

MINING AND METALLURGY INSTITUTE BOR

1 Albert Ajnštajn, POB 152

19210 Bor, Serbia



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Алберта Ајнштајна 1, п.ф.152

19210 Бор, Србија

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

	SERBIA ZIJIN COPPER DOO
PRIMLJENO:	
8378	15-12-2025

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Број: 2892-3/25

09.12. 2025 год.

БОР, Алберта Ајнштајна бр. 1

PLAN UPRAVLJANJA RUDARSKIM OTPADOM IZ KOMPANIJE „SERBIA ZIJIN COPPER DOO BOR“

KNJIGA A.2

PLAN UPRAVLJANJA RUDARSKIM OTPADOM RUDNIKA VELIKI KRIVELJ

Sveska A.2.2

PLAN UPRAVLJANJA RUDARSKIM OTPADOM POVRŠINSKOG KOPA VELIKI KRIVELJ

Dodatak 3

BOR, 2025. GODINE



	Površinski kop „VELIKI KRIVELJ“	MATIČNI DOKUMENT/ BROJ PRILOGA:	Oznaka: P031.11101-25. 681
---	--	------------------------------------	---

Analiza stabilnosti kosina na površinskom kopu “Veliki Krivelj”

Bor, Januar 2025. godine

Obradila:

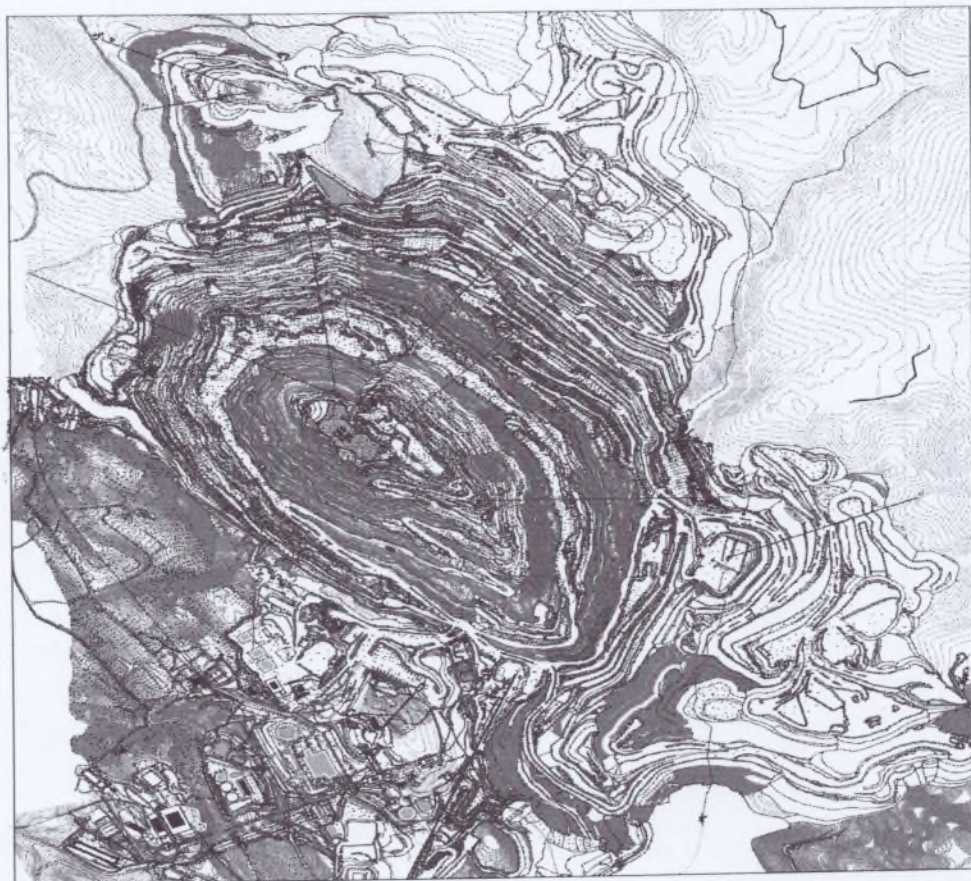
N. Huseinoski

Nadžida Huseinoski, dipl. ing. rud.

UVOD

Geodetska služba RBB-a obavila je snimanje stanja terena na kopu 01.01.2025.god, a proračun stabilnosti je izvršen po geotehničkim profilima na kopu čiji je položaj definisan u „Elaboratu o detaljnim inženjerskogeološkim i hidrogeološkim istraživanjima stabilnosti kosina na površinskom kopu Veliki Krivelj”, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2020. god. Položaj profila prikazan je na situacionoj karti (Slika 1) i to:

- profili 1-1, 2-2, 4-4, 9-9, 10-10 - profili kopa i
- profili T1-T1, T2-T2, i S1- S1 – profili odlagališta



Slika 1 - Položaj profila na situacionoj karti

Izabrani profili obuhvataju radne kosine kopa i odlagališta pa je kriterijum faktora stabilnosti određen prema “Pravilniku o tehničkim normativima za površinsku eksploataciju”, čl. 75, tabela 5 i iznosi $F = 1,05 - 1,10$.

Radovi se obavljaju prema “Studiji izvodljivosti eksploatacije u ležištu Veliki Krivelj” i “Dopunskom rudarskom projektu otkopavanja rude i raskrivke na pov. kopu Veliki Krivelj za kapacitet 10.6 miliona t rude” iz 2011.god. Samim tim, profili su obuhvatili celu radnu kosinu kopa.

Cilj analize je utvrđivanje elemenata stabilnosti kosina na osnovu geoloških podataka i snimljene situacije stanja geodetskih merenja. Proračun stabilnosti je rađen u programu „Slide 2“ firme „Rocscience“, u uslovima granične ravnoteže. Proračun je rađen po metodama *Bishop* i *Morgenstern-Price*. Računski parametri za proračun stabilnosti na geotehničkim profilima za svaku stensku sredinu definisani su u „Elaboratu o detaljnim inženjerskogeološkim i hidrogeološkim istraživanjima stabilnosti kosina na površinskom kopu Veliki Krivelj”, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2020. god.

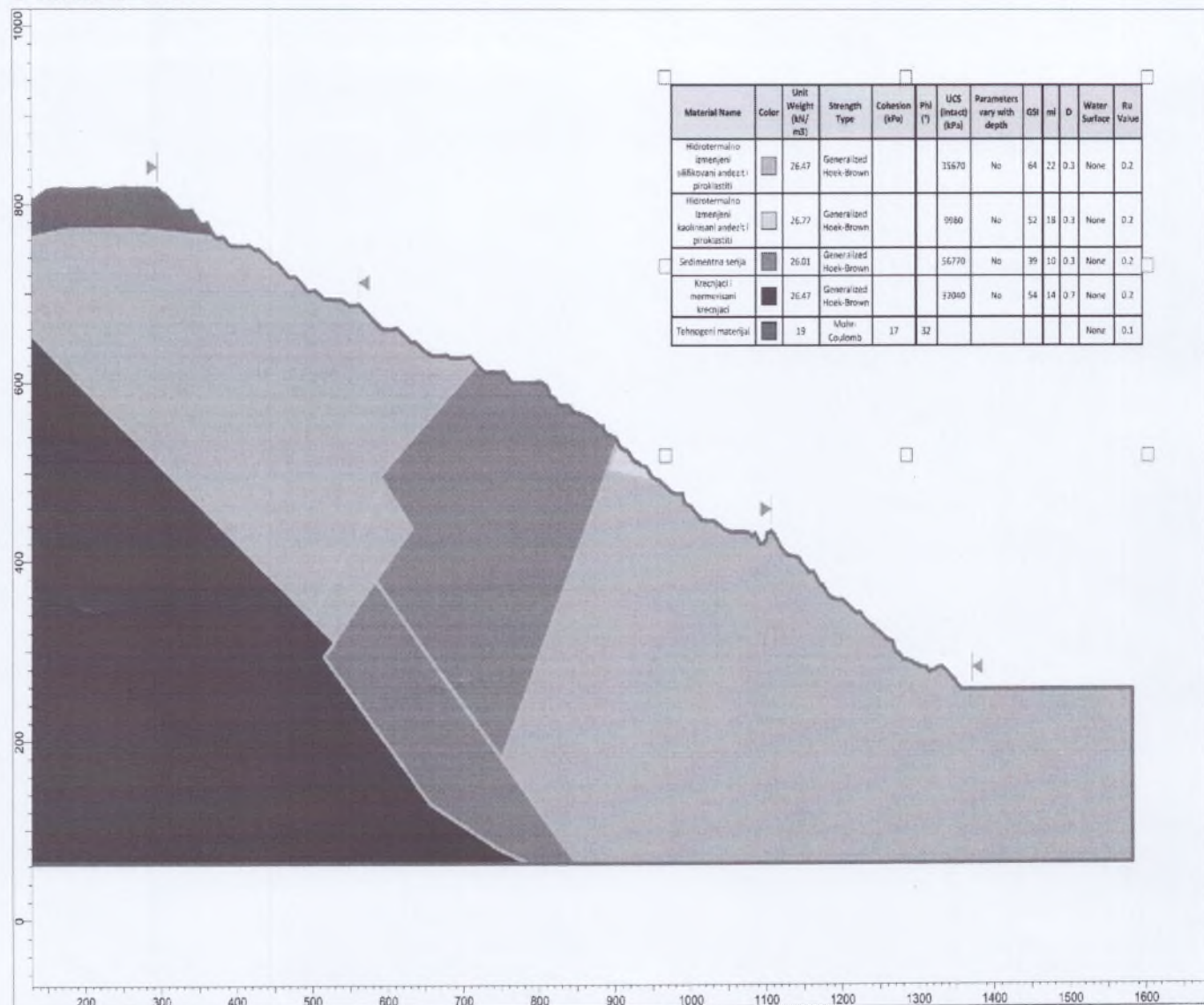
Za odlagališta su korigovani kohezija $C=17$ kPa i faktor $r_u=0,1$.

Zbirni rezultati proračuna prikazani su u tabeli 9. Na svakom profilu prikazani su teren sa stanjem 01.01.2025., geologijom i rezultatom proračuna.

