Glavni projekt zaštite građevne jame za objekt garaže "Gorovo" u Opatiji

Jurić, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:212211

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



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

DIPLOMSKI RAD

Josip Jurić

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Josip Jurić

Glavni projekt zaštite građevne jame za objekt garaže „Gorovo“ u Opatiji

Diplomski rad

Split, 2017.

Naslov

Sažetak:

Za potrebe temeljenja objekta podzemne garaže „Gorovo“ U Opatiji dimenzionirana je zaštitna konstrukcija građevne jame. Za zaštitu građevne jame je korištena kombinacija mlaznog betona i geotehničkih sidara.

Ključne riječi:

Građevna jama, samobušiva sidra, mlazni beton

The main project: Construction of the foundation pit and its protection for underground garage „Gorovo“ in Opatija

Abstract:

For foundation purposes of the underground garage „Gorovo“, a protective construction of the construction pit has been made. For construction pit protection, a combination of the jet concrete and geotechnical anchors has been used.

Keywords:

Foundation pit, self-drilling anchors, shotcrete

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ:	**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	JURIĆ JOSIP
BROJ INDEKSA:	577
KATEDRA:	**Katedra za geotehniku**
PREDMET:	Mehanika stijena

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Glavni projekt zaštite građevne jame za objekt garaže gotovo u Opatiji

Opis zadatka: Za potrebe izrade diplomskog zadatka na raspolaganju su geotehnički elaborat i arhitektonski nacrti za objekt garaže. Potrebno je izraditi glavni projekt stabilizacije zasjeka građevne jame.

U Splitu, 10. Ožujak 2017. godine

Voditelj Diplomskog rada:	Predsjednik Povjerenstva za završne i diplomske ispite:
Prof.dr.sc. Predrag Miščević	Doc.dr.sc. Veljko Srzić

Sadržaj

1 Tehnički opis 1
1.1 Općenito 1
1.2 Istražni radovi 2
1.3 Iskop 2
1.4 Popis primijenjenih propisa i zakona 3
2 Inženjerskogeološke značajke lokacije 4
2.1 Geotehničke sredine i parametri 4
2.2 Proračunski parametri 8
3 Zemljani radovi i osiguranje stabilnosti konstrukcije 10
3.1 Zemljani radovi 10
3.2 Mlazni beton 11
3.3 Geotehnička sidra 12
3.4 Odvodnja 13
4 Geotehnički proračun 14
4.1 Prometno opterećenje 14
4.2 Seizmika 14
4.3 Proračun stabilnosti pokosa 16
4.3.1 Model- južna strana (uzdužni prejsek 1-1) 18
4.3.2 Model - jugozapadna strana (uzdužni presjek 2-2) 20
4.3.3 Model - jugozapadna strana (uzdužni presjek 3-3) 24
4.3.4 Model - zapadna strana (uzdužni presjek 4-4) 28
4.3.5 Model - zapadna strana (uzdužni presjek 5-5) 32
4.3.6 Model – sjeverna strana (uzdužni presjek 6-6) 36
4.3.7 Model - jugoistočna strana (uzdužni presjek 7-7) 37
4.3.8 Model - jugoistočna strana (uzdužni presjek 8-8) 38
5 Troškovnik 42

6 Grafički prilozi 44
6.1 Tlocrt građevne jame 44
6.2 Uzdužni presjek 1-1 i poprečni presjek A-A 44
6.3 Uzdužni presjek 2-2 i poprečni presjek B-B 44
6.4 Uzdužni presjek 3-3 i poprečni presjek C-C 44
6.5 Uzdužni presjek 4-4 i poprečni presjek D-D 44
6.6 Uzdužni presjek 5-5 i poprečni presjek E-E 44
6.7 Uzdužni presjek 6-6 44
6.8 Uzdužni presjek 7-7 44
6.9 Uzdužni presjek 8-8 i poprečni presjek F-F 44
7 Literatura 45

1 Tehnički opis

1.1 Općenito

Predmetna lokacija planirane podzemne garaže "Gorovo" nalazi se u centru grada Opatije. Lokacija je s južne, jugoistočne i zapadne strane omeđena prometnicom ul. Drage Gervaisa dok se sa sjeverne i istočne strane nalaze obiteljske kuće u sklopu ulice sv. Florijana. Generalni nagib terena je u smjeru istok – jugoistok. Na predmetnoj lokaciji se nalazi asfaltirano parkiralište koje je od okolnog hipsometrijski višeg ili nižeg terena odijeljeno potpornim zidovima na istočnom i zapadnom rubu. Nadmorske visine šireg terena kreću se od cca 29,0 do 39,0 m.n.v. Planirana je izgradnja objekta na ukupnoj površini 55x40 m ukupne visine P+2 i P+3.

Tlo na široj lokaciji spada u tlo razreda A – stijena ili druga geološka formacija poput stijene, uključujući najviše 5 metara slabijeg materijala na površini. Predmetnu lokaciju izrađuje pokrivač od nabačaja, crvenice te karbonatna podloga zastupljena donjokrednim vapnencima i vapnenačkim brečama. Na predmetnoj lokaciji nije uočena podzemna voda. Naslage pokrivača su vlažne bez vidljive slobodne vode.

Na osnovu geotehničkog elaborata i svih provedenih inženjerskogeoloških i geotehničkih radova može se pristupiti izradi projekta građevne jame. Projektirano dno građevne jame nalazi se na koti 27,3 m.n.m., a visine iskopa zbog promjenjivog nagiba okolnog terena kreću se od cca 3,0 do 13,0 metara. Na istočnom i jugoistočnom dijelu objekta predviđena kota temeljenja nije unutar stijenske podloge, te je na tom dijelu potrebno produbiti temeljno tlo do čvrste podloge.

Zaštita pokosa građevne jame izvedena je na svim stranama osim na istočnom i sjeveroistočnom dijelu kombinacijom geotehničkih sidara i mlaznog betona debljine 10 cm (dva sloja debljine 5 cm + armatura). Korišten je jedan tip sidara promjera natege 32 mm i promjera bušaće glave 150 mm (karakteristike tipa DYWI R32L, Dywidag). Proračun stabilnosti pokosa izvršen je u računalnom programu „Slide 6.0"

1.2 Istražni radovi

U svrhu determinacije geotehničkih značajki lokacije provedeni su različiti geotehnički terenski i labaratorijski istražni radovi. Radovi su se sastojali od:

- Istraživačkog rotacijskog bušenja
- Inženjerskogeološkog kartiranja terena i determinacije bušaćih jezgri
- Geofizičkih istraživanja
- Labaratorijskih radova na ispitivanju odabranih uzoraka iz istraživačkih bušotina
- Obrade podataka ranijih istraživanja

Ukupno je izvedeno sedam istraživačkih bušotina pojedinačnih duljina od 5,0 do 12,0 metara. Bušenje se izvelo s kontinuiranim jezgrovanjem po cijeloj dubini bušotina. Rezultati dobiveni istražnim bušotinama su prikazani u geotehničkim profilima bušotina i inženjerskogeološkim presjecima. U profilima je prikazan utvrđeni i pretpostavljeni položaj pojedinih geotehničkih sredina.

Geotehnički i inženjerskogeološki radovi obuhvaćaju geotehničku prospekciju i inženjersko geološko kartiranje lokacije, pregled i determinaciju bušaćih jezgri te izradu inženjerskogeoloških presjeka terena i geotehničkih profila bušotina.

Geofizička ispitivanja obuhvaćaju mjerenja seizmičke refrakcije na tri profila pojedinačnih duljina 33 m, 44 m i 55 m.

Labaratorijska ispitivanja obuhvaćaju geomehanička ispitivanja uzoraka tla i stijene uzetih iz jezgri bušotina. Uključuju ispitivanja tlačne čvrstoće stijene, mjerenje granica plastičnosti i tečenja, granulometrijsku analizu, mjerenje stišljivosti tla, mjerenje konsolidacije tla, te test direktnog smicanja.

1.3 Iskop

Oći tehnički uvjeti (OTU) za zemljane radove (grupa autora 2001.) razlikuju tri kategorije tla: "A", „B" i „C". Tlo na široj lokaciji spada dijelom u tlo razreda „A", a dijelom u tlo razreda „C" kategorije. Pod tlom kategorije „A" podrazumijevaju se sva čvrsta tla – stijene, dok se pod tlom kategorije „C" podrazumijevaju sva ona koherentna, nekoherentna i mješovita tla koja se mogu kopati izravno, upotrebom pogodnih strojeva (jaružalo, dozer, skreper).

Na mjestima gdje je potrebna zaštita pokosa iskop se vrši u radnim etažama u visini 2,2 m koliko iznosi širina jedne armaturne mreže. Nakon iskopa jedne etaže na pokos se nanosi sloj mlaznog betona te se ugrađuju geotehnička sidra. Na mjestima gdje nije potrebna zaštita iskop se vrši do projektom određenog nagiba pokosa.

1.4 Popis primijenjenih propisa i zakona

- Zakon o gradnji (NN 153/13)

-Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13)

- Zakon o obavljanju geodetske djelatnosti (NN 152/08, 61/11, 56/13)

- Tehnički propis za betonske konstrukcije (NN 139/09, 14/10, 125/10, 136/12)

- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17)

2 Inženjerskogeološke značajke lokacije

Inženjerskogeološke značajke zastupljenih litostratigrafskih jedinica su određene na osnovu provedenih istraživačkih radova, inženjerskogeološkog kartiranja terena te korelacijom dobivenih podataka sa postojećim podacima dosadašnjih istraživanja.

Šire područje grada Opatije i okolnih naselja je predstavljeno terenom promjenjivog nagiba prema istoku-jugoistoku. Karakteristično je krško područje čiji su nenaseljeni dijelovi stjenoviti te zarašteni niskim drvećem i grmljem. Površinski izdanci stijenske podloge su učestali u sklopu prirodnog terena, obalne zone te postojećih zasjeka. Veće debljine autohtonog pokrivača su lokalno prisutne u vidu ispuna krških pojava u stijenskoj masi ili u sklopu mogućih rasjednih zona koje su učestale u širem predmetnom području.

2.1 Geotehničke sredine i parametri

Geotehničkim istražnim radovima ustanovljeno je da je geotehnički profil na lokaciji sastavljen od četiri geotehničke jedinice:

GS 1 - Geotehnička sredina 1: Nabačaj - Sastav i značajke nabačaja su temeljene na dobivenim podacima provedenih istraživačkih radova. Heterogenog je sastava, pretežno od karbonatnih blokova, odlomaka i kršja, uglatih i slabo sortiranih (dobro graduiranih) s primjesama praha i pijeska u promjenjivim omjerima te površinskog sloja asfalta i betona. Debljina utvrđena istaživačkim radovima iznosi do 2,0 m, dok su najveće procijenjene debljine nabačaja do cca 5,0 m duž istočnog- jugoistočnog ruba predmetnog platoa (iza potpornog zida uz ulicu Drage Gervaisa).

Usvajaju se sljedeće vrijednosti parametara geotehničke jedinice 1- Nabačaj:

-Efektivni kut unutarnjeg trenja $\varphi_k' = 30°$ do $35°$

-Efektivna kohezija $c_k' =$ 0,0 do 5,0 kN/m^2

-Zapreminska težina γ = 18,0 do 19,0 kN/m^3

-Poissonov koeficijent $\nu = 0{,}30$

-Modul elastičnosti $E' = 30 - 40\,MN/m^2$

GS 2 – Geotehnička sredina 2: Crvenica - Crvenica je na predmetnoj lokaciji prisutna pretežno u vidu kontinuiranog pokrivača iznad stijenske podloge te kao ispuna pukotina širokog zijeva u stijenskoj masi.

Sastoji se od crvenosmeđe anorganske prahovite gline visoke plastičnosti. Na kontaktu sa stijenskom podlogom (debljine do 0,6 m) sadrži primjese kršja i odlomaka matične stijene u promjenjivim omjerima.

Zbog vrlo razvedene morfologije stijenske podloge, okršenosti i tektonike, debljina crvenice jako varira. Debljina utvrđena istraživačkim radovime iznosi od 0,8 m do 3,5 m.

Labaratorijskim ispitivanjima uzoraka dobivene su sljedeće vrijednosti parametara geotehničke jedinice 2 – Crvenica:

-Granica tečenja w_L = 78,24 – 82,79 %

-Granica plastičnosti w_P = 26,21 – 26,32 %

-Indeks plastičnosti I_P = 52,03 – 56,47

-Kohezija c_k'= 19,55 – 25,32 kN/m^2

-Kut unutarnjeg trenja φ_k'= 18,26° - 21,8°

Usvajaju se sljedeće vrijednosti parametara geotehničke jedinice 2 - Crvenica:

-Efektivni kut unutarnjeg trenja φ_k'= 17° do 22°

-Efektivna kohezija c_k'= 15,0 do 25,0 kN/m^2

-Zapreminska težina γ = 19,0 do 20,0 kN/m^3

-Poissonov koeficijent $\nu = 0{,}40$

-Modul elastičnosti $E' = 20 - 30\,MN/m^2$

GS 3 – **Geotehnička sredina 3**: Jako do slabo raspucani vapnenci i vapnenačke breče – Geotehničku jedinicu 3 čine donjokredni jako do slabo raspucani vapnenci i vapnenačke breče. Predstavljeni su nepravilnom izmjenom naslaga vapnenaca i vapnenačkih breča, svijetlosive do sive boje. Vapnenci su dobro do pločasto uslojeni, homogeni i sitnozrnati, mjestimice kristalasti i brečoliki. Vapnenačke breče su masivne, srednje do krupnozrnate. Prisutni diskontinuiteti su kosi do subvertikalni, razmaka do 0,5 m i zijeva pretežno većeg od 5 mm, hrapavih površina, ispunjeni komprimiranom crvenicom ili glinom crvenicom. Stijenska masa je šupljikava mjestimice kavernozna.

Jako do slabo raspucana stijenska masa vapnenaca i vapnenačkih breča je vrlo blokovita sa srednje velikim blokovima. Nalazi se na dubinama od 1,3 m do cca 13 m ispod površine terena.

Usvajaju se sljedeće vrijednosti parametara geotehničke jedinice 3 – Jako do slabo raspucani vapnenci i vapnenačke breče:

-Vrijednost materijalne konstante (m_i) za geotehničku jedinicu 3 je određena na interval od 8 do 12. Usvojena je vrijednost materijalne konstante m_i od 8.

