

Svrha izrade ovoga projekta je osiguranje izvođenja iskopa građevinske jame te temeljnog sklopa budućih objekata u zaštićenim i relativno suhim uvjetima bez podzemnih voda. Ovim projektom se prilikom izvođenja buduće građevine a zbog velike dubine iskopa (-7,34 m), predviđa izvođenje zaštite iskopa građevinske jame čeličnom podgradom tipa „Larssen 605“ S 270, dužine L=12,0 m koja će biti pridržana čeličnom konstrukcijom uz konstantno sniženje nivoa podzemne vode zbog visokog nivoa iste, bunarom i horizontalnim drenažnim sustavom.

## ■ SNIŽENJE NIVOVA PODZEMNIH VODA U GRAĐEVINSKOJ JAMI

Iz rezultata geotehničkih istražnih radova vidi se da je statički nivo podzemne vode u tlu prije projektiranja sniženja podzemne vode prema navedenom izvješću registriran je na -4,00 m, mjereno od površine postojećeg terena.

Projektiranjem sniženja nivoa podzemne vode u građevinskoj jami predviđeno je da maksimalni nivo podzemne vode u toku izgradnje građevine bude min. cca. 0,50 m niži od maksimalne dubine donje kote iskopa (-7,34 m), tj. na koti -7,84 m, mjereno od površine postojećeg okolnog terena  $\pm 0,00$  m.

Osim privremenog sniženja nivoa podzemne vode tijekom izvođenja građevine u građevinskoj jami, projektom je predviđeno i trajno sniženje iste za vrijeme eksploatacije buduće građevine, kako bi se smanjila mogućnost prodiranja vode kroz hidroizolaciju u podzemne etaže.

U tu svrhu projektirani su drenažni kanali i to jedan glavni uzdužni dren (pravac istok-zapad) s jednostrukim uzdužnim padom prema bunaru tzv. glavni sabirni dren koji odvodi vodu u izvedeni bunar, te sedam (7) poprečnih drenova (pravac sjever-jug) kao i 26 drenova okomita na rubne poprečne drenove (pravac istok-zapad).

Poprečni drenovi su postavljeni pod kutom na navedeni uzdužni dren koji prati pravac sjeverne fronte buduće građevine u tlocrtnom rasteru osnog razmaka 6,00 m te su gledajući lijevo i desno od glavnog uzdužnog drena smaknuti za 0,5 m.

Drenažni kanali su svi širine 0,70 m i najmanje dubine 0,80 m, izvedeni u padovima danim u tlocrtu drenažnog sustava te su u njih položene drenažne cijevi (PE-HD DN 200). Drenažni kanali su ispunjeni pranim drobljenim kamenom frakcija  $\phi 30\div 60$  mm, i to samo u projektiranoj visini, tj. do kote -7,34 m (-3,96 m - plići dio objekta). Isti su s pripadajućim drenažnim cijevima obloženi geotekstilom tipa 400 gr/m<sup>2</sup> po svojem projektiranom opsegu uz preklop na vrhu drena.

Izvođenje drenažnog sustava će se vršiti u dvije faze koje su određene izvođenjem zaštite građevinske jame podgradom i čeličnom konstrukcijom za pridržanje iste.

- U prvoj fazi izvodi se bunar i drenažni kanali tlocrtno postavljeni do privremenog unutarnjeg zaštitnog pokosa podgrade s postavljanjem drenažnih PE-HD DN 200 cijevi.
- U drugoj fazi izvodi nakon izvršene zaštite građevinske jame te cjelokupnog iskopa iste do projektiranih kota. Drugom fazom osigurava se pristup izvođenju ostatka drenažnih kanala te postavljanja drenažnih PE-HD DN 200 cijevi (*vidi nacрте u Prilogu br. III*).

## ■ ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME

Za pridržanje čelične podgrade (talpe tipa „Larssen 605 S 270“, dužine  $L=12,0$  m) pri radovima na iskopu podrumskog dijela budućeg objekta tlocrtnih dimenzija cca  $94,0 \times 53,0$  m, te zbog velike dubine iskopa ( $-7,34$  m) projektirana je čelična konstrukcija koja se sastoji od čeličnog okvira u jednom nivou horizontalno postavljenog na čelične konzolne nosače koji su zavareni za čelične talpe.

Kao razupore horizontalnog okvira, projektirani su čelični kosnici koji se upiru u buduću temeljnu ploču objekta te dijagonala koje zatvaraju kutove čeličnog horizontalnog okvira. Zbog takvog načina pridržanja podgrade temeljna ploča se izvodi u dvije faze, i to:

Prva faza je izvođenje tem. ploče s prekidom  $4,0$  m od ruba buduće arm. betonske ploče građevine s privremenim unutarnjim zaštitnim pokosom nagiba  $1,5:1$  uz podgradu te montažom konstrukcije za pridržanje podgrade.

Druga faza je izvedba nastavka temeljne ploče i zidova podruma s time da kroz iste postoje prodori oko kosnika, a u svemu prema projektu.



## 2. HIDRAULIČKI PRORAČUN

### PRORAČUN SNIŽENJA NIVOVA PODZEMNIH VODA U GRAĐEVINSKOJ JAMI

#### ■ ODREĐIVANJE KOEFICIJENTA VODOPROPUSNOSTI TLA

*S obzirom da nije ispitan koeficijent vodopropusnosti za sve slojeve tla po dubini sondažne bušotine in situ, izvršen je izračun koeficijenta vodopropusnosti (k) u (cm/s) iz granulometrijskih krivulja geotehničkih istražnih radova i to za koherentne materijale po formuli Zamarin a za nekoherentne materijale prema dijagramu i formuli US. BUREAU OF SOIL CLASSIFICATION:*

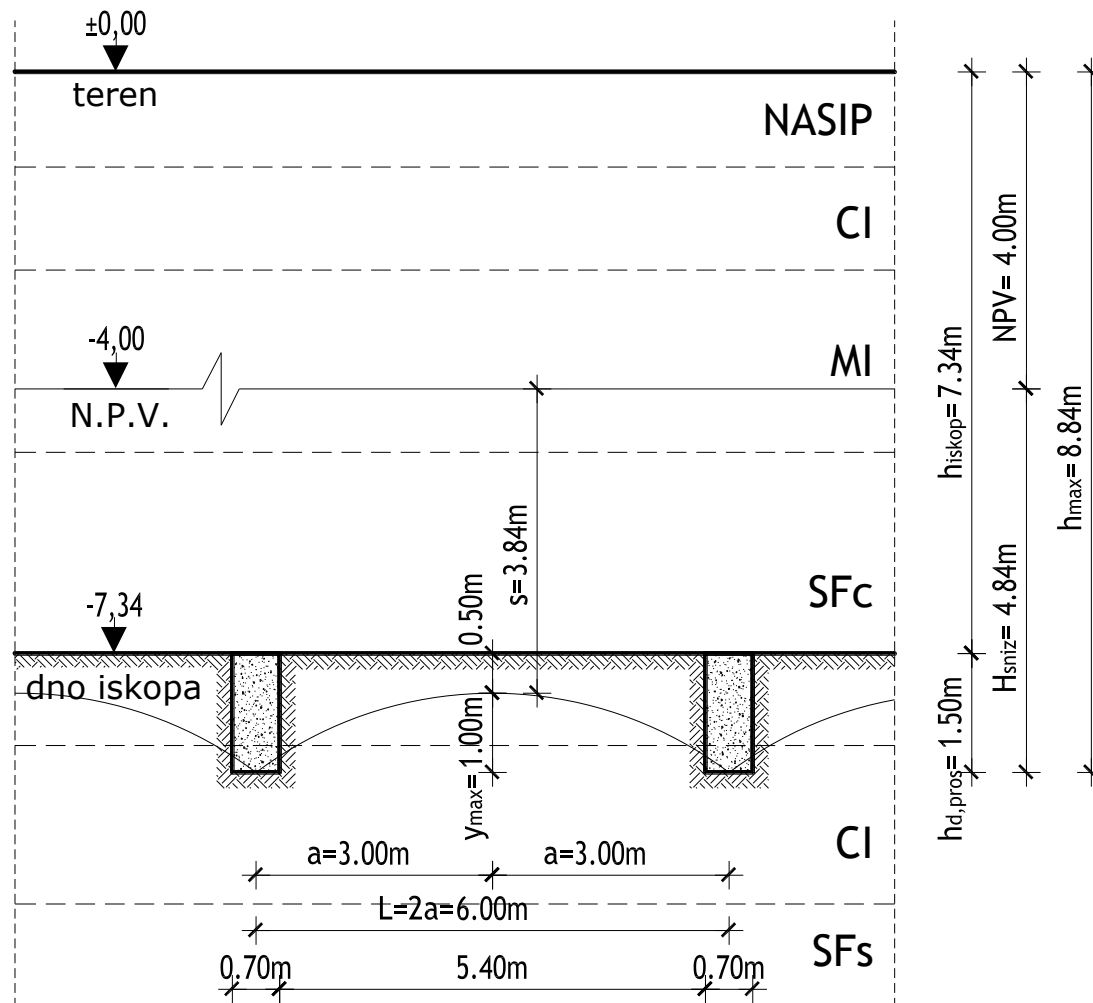
*- Određivanje prosječnog koeficijenta vodopropusnosti (k) u (cm/s) iz sondi:*

$$k_{\text{prosj.}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

		d(m)	h <sub>sloja</sub> (m)	ρ <sub>s</sub>	ρ <sub>a</sub>	K(m/dan)	K(cm/s)
MI	S-1	3,80-4,00	0,80	2,79	1,63	1,12E-02	1,29E-05
SF <sub>c</sub>	S-1	5,80-6,00	3,70	2,81	1,47	2,95E-02	3,41E-05
CI	S-1	9,00-9,20	2,00	2,79	1,53	8,16E-03	9,45E-06
SF <sub>s</sub>	S-1	11,20-11,40	3,50	2,79	1,57	2,51E-02	2,90E-05
CL	S-1	16,50-16,70	4,50	2,60	1,50	1,25E-02	1,45E-05
			14,50		K <sub>pros</sub>	1,92E-02	2,22E-05

*- Izmjeren nivo podzemne vode na koti -4,0 m od površine terena*

- Skica presjeka drenova kroz građ. jamu:



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## ■ PRORAČUN DRENAŽNOG SUSTAVA

- širina bagerske žlice  $b=0,70$  m
- očekivani maksimalni nivo podzemne vode  $-4,0$  m mjereno od površine postojećeg terena
- maksimalna dubina iskopa građ. jame  $-8,51$  m (prodori temeljne ploče) mjereno od površine postojećeg terena
- očekivani maksimalni nivo podzemne vode u toku eksploatacije drenažnog sustava;  $-0,50$  m mjereno od kote dna građ. jame, odnosno  $-7,84$  m mjereno od površine postojećeg terena.
- usvojena prosječna dubina drenova  $h_{d,pros}$  =  $1,50$  m od kote iskopa građ. jame  $-7,34$  m.