Proračun je radjen po metodi Morgenstern – Price i Bishop.

PRORAČUN STABILNOSTI KOSINA NA POVRŠINSKOM KOPU

Profil 1 – 1

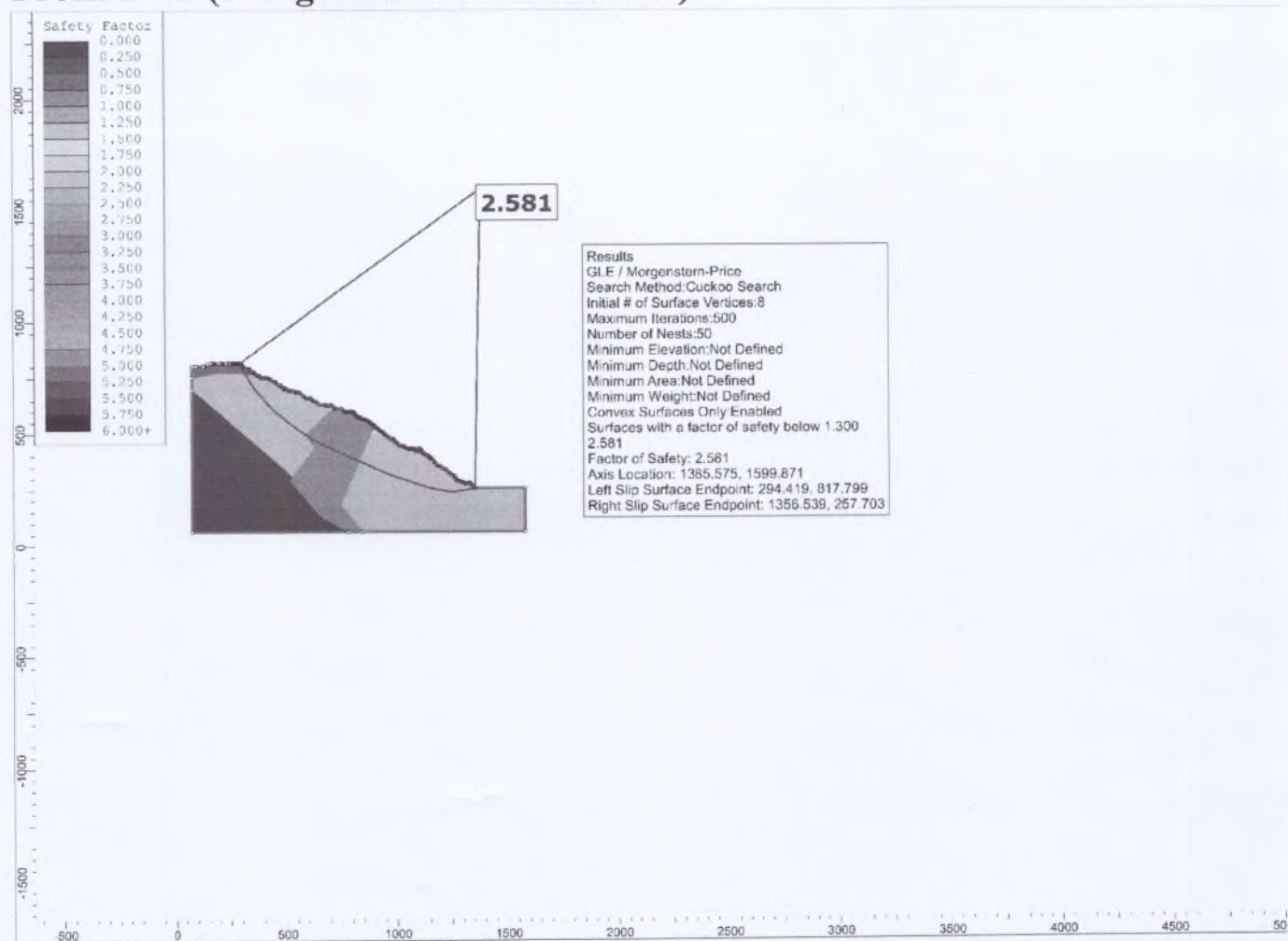


Slika 2 - Geomehanički model kosine na profilu 1 - 1

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od sledećih stenskih materijala: hidrotermalno izmenjenih stena, sedimentne serije, krečnjaka i tehnogenog materijala. Geomehanički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 2.

Na sledećoj slici prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu 1 – 1:

Profil 1 – 1 (Morgenstern-Price metoda)



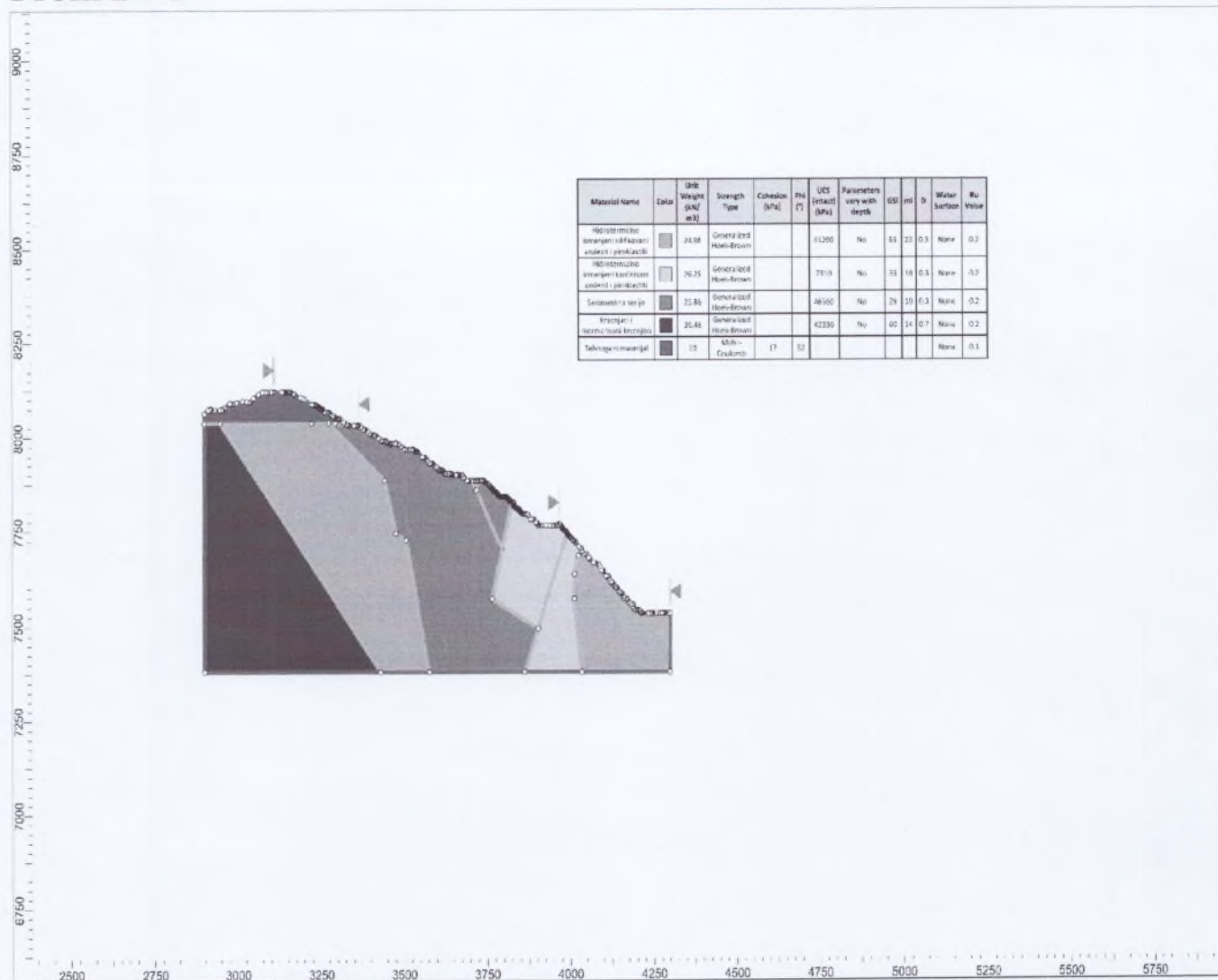
Slika 3 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 1 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu 1 - 1

	F_s Morgenstern-Price	F_s Bishop
Profil 1- 1	2.58	2,55

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu 1 – 1 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