-GSI vrijednost geotehničke jedinice 3 varira od 35 do 45. Usvojena je vrijednost GSI od 35

-Labaratorijskim ispitivanjima tlačne čvrstoće stijenske mase vapnenaca na odabranim uzorcima, utvrđen je interval čvrstoće od 34,21 MPa do 69,92 MPa. Usvojena je vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće (σ_{ci}) od 40 MPa.

-Faktor stupnja poremećenosti stijenske mase (D) određen je na 0,7

-Zapreminska težina γ = 24 kN/m^3

-Deformacijski modul E = 900 MN/m^2

GS 4 – Geotehnička sredina 4: Potpuno raspucani vapnenci i vapnenačke breče - Geotehničku jedinicu 4 čine donjokredni potpuno raspucani vapnenci i vapnenačke breče. Predstavljeni su nepravilnom izmjenom naslaga vapnenaca i vapnenačkih breča, svijetlosive do sive boje. Vapnenci su dobro do pločasto uslojeni, homogeni i sitnozrnati, mjestimice kristalasti i brečoliki. Vapnenačke breče su masivne, srednje do krupnozrnate. Prisutni diskontinuiteti su kosi do subvertikalni, razmaka do 0,5 m i zijeva pretežno većeg od 5 mm, hrapavih površina, ispunjeni komprimiranom crvenicom ili glinom crvenicom. Stijenska masa je šupljikava mjestimice kavernozna.

Usvajaju se sljedeće vrijednosti parametara geotehničke jedinice 4 - Potpuno raspucani vapnenci i vapnenačke breče:

-Vrijednost materijalne konstante (m_i) za geotehničku jedinicu 4 je određena na interval od 8 do 12. Usvojena je vrijednost materijalne konstante m_i od 8.

-GSI vrijednost geotehničke jedinice 4 varira od 25 do 35. Usvojena je vrijednost GSI od 25

-Labaratorijskim ispitivanjima tlačne čvrstoće stijenske mase vapnenaca na odabranim uzorcima, utvrđen je interval čvrstoće od 34,21 MPa do 69,92 MPa. Usvojena je vrijednost jednoosne tlačne čvrstoće (σ_{ci}) od 40 MPa.

-Faktor stupnja poremećenosti stijenske mase (D) određen je na 0,7

-Zapreminska težina γ = 24 kN/m^3

-Deformacijski modul E = 600 MN/m^2

2.2 Proračunski parametri

Odabrane karakteristične vrijednosti parametara su prikazane u tablici 1.

Tablica 1. Karakteristične vrijednosti parametara

Geotehnička sredina	Zapreminska težina (γ') (kN/m^3)	Kohezija (c_k') (kPa)	Kut unutarnjeg trenja (φ_k') (°)
1	18	2,5	30
2	19	20	20
3	24	98	45,8
4	24	65	35,8

Proračunske vrijednosti parametara za projektni pristup 3:

$$\gamma' = \frac{\gamma}{\gamma_\gamma} = \frac{\gamma}{1{,}0}$$

$$c_d' = \frac{c_k}{\gamma_c} = \frac{c_k}{1{,}25}$$

$$tg\varphi_d' = \frac{tg\varphi_k}{\gamma_{tg\varphi}} = \frac{tg\varphi_k}{1{,}25}$$

Proračunske vrijednosti parametara prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Proračunske vrijednosti parametara

Geotehnička sredina	Zapreminska težina (γ') (kN/m^3)	Kohezija (c_d') (kPa)	Kut unutarnjeg trenja (φ_d') (°)
1	18	2,0	24
2	19	16	16
3	24	78,4	36,6
4	24	52	28,6

3 Zemljani radovi i osiguranje stabilnosti konstrukcije

Da bi se započelo s građenjem općenito, potrebno je izvršiti određene prethodne i pripremne radove. Svi ovi radovi opisani su u „Projektu organizacije građenja“ kojeg je dužan izraditi izvođač.

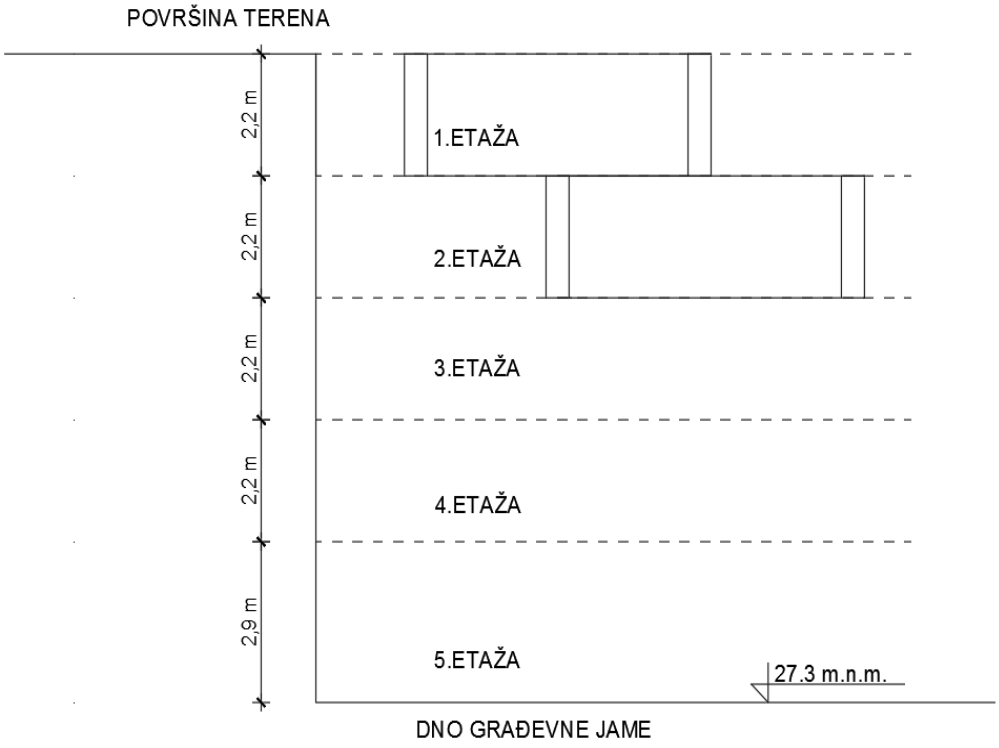
U pripremne radove radove spada izrada gradilišne infrastrukture, izrada gradilišnog naselja, izrada pomoćnih građevina te izrada pristupnih putova gradilištu kojima će se iskopani materijal odvoziti na predviđeni deponij.

3.1 Zemljani radovi

Nakon što se pripremi radni plato za potrebe korištenja mehanizacije pristupa se iskopu građevne jame. Na zapadnoj i istočnoj strani nije potrebna zaštita pokosa građevne jame te se iskop vrši do projektom predviđenih nagiba pokosa. Na ostalim dijelovima građevne jame potrebna je zaštita građevne jame kombinacijom mlaznog betona i geotehničkih sidara te se iskop vrši u radnim etažama. Visina jedne etaže jednaka je širini jedne armaturne mreže koja iznosi 2,2 m.

Iskop se vrši do dubine jedne etaže, nanese se prvi sloj mlaznog betona debljine 5 cm, ugradi se armaturna mreža, te se nanese drugi sloj mlaznog betona. Nakon toga se ugrađuju geotehnička sidra pomoću specijalnih strojeva za bušenje. Iskop se nastavlja istim postupkom do projektirane kote dna iskopa.

U horizontalnom smjeru iskop uz pokos uvjetuje postavljanje armaturne mreže koja se u svakom redu postavlja izmaknuto u odnosu na prethodni. U obzir treba uzeti dužinu armaturne mreže i njen preklop.



Slika 1. Primjer: Radne etaže na sjeverozapadnom dijelu građevne jame

3.2 Mlazni beton

Pod mlaznim betonom podrazumijeva se beton koji se ugrađuje u struji zraka pod tlakom kroz posebne mlaznice i velikom brzinom i energijom nanosi na podlogu, pri čemu se i kompaktira i prijanja uz podlogu. Pri nanošenju mlaznog betona može se koristiti suhi i mokri postupak. Mlazni beton treba projektom konstrukcije uvjetovati prema EN 206 kao projektirani ili kao zadani beton (uvjetovan sastavom). Prije nanošenja mlaznog betona treba obaviti potrebne pripreme podloge na koju će se nanositi i opreme kojom će se izvoditi. Pri projektiranju i obračunu radova u mlaznom betonu suhog postupka nanošenja treba računati s odskokom kako ga propisuju tehnički uvjeti.

Mlazni beton treba zadovoljati norme:

-HRN EN 14487-1 Mlazni beton – 1.dio: Definicije, specifikacije i sukladnosti

-HRN EN 14487-2 Mlazni beton – 2.dio: Izvedba

-HRN EN 14488-6 Ispitivanje mlaznog betona – 6.dio: Debljina mlaznog betona na podlozi

Usvojene karakteristike mlaznog betona:

-Razred betona C 25/30

-debljina betona 10 cm

-odskok (% mase) -15-30 %

3.3 Geotehnička sidra

Za potrebe zaštite građevne jame koriste se štapna samobušiva IBO sidra. Štapna samobušiva sidra koriste se kao dio bušaćeg sustava na način da se umjesto bušaće šipke koriste elementi samobušivog sidra koji na vrhu imaju odgovarajuću bušaću glavu. Bušenjem sidra odgovarajuće dužine završeno je i postavljanje sidra. Injektiranje sidra izvodi se kroz samo sidro, pri čemu injekcijska smjesa izlazi kroz otvore na bušaćoj glavi, sve dok injekcijska smjesa ne počne izlaziti na ušću bušotine.

Građevna jama sadrži osam različitih pokosa koje je, ovisno o geološkoj građi terena i opterećenju, potrebno adekvatno izvesti i zaštititi tako da se zadovolje uvjeti stabilnosti.

Na jugoistočnoj strani izvodi se jedan red sidara te se sidra izvode na međusobnom razmaku 3 metra. Duljina pojedinog sidra iznosi 3 metra. Sidra se ugrađuju pod kutem od 10 stupnjeva u odnosu na horizontalu. Odabrana su sidra karakteristika tipa DYWI R32L, Dywidag.

Na južnoj strani nije potrebna zaštita pokosa geotehničkim sidrima već je dovoljno samo nanijeti sloj mlaznog betona od 10 cm s armaturnom mrežom.

Na dva pokosa na jugozapadnoj strani izvode se tri reda sidara u kombinaciji s mlaznim betonom debljine 10 cm. Sidra se izvode u razmacima 2 x 1 m, odnosno 2,5 x 1,5 m. Sidra su dužine 7 metara i ugrađuju se pod kutem od 10° u odnosu na horizontalu. Odabrana su sidra karakteristika tipa DYWI R32L, Dywidag.

Na zapadnoj strani potrebno je pokos zaštititi jednim redom sidara u kombinaciji s mlaznim betonom debljine 10 cm. Sidra postavljaju na horizontalnom razmaku od 2 m. Sidra su dužine 6 metara i ugrađuju se pod kutem od 10° u odnosu na horizontalu. Odabrana su sidra karakteristika tipa DYWI R32L, Dywidag.

Idući pokos na zapadnoj strani stabilizira se s 2 reda sidara koja se postavljaju u razmacima 2 x 2m, zajedno s mlaznim betonom debljine 10 cm. Sidra su dužine 8 metara i ugrađuju se pod kutem od 10° u odnosu na horizontalu. Odabrana su sidra karakteristika tipa DYWI R32L, Dywidag.

Za pridržanje armature koriste se sekundarna sidra promjera natege 28 mm, promjera bušaće glave 56 mm i duljine 1,5 metar. Sidra se ugrađuju pod kutem od 10 stupnjeva u odnosu na horizontalu.

3.4 Odvodnja

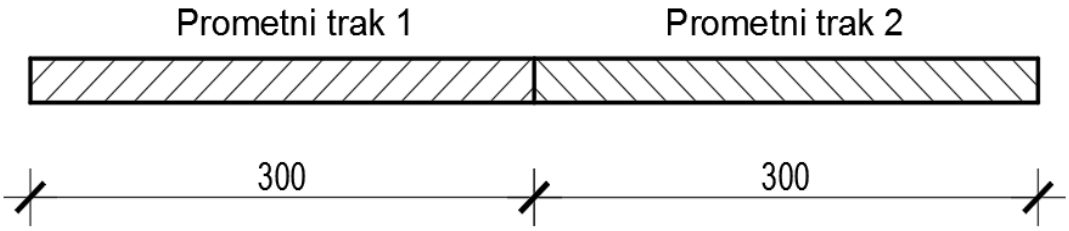
S obzirom da na predmetnoj lokaciji nema uočene podzemne vode, potrebno je osigurati samo odvodnju oborinske vode. Za potrebe odvodnje oborinske vode iskopan je kanal uz nožice pokosa te se voda na određenom mjestu prikuplja odakle se nakon određenog vremena odstranjuje.

4 Geotehnički proračun

4.1 Prometno opterećenje

S obzirom da prometnica ul. Drage Gervaisa u velikom dijelu omeđuje predmetnu lokaciju, potrebno je u proračun unijeti odgovarajuće prometno opterećenje.

Ulica Drage Gervaisa predstavlja sabirnu ulicu na kojoj vlada isključivo promet motocikala i osobnih automobila, pa procijenjeno opterećenje iznosi 20 kPa po jednom traku ceste, širine 3 metra.



Slika 2. Skica prometnog opterećenja

4.2 Seizmika

Predmetna lokacija se nalazi u Primorsko–goranskoj županiji u gradu Opatiji. Utjecaj vrste temeljnog tla na vrijednosti seizmičkog opterećenja u HRN EN 1998-1:2011/Ispr.1:2014 se uzima u obzir preko razreda tla. Tlo na široj lokaciji spada u tlo razreda „A“- stijena ili druga geološka formacija poput stijene, uključujući najviše 5 metara slabijeg materijala na površini.Vrijednost poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_{gR} prikazana je na slici 3.

Seizmički proračun se vrši prema normi HRN EN 1998:2011 (Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres).