*Iz navedenog proračunom dobijemo slijedeće:*

- Prosječni osni razmak drenova  $L$  (m)
- Ukupna količina vode koja dotiče u građevinsku jamu (količina vode u primarnom i sekundarnim poprečnim drenovima i količina vode dna građevinske jame )

$$Q_{\text{ukupno}} = Q_{\text{uz}} + \sum Q_{\text{pop}} + Q_{\text{dna}}$$

### 3. STATIČKI PRORAČUN

#### 1. FAZA I.

*FAZA I - Iskop tla iz građevinske jame na kotu -3,50 m od površine terena te prije postavljanja I. nivoa čeličnog okvira s razuporama za pridržanje čelične podgrade tipa „Larssen 605“ na koti -2,70 m uz konstantno snižavanje nivoa vode u građevinskoj jami.*

**- ulazni podaci:**

$$\gamma_z = 20,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi_{\text{pros}} = 25^\circ$$

$$h = 3,50 \text{ m}$$

$$d = 8,00 \text{ m}$$

$$j = 4,00 \text{ m}$$

$$i = 4,34 \text{ m}$$

- specifična težina tla

- specifična težina vode

- kut unutarnjeg trenja tla

- dubina iskopa

- dubina zabijanja talpi

- nivo podzemne vode izvan građ. jame

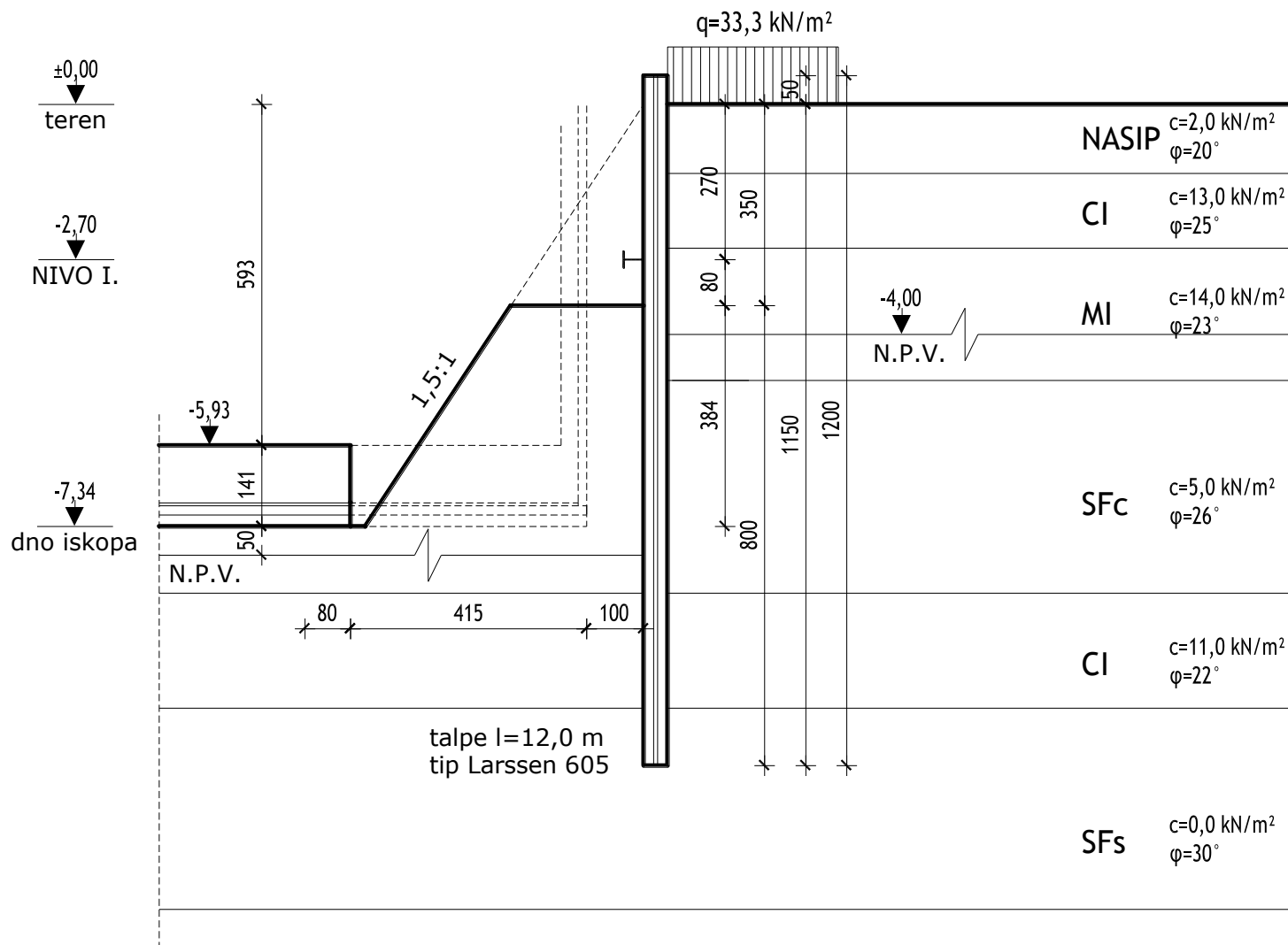
- nivo podzemne vode unutar građ. jame

Lista slučajeva opterećenja

No	Naziv
1	AKTIVNI TLAK
2	PROMETNO OPTEREĆENJE
3	HIDRAULIČKI TLAK

KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## ➤ STATIČKI MODEL:



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## 2. FAZA II.

*FAZA II - Postavljanje I. nivoa čeličnog okvira s kosnicima za pridržanje čelične podgrade tipa „Larssen 605“ na koti -2,70 m te skop tla iz građevinske jame do konačne kote dna iskopa na -7,34 m od površine terena. Nakon izvršenog iskopa može se pristupiti izvođenju podložnog betona i nastavka arm. betonske temeljne ploče i zidova a sve uz konstantno snižavanje nivoa vode u građevinskoj jami.*