Profil 2 – 2

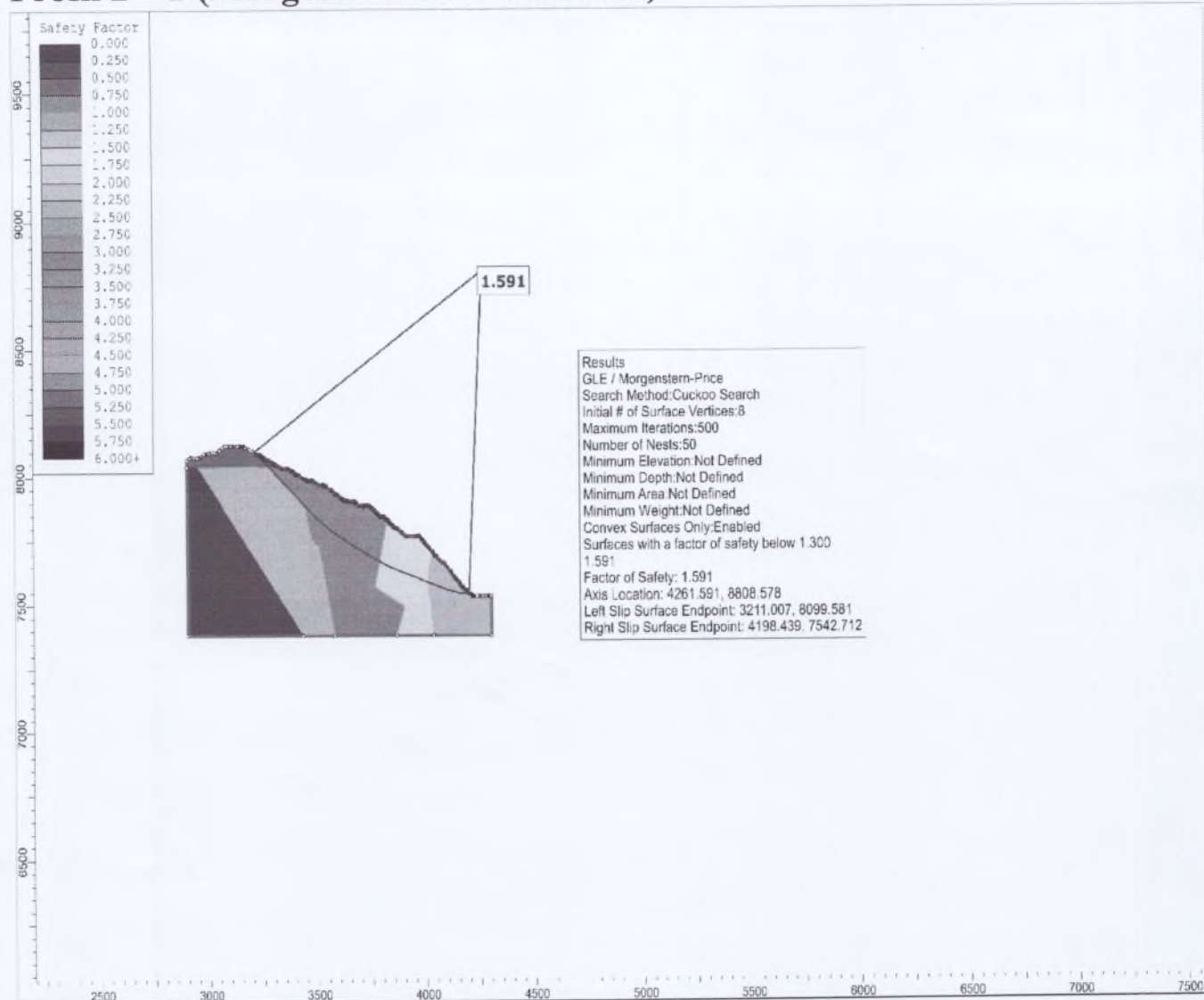


Slika 4 - Geomehanički model kosine na profilu 2 - 2

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od sledećih stenskih materijala: hidrotermalno izmenjenih stena, sedimentne serije, krečnjaka i tehnogenog materijala. Geomehanički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 7.

Na sledećoj slici prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu 2 – 2:

Profil 2 – 2 (Morgenstern-Price metoda)



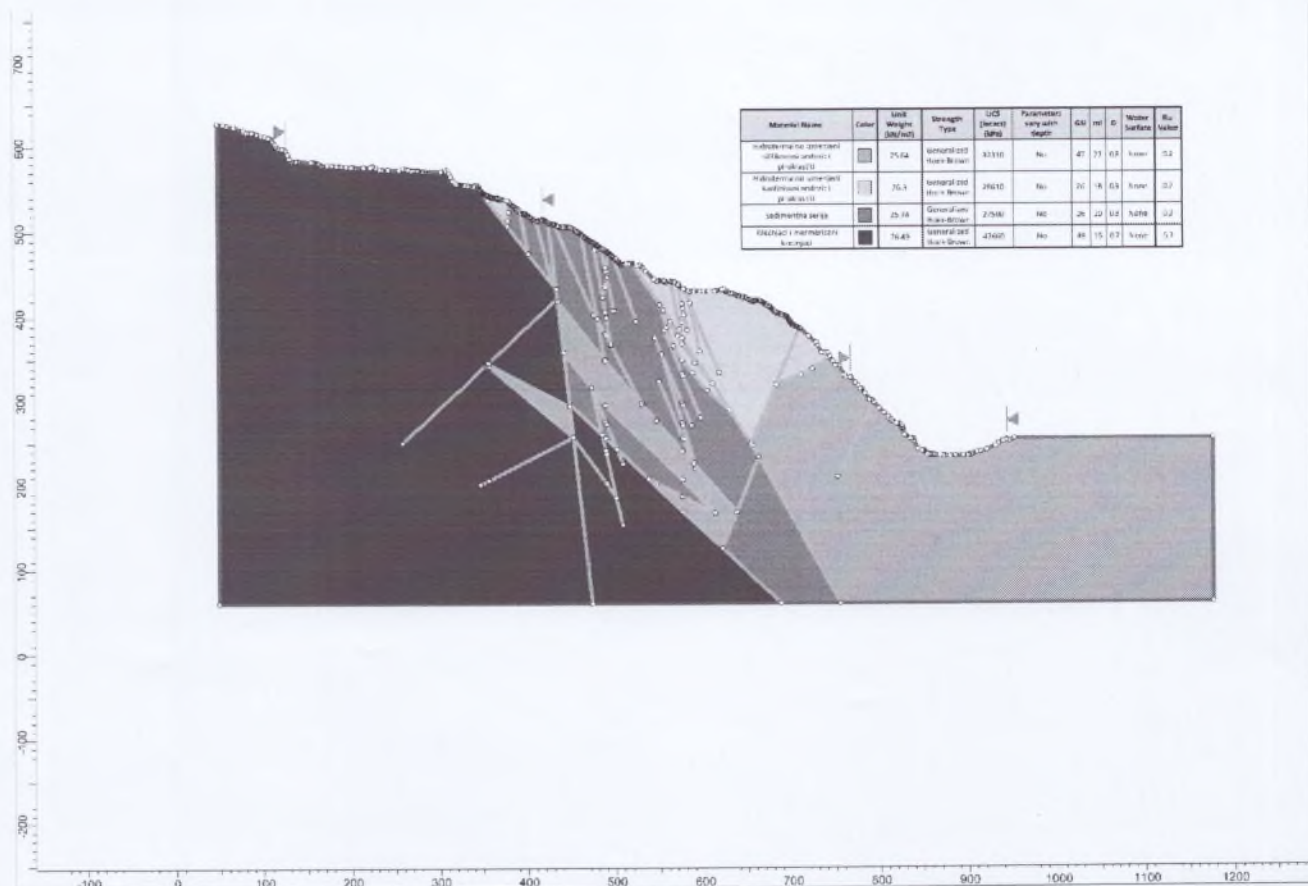
Slika 5 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 2 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu 2 - 2

	F_s Morgenstern-Price	F_s Bishop
Profil 2-2	1,591	1,56

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu 2 - 2 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

Profil 4 – 4

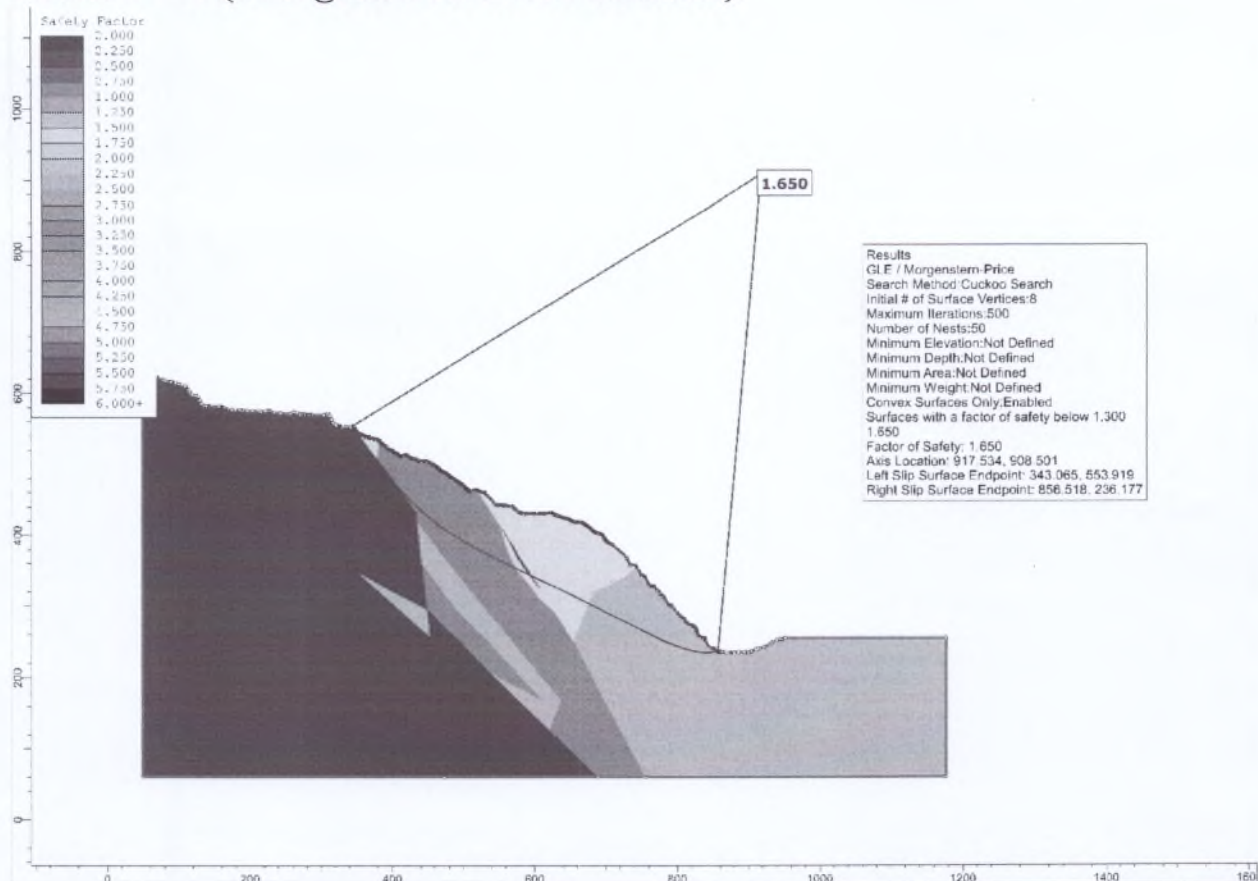


Slika 6 - Geomehanički model kosine na profilu 4 – 4

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od sledećih stenskih materijala: hidrotermalno izmenjenih stena, sedimentne serije i krečnjaka. Geomehanički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 12.