Slika 3. Prikaz horizontalnog potresnog ubrzanja tla za područje grada Opatije (www.seizkarta.gfz.hr)

Horizontalno ubrzanje tla za grad Opatiju za poredbeno povratno razdoblje T_{NCR} = 475 god. *(www.*seizkarta.gfz.hr) iznosi: a_{gR} =0,177 g

Parametar S za tip tla A i horizontalno ubrzanje za povratno razdoblje od 475 godina je: S=1,0

Horizontalni seizmički koeficijent:

$$k_h = 0{,}5 \cdot \alpha \cdot S = 0{,}5 \cdot 0{,}177 \cdot 1{,}0 = 0{,}09$$

$$\alpha = \frac{a_g}{g} = \frac{0{,}177g}{g} = 0{,}177$$

Vertikalni seizmički koeficijent:

$$k_v = 0{,}5 \cdot k_h = 0{,}5 \cdot 0{,}09 = 0{,}045$$

4.3 Proračun stabilnosti pokosa

Proračun stabilnosti pokosa proveden je na osnovu podataka o geometriji terena i rasporedu pojedinih geotehničkih jedinica. Geotehnička sidra je potrebno izvesti prema normama - HRN EN 1537:2008 en (Izvedba posebnih geotehničkih radova – Sidra u tlu i stijeni), HRN EN 1997-1:2012/NA:2016. Geotehničko projektiranje. Za proračun stabilnosti korišten je projektni pristup 3.

Proračun stabilnosti vrši se u računalnom programu „Slide 6.0“. Za odabranu geometriju pokosa potrebno je determinirati one klizne plohe kojima je faktor sigurnosti manji od 1.

Na osnovu provedenog proračuna i određenih potencijalnih kliznih ploha, odabire se adekvatno rješenje, odnosno raspored, broj i geometrija geotehničkih sidara.

Silu koju čelično tijelo sidra (natega) prenosi na sidrišno tijelo, a ono na tlo (lom po spoju injekcijskog tijela i tla/stijene) može se odrediti na osnovi nosivosti na plaštu sidrišnog tijela:

$$R_{fc} = \tau \cdot (2r\pi) \cdot L_S$$

gdje su:

R_{fc} - proračunska vanjska nosivost sidra (trenje po plaštu)

L_S - duljina sidrišnog tijela

τ - prionjivost

r - polumjer presjeka sidrišnog tijela

Za koherentno tlo prionjivost se može odrediti kao:

$$\tau = c + \sigma_N \cdot tg\varphi$$

gdje su:

c – proračunska vrijednost kohezije materijala unutar kojeg se nalazi sidrišna dionica

σ_N - normalno naprezanje na središte sidrišne dionice

φ - proračunska vrijednost kuta unutarnjeg trenja materijala unutar kojeg se nalazi sidrišna dionica

Proračun karakteristične otpornosti natege sidra

Potrebno je odrediti konstrukcijsku otpornost svih elemenata sidra za granično stanje nosivosti ($R_{t,d}$) i to prema konstrukcijskim eurokodovima EN 1992 i EN 1993. Za proračun se koristi granica popuštanja sidra (yield load). Ova vrijednost se prema EN 1537:2013 naziva „karakteristična otpornost natege“.

Nosivost tijela (natege) sidra:

$$R_{t,d} = \frac{\text{granica popuštanja}}{1{,}15}$$

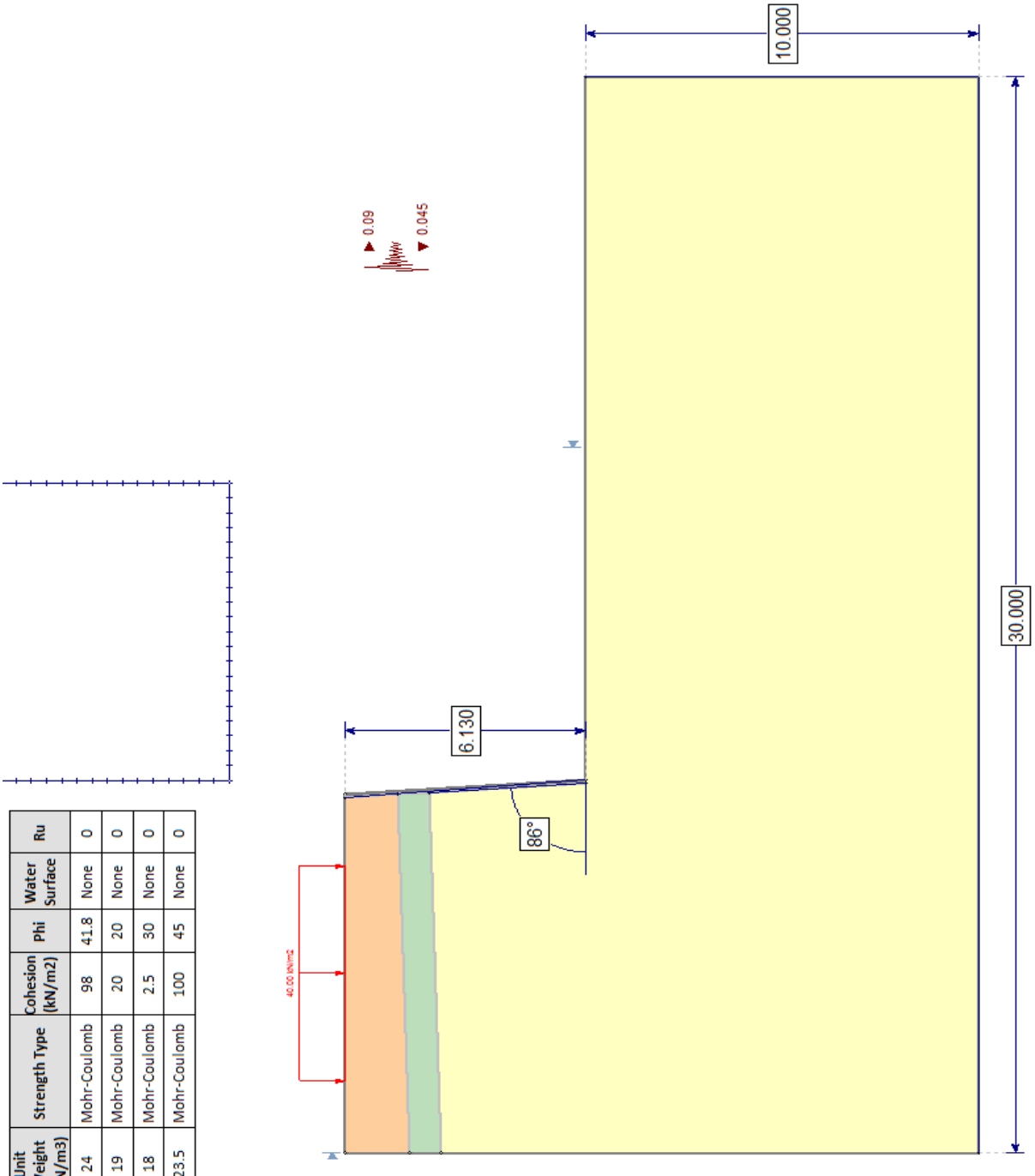
Za sidro karakteristika tipa DYWI R32L, Dywidag, karakteristična otpornost natege sidra iznosi:

$$R_{t,d} = \frac{160}{1{,}15} = 139{,}13 \text{ KN}$$

Za potrebe ovog projekta korištena su pasivna štapna samobušiva IBO geotehnička sidra. Sidra su injektirana u 90% dužine sidra. Uzdužni presjeci svakog pojedinog pokosa s detaljno prikazanim rasporedom geotehničkih sidara po plohi pokosa prikazani su u prilozima.

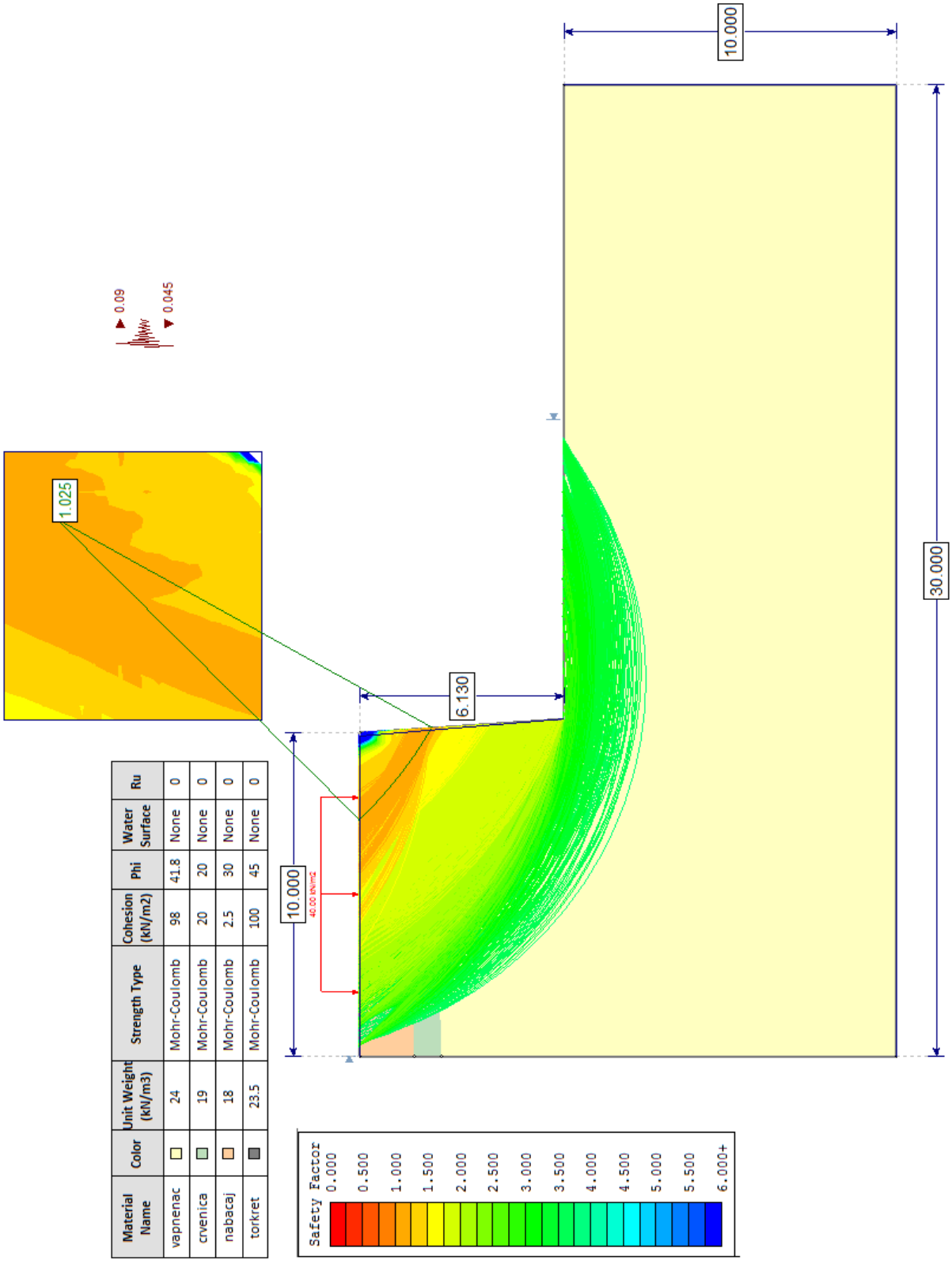
U nastavku su prikazani modeli pokosa s prikazanim položajima svih kliznih ploha s faktorom sigurnosti manjim od 1, ali i odabrana rješenja zaštite pokosa. Na temelju dobivenih rezultata odabiru se potrebne duljine sidara čije sidrišne dionice trebaju biti izvan kritičnih kliznih ploha.

4.3.1 Model- južna strana (uzdužni prejsek 1-1)



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
vapnenac		24	Mohr-Coulomb	98	41.8	None	0
crvenica		19	Mohr-Coulomb	20	20	None	0
nabacaj		18	Mohr-Coulomb	2.5	30	None	0
torkret		23.5	Mohr-Coulomb	100	45	None	0

Slika 4. Model za stabilnost pokosa



Slika 5. Rezultat modela za stabilnost pokosa

Na ovom pokosu nisu potrebna geotehnička sidra već samo sloj mlaznog betona debljine 10 centimetara i armaturna mreža (Q- 283). Sa slike 5 može se vidjeti da je faktor sigurnosti F_S = 1,025 što zadovoljava uvjet $F_S \geq 1{,}0$ što znači da je stabilnost pokosa osigurana.

Parametri prskanog betona su:

- kohezija c = 100 kPa
- kut unutarnjeg trenja $\varphi = 45°$

4.3.2 Model - jugozapadna strana (uzdužni presjek 2-2)

Na pokosu koji odgovara uzdužnom presjeku 2-2 potrebna je zaštita pokosa. Faktor sigurnosi klizne plohe iznosi 0,492 kao na slici 6. Izvode se 3 reda sidara u kombinaciji s mlaznim betonom debljine 10 cm. Sidra se postavljaju na razmacima 2,5 x 1,5 m. Duljine su 7 m i ugrađuju se pod kutem od 10°.