**- ulazni podaci:**

$\gamma_z = 20,0 \text{ kN/m}^3$  - specifična težina tla

$\gamma_w = 10,0 \text{ kN/m}^3$  - specifična težina vode

$\varphi_{\text{pros}} = 25^\circ$  - kut unutarnjeg trenja tla

$h = 7,46 \text{ m}$  - dubina iskopa

$d = 4,16 \text{ m}$  - dubina zabijanja talpi

$j = 4,00 \text{ m}$  - nivo podzemne vode izvan građ. jame

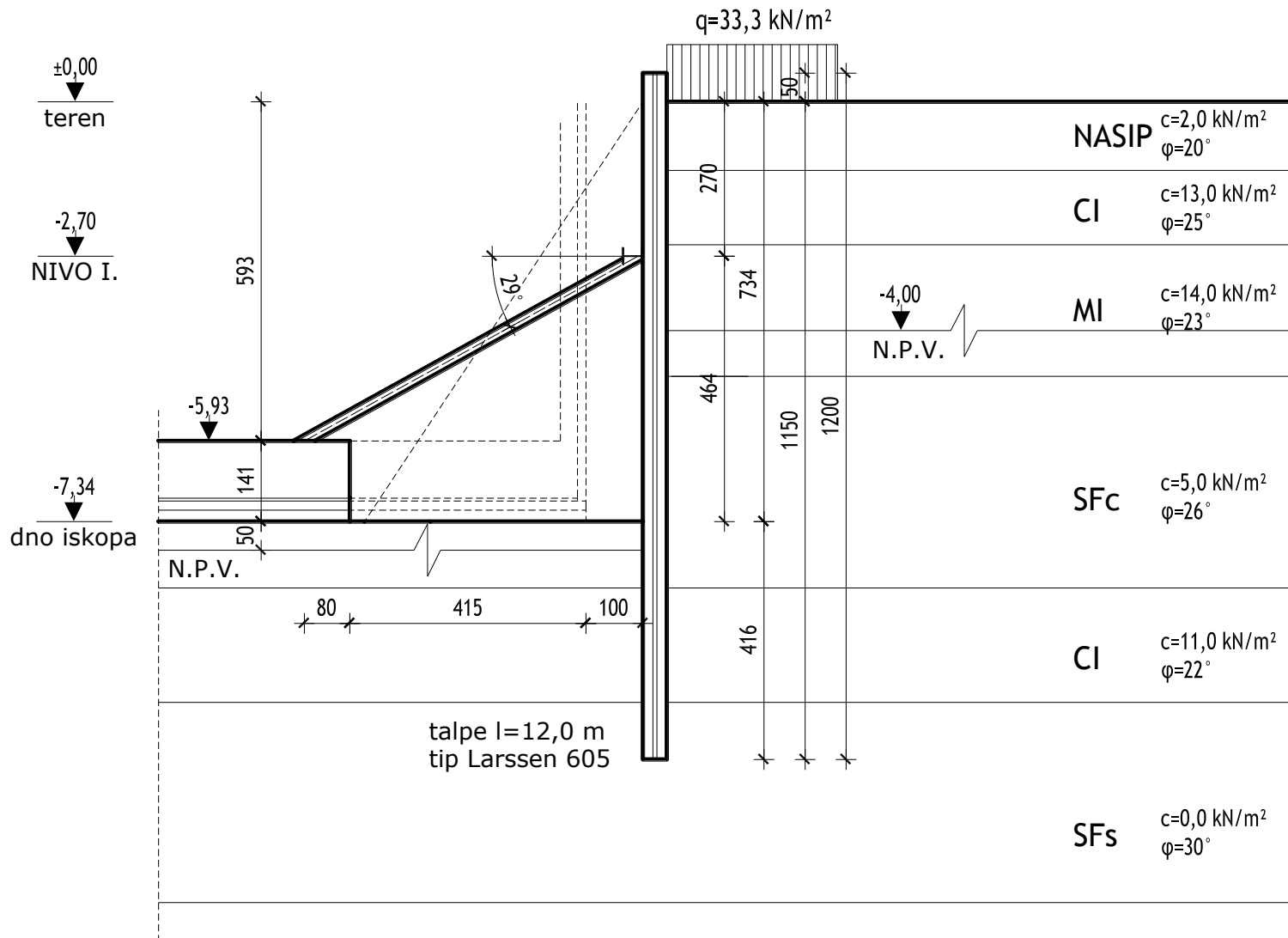
$i = 0,50 \text{ m}$  - nivo podzemne vode unutar građ. jame

Lista slučajeva opterećenja

No	Naziv
1	VLASTITA TEŽINA (g)
2	AKTIVNI TLAK
3	PROMETNO OPTEREĆENJE
4	HIDRAULIČKI TLAK

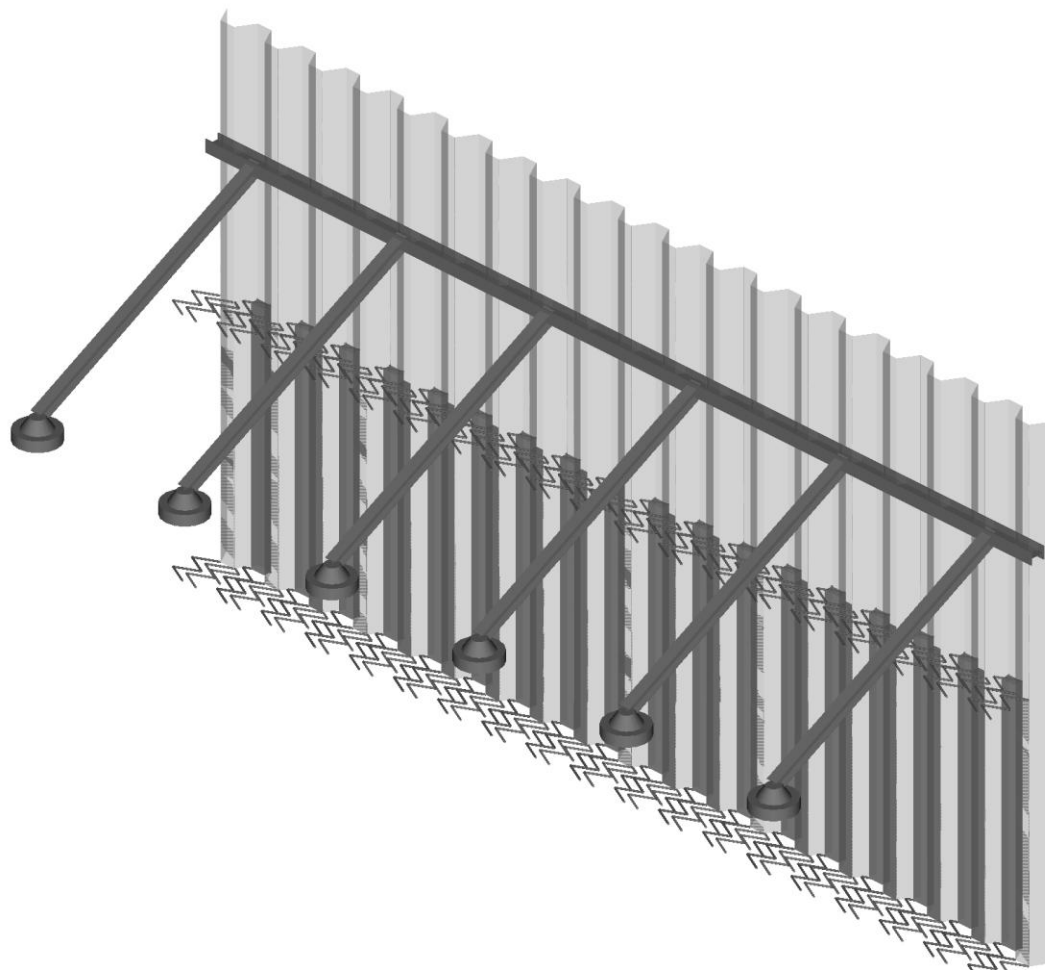
KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## ➤ STATIČKI MODEL:



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
 NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
 GRAĐEVINSKE JAME