Na sledećim slikama prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu 4 – 4:

Profil 4 – 4 (Morgenstern-Price metoda)



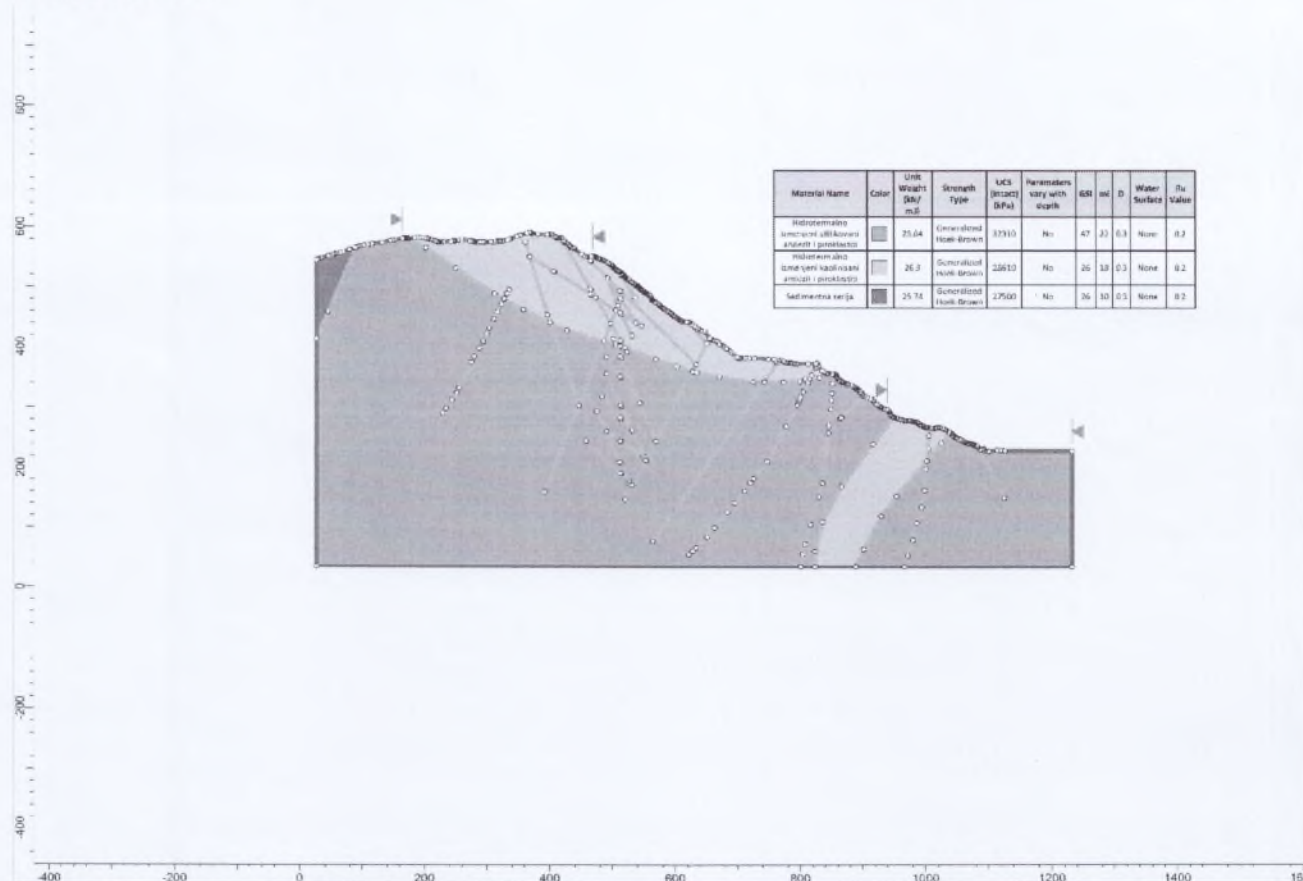
Slika 7 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 3 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu 4 - 4

	F_s Morgenstern-Price	F_s Bishop
Profil 4-4	1,65	1,61

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu 4 - 4 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

Profil 9 – 9

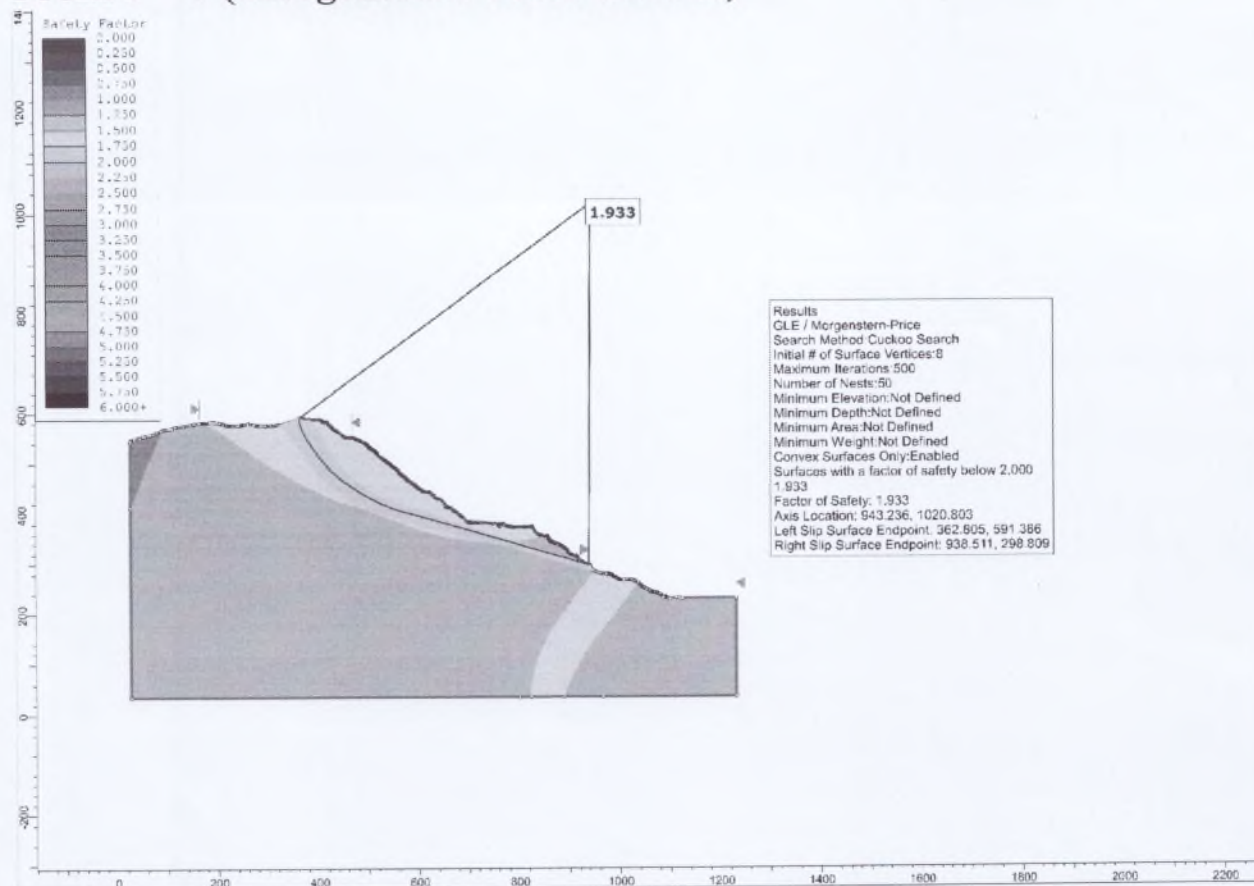


Slika 8 - Geomehanički model kosine na profilu 9 – 9

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od hidrotermalno izmenjenih stena. Geomehanički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 17.

Na sledećim slikama prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu 9 – 9:

Profil 9 – 9 (Morgenstern-Price metoda)



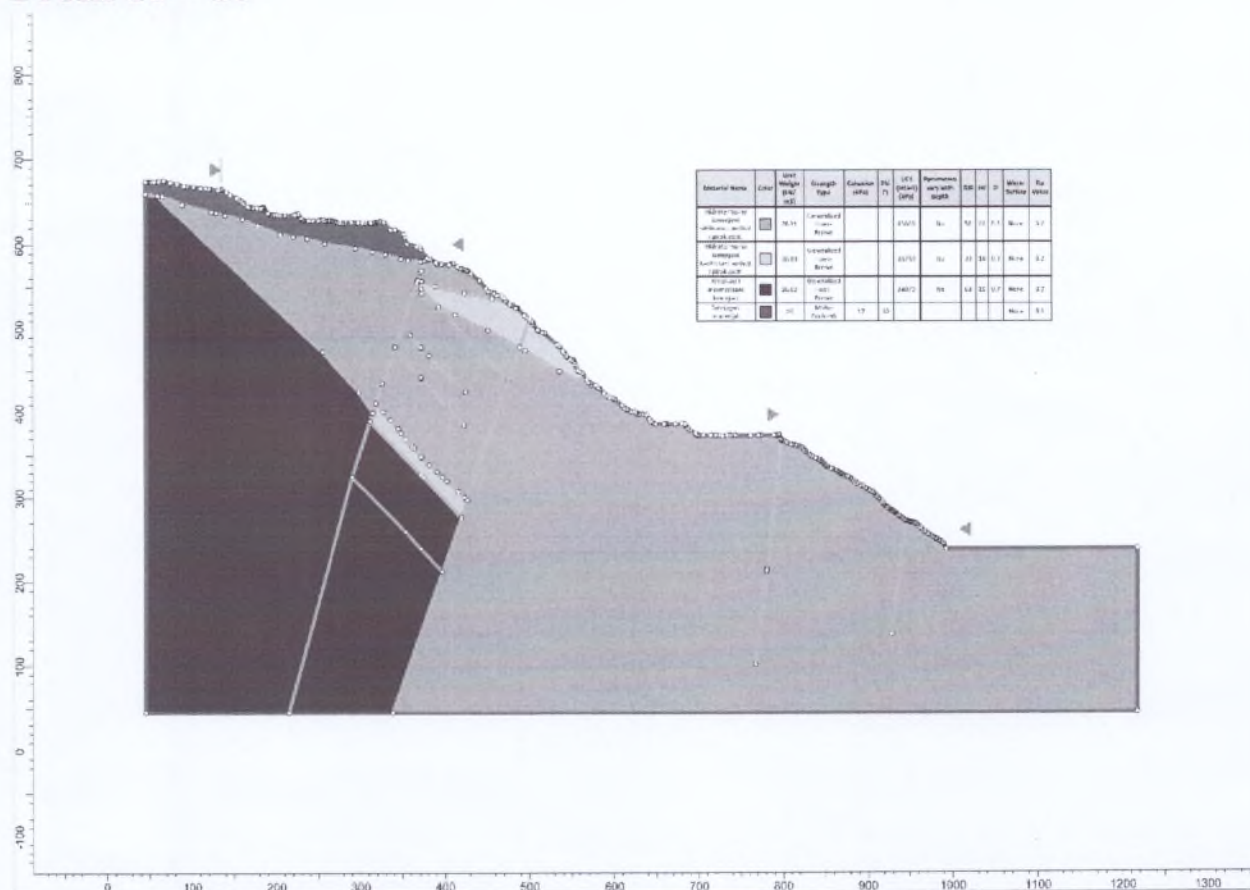
Slika 9 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 4 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu 9 - 9