Nosivost na plaštu sidrišnog tijela:

$$R_{fc} = \tau \cdot (2r\pi) \cdot L_S$$

L_S = 5,87 m

$$\sigma_{GS1} = 18 \cdot 3{,}49 = 62{,}82\ kPa$$

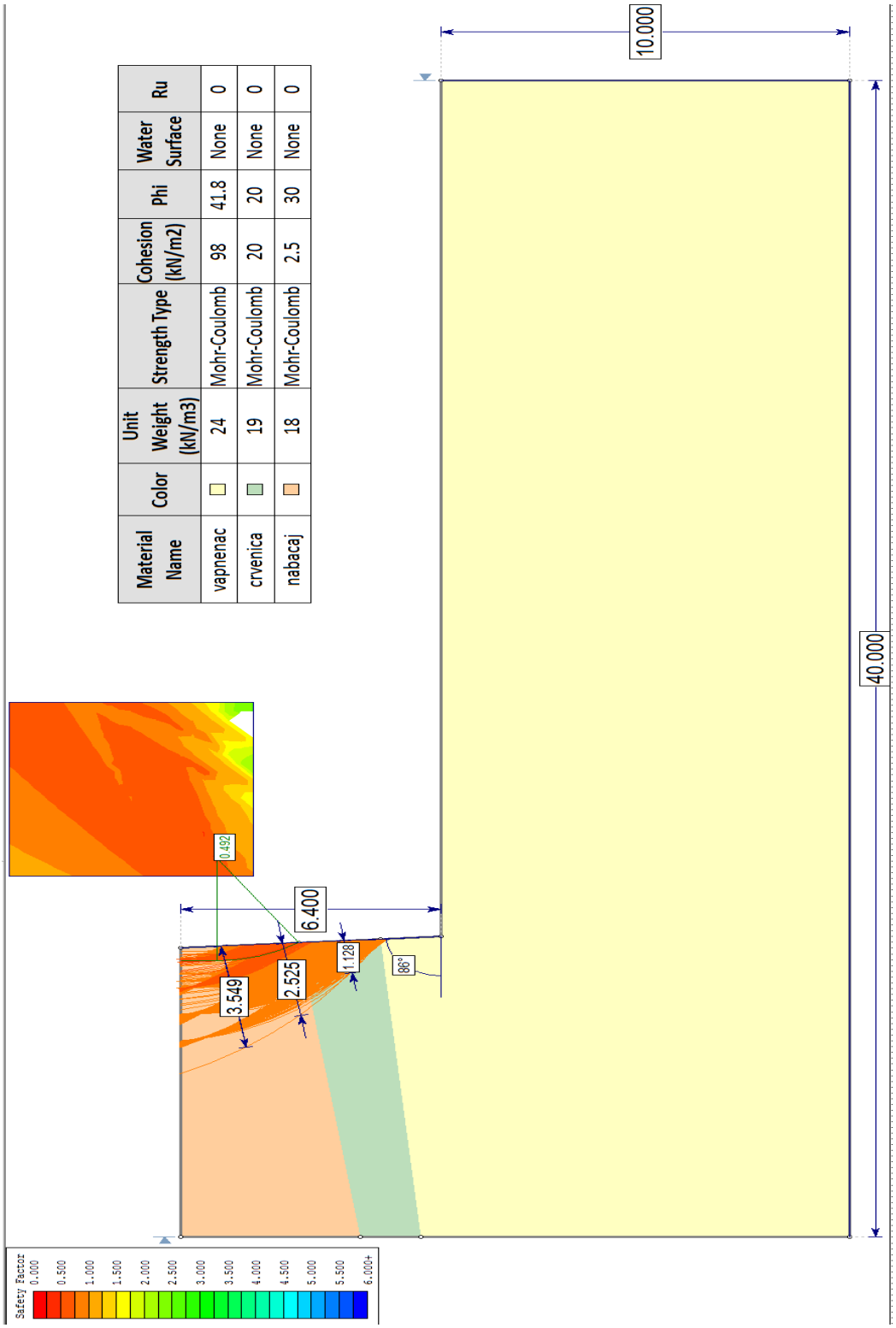
$$\sigma_{GS2} = 19 \cdot 1{,}22 = 23{,}18\ kPa$$

$$\tau = 16 + (62{,}82 + 23{,}18) \cdot tg16° = 40{,}66\ kPa$$

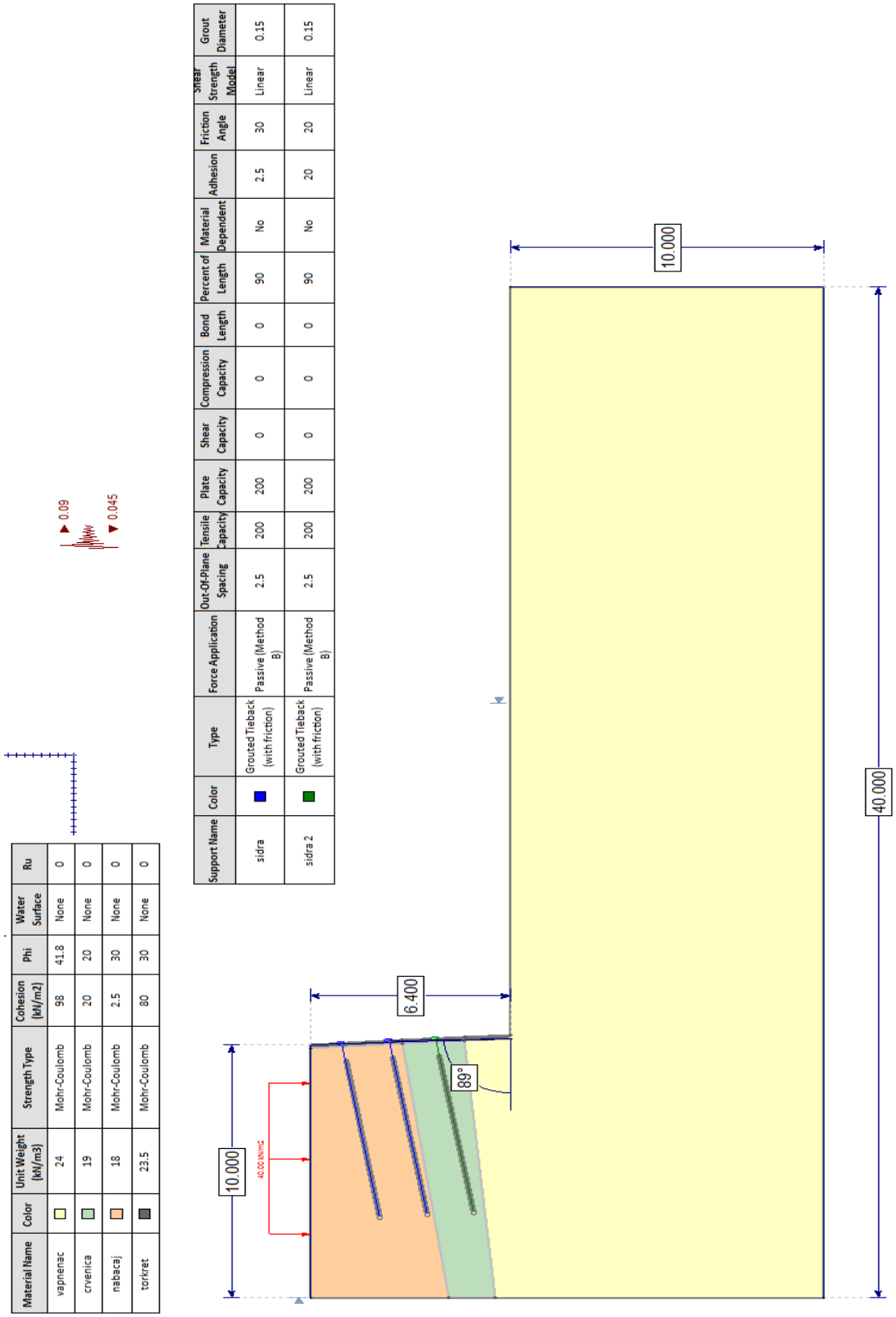
$$R_{fc} = 40{,}66 \cdot 0{,}15 \cdot \pi \cdot 5{,}87 = 112{,}47\ KN$$

Odabrano je sidro promjera natege 32 mm i promjera bušaće glave 150 mm (karakteristike tipa DYWI R32L, Dywidag).

Sa slike 8 može se vidjeti da je faktor sigurnosti veći od 1 i iznosi 1,136 što znači da je stabilnost pokosa osigurana.



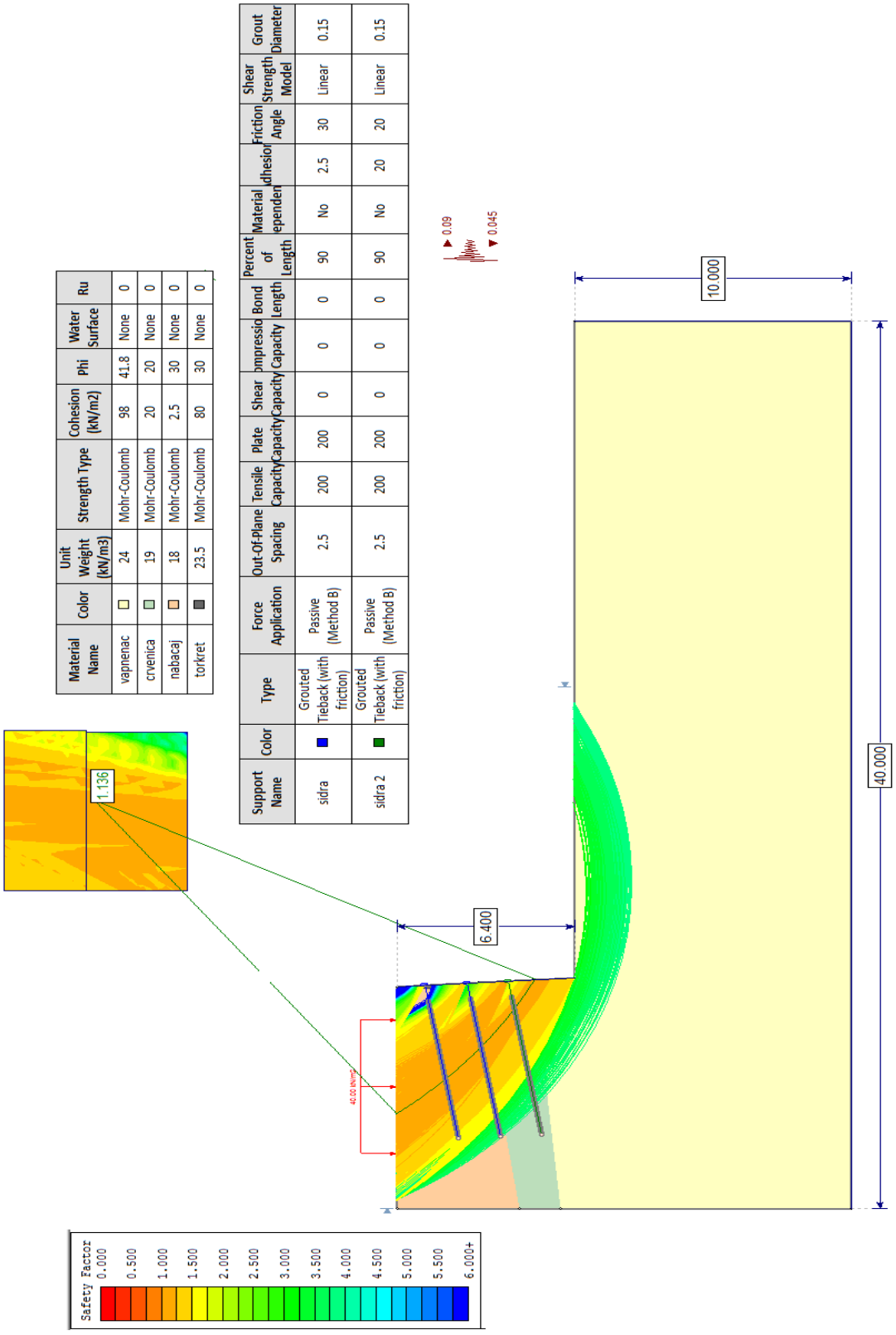
Slika 6. Prikaz položaja potencijalnih kliznih ploha



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
vapnenac		24	Mohr-Coulomb	98	41.8	None	0
crvenica		19	Mohr-Coulomb	20	20	None	0
nabacaj		18	Mohr-Coulomb	2.5	30	None	0
torkret		23.5	Mohr-Coulomb	80	30	None	0

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Shear Capacity	Compression Capacity	Bond Length	Percent of Length	Material Dependent	Adhesion	Friction Angle	Shear Strength Model	Grout Diameter
sidra		Grouted Tieback (with friction)	Passive (Method B)	2.5	200	200	0	0	0	90	No	2.5	30	Linear	0.15
sidra 2		Grouted Tieback (with friction)	Passive (Method B)	2.5	200	200	0	0	0	90	No	20	20	Linear	0.15

Slika 7. Model za stabilnost pokosa



Slika 8. Rezultat modela za stabilnost pokosa

4.3.3 Model - jugozapadna strana (uzdužni presjek 3-3)

Na ovom pokosu potrebna je zaštita mlaznim betonom i geotehničkim sidrima. Faktor sigurnosi klizne plohe iznosi 0,454 kao na slici 9. Izvode se 3 reda sidara u kombinaciji s mlaznim betonom debljine 10 cm. Sidra se izvode razmacima 2 x 1 m. Sidra su duljine 7 metara i ugrađuju se pod kutem od 10°.

Nosivost na plaštu sidrišnog tijela:

$$R_{fc} = \tau \cdot (2r\pi) \cdot L_S$$

L_S = 5,15 m

$$\sigma_{GS1} = 18 \cdot 2{,}65 = 47{,}70\ kPa$$

$$\sigma_{GS2} = 19 \cdot 1{,}13 = 21{,}47\ kPa$$

$$\tau = 16 + (47{,}70 + 21{,}47) \cdot tg16° = 35{,}83 kPa$$

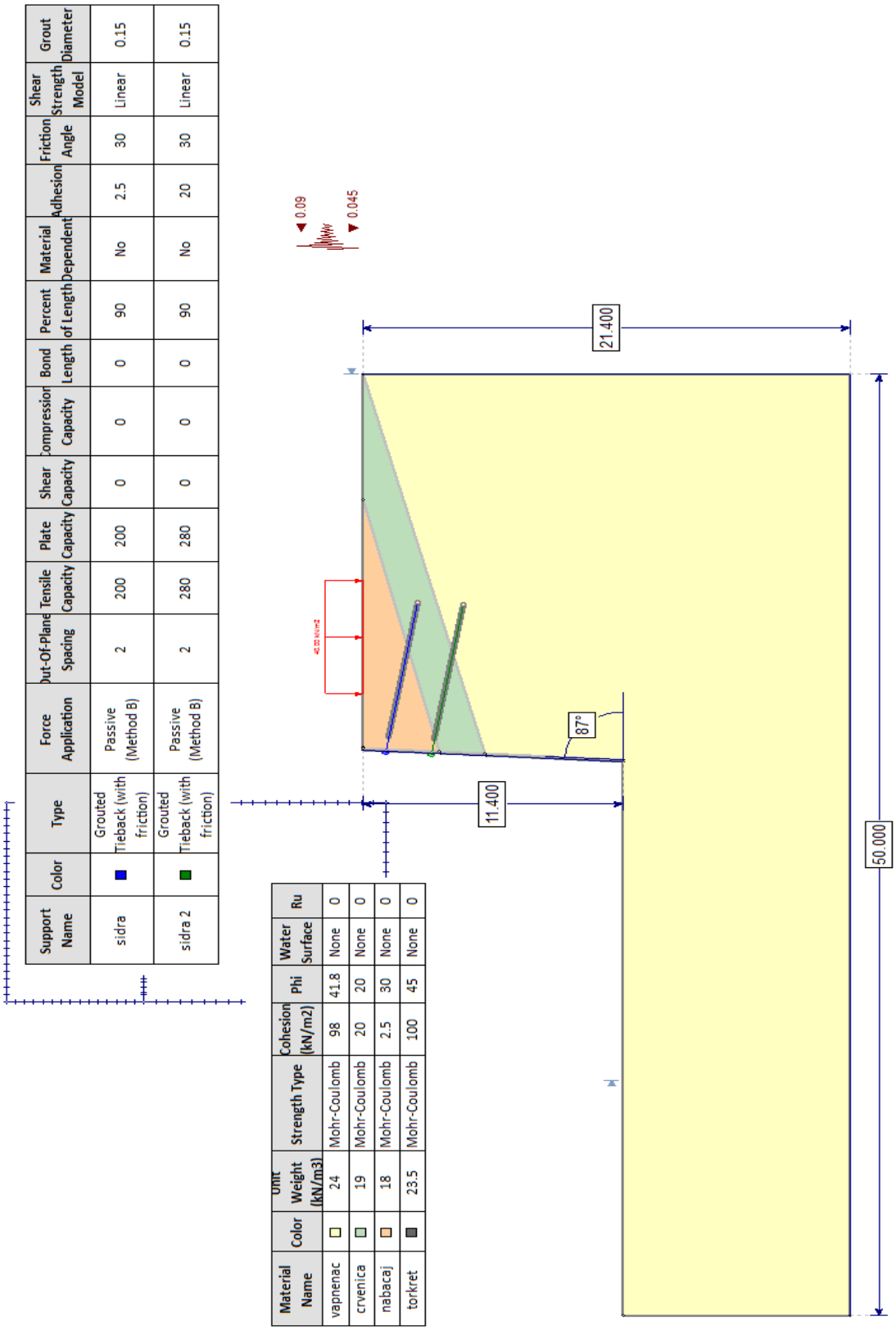
$$R_{fc} = 35{,}83 \cdot 0{,}15 \cdot \pi \cdot 5{,}15 = 86{,}96 KN$$