➤ *STATIČKI MODEL U TOWER-u:*



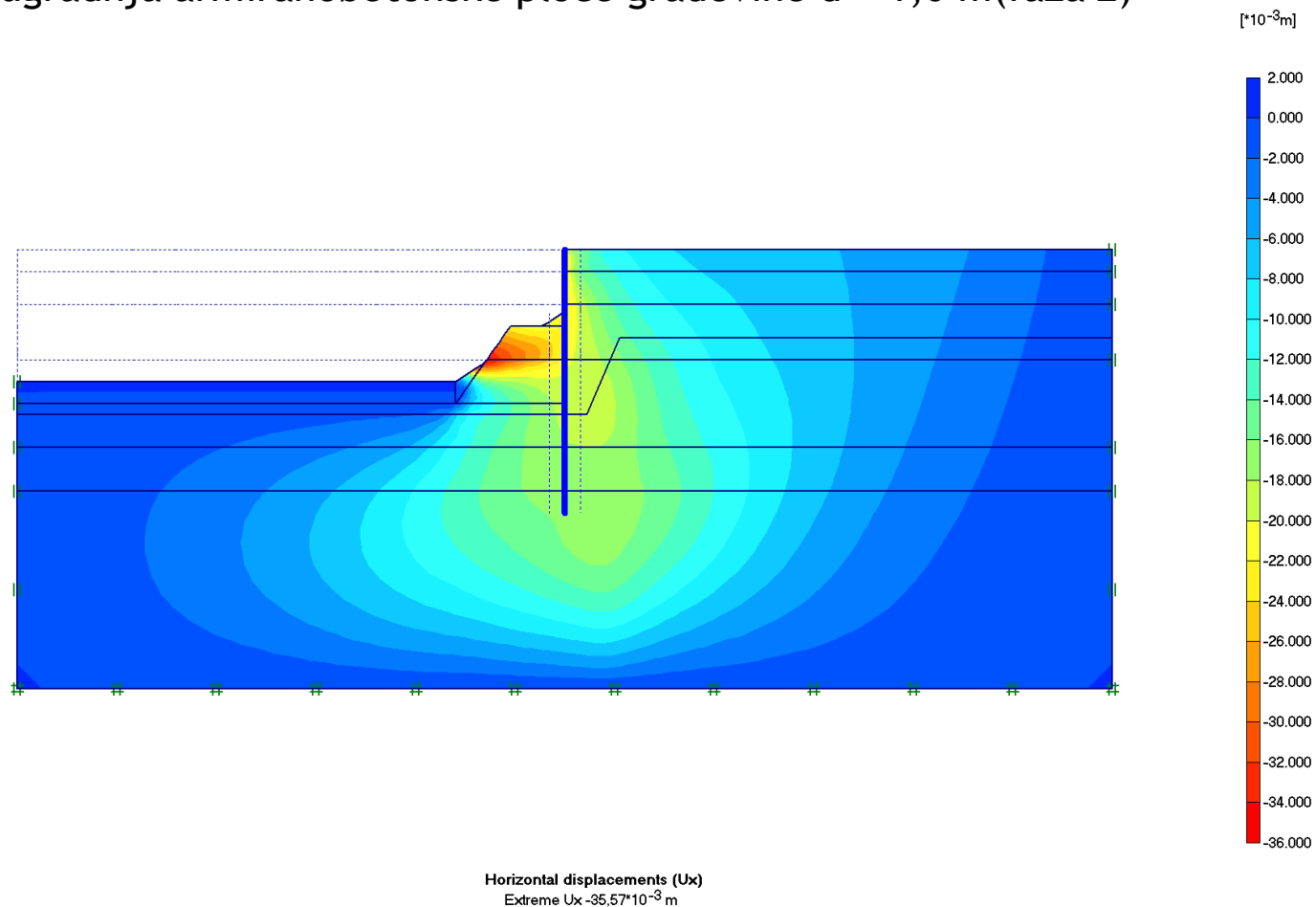
Izometrija

KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME



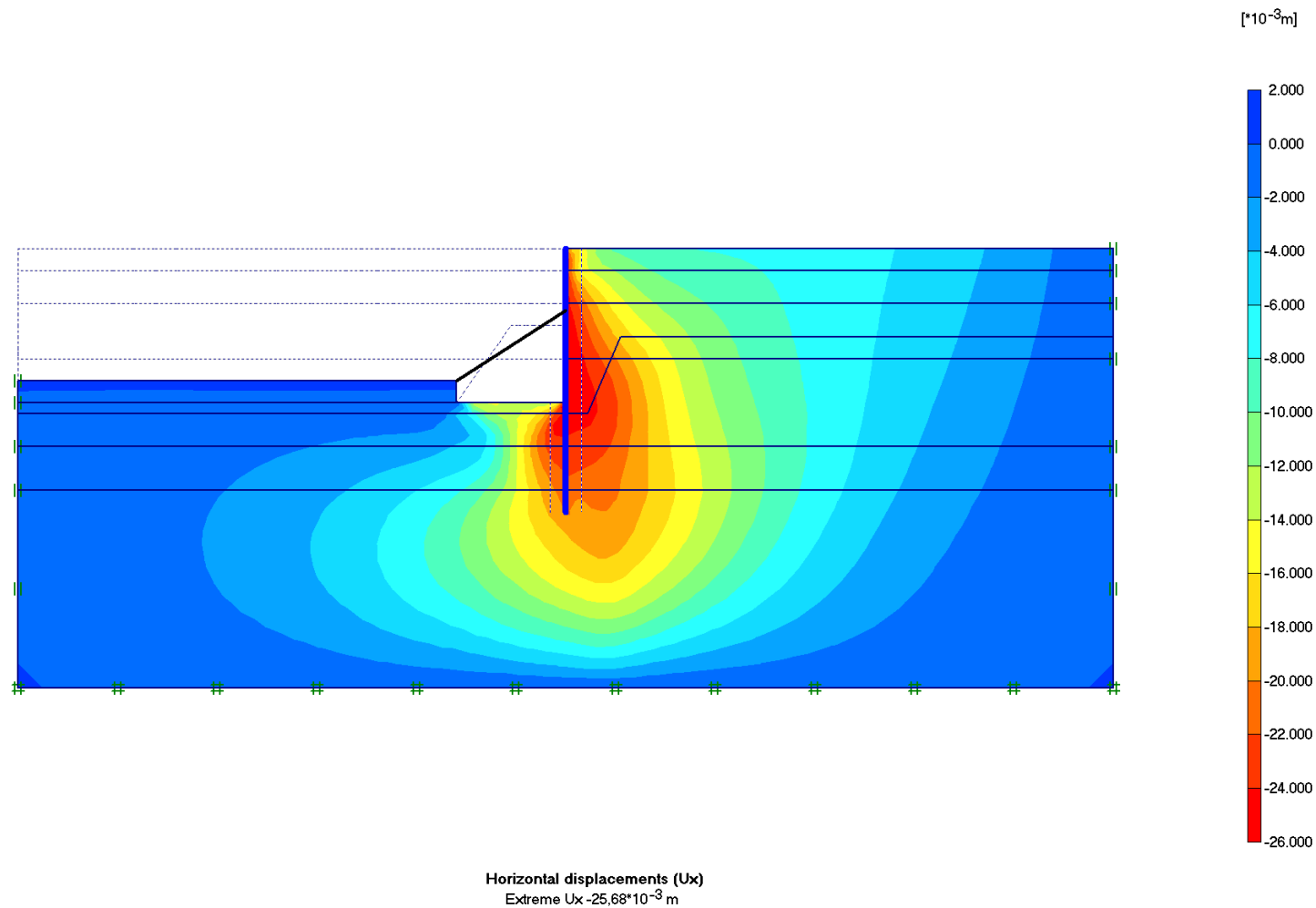
## REZULTATI DOBIVENI U PROGRAMSKOM PAKETU PLAXIS

Horizontalni pomak nakon iskopa do dubine -7,34 m s podupirujućim slojem tla i kampadna ugradnja armiranobetonske ploče građevine d = 1,0 m (faza 2)



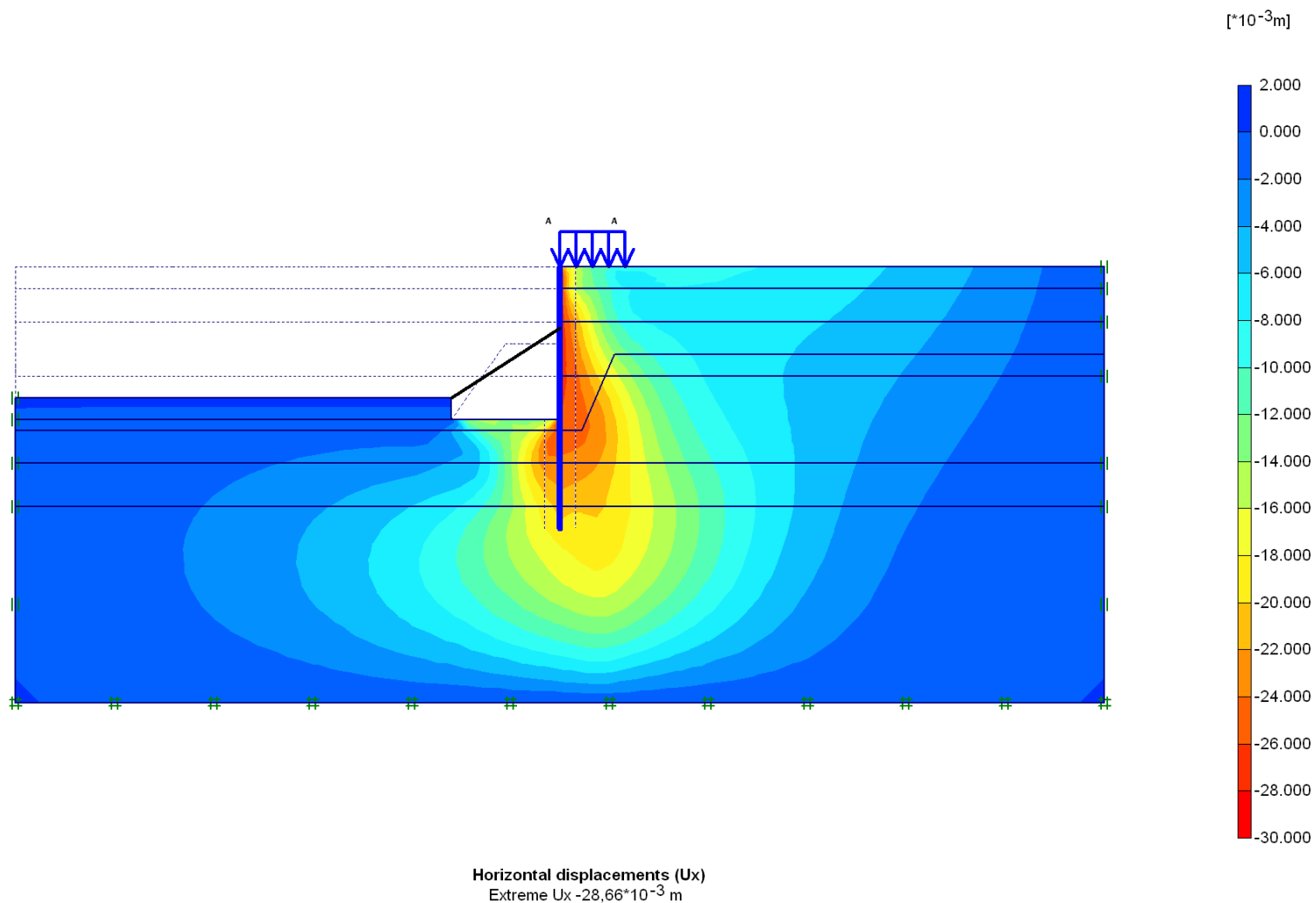
KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## Horizontalni pomak nakon iskopa podupirujućeg sloja tla do kote -7,34 m (faza 4)



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

# Horizontalni pomak nakon iskopa podupirujućeg sloja tla do kote -7.34 m te ak



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIZENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## ZAKLJUČAK ANALIZE OPTEREĆENJA DOBIVENIH U PROGRAMSKOM PAKETU PLAXIS

Horizontalni pomaci u zadnjoj fazi  $u < 2,8$  cm.

Maksimalni momenti savijanja u potpornoj konstrukciji  $M_{maks} = 263,34$  kNm/m'.

Sile u kosnicima u zadnjoj fazi:  $F = 925,2$  kN.

Pomaci potporne konstrukcije su unutar dozvoljenih vrijednosti. Rezultati provedenih dokaza nosivosti ukazuju da čelična talpa, kao i potporna konstrukcija imaju dovoljan kapacitet nosivosti.