	F_s Morgenstern-Price	F_s Bishop
Profil 9-9	1.933	1.9

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu 9 - 9 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

Profil 10 – 10

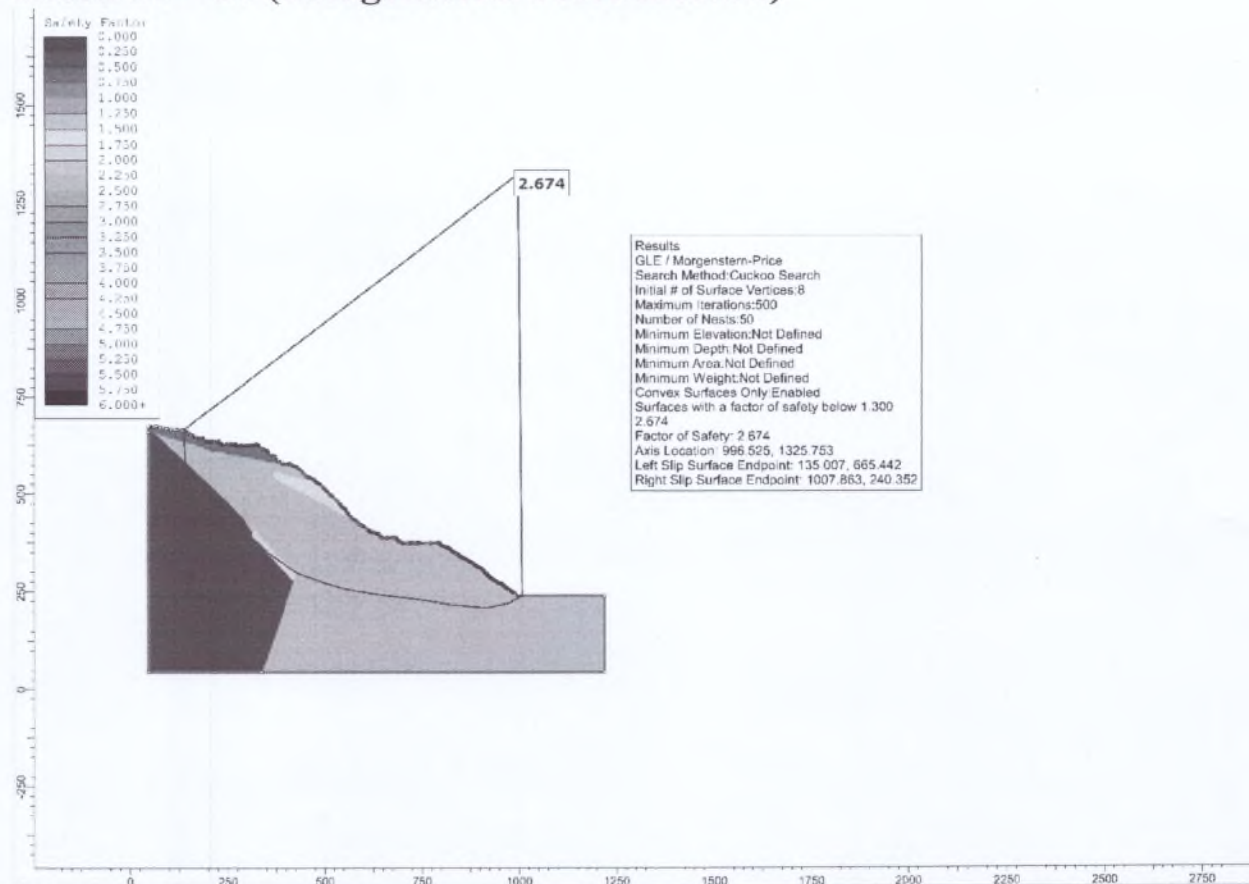


Slika 10 - Geomehanički model kosine na profilu 10 – 10

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od hidrotermalno izmenjenih stena i krečnjaka. Geomehanički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 22.

Na sledećim slikama prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu 10 – 10:

Profil 10 – 10 (Morgenstern-Price metoda)



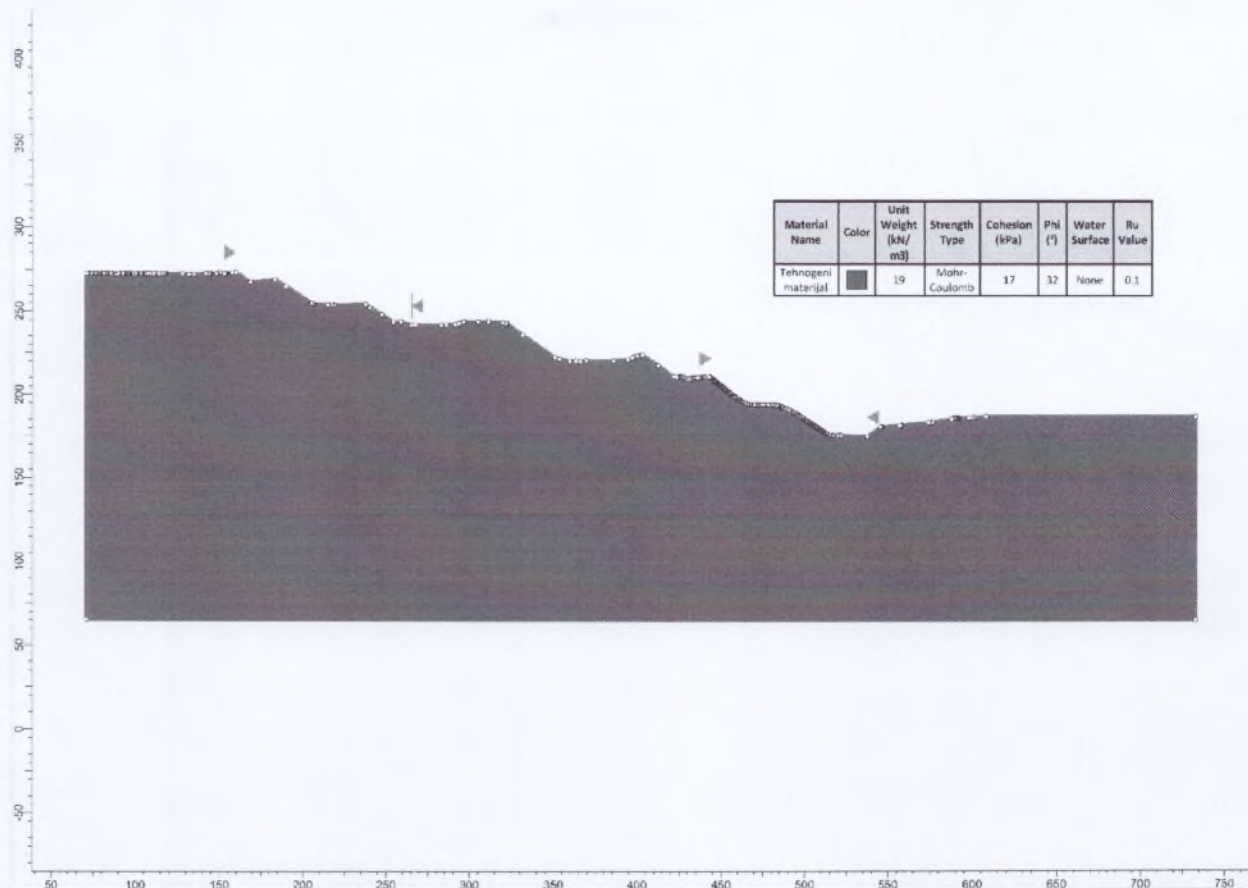
Slika 11 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 5 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu 10 - 10

	F_s Morgenstern-Price	F_s Bishop
Profil 10-10	2,674	2,494

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu 10 - 10 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