Odabrano je sidro promjera natege 32 mm i promjera bušaće glave 150 mm (karakteristike tipa DYWI R32L, Dywidag).

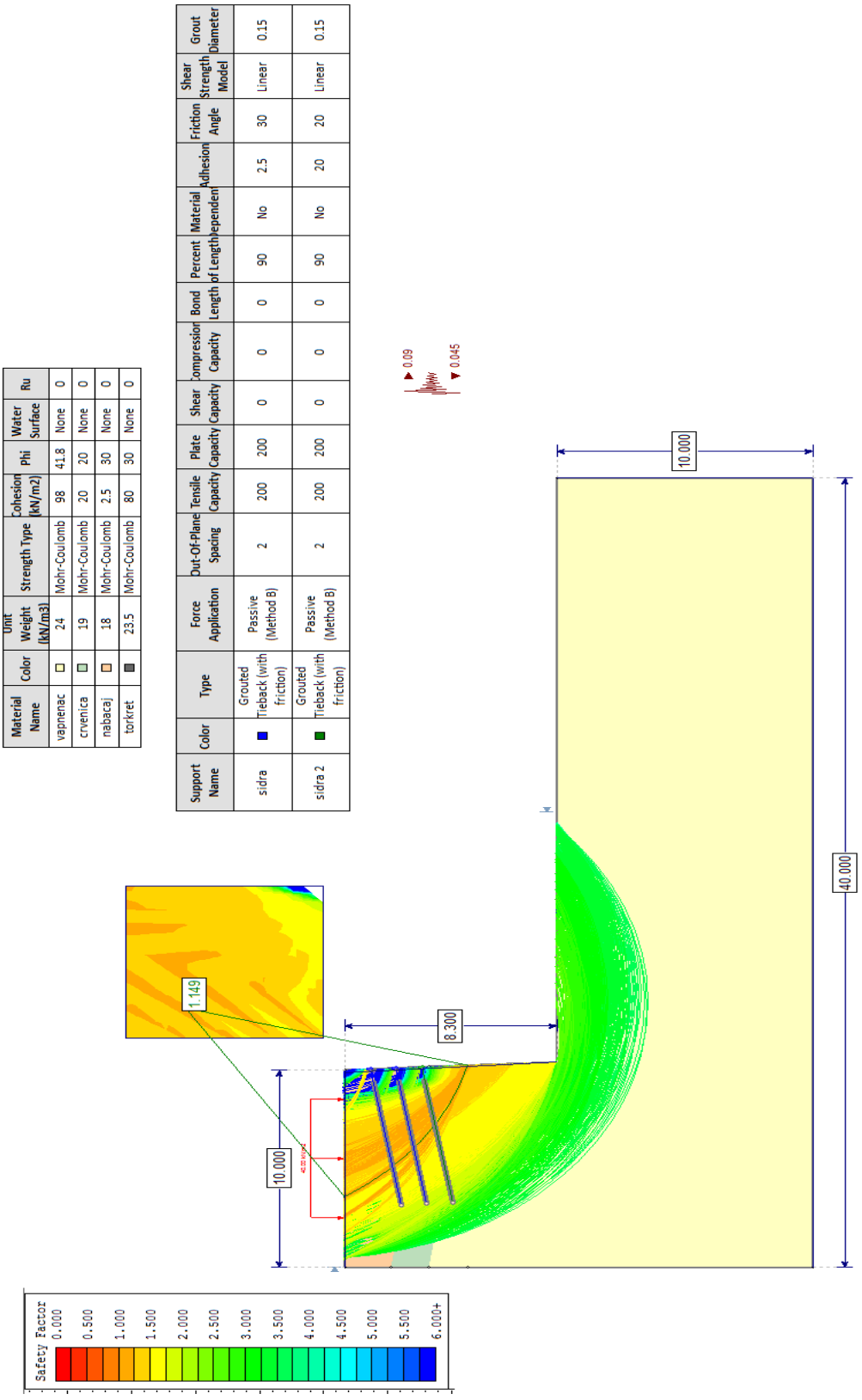
Faktor sigurnosti stabiliziranog pokosa iznosi F_S = 1,149 > 1,0. Stabilnost pokosa je osigurana.



Slika 9. Prikaz položaja potencijalnih kliznih ploha



Slika 10. Model za stabilnost pokosa



Slika 11. Rezultat modela za stabilnost pokosa

4.3.4 Model - zapadna strana (uzdužni presjek 4-4)

Faktor sigurnosi klizne plohe iznosi 0,803 što znači da je pokos potrebno zaštititi. Stabilizacija pokosa izvodi se kombinacijom mlaznog betona debljine 10 cm i geotehničkih sidara koja se izvode u jednom redu. Sidra su dužine 6 metara i izvode se na horizontalnom razmaku od 2 metra. Sidra se ugrađuju pod kutem od 10°.

Nosivost na plaštu sidrišnog tijela:

$$R_{fc} = \tau \cdot (2r\pi) \cdot L_S$$

L_S = 4,16 m

$$\sigma_{GS1} = 18 \cdot 0{,}45 = 8{,}10\ kPa$$

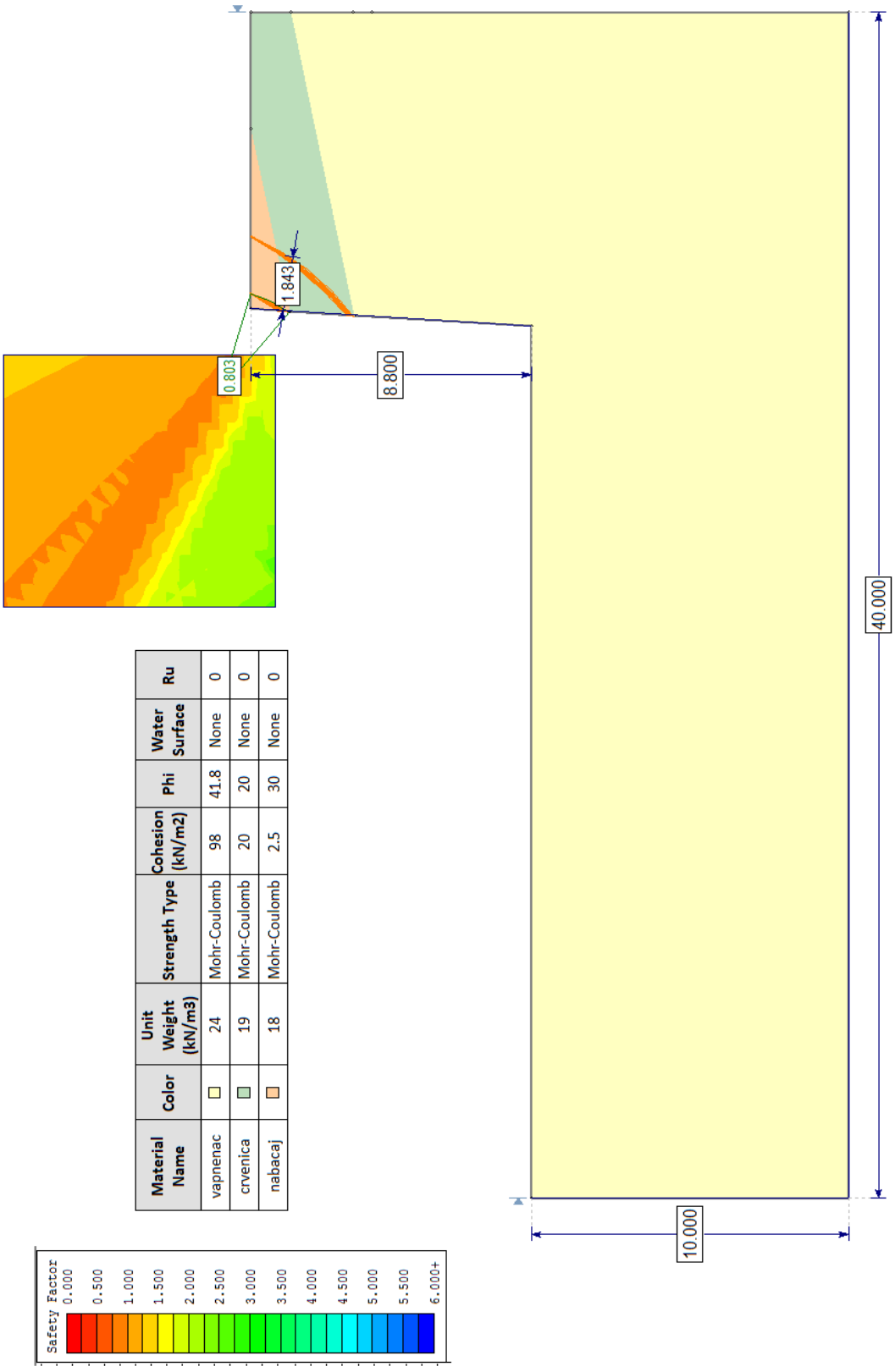
$$\sigma_{GS2} = 19 \cdot 1{,}16 = 22{,}04\ kPa$$

$$\tau = 16 + (8{,}10 + 22{,}04) \cdot tg16° = 24{,}64 kPa$$

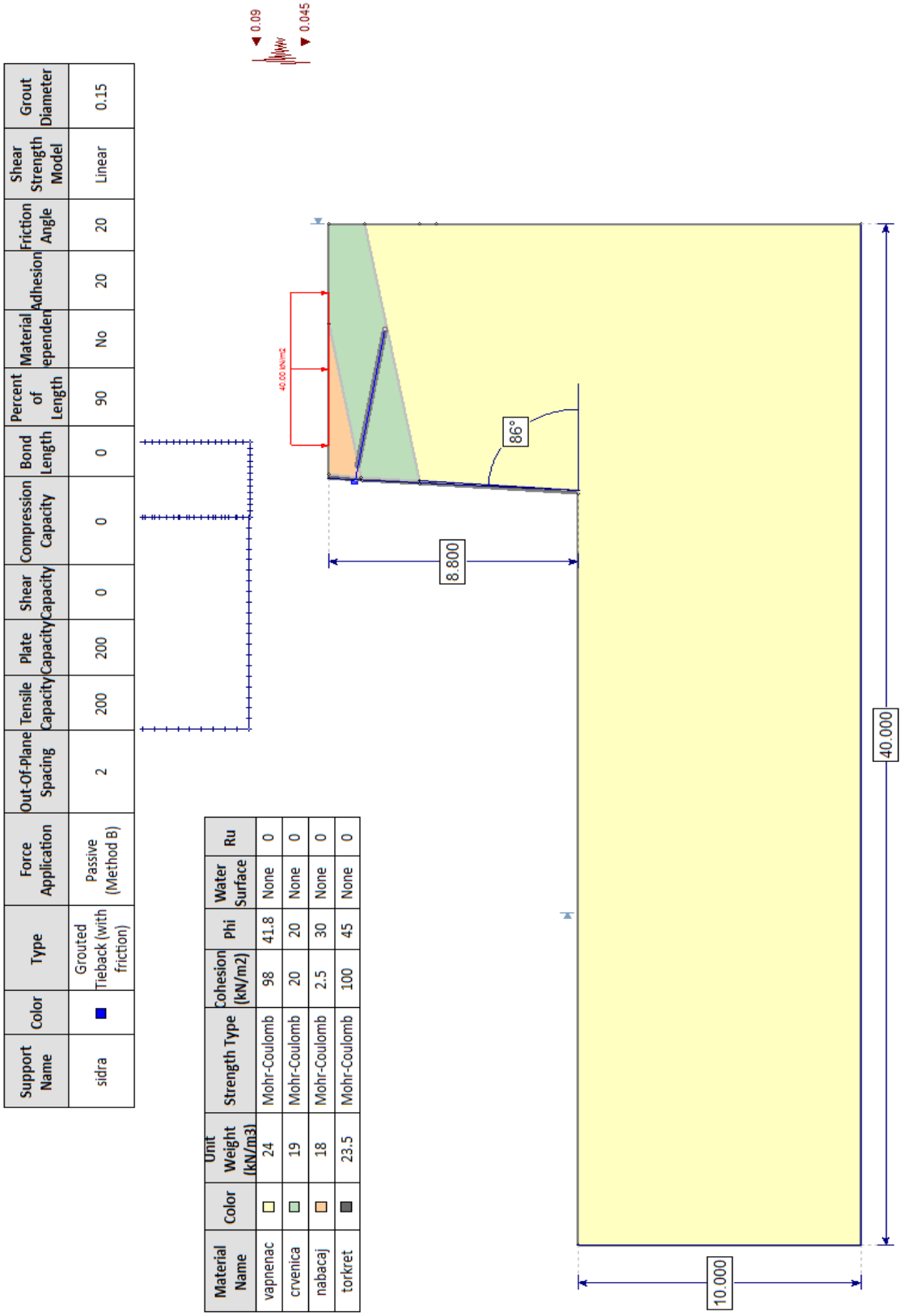
$$R_{fc} = 24{,}64 \cdot 0{,}15 \cdot \pi \cdot 4{,}16 = 48{,}30\,KN$$

Odabrano je sidro promjera natege 32 mm i promjera bušaće glave 150 mm (karakteristike tipa DYWI R32L, Dywidag).