## 4. PRORAČUN STABILNOSTI POKOSA

Provjera i dokaz stabilnosti pokosa građevinske jame izvršena je za privremeni zaštitni pokos uz pobijenu podgradu u nagibu 1,5:1, za radove na iskopu građevinske jame u širokom iskopu uz nagibe pokosa od 2:1 (plići dio građevine) te za privremeni pokos u građevinskoj jami uz nagib 1:2. Svi radovi na izvedbi građevinske jame te buduće građevine u istoj će se izvoditi pri konstantnom snižavanju nivoa podzemnih voda gdje će nivo iste biti uvijek minimalno 50,0 cm niže od dna iskopa. Minimalni koeficijent stabilnosti za pokose građevinske jame po metodi *Morgenstern-Price* izračunat je pomoću programskog paketa Geo-Slope uz korištenje rezultata geotehničkih istražnih radova

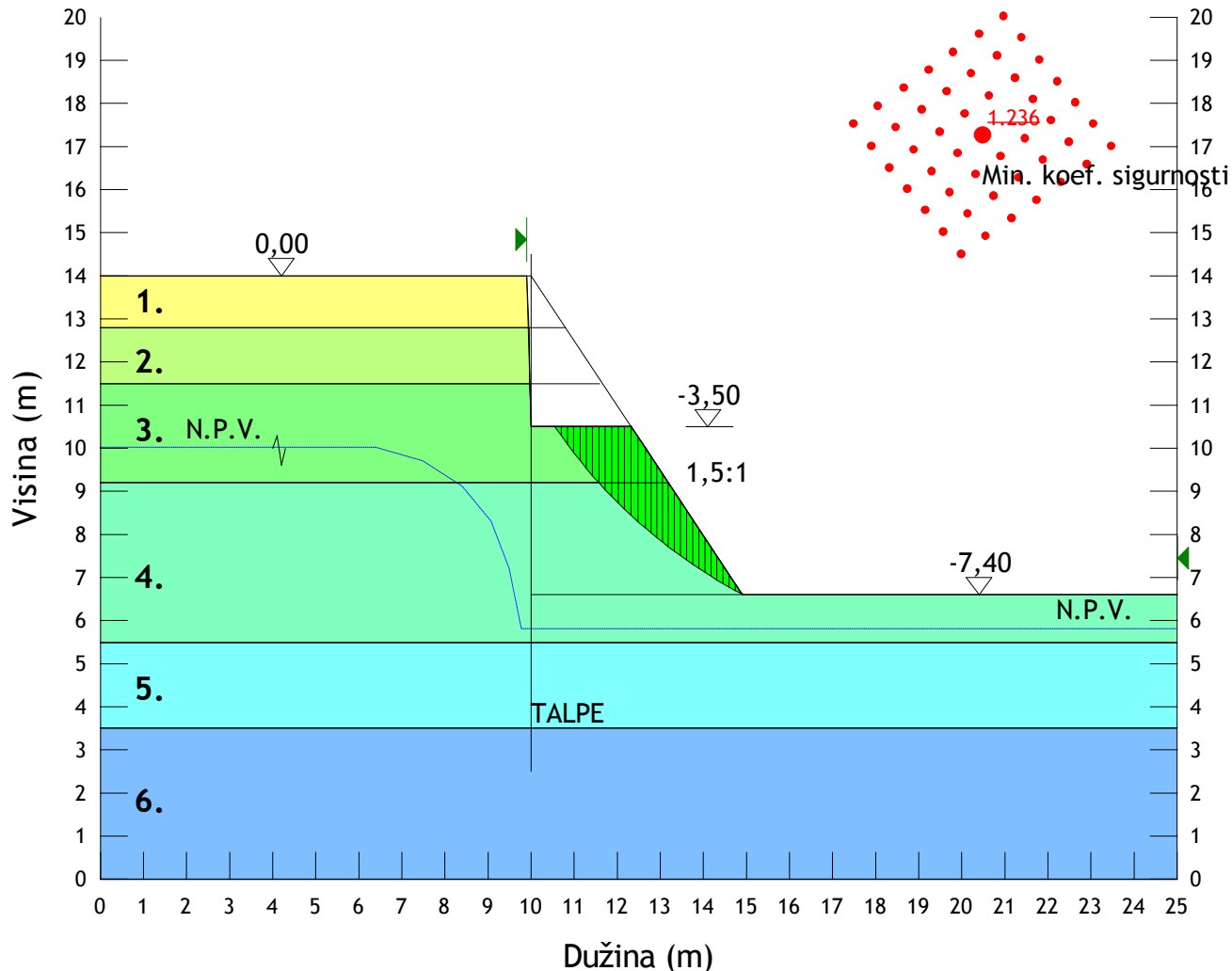
- Računski nivo podzemne vode na koti -4,0 m od površine terena

Za pojedine slojeve tla na danome profilu odabrani su slijedeći parametri:

<b>1. NASIP</b>	- specifična težina: - kohezija: - kut unut. trenja:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $c = 2,0 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 20^\circ$
<b>2. CI</b>	- specifična težina: - kohezija: - kut unut. trenja:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $c = 13,0 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$
<b>3. MI</b>	- specifična težina: - kohezija: - kut unut. trenja:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $c = 14,0 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 23^\circ$
<b>4. SFc</b>	- specifična težina: - kohezija: - kut unut. trenja:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $c = 5,0 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 26^\circ$
<b>5. CI</b>	- specifična težina: - kohezija: - kut unut. trenja:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $c = 11,0 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 22^\circ$
<b>6. SFs</b>	- specifična težina: - kohezija: - kut unut. trenja:	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 30^\circ$

# DOKAZ STABILNOSTI ZAŠTINOG POKOSA UZ PODGRADU

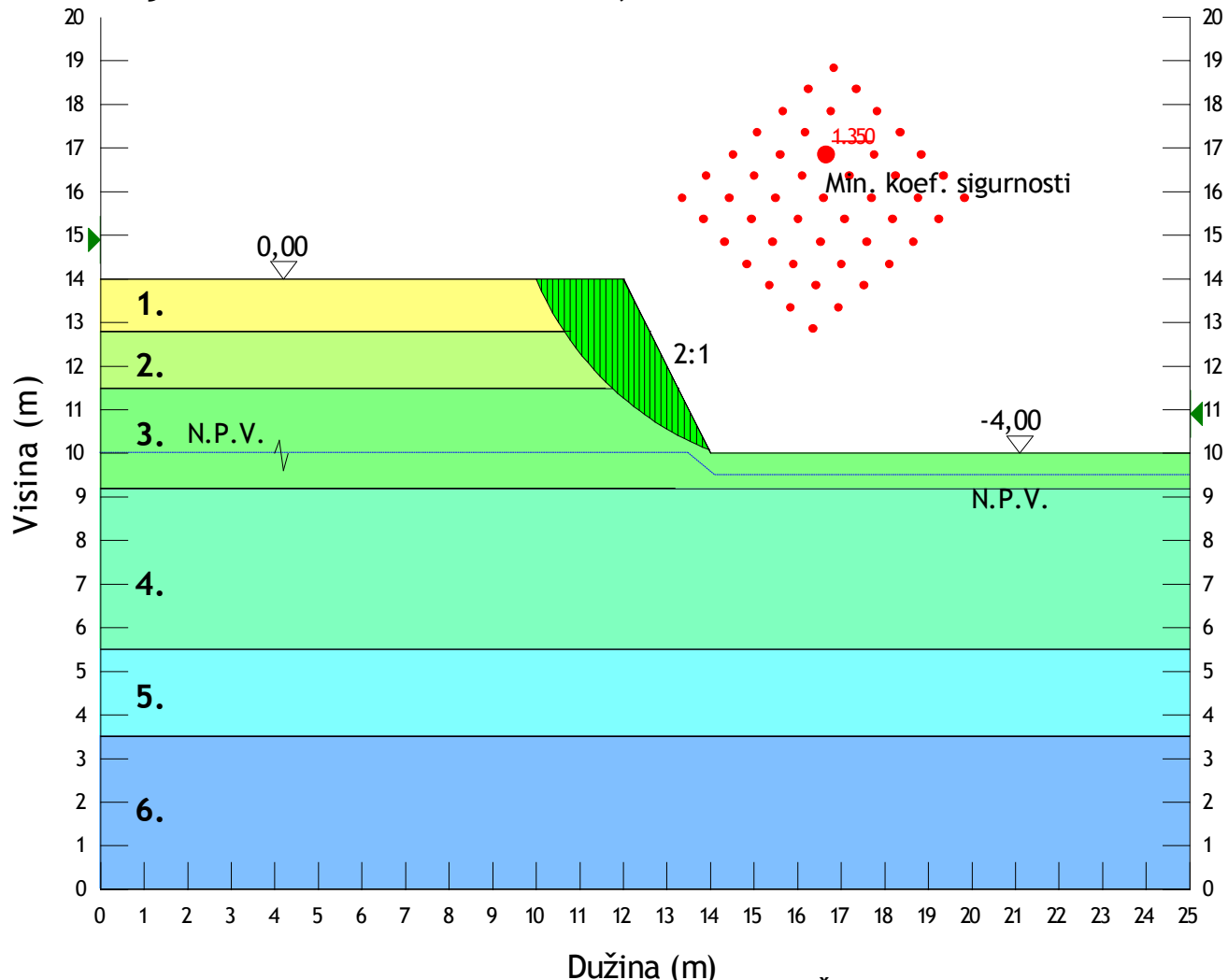
Minimalni koeficijent stabilnosti :  $F_{s,min} = 1,24$



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

# DOKAZ STABILNOSTI POKOSA ŠIROKOG ISKOPA GRAĐEVINSKE JAME

Minimalni koeficijent stabilnosti :  $F_{s,min} = 1,35$



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME



## REKAPITULACIJA

Minimalni koeficijent stabilnosti za pokose građevinske jame po metodi *Morgenstern-Price* pri slučaju računskog nivoa podzemne vode na koti -4,00 m od površine terena iznosi:

### PRIVREMENI ZAŠTINI POKOS UZ PODGRADU:

Nagib pokosa: 1,5 : 1                       $F_{s,min} = 1,24$                       Slika 1.