Profil T1 – T1

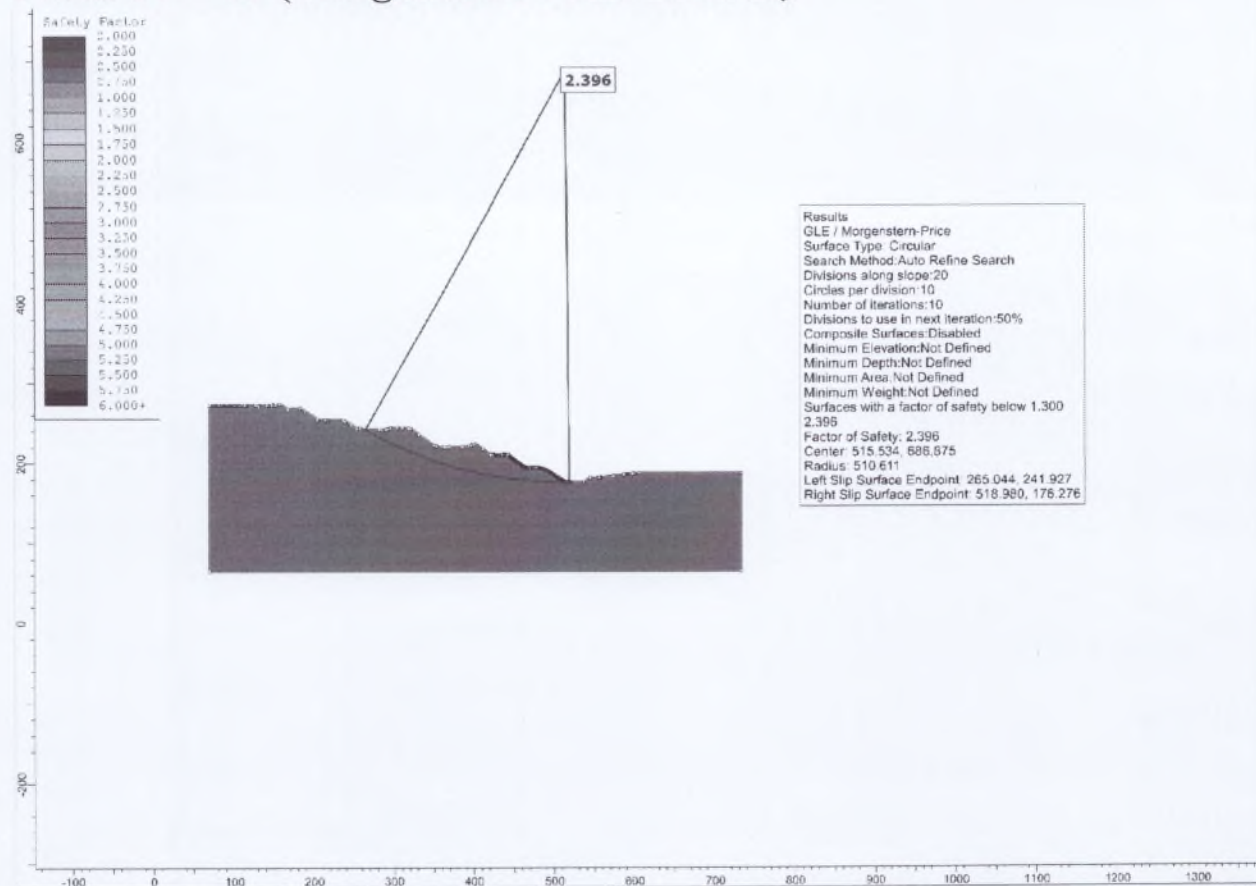


Slika 12 - Geomehanički model kosine na profilu T1 - T1

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od tehnogenog (odloženog) materijala na odlagalištu „Todorov potok“. Geomehanički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 27.

Na sledećim slikama prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu T1 – T1:

Profil T1 – T1 (Morgenstern-Price metoda)



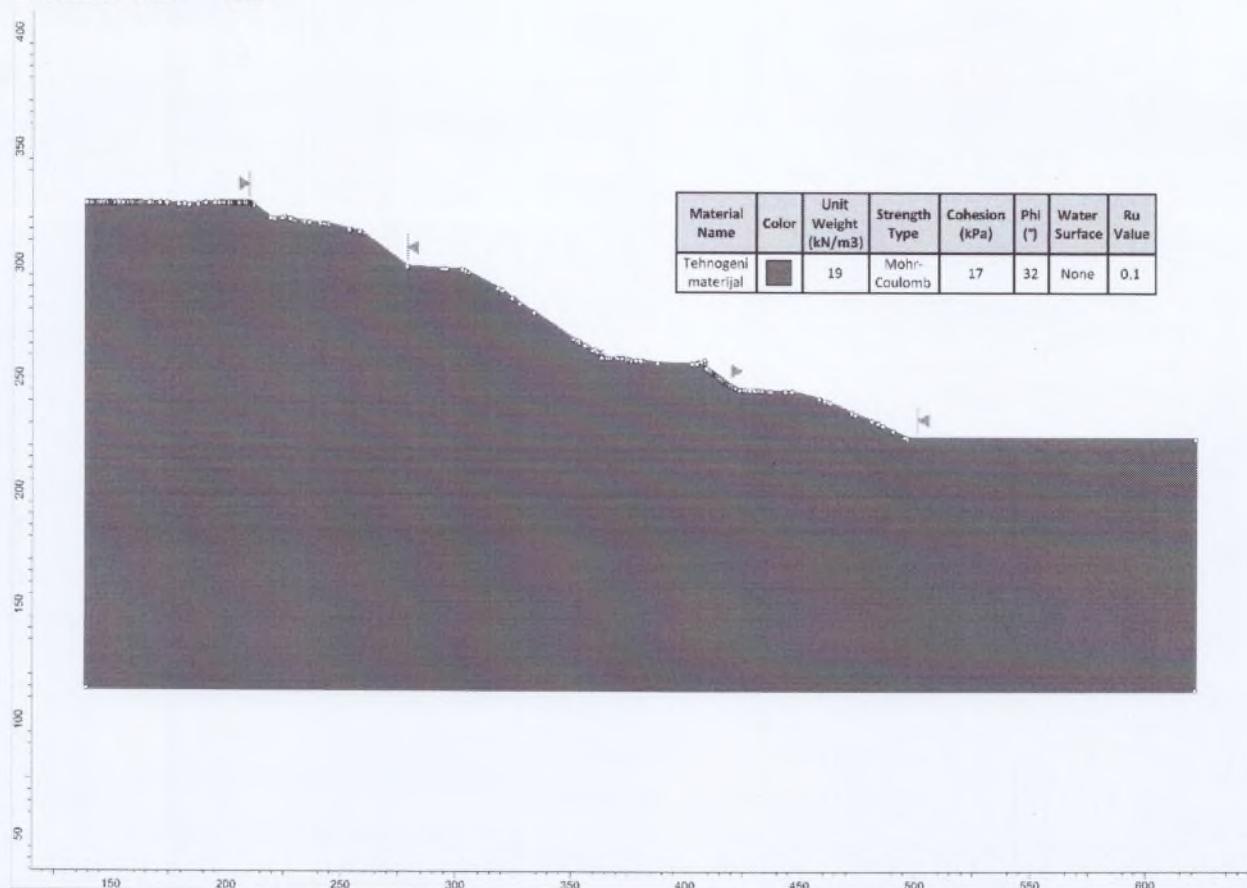
Slika 13 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 6 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu T1 - T1

Profil T1-T1	F _s Morgenstern-Price	F _s Bishop
	2,396	2,4

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu T1 - T1 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

Profil T2 – T2

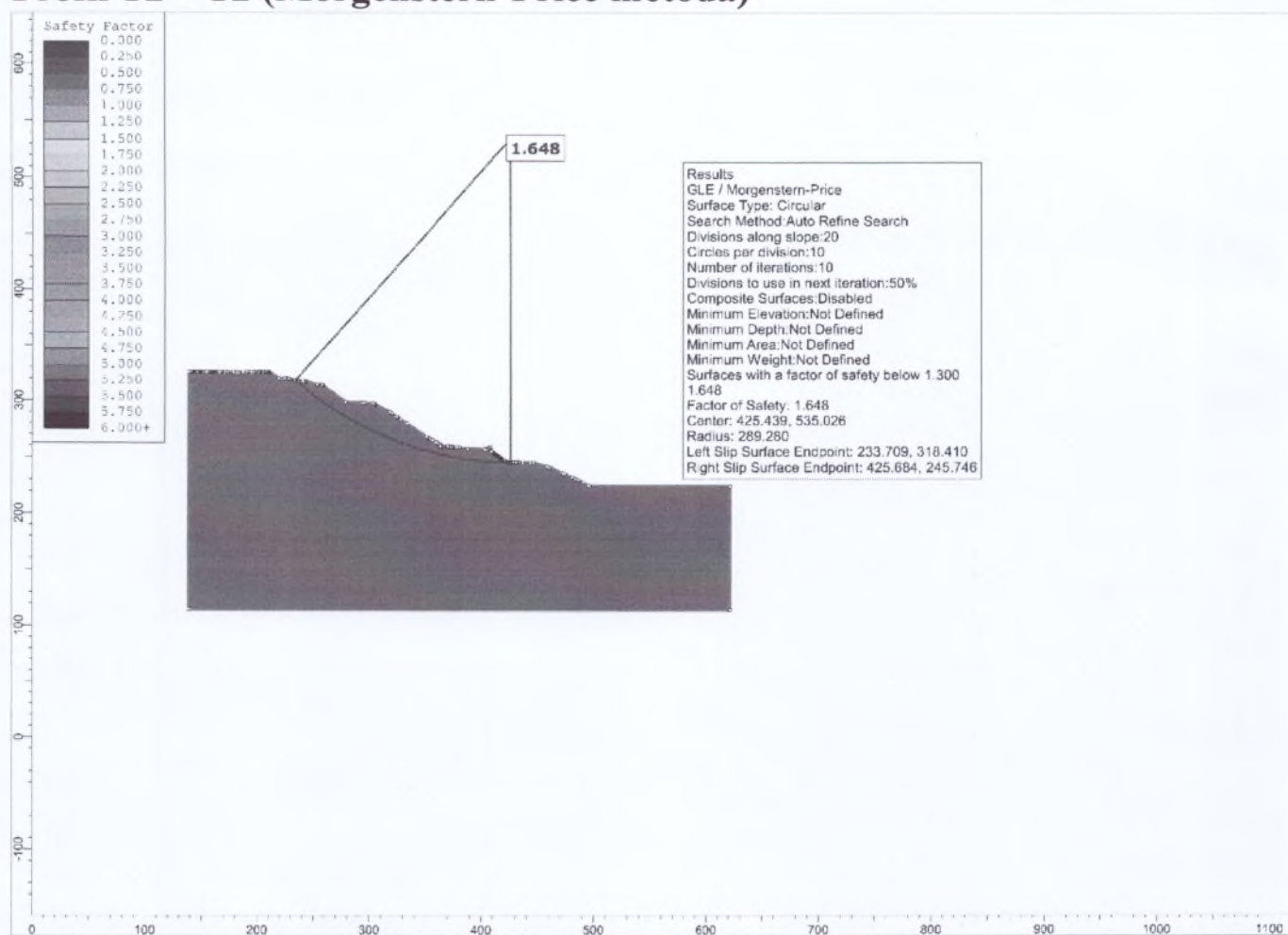


Slika 14 - Geomehanički model kosine na profilu T2 - T2

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od tehnogenog (odloženog) materijala na odlagalištu „Todorov potok“. Geomehanički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 32.

Na sledećim slikama prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu T2 – T2:

Profil T2 – T2 (Morgenstern-Price metoda)



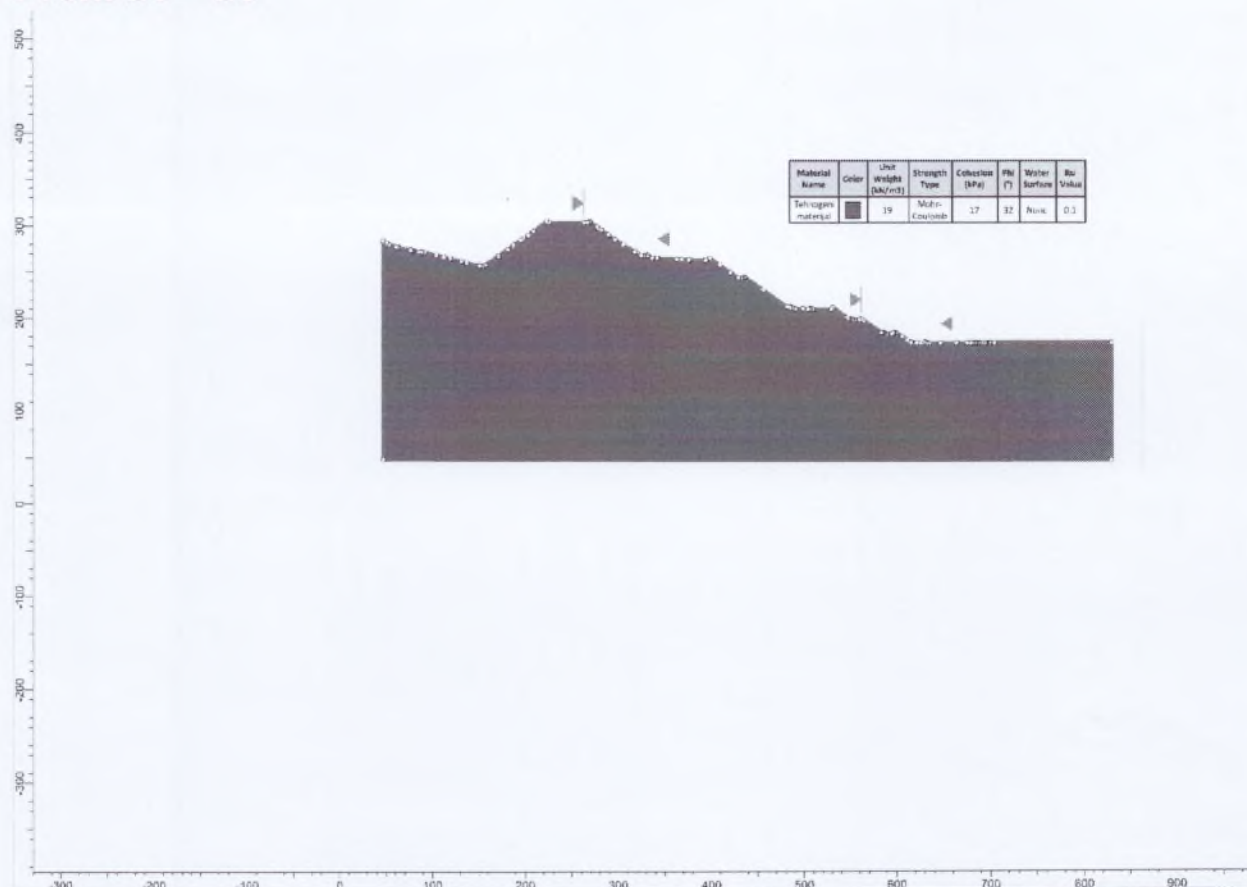
Slika 15 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 7 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu T2 - T2

	F_s Morgenstern-Price	F_s Bishop
Profil T2-T2	1,65	1,65

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu T2 – T2 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

Profil S1 – S1

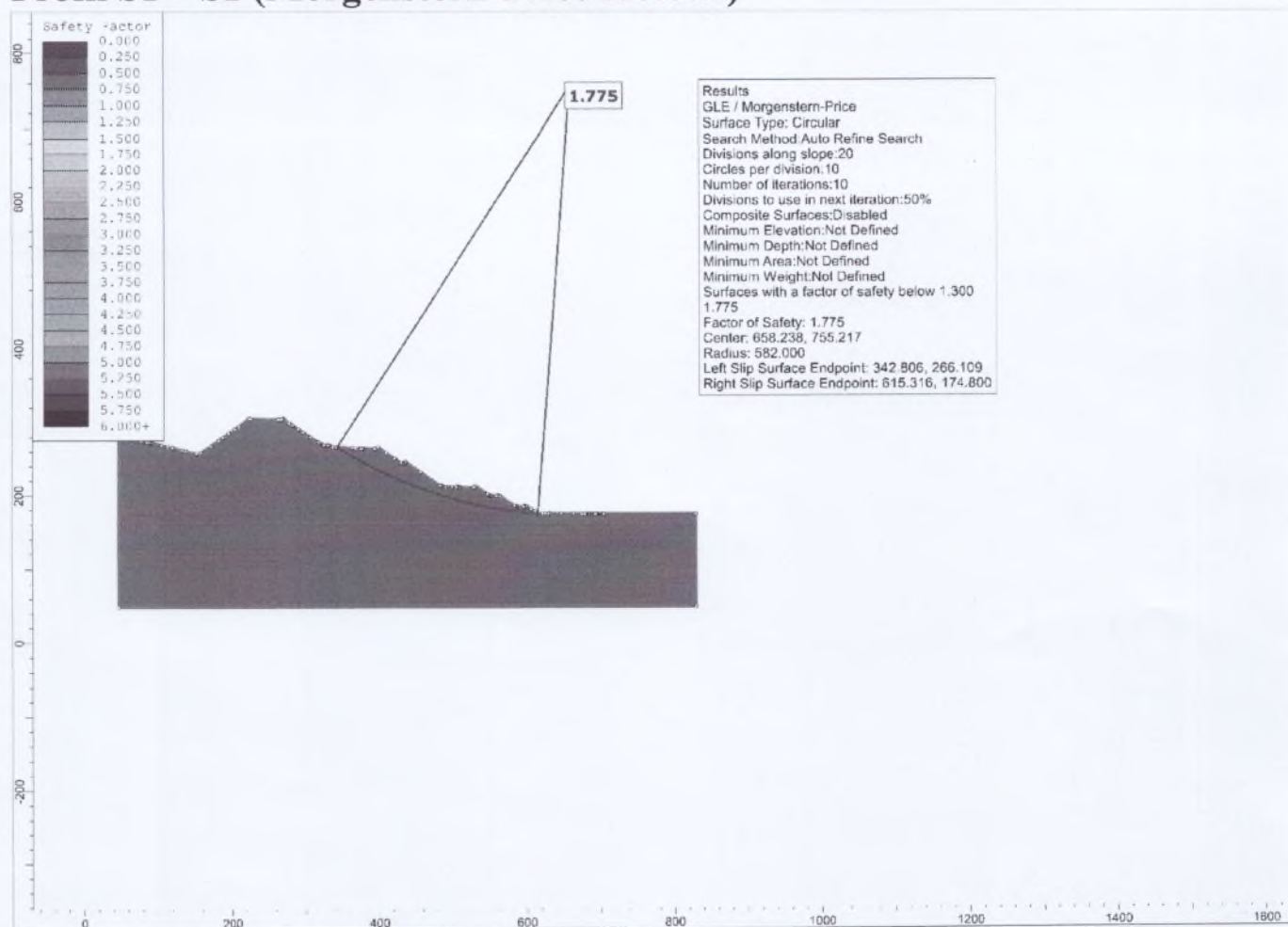


Slika 16 - Geomehantički model kosine na profilu S1 - S1

Kosina površinskog kopa „Veliki Krivelj“ na ovom profilu sastavljena je od tehnogenog (odloženog) materijala na odlagalištu „Saraka“. Geomehantički profil sa fizičko-mehaničkim karakteristikama materijala koje su korišćene za proračun analize stabilnosti, prikazan je na slici 37.

Na sledećim slikama prikazani su grafički rezultati analize stabilnosti kosine na profilu S1 – S1:

Profil S1 – S1 (Morgenstern-Price metoda)



Slika 17 - Grafički prikaz rezultata analize stabilnosti kosine

Tabela 8 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosine na profilu S1 - S1

	F_s Morgenstern-Price	F_s Bishop
Profil S1-S1	1,775	1,7

Na osnovu datih rezultata, može se zaključiti da analizirana kosina na profilu S1 – S1 zadovoljava zadati kriterijum određen prema Pravilniku.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Tabela 9 - Zbirni prikaz rezultata analize stabilnosti kosina na površinskom kopu "Veliki Krivelj"

Fs	Morgenstern-Price	Bishop
1 - 1	2.58	2.55
2 - 2	1.591	1.56
4 - 4	1.65	1.61
9 - 9	1.933	1.9
10 - 10	2.674	2.494
T1 - T1	2.396	2.4
T2 - T2	1.65	1.65
S1 - S1	1.775	1.77

Na osnovu prikaza rezultata analize stabilnosti kosina na površinskom kopu „Veliki Krivelj“ iz tabele 9, može se zaključiti da sve analizirane kosine ispunjavaju zakonski propisanu vrednost minimalnog faktora sigurnosti.

**PLAN ODBRANE I SPASAVANJA
OD POPLAVA
NA POVRŠINSKOM KOPU
„ VELIKI KRIVELJ ”**

Na osnovu „Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima“ (Službeni glasnik RS, br. 40/2021), Zijin copper DOO, Površinski kop „Veliki Krivelj“ donosi sledeći

PLAN ODBRANE I SPASAVANJA OD POPLAVA NA POVRŠINSKOM KOPU „ VELIKI KRIVELJ ”

I – OPŠTE ODREDBE

Član 1.

Sa planom odbrane i spasavanja od poplava na površinskom kopu moraju biti upoznati radnici i nadzorno-tehničko osoblje površinskog kopa.

Član 2.

Svaki zaposleni radnik dužan je da odmah po uočavanju povećanog priliva voda u ma kom delu površinskog kopa ODMAH obavesti dispečerski centar.

Član 3.

Smenski inženjer odnosno smenski poslovođa rudarske proizvodnje dužan je da ODMAH po pojavi većih količina voda, obavesti Rukovodioca pogona i Tehničkog rukovodioca proizvodnje preko dispečerskog centra u prepodnevnoj smeni, dok u ostalim smenama iste treba obavestiti u stanu putem telefona, a u međuvremenu preuzeti odgovarajuće mere u cilju sprečavanja šteta od vodene stihije.

Član 4.

Akcijom odbrane i spasavanja od poplava rukovodi Tehnički rukovodilac proizvodnje, a do njegovog dolaska smenski inženjer odnosno poslovođa rudarske proizvodnje.

Član 5.

Povlačenje ljudstva i mehanizacije iz ugroženog područja odobrava Tehnički rukovodilac proizvodnje, a do njegovog dolaska odobrenje daju smenski inženjer odnosno smenski poslovođa rudarske proizvodnje.

Član 6.

Svi objekti odvodnjavanja na površinskom kopu moraju se redovno održavati i kontrolisati da bi odgovorili svojoj nameni.

Član 7.

Plan odbrane i spasavanja mora sadržati situacionu kartu sa ucrtanim objektima odvodnjavanja.

II – OPIS TOKOVA POVRŠINSKIH VODA I NJIHOVO REGULISANJE OBJEKTIMA ODVODNJAVANJA

Zaštita površinskog kopa od iznenadnih i velikih priliva voda usled : provale oblaka, obilnih kiša ili otapanja snega i zaštita kopa od podzemnih voda, izvršena je objektima odvodnjavanja stalnog i privremenog karaktera.

Koncepcija odvodnjavanja

Osnovna koncepcija odvodnjavanja i zaštita kopa od voda sastoji se u sledećem :

- da se voda sa slivnih područja koja gravitira prema kopu, prihvati i gravitacijski odvede van područja kopa;
- da se voda koja dospeva u konture kopa, sa etaža iznad mesnog erozivnog bazisa (k + 305 m) što je moguće više prihvate kanalima i gravitacijski odvedu van kopa;
- da se sa nižih etaža od k + 305 m sve vode prihvataju kanalima i odvedu u vodosabirnik, a odatle ispumpaju van kopa;

Kako ne bi bilo zastoja u radu na pumpnim postrojenjima zbog električne energije i to kada su povećani prilivi atmosferskih voda, potrebno je obezbediti pored redovnog i rezervno napajanje električnom energijom.

Objekti odvodnjavanja

Sistem za zaštitu od voda sastoji se od kanala (obodnih i etažnih), taložnika za mehaničko prečišćavanje voda, vodosabirnika i pumpnih postrojenja.

Obodnim zaštitnim kanalima kop će se braniti od voda sa slivnog područja Djurgan i Todorov potok. Voda iz ovih kanala, nakon taloženja, sprovodi se do Kriveljske reke .

Etažnim kanalima i kanalima duž transportnih puteva prihvataju se i odvođe vode koje se javljaju unutar konture kopa. Vode koje se javljaju iznad kote K+305 odvođene se do etažnih vodosabirnika odakle će se voditi do taložnika i sistemom pumpi i cevovoda odvoditi van konture kopa. Vode koje se pojavljuju ispod kote K+305, a prihvataju se etažnim kanalima ili kanalima duž transportnih puteva, sprovode se na dno površinskog kopa do vodosabirnika odakle se voda kaskadno prepumpava u vodosabirnike na višim nivoima za prihvatanje voda odakle se pumpama i cevovodom odvođa van konture površinskog kopa u glavni taložnik GT za prikupljanje voda na koti k+305m_{nv}.

U slučaju velikih priliva voda, najniža etaža se koristi kao glavni prostor vodosabirnika, s tim što se, pre toga, mora evakuisati oprema i ljudstvo sa te etaže.

U tom smislu koncepcija ovog plana se bazira na uklapanju postojećih objekata odvodnjavanja i planiranih radova na kopu predviđenih Dinamičkim planom otkopavanja za 2025, u smislu izrade etažnih kanala, privremenih vodosabirnika i cevovoda, a prema napredovanju radova na kopu.

Kanali su smešteni duž transportnih puteva i ponegde po planumu etažesa padom prema vodosabirniku i međusobno su funkcionalno povezani sistemom vodosabirnika, pumpnih postrojenja i cevovodima koji vode do taložnika.

Vode koje padnu na prostor odlagališta Saraka se sistemom kanal i cevovoda usmeravaju prema Akumulaciji 2 koti k+305m_{nv}. Vode koje padnu na prostor Istočnog odlagališta se takodje sistemom kanala odvođe do glavnog taložnika. Vode u oblasti odlagališta Todorov potok se kanalima usmeravaju van konture kopa.

Vode iz glavnog taložnika se koriste za proces u pogonu flotacije.

Glavne karakteristike kanala namenjenih za zaštitu pomentih odlagališta su dati u tabeli i nose oznake I, T i S.

Sukcesivno sa napredovanjem planiranih rudarskih radova u 2024, godini izradjivaće se i etažni kanali duž transportnih puteva do etažnih vodosabirnika i sistemom pumpi i cevovoda će se takodje odvoditi do glavnog taložnika.

Karakteristike ovih kanala takodje su dati u tabeli i nose oznake E.

U sledećoj tabeli je dat prikaz kanala sa osnovnim karakteristikama :

Kanal	Pocetak (mnv)	Kraj (mnv)	Duzina (m)	Visinska razlika (m)	Pad (%)
T1	572	491	1,070	81	7.57
T2	478	428	660	50	7.58
T3	455	309	3,025	146	4.83
I1	585	486	1,828	99	5.42
I2	581	470	1,785	111	6.22
S1	550	389	2,350	161	6.85
S2	506	480	346	26	7.51
E1	152	12	1,477	140	9.48
E2	470	320	2,364	150	6.35
E4	20	-25	633	45	7.11
E5	320	260	876	60	6.85
E6	305	140	2,483	165	6.65
E7	240	140	1,808	100	5.53

Na priloženoj situacionoj karti je prikazan izgled površinskog kopa na kraju 2025. godine prema planiranoj dinamici, sa etažnim kanalima koje je potrebno izraditi paralelno sa izvodjenjem radova i isti su uklopljeni u postojeći sistem kanala, vodosabirnika, pumpnih sistema i cevovoda.

III – PLAN INTERVENCIJA SA RASPOREDOM LJUDSTVA I MEHANIZACIJE

Stalni objekti odvodnjavanja kao i korito izmeštene Kriveljske u zoni kopa moraju biti prohodni i u tom smislu moraju se redovno održavati i čistiti od nataloženog materijala. Posebna pažnja se mora obratiti na mostić za prolaz teških vozila kao i na glavni transportni put za transport rude.

Usled velikih i intenzivnih kiša ili otapanja snega može doći do pojave velikog i iznenadnog priliva voda u područje površinskog kopa.

U takvim slučajevima smenski inženjer, odnosno, smenski poslovođa rudarske proizvodnje je dužan da ODMAH obiđe sve objekte odvodnjavanja i preduzme odgovarajuće mere u cilju sprečavanja prodora voda na radilišta. Smenski inženjer, odnosno, smenski poslovođa rudarske proizvodnje u takvim slučajevima mora izvršiti raspored ljudstva i mehanizacije prema trenutnim potrebama radi odbrane od površinskih voda, a ako je potrebno mora pozvati odgovorno tehničko osoblje i Rukovodioca pogona.

Pri povlačenju mehanizacije i njenom lociranju, potrebno je voditi računa o sledećem :

- odabrana lokacija mora biti takva da ne pretil opasnost od potapanja za duži vremenski period
- mora biti dovoljno udaljena od berme kako ne bi u slučaju odrona etaže došlo do ugrožavanja mehanizacije
- mora biti obezbeđen put do iste.

IV – ZAVRŠNE ODREDBE

1. Odgovorni radnici iz službe zaštite za površinsku eksploataciju i tehničke pripreme za površinsku eksploataciju upoznaje nadzorno-tehničko osoblje sa planom odbrane i spasavanja od poplava.
2. Smenski inženjer, odnosno, poslovođa rudarske proizvodnje upoznaje u svojoj smeni radnike sa planom odbrane i spasavanja od poplava.
3. Stručnu pomoć oko detaljnog objašnjenja i usaglašenosti rada daje tehnički rukovodilac rudarske proizvodnje i tehnička priprema za površinsku eksploataciju.
4. Za nesavestan odnos prema radu odgovornih radnika za održavanje i odvodnjavanje kopa, Rukovodilac pogona, a na predlog odgovornih lica, preduzeće odgovarajuće disciplinske mere.
5. Odgovorni radnici za održavanje i odvodnjavanje kopa kao i nadzorno-tehničko osoblje u rudarskoj proizvodnji dužni su da vrše obilazak objekata odvodnjavanja najmanje jedanput nedeljno i da podnesu pismeni izveštaj o preduzetim merama u knjizi kontrole

objekata odvodnjavanja. Knjiga kontrole objekata odvodnjavanja nalazi se kod poslovođe za održavanje i odvodnjavanje kopa sa uputstvom o njenom vođenju.

6. Plan odbrane i spasavanja od poplava na površinskom kopu radi tehnička priprema za površinsku eksploataciju, koji se sa odgovornim licima iz službe zaštite za površinske kopove, redovno ažurira.