Faktor sigurnosti stabiliziranog pokosa iznosi F_S = 1,021 > 1,0.



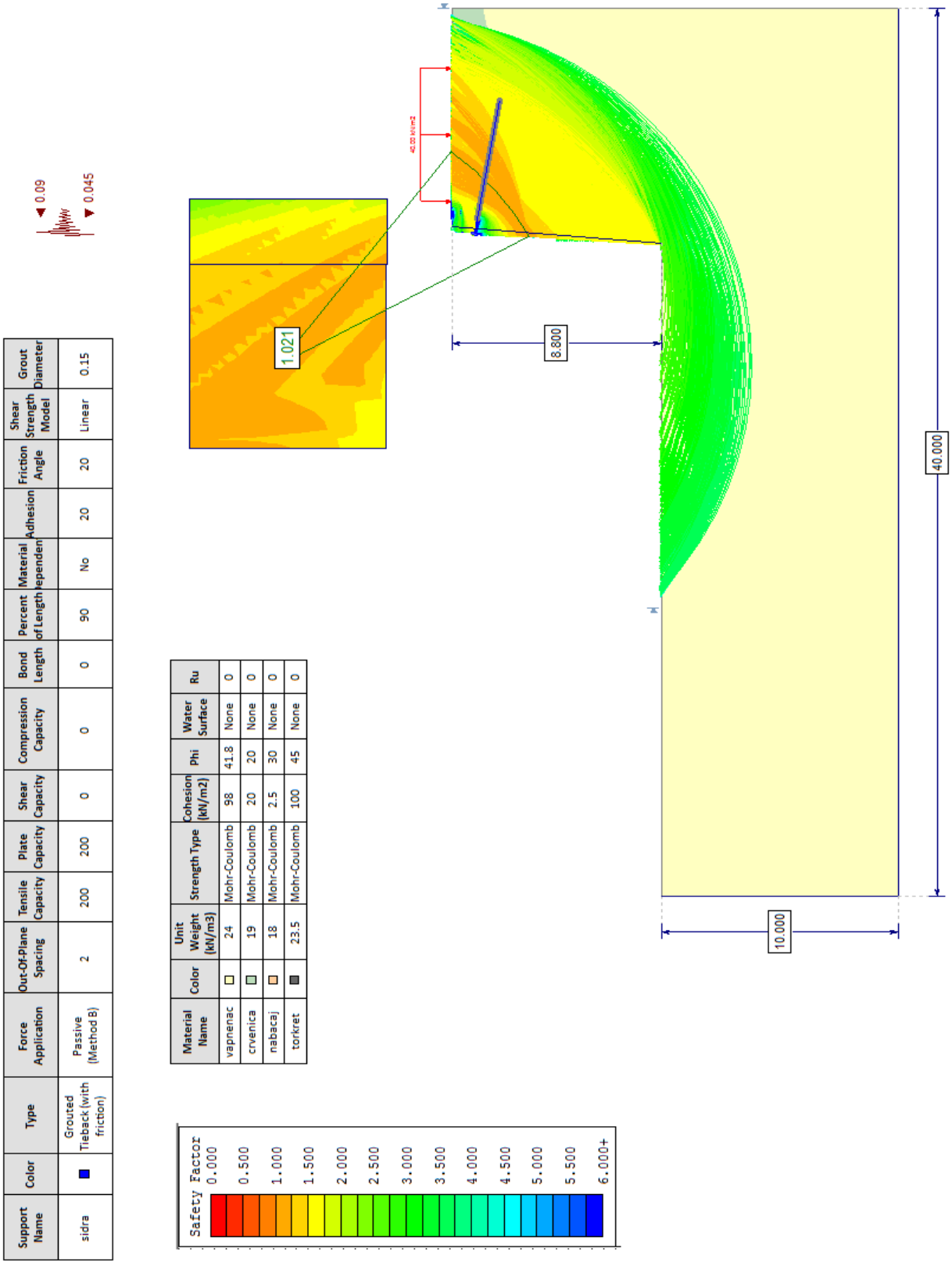
Slika 12. Prikaz položaja potencijalnih kliznih ploha



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
vapnenac		24	Mohr-Coulomb	98	41.8	None	0
crvenica		19	Mohr-Coulomb	20	20	None	0
nabacaj		18	Mohr-Coulomb	2.5	30	None	0
torkret		23.5	Mohr-Coulomb	100	45	None	0

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Shear Capacity	Compression Capacity	Bond Length	Percent of Length	Material dependen	Adhesion	Friction Angle	Shear Strength Model	Grout Diameter
sidra		Grouted Tieback (with friction)	Passive (Method B)	2	200	200	0	0	0	90	No	20	20	Linear	0.15

Slika 13. Model za stabilnost pokosa



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
vapnenac		24	Mohr-Coulomb	98	41.8	None	0
crvenica		19	Mohr-Coulomb	20	20	None	0
nabacaj		18	Mohr-Coulomb	2.5	30	None	0
torkret		23.5	Mohr-Coulomb	100	45	None	0

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Shear Capacity	Compression Capacity	Bond Length	Percent of Length	Material Dependent	Adhesion	Friction Angle	Shear Strength Model	Grout Diameter
sidra		Grouted Tieback (with friction)	Passive (Method B)	2	200	200	0	0	0	90	No	20	20	Linear	0.15

Slika 14. Rezultat modela za stabilnost pokosa

4.3.5 Model - zapadna strana (uzdužni presjek 5-5)

Faktor sigurnosi klizne plohe iznosi 0,426 te ja pokos potrebno zaštititi. Zaštita pokosa izvodi se kombinacijom mlaznog betona debljine 10 cm i geotehničkih sidara koja se izvode u 2 reda. Sidra su dužine 8 metara i izvode se na razmacima 2 x 2 metra. Sidra se ugrađuju pod kutem od 10°.

Nosivost na plaštu sidrišnog tijela:

$$R_{fc} = \tau \cdot (2r\pi) \cdot L_S$$

L_S = 5,10 m

$$\sigma_{GS1} = 18 \cdot 2{,}06 = 37{,}08 kPa$$

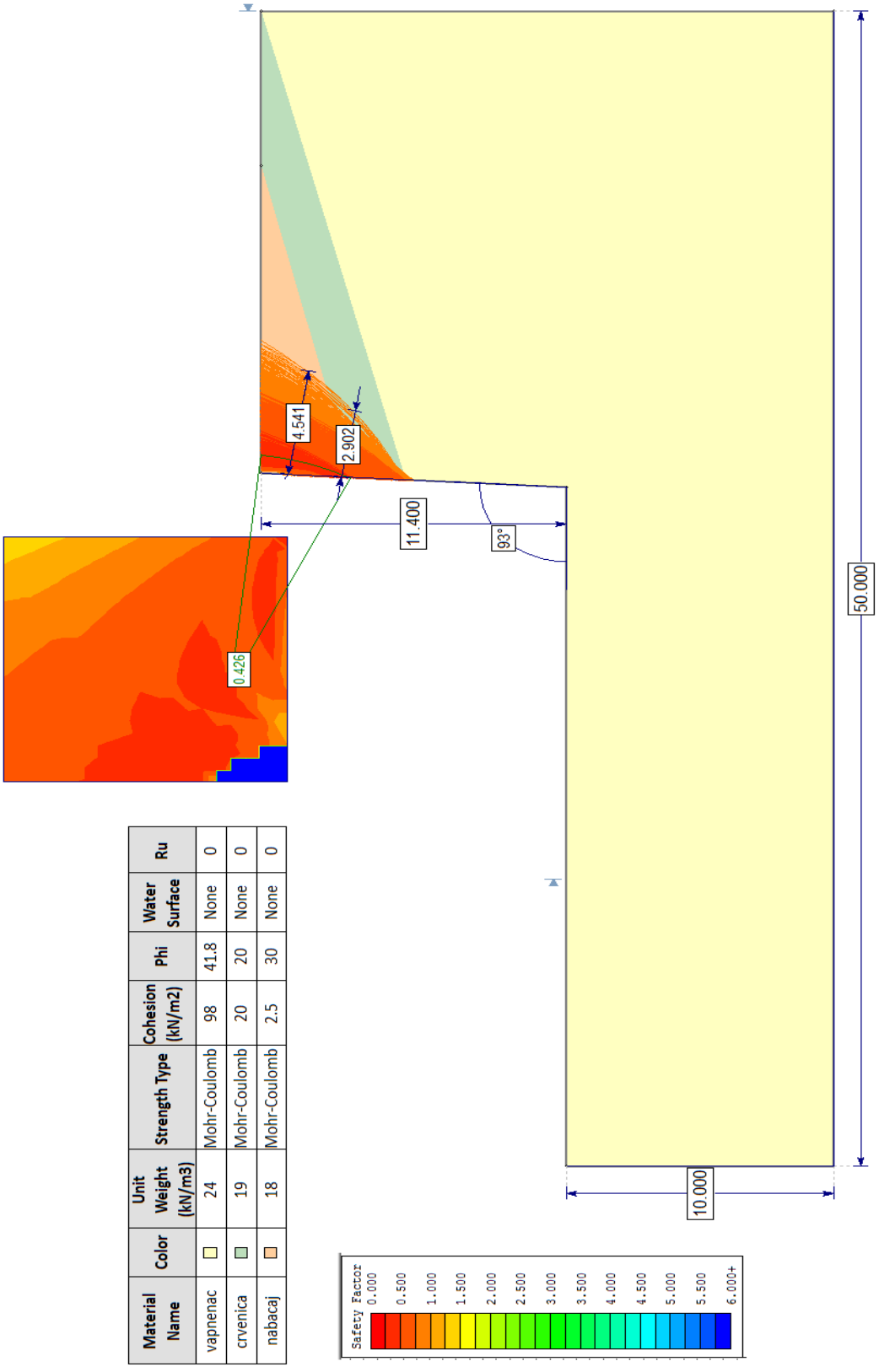
$$\sigma_{GS2} = 19 \cdot 1{,}88 = 35{,}72 kPa$$

$$\tau = 16 + (37{,}08 + 35{,}72) \cdot tg16° = 36{,}88 kPa$$

$$R_{fc} = 36{,}88 \cdot 0{,}15 \cdot \pi \cdot 5{,}10 = 88{,}63 KN$$

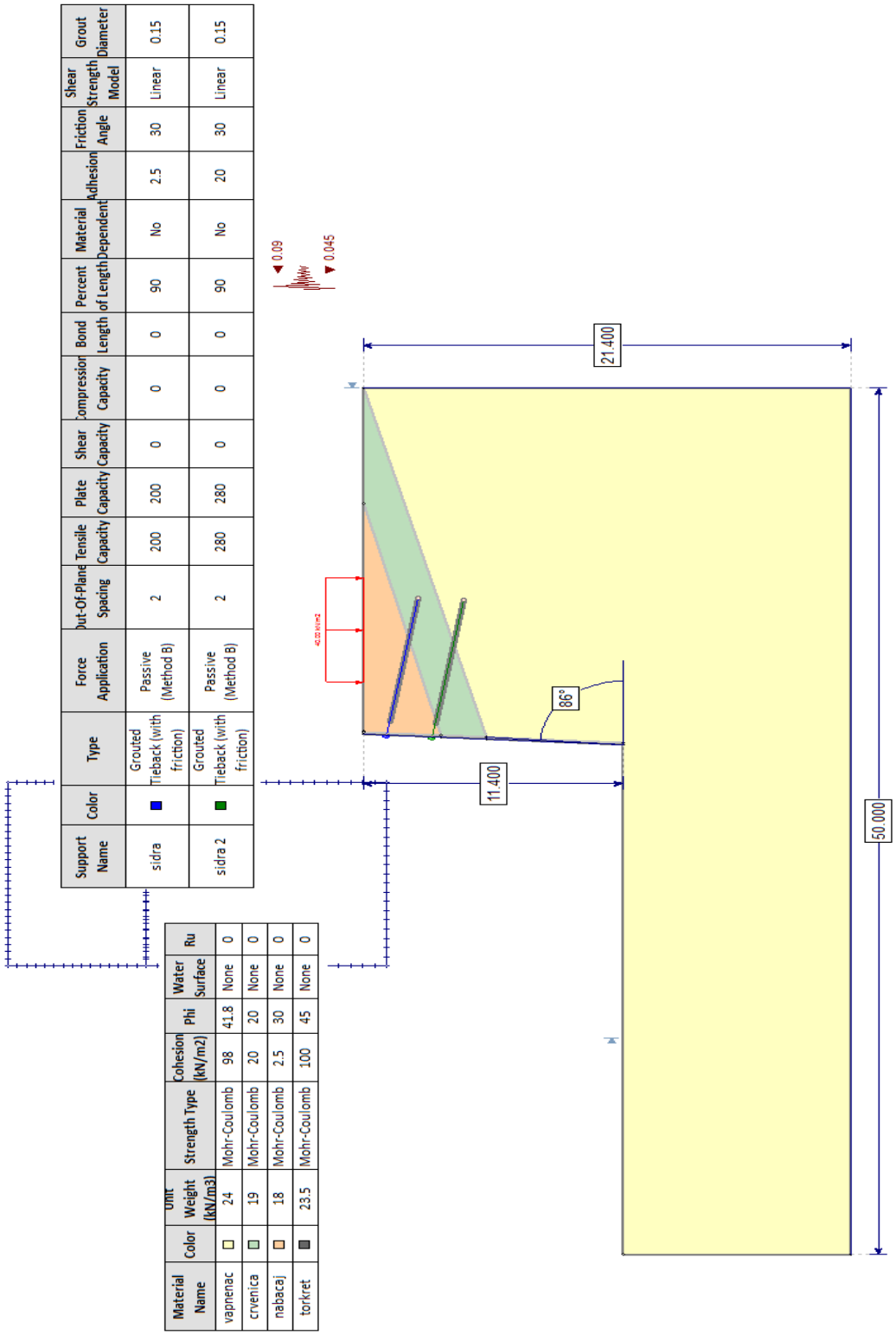
Odabrano je sidro promjera natege 32 mm i promjera bušaće glave 150 mm (karakteristike tipa DYWI R32L, Dywidag).