### POKOS ŠIROKOG ISKOPA GRAĐEVINSKE JAME:

Nagib pokosa: 2 : 1                       $F_{s,min} = 1,35$                       Slika 2.

Iz navedenog je vidljivo da su minimalni faktori sigurnosti stabilnosti pokosa ( $F_{s,min}$ ), građevinske jame zadovoljavajući uz projektirane nagibe pokosa od 1,5 : 1, 2 : 1 te se građevinska jama može izvoditi u širokom iskopu uz dani nagib pokosa.

## **KONTROLA STABILNOST SUSJEDNIH GRAĐEVINA**

*Pri izvođenju dodatnih radova sa svrhom kontrole stabilnosti na susjednih objektima Investitoru se predlaže slijedeće:*

Izvođenje dva piezometra promjera  $\phi$  3" i svaki dužine  $l=15,6$  m. Konstrukcija piezometra je slijedeća: taložnik (puna cijev)  $l=1,0$ m, filter  $l=6,0$ m i puna cijev  $l=8,6$  m sa zaštitnom kapom i lokotom. Ukupna dužina svakog piezometra je  $L=8,60$ m (puna cijev s kapom)+ $6,0$ m (perforirana cijev duplo omotana s PVC mrežicom slota  $1,0$ mm)+ $1,0$ m (puna cijev - taložnik) =  $15,60$  m.

Piezometre postaviti na istočnu i zapadnu stranu građevinske jame uz postojeće objekte a u svemu prema naknadnom dogovoru Investitora, Vlasnika postojeće građevine te projektanta.

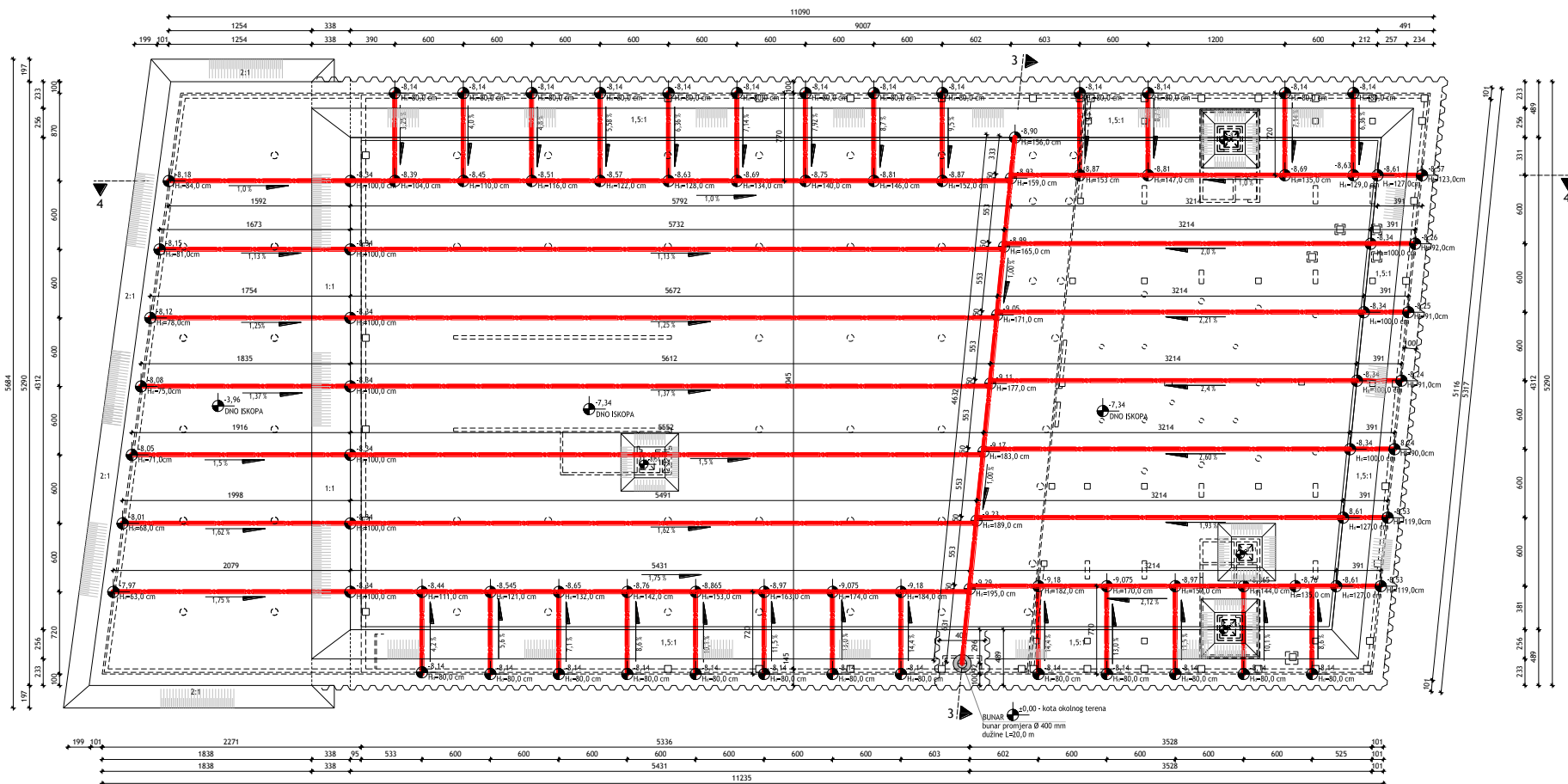
Razlog postavljanja te praćenja nivoa podzemnih voda u piezometrima u toku izvođenja građevinske jame budućeg objekta je osiguranje stabilnosti postojećih susjednih građevina.

Nivo podzemnih voda u ugrađenim piezometrima potrebno je pratiti u toku izvođenja građevinske jame jednom na dan.

Uz postavljene piezometre preporuča se Investitoru da se kao dodatna kontrola stabilnosti objekata postave klinometri kako bi se pratila naginjanja postojećih susjednih objekata.

# 5.1. PRILOZI - DRENAŽNI SUSTAV

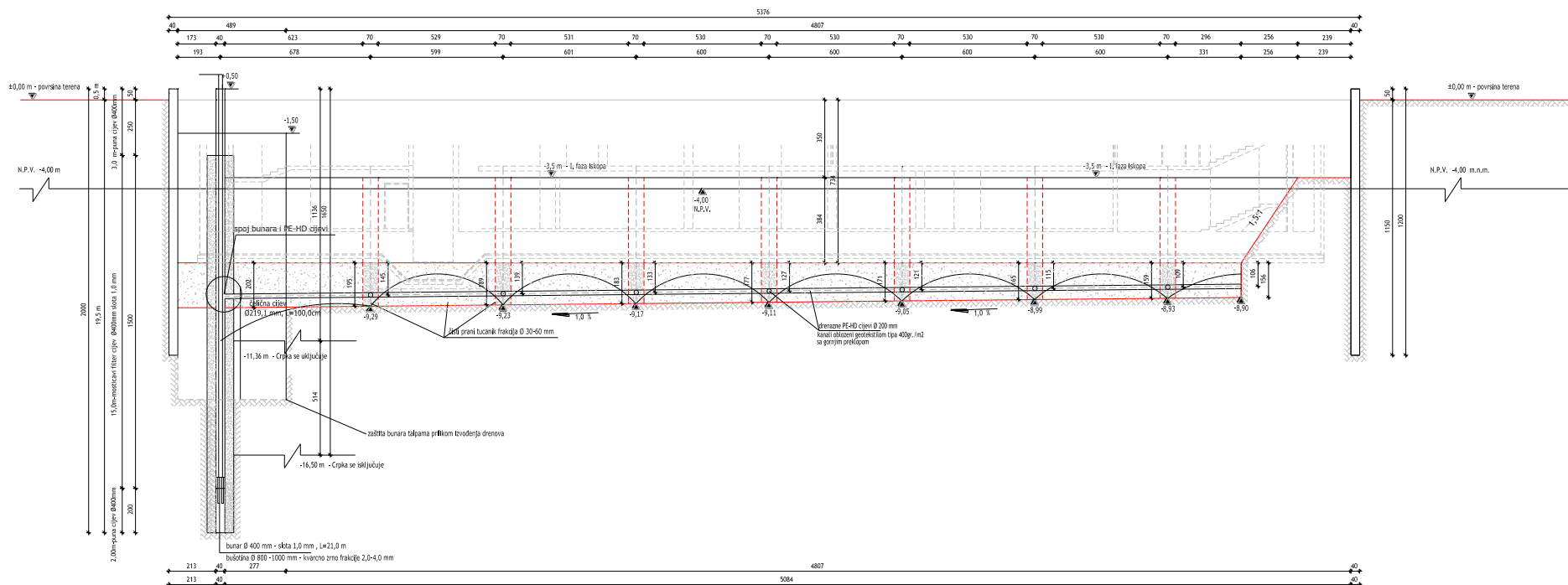
TLOCRT DRENAŽNOG SUSTAVA M 1:200



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## 5.2. PRILOZI - DRENAŽNI SUSTAV

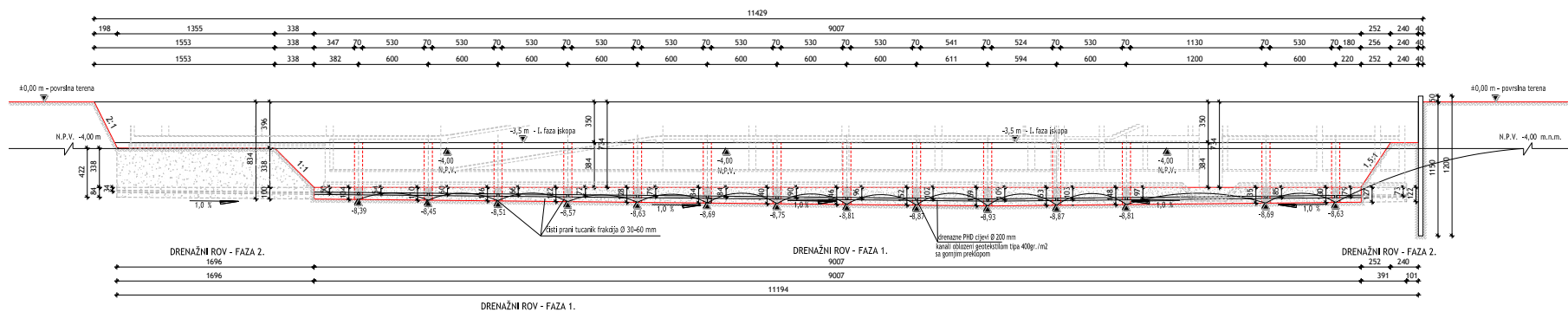
PRESJEK 3 - 3 M 1:100



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

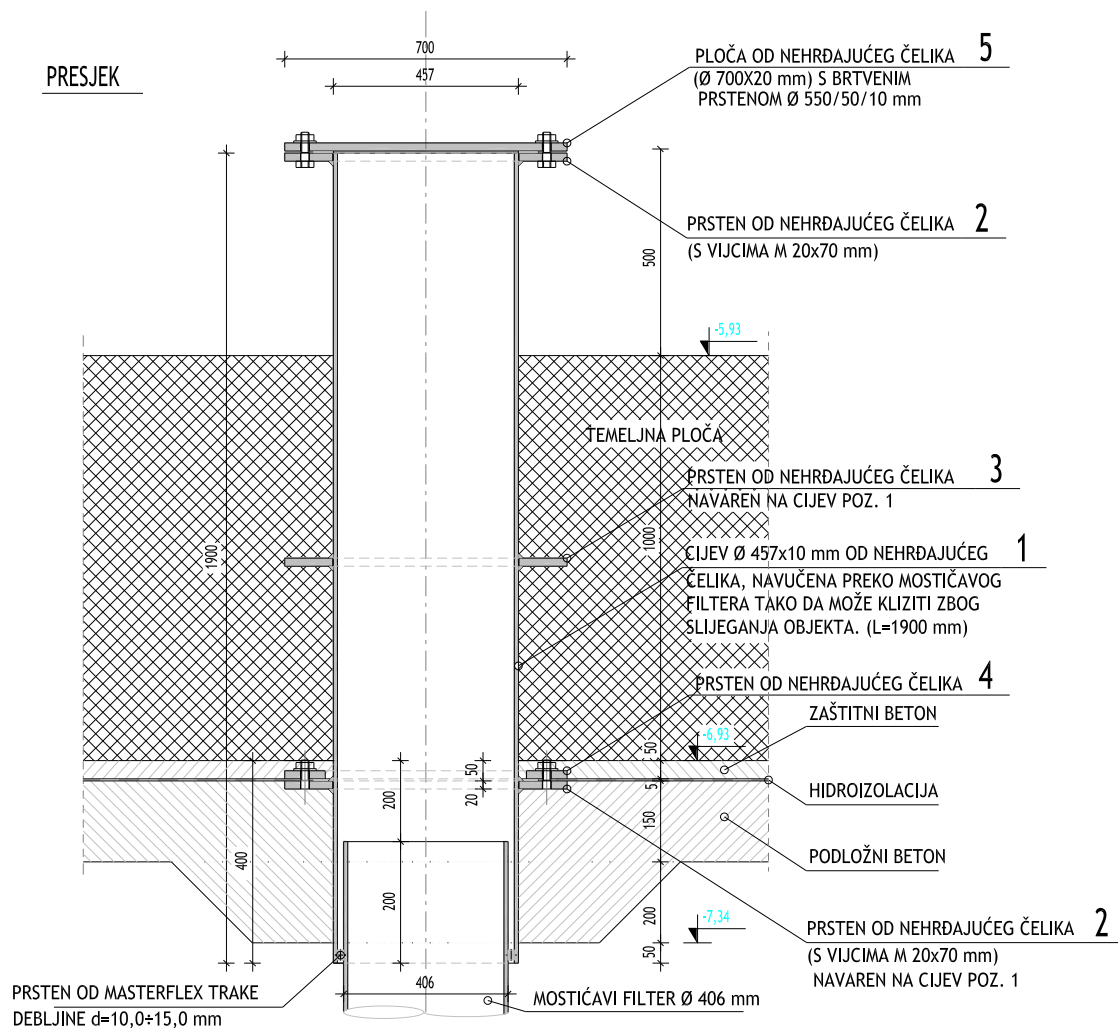
## 5.3. PRILOZI - DRENAŽNI SUSTAV

PRESJEK 4 - 4 M 1:200



## 5.4. PRILOZI - DRENAŽNI SUSTAV

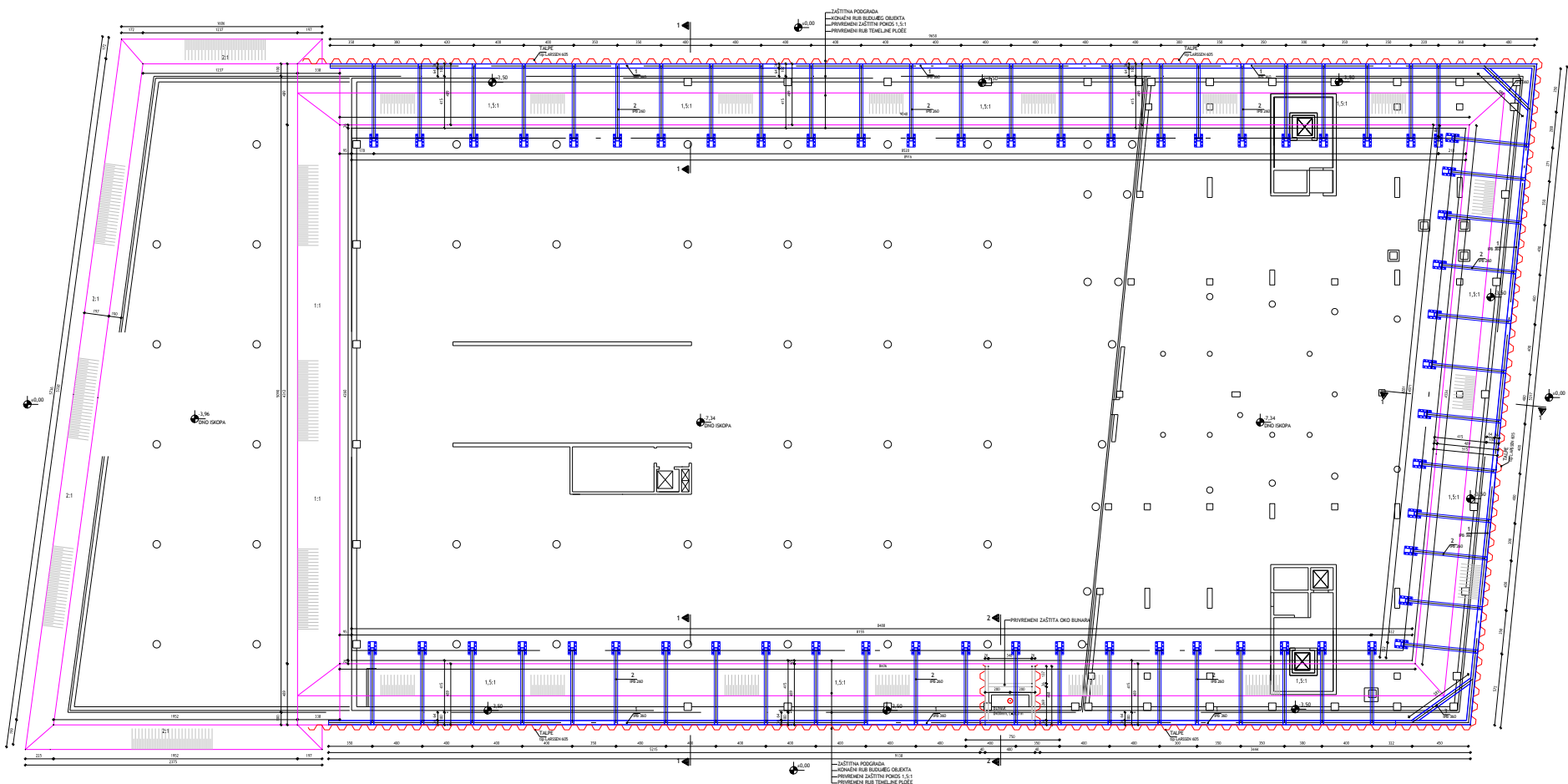
DETALJ PRODORA BUNARA M 1:10



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## 5.5. PRILOZI - ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME

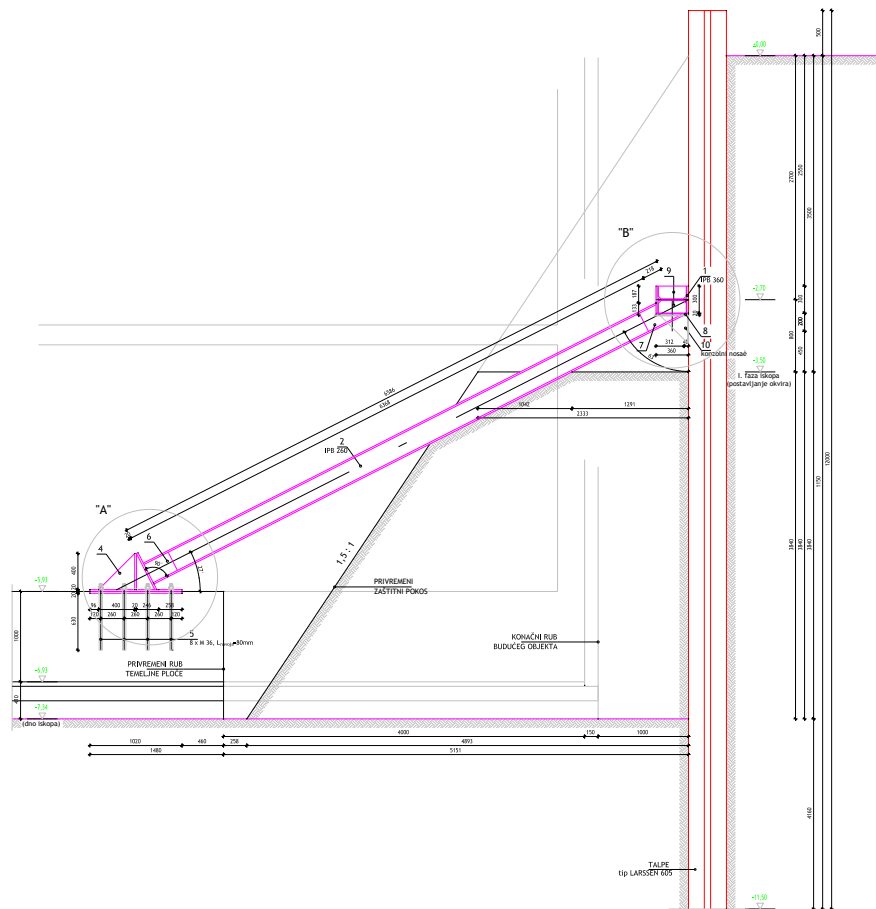
TLOCRT GRAĐEVINSKE JAME M 1:100



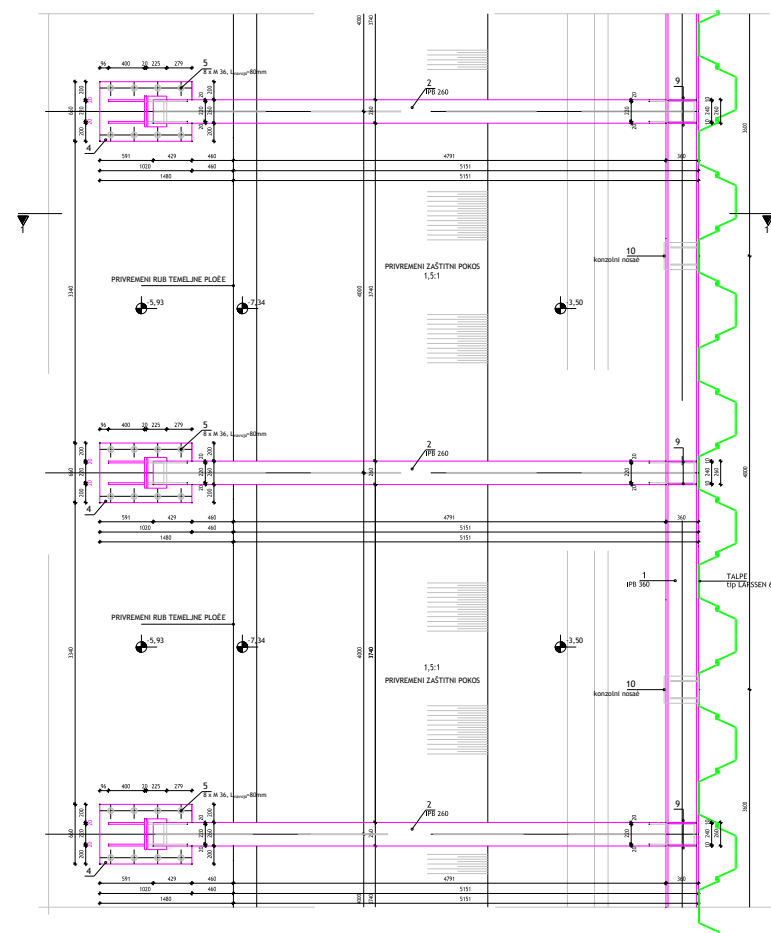
KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

## 5.6. PRILOZI - ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME

KARAKTERISTIČNI PRESJEK 1 - 1 M 1:20



KARAKTERISTIČNI TLOCRT M 1:20



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME

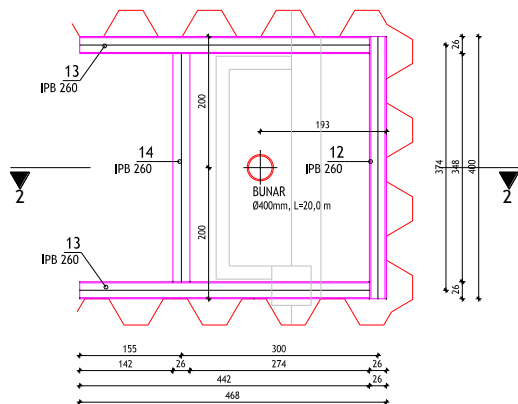


## 5.7. PRILOZI - ZAŠTITA GRAĐEVINSKE JAME

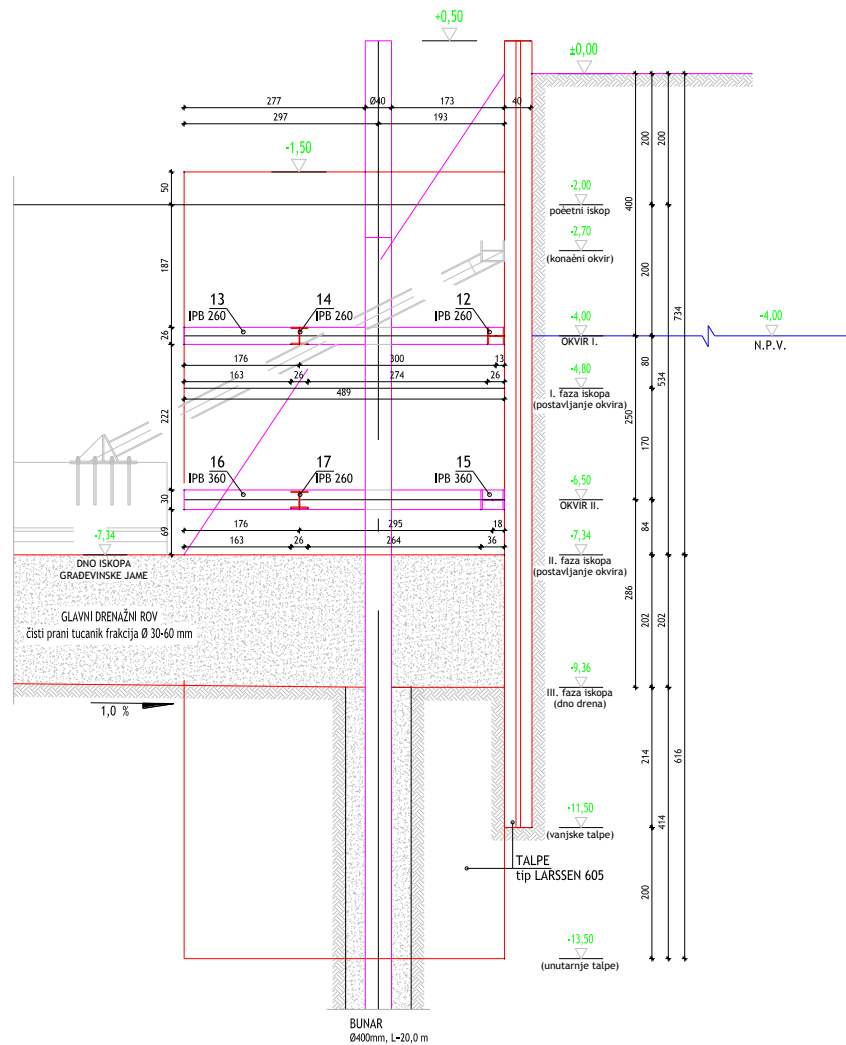
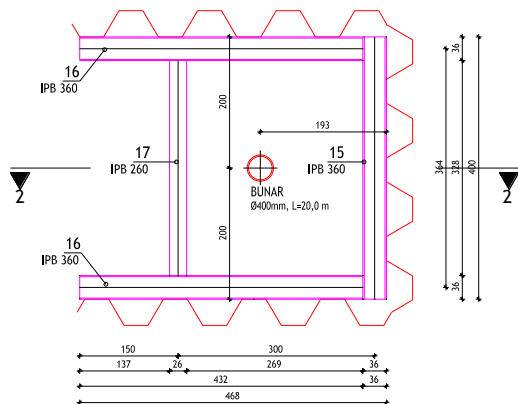
PRIVREMENA ZAŠTITA OKO BUNARA M 1:50

PRESJEK 2 - 2 M 1:50

TLOCRT NIVOVA RAZUPORA I M 1:50  
NA KOTI -4,0 m



TLOCRT NIVOVA RAZUPORA II M 1:50  
NA KOTI -6,5 m



KAPPA OSIJEK - PROJEKT SNIŽENJA  
NIVOVA PODZEMNIH VODA I ZAŠTITE  
GRAĐEVINSKE JAME