Faktor sigurnosti stabiliziranog pokosa iznosi F_S = 1,085 > 1,0. Stabilnost pokosa je osigurana.

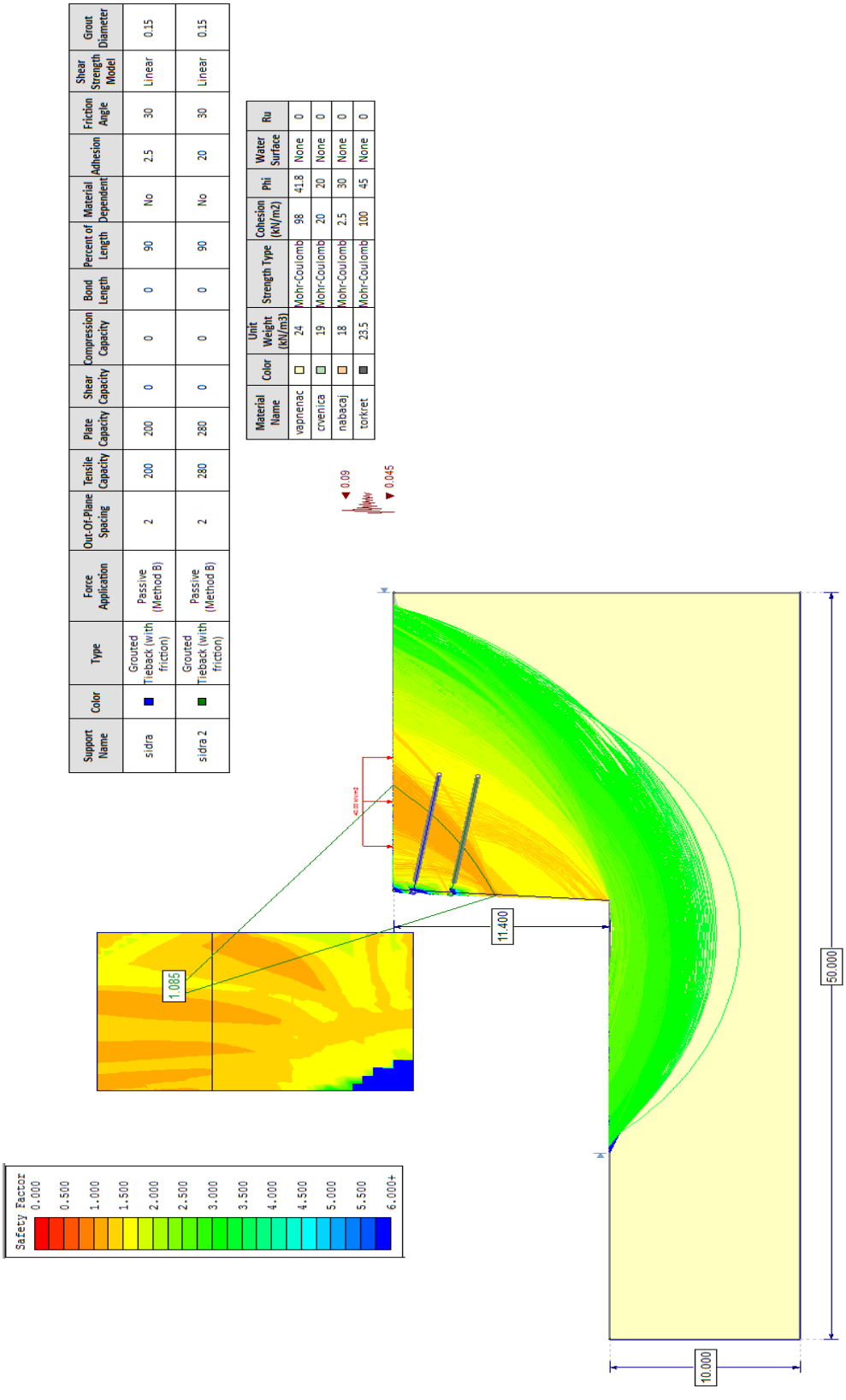


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
vapnenac		24	Mohr-Coulomb	98	41.8	None	0
crvenica		19	Mohr-Coulomb	20	20	None	0
nabacaj		18	Mohr-Coulomb	2.5	30	None	0

Slika 15. Prikaz položaja potencijalnih kliznih ploha



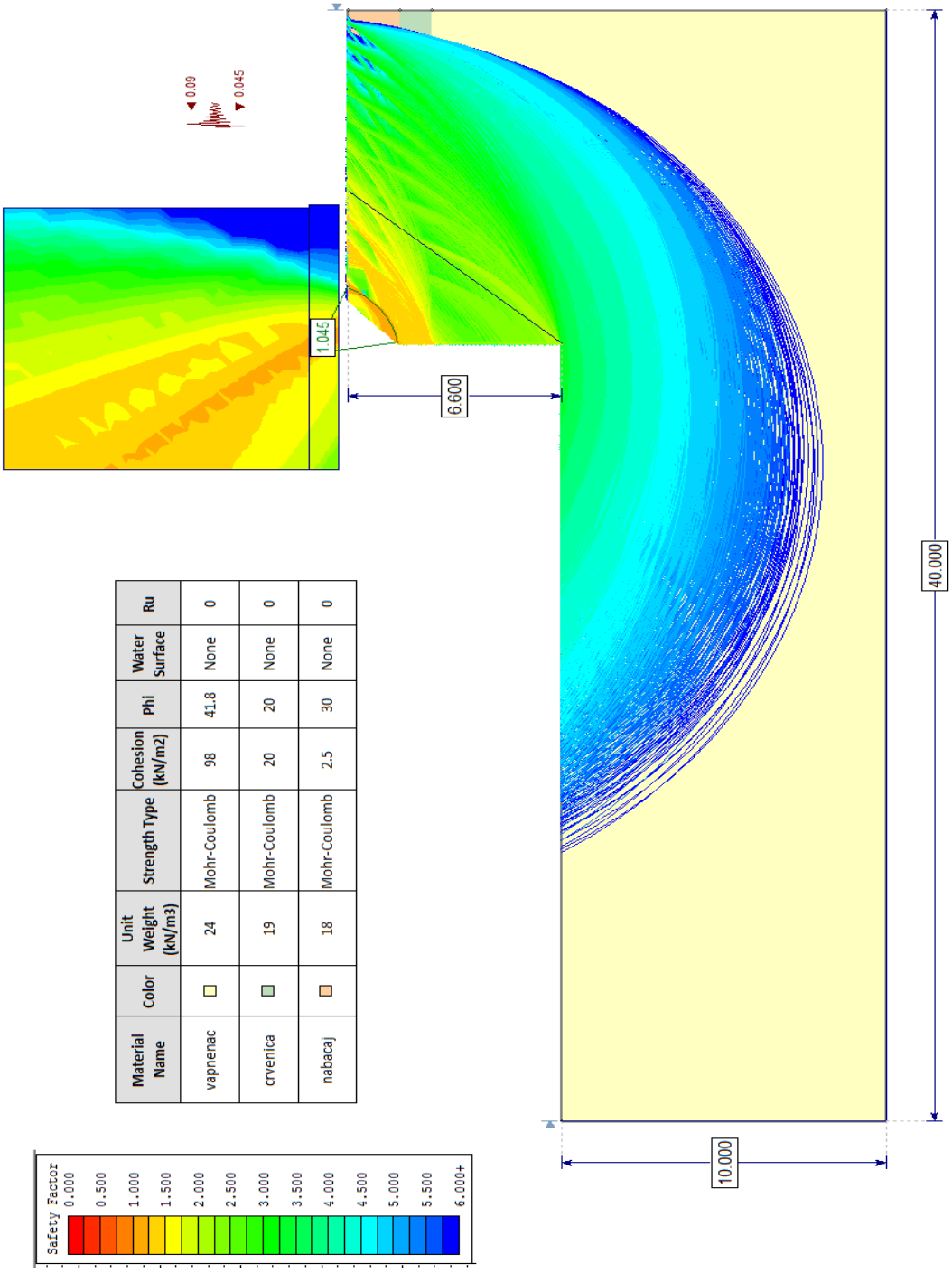
Slika 16. Model za stabilnost pokosa



Slika 17. Rezultat modela za stabilnost pokosa

4.3.6 Model – sjeverna strana (uzdužni presjek 6-6)

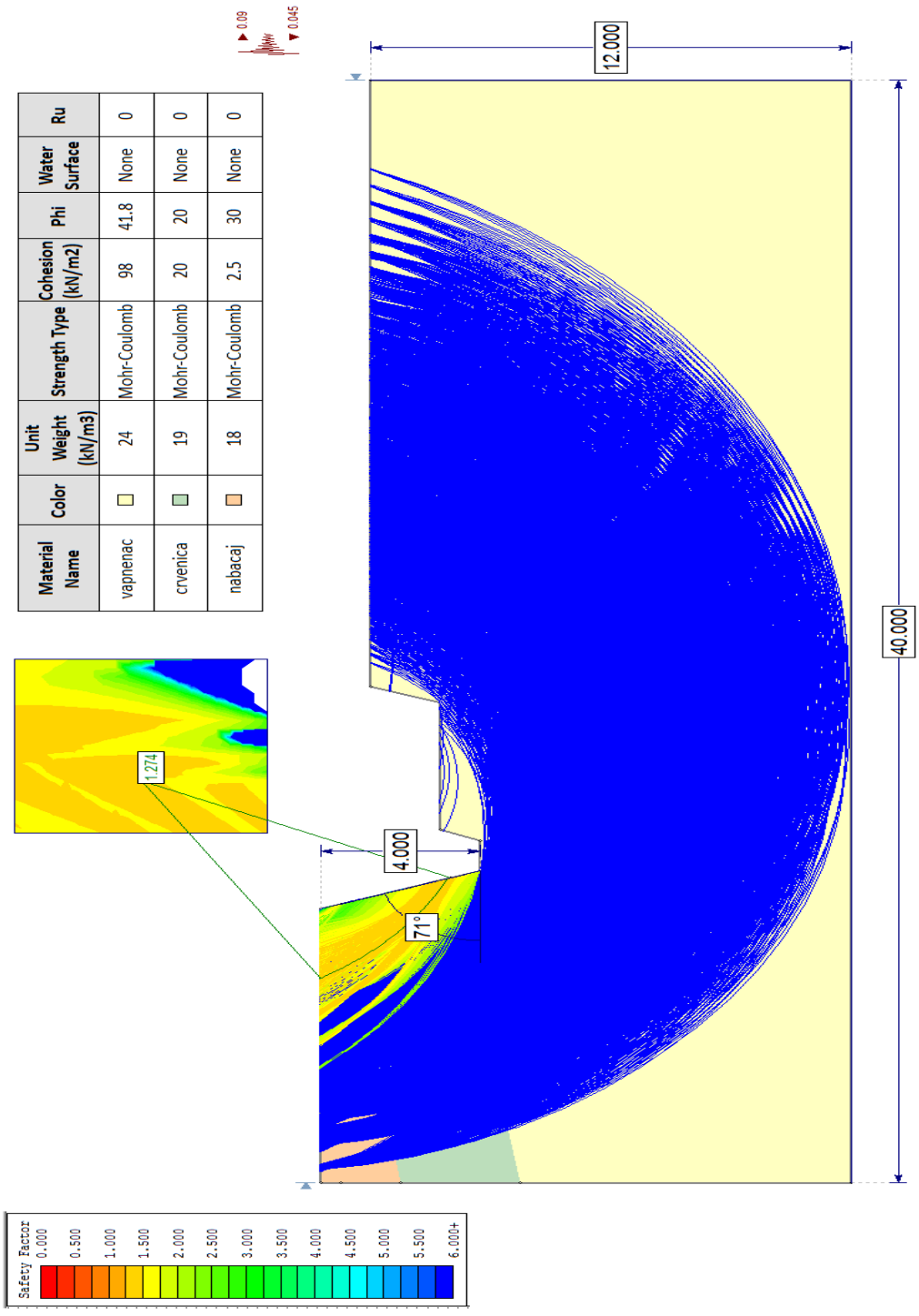
Pokos na sjevernoj strani građevne jame nije potrebno stabilizirati već se se izvodi do projektom određenog stabilnog nagiba pokosa. Faktor sigurnosti ovako definiranog pokosa iznosi F_S = 1,045 > 1,0.



Slika 18. Rezultat modela za stabilnost pokosa

4.3.7 Model - jugoistočna strana (uzdužni presjek 7-7)

Ovaj pokos nije potrebno stabilizirati već se izvodi u stabilnom nagibu 3:1. Faktor sigurnosti iznosi $F_S = 1{,}274 > 1{,}0$.



Slika 19. Rezultat modela za stabilnost pokosa

4.3.8 Model - jugoistočna strana (uzdužni presjek 8-8)

S obzirom da je faktor sigurnosti pokosa manji od 1, odnosno iznosi 0,882, pokos je potrebno zaštititi. Stabilizacija pokosa izvodi se kombinacijom mlaznog betona debljine 10 cm i geotehničkih sidara koja se izvode u jednom redu. Sidra su dužine 3 metra i izvode se na horizontalnom razmaku od 3 metra. Sidra se ugrađuju pod kutem od 10°.

Nosivost na plaštu sidrišnog tijela:

$$R_{fc} = \tau \cdot (2r\pi) \cdot L_S$$

L_S = 0,53 m

$$\sigma_{GS1} = 18 \cdot 0{,}53 = 9{,}54\,kPa$$

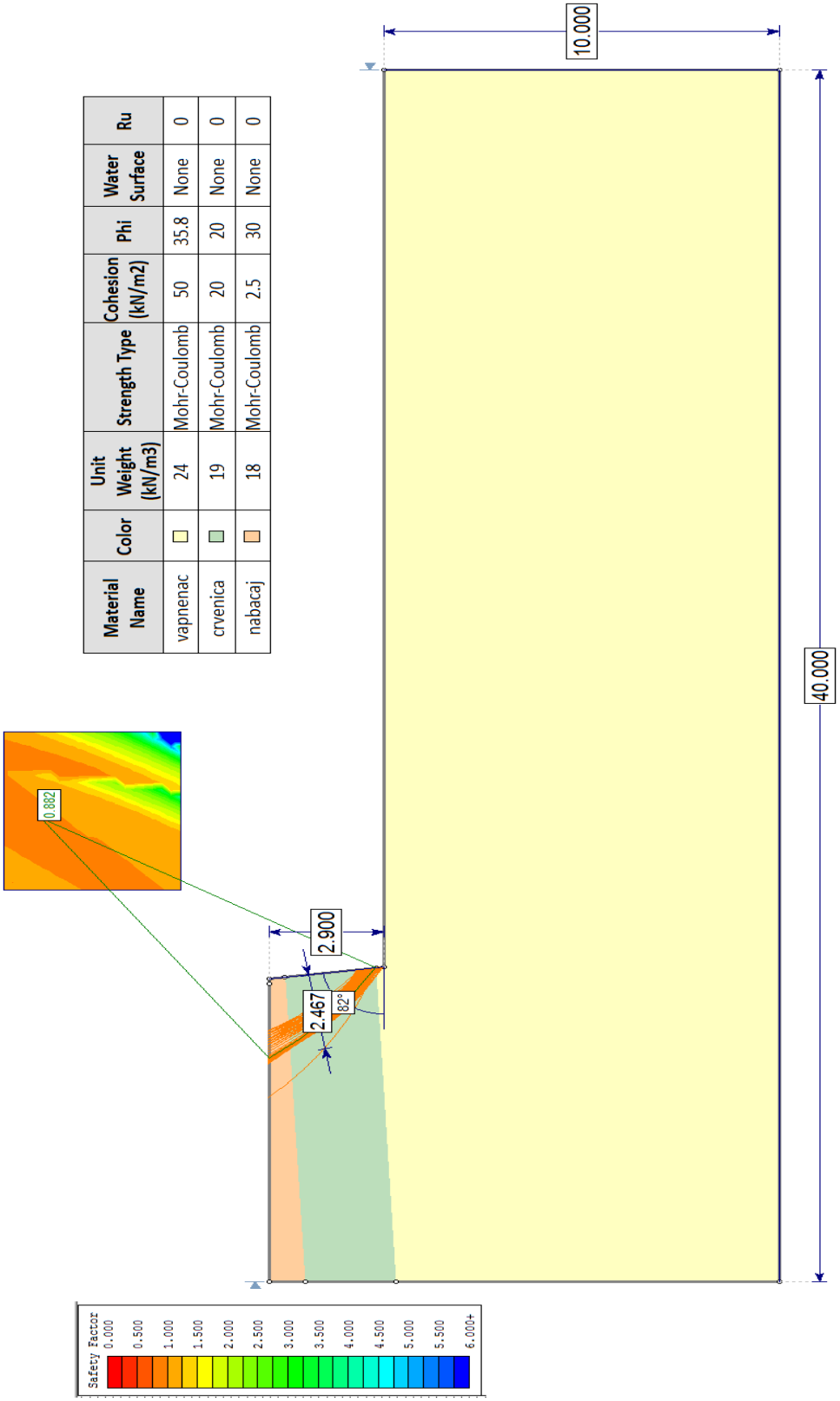
$$\sigma_{GS2} = 19 \cdot 0{,}93 = 17{,}67\,kPa$$

$$\tau = 16 + (9{,}54 + 17{,}67) \cdot tg16° = 23{,}80\,kPa$$

$$R_{fc} = 23{,}80 \cdot 0{,}15 \cdot \pi \cdot 0{,}53 = 5{,}94\,KN$$

Odabrano je sidro promjera natege 32 mm i promjera bušaće glave 150 mm (karakteristike tipa DYWI R32L, Dywidag).

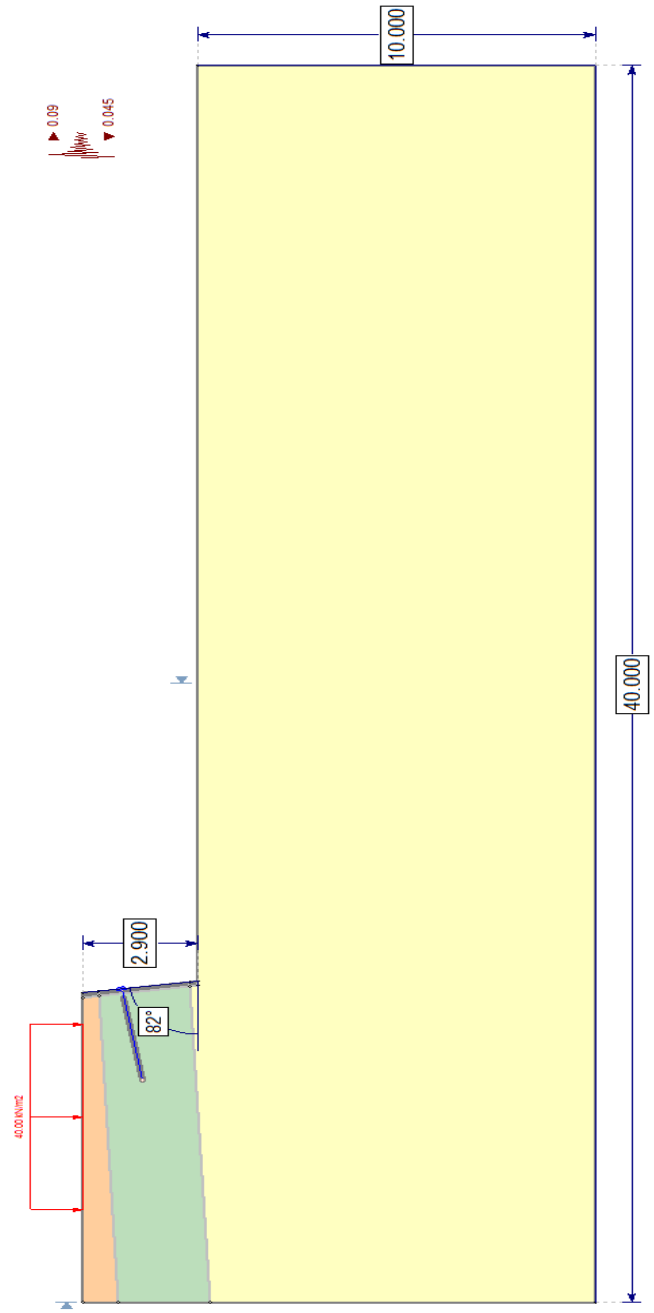
Faktor sigurnosti stabiliziranog pokosa iznosi F_S = 1,023 > 1,0. Stabilnost pokosa je osigurana.



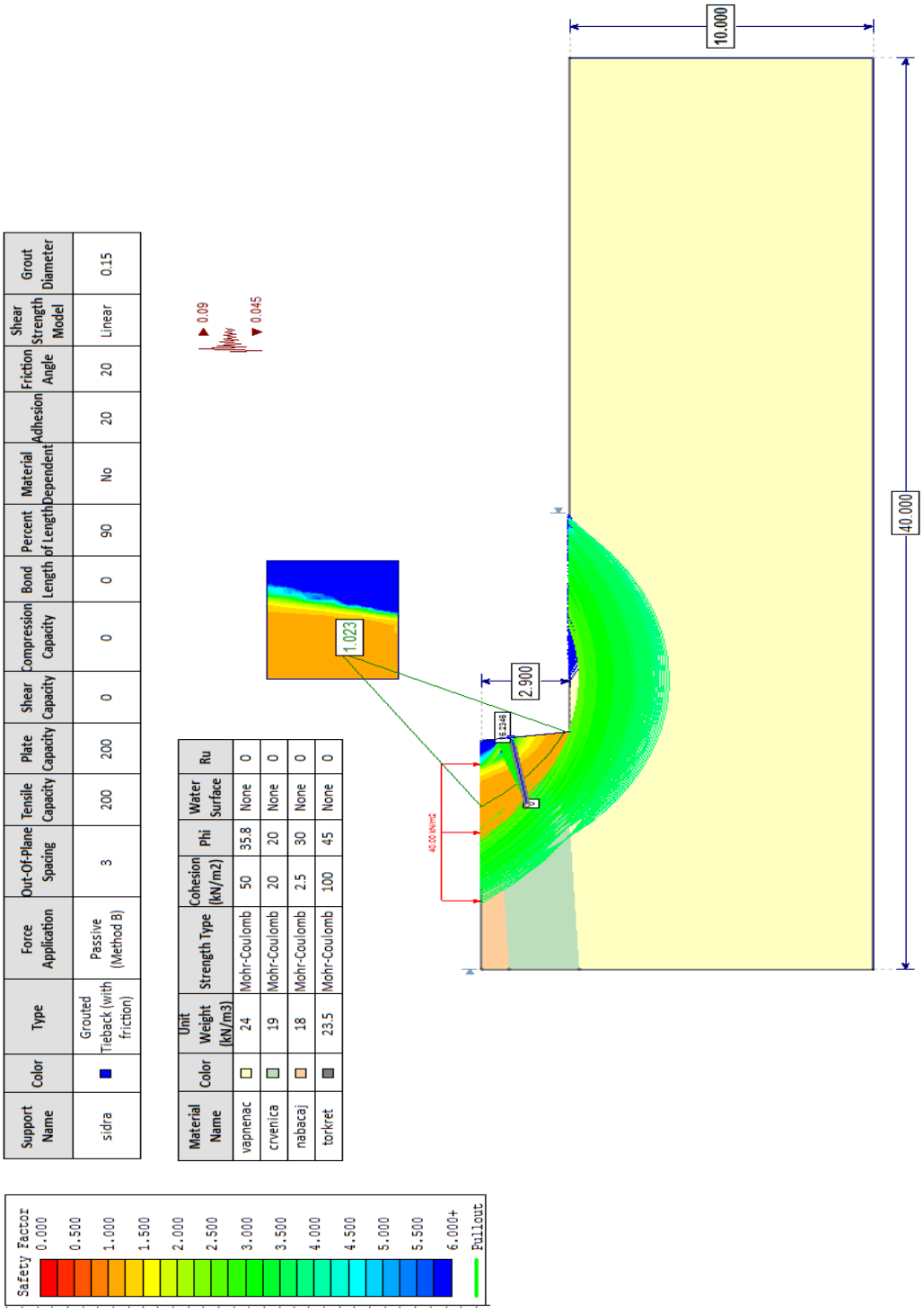
Slika 20. Prikaz položaja potencijalnih kliznih ploha

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	Water Surface	Ru
vapnenac		24	Mohr-Coulomb	98	41.8	None	0
crvenica		19	Mohr-Coulomb	20	20	None	0
nabacaj		18	Mohr-Coulomb	2.5	30	None	0
torkret		23.5	Mohr-Coulomb	100	45	None	0

Support Name	Color	Type	Force Application	Out-Of-Plane Spacing	Tensile Capacity	Plate Capacity	Shear Capacity	Compression Capacity	Bond Length	Percent of Length	Material Dependent	Adhesion	Friction Angle	Shear Strength Model	Grout Diameter
sidra		Grouted Tieback (with friction)	Passive (Method B)	3	200	200	0	0	0	90	No	20	20	Linear	0.15



Slika 21. Model za stabilnost pokosa



Slika 22. Rezultat modela za stabilnost pokosa

5 Troškovnik

Redni broj	Opis stavke	Jedinica mjere	Količina
1	**Pripremni radovi** – Priprema lokacije za početak radova	/	Paušalno
2	**Zemljani radovi** – Strojni iskop u materijalu „A“ katergorije – u cijenu stavke je uključen i odvoz materijala 2198 x 3,0 = 6600 m^3	m^3	6594
3	Strojni iskop u materijalu „C“ katergorije – u cijenu stavke je uključen i odvoz materijala 2198 x 2,9 = 6374,2 m^3	m^3	6374,2
3	**Betonski radovi** – izvedba mlaznog betona debljine 10 cm 856,06 x 0,1 = 85,61 m^3	m^3	85,61
4	**Armirački radovi -** Uporaba armaturnih mreža Q-283 dimenzija 6,0 x 2,2 m 856,06 m^2 x 4,48 kg/ m^2	kg	3835,15

5	**Posebni radovi** - Izvedba geotehničkih sidara promjera natege 32 mm i promjera bušaće glave 150 mm (karakteristike tipa DYWI R32L, Dywidag) 5 x 3,0m' + 21 x 7,0 m' + 8 x 6,0 m' + 34 x 8,0 = 482 m'	m'	482
6	Izvedba sekundarnih geotehničkih štapnih sidara promjera natege 28 mm, promjera bušaće glave 56 mm, injektiranih cementnim mortom. 113 x 1m' = 113 m'	m'	113

6 Grafički prilozi

6.1 Tlocrt građevne jame

6.2 Uzdužni presjek 1-1 i poprečni presjek A-A

6.3 Uzdužni presjek 2-2 i poprečni presjek B-B

6.4 Uzdužni presjek 3-3 i poprečni presjek C-C

6.5 Uzdužni presjek 4-4 i poprečni presjek D-D

6.6 Uzdužni presjek 5-5 i poprečni presjek E-E

6.7 Uzdužni presjek 6-6

6.8 Uzdužni presjek 7-7

6.9 Uzdužni presjek 8-8 i poprečni presjek F-F

7 Literatura

[1] Roje Bonacci, T. (2012.). *Zemljani radovi.* Split*:* Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

[2] Miščević, P. (2017.). Geotehničko inženjerstvo: predavanja, Fakultet građevinarstva arhitekture i geodezije sveučilišta u Splitu, 2017.

[3] Hrvatske ceste-Hrvatske autoceste, (2001). *Opći tehnički uvjeti za radove na cestama – Knjiga2 – Zemljani radovi, odvodnja, potporni i obložni zidovi*. Zagreb. Institut Građevinarstva Hrvatske

[4] Hrvatske ceste-Hrvatske autoceste, (2001). *Opći tehnički uvjeti za radove na cestama - Knjiga 4 – Betonski radovi*. Zagreb. Institut Građevinarstva Hrvatske

[5] Roje Bonacci, T. (2015.). *Nasute građevine.* Split*:* Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije