Optimizacija kontura površinskog kopa na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena "Tambura"

Hrastov, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:150181

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

OPTIMIZACIJA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU TEHNIČKO – GRAĐEVNOG KAMENA „TAMBURA“

Diplomski rad

Ana Hrastov
R 208

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

OPTIMIZACIJA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA NA EKSPLOATACIJSKOM POLJU TEHNIČKO – GRAĐEVNOG KAMENA „TAMBURA“

Ana Hrastov

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

U radu je prikazan način optimizacije završnih kontura površinskog kopa tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“ te je odabrano optimalno rješenje. Sukladno važećoj zakonskog regulativi, dostupnim podacima te pravilima struke izrađena su tri trodimenzionalna modela završnih kontura. Metodom računalnog modeliranja proračunate su rezerve mineralne sirovine za svaki od modela. Analizirane su prednosti, ovisno o kriterijima, za svaku završnu koturu te je na temelju provedene analize odabrano najpovoljnije rješenje za eksploataciju tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“.

Ključne riječi: optimizacija, model, površinska eksploatacija, tehničko – građevni kamen

Diplomski rad sadrži: 51 stranicu, 9 tablica, 39 slika, 4 priloga, 13 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad je pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Mentor: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor, RGNF
Pomogao pri izradi : Dr. sc. Branimir Farkaš, poslijedoktorand, RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor, RGNF
Dr. sc. Vječislav Bohanek, docent, RGNF
Dr. sc. Ana Maričić, docent, RGNF

Datum: 18.07.2019., Rudarsko – geološko – naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

OPTIMISATION OF FINAL CRUSHED STONE EXPLOITATION CONTOURS ON SURFACE MINE "TAMBURA"

Ana Hrastov

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

This paper presents the method of optimization of the final exploitation contours of crushed stone surface mine "Tambura" and offers the optimal solution. Three-dimensional models of final exploitation contours were created in accordance with the existing legislation, available data and professional practice. Mineral resource reserves were calculated for each of the models by using a computer modelling method. The advantages of every final contour were analysed in accordance with their criteria. Based on this analysis, the optimal solution for the final contours of exploitation of technical – building stone in the surface mine "Tambura" was chosen.

Key words: optimization, model, surface exploitation, technical - building stone

Thesis contains: 51 pages, 9 tables, 39 figures, 4 enclosures, 13 references

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisors: PhD Ivo Galić, Associate Professor
Tech. assistance: PhD Branimir Farkaš, Postdoctoral Researcher

Reviewers: PhD Ivo Galić, Associate Professor
PhD Vječislav Bohanek, Assistant Professor
PhD Ana Maričić, Assistant Professor

Date: July 18th, 2019, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. METODA PRORAČUNA REZERVI MINERALNE SIROVINE 2

3. OSNOVNE ZNAČAJKE EKSPLOATACIJSKOG POLJA „TAMBURA“..... 5

3.1 Zemljopisni položaj i opći podaci o eksploatacijskom polju.....5

3.2 Prometna, energetska i vodoopskrbna infrastruktura 7

3.2.1 Prometna infrastruktura 7

3.2.2 Energetska infrastruktura.....8

3.2.3 Vodoopskrbna infrastruktura 8

3.3 Hidrografske i klimatske prilike 8

3.4 Geološko-tektonske i hidrogeološke značajke 9

3.4.1 Geološke značajke šireg područja.....9

3.4.2 Geološke značajke ležišta 9

3.5 Podaci o vrsti, količini i kakvoći mineralne sirovine prema tipu i karakteristikama ležišta i pratećih stijena.....12

3.5.1 Vrsta mineralne sirovine.....12

3.5.2 Količina i kakvoća mineralne sirovine 13

4. IZRADA TRODIMENZIONALNIH MODELA ZAVRŠNIH KONTURA KOPA 16

4.1 Izrada modela postojećeg stanja 16

4.2 Izrada modela završnih kontura površinskog kopa 20

4.2.1 Projektni parametri površinskog kopa "Tambura" 20

4.2.2 Dvodimenzionalni prikaz završnih kontura površinskog kopa.....24

4.2.3 Izrada trodimenzionalnog modela završnih kontura kopa 26

5. PRORAČUN OBUJMA REZERVI MINERALNE SIROVINE..... 32

5.1 Primjena metode računalnog modeliranja 32

5.2 Postupak proračuna obujma rezervi mineralne sirovine.....32

5.3 Rezultati proračuna obujma rezervi.....33

5.3.1 Model 1.....34

5.3.2 Model 2.....36

5.3.3 Model 3.....37

6. DISKUSIJA 40

6.1 Analiza obujma rezervi mineralne sirovine.....40

6.2 Analiza dobiti eksploatacije tehničko – građevnog kamena....46
6.3 Odabir optimalnog modela eksploatacije 48
7. ZAKLJUČAK....51
8. LITERATURA....52
9. GRAFIČKI PRILOZI....54

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Obujam tijela između dva nasuprotna trokuta....3
Slika 3-1. Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja „Tambura“....5
Slika 3-2. Granice eksploatacijskog polja „Tambura“....6
Tablica 3-1. Usporedni prikaz koordinata vršnih točaka eksploatacijskog polja....6
Slika 3-3. Usporedni prikaz granica eksploatacijskog polja „Tambura“....7
Slika 4-1. Naredba Import Terrain Model(s)....17
Slika 4-2. Prikaz proračunatih značajki situacije terena (Calculated Features Display)....18
Slika 4-3. Prikaz slojnica terena....18
Slika 4-4. Triangulirani prikaz terena....19
Slika 4-5. Naredba Synchronize Google Earth View....20
Slika 4-6. Ortofoto prikaz šireg područja....20
Slika 4-7. Presjek završne konture površinskog kopa „Tambura“ – Model 1....22
Slika 4-8. Presjek završne konture površinskog kopa „Tambura“ – Model 2....23
Slika 4-9. Presjek završne konture površinskog kopa „Tambura“ – Model 3....23
Slika 4-10. Tlocrtni prikaz završnih kontura – Model 1....25
Slika 4-11. Tlocrtni prikaz završnih kontura – Model 2....25
Slika 4-12. Tlocrtni prikaz završnih kontura – Model 3....26
Slika 4-13. Naredba *Set Elevation*....27
Slika 4-14. Naredba *Drape Surface*....27
Slika 4-15. Izrada nove površine....28
Slika 4-16. Naredba *Import Surface*....29
Slika 4-17. Naredba *Triangulate Surface*....29
Slika 4-18. Renderirani prikaz završnih kontura – Model 1....30
Slika 4-19. Renderirani prikaz završnih kontura – Model 2....31
Slika 4-20. Renderirani prikaz završnih kontura – Model 3....31
Slika 5-1. Naredba *Analyze Volume*....32

Slika 5-2. Rezultat proračuna obujma 33
Slika 5-3. Obujam rezervi mineralne sirovine – MRM (Model 1) 35
Slika 5-4. Količina rezervi mineralne sirovine (Model 1) 35
Slika 5-5. Obujam rezervi mineralne sirovine – MRM (Model 2) 36
Slika 5-6. Količina rezervi mineralne sirovine (Model 2) 37
Slika 5-7. Obujam rezervi mineralne sirovine – MRM (Model 3) 38
Slika 5-8. Količina rezervi mineralne sirovine (Model 3) 39
Slika 6-1. Usporedni prikaz postotnih odnosa rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije – Model 1 43
Slika 6-2. Usporedni prikaz rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije – Model 2 44
Slika 6-3. Usporedni prikaz rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije – Model 3 45
Slika 6-4. Dobit eksploatacije tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“ 47
Slika 6-5. Rezultati analize odabira optimalnog modela eksploatacije 50

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Usporedni prikaz koordinata vršnih točaka eksploatacijskog polja 6
Tablica 3-2. Najveće udaljenosti između istražnih radova (NN broj 46/18) 14
Tablica 3-3. Količina tehničko-građevnog kamena i jalovine ležišta „Tambura“ (preuzeto iz Matjašić, 2015) 14
Tablica 5-1. Rezerve mineralne sirovine (Model 1) 34
Tablica 5-2. Rezerve mineralne sirovine (Model 2) 36
Tablica 5-3. Rezerve mineralne sirovine (Model 3) 38
Tablica 6-1. Usporedba obujma rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije 41
Tablica 6-2. Analiza dobiti eksploatacije 46
Tablica 6-3. Odabir najpovoljnijeg modela eksploatacije 49

POPIS PRILOGA

Prilog 1 – Situacijska karta i karta rezervi površinskog kopa „Tambura“

Prilog 2 – Završna kontura površinskog kopa „Tambura“ – Model 1

Prilog 3 – Završna kontura površinskog kopa „Tambura“ – Model 2

Prilog 4 – Završna kontura površinskog kopa „Tambura“ – Model 3

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA

V	obujam tijela, m^3
P	površina, m^2
M 1 : 2 000	mjerilo slike ili priloga
h_e	visina etaže, m
B	širina etaže, m
B_r	širina radne etaže, m
α_e	kut nagiba etažne kosine, °
α_z	kut nagiba završne kosine, °
X_z	projekcija završne kosine, m
ΔH	visinska razlika, m
X_e	projekcija etažne ravnine, m
Δh	visinska razlika između zadnje etaže i terena, m

POPIS KORIŠTENIH SKRAĆENICA

OGK	osnovna geološka karta
CAD	*Computer Aided Design* (hrv. oblikovanje pomoću računala)
m n.v.	metara nadmorske visine
MRM	metoda računalnog modeliranja
DTM	*Digital Terrain Model* (hrv. digitalni model terena)
M1 / M2 / M3	broj bodova za određeni model

1. UVOD

U ovom diplomskom radu opisan je postupak izrade završnih kontura eksploatacije na primjeru površinskog kopa „Tambura“. Izrađena su tri trodimenzionalna modela odnosno projektna rješenja završnih kontura na temelju situacije na terenu. Svaki od modela je analiziran te je odabrano optimalno rješenje eksploatacije tehničko – građevnog kamena.

Prednost izrade trodimenzionalnih modela je bolja vizualizacija prostora u kojem se odvija eksploatacija odnosno percepcija budućeg zahvata u prostoru, kao što je u ovom slučaju površinski kop. Percepcija je jednostavnija ne samo sa inženjerskog stajališta već i sa stajališta šire javnosti, koja može participirati u odlukama vezanim za budući zahvat (npr. u postupku javnog izlaganja Studije utjecaja na okoliš planiranog zahvata).

Ovakav način rada te izrada i korištenje trodimenzionalnih modela uz vrlo jednostavan način proračuna obujma rezervi daje uvid u količine rezervi mineralne sirovine kojima je moguće raspolagati unutar površinskog kopa.

S druge pak strane, za primjenu računalnih softvera, koji su specijalizirani za korištenje u nekoj od grana tehničkih znanosti, potrebno je uložiti puno truda i znanja kako bi se postigao krajnji rezultat.

Metodom računalnog modeliranja proračunat je obujam rezervi za svaki od modela te je na temelju rezultata komparativne analize odabran najpovoljniji model odnosno varijanta završnih kontura za nastavak eksploatacije na površinskom kopu „Tambura“.

Analizom prednosti za svaki od modela odabran je optimalan oblik završnih kontura kopa.

2. METODA PRORAČUNA REZERVI MINERALNE SIROVINE

Kako bi se što preciznije odredile kategorije rezervi mineralnih sirovina potrebno je koristiti metode proračuna koje daju dovoljnu točnost. Prilikom proračuna potrebno je uzeti u obzir oblik i veličinu ležišta, kvalitetu mineralne sirovine te opseg istražnih radova.

Postoje razne metode za proračun rezervi mineralnih sirovina poput metode paralelnih presjeka, metode srednje aritmetičke sredine, metode eksploatacijskih blokova i dr. (Popović, 1984). Pri proračunu rezervi mineralnih sirovina u ovom radu korištena je metoda računalnog modeliranja. Navedena metoda bit će ukratko teoretski opisana, a detaljnije će biti razrađena na primjeru proračuna rezervi mineralnih sirovina u ležištu tehničko – građevnog kamena „Tambura“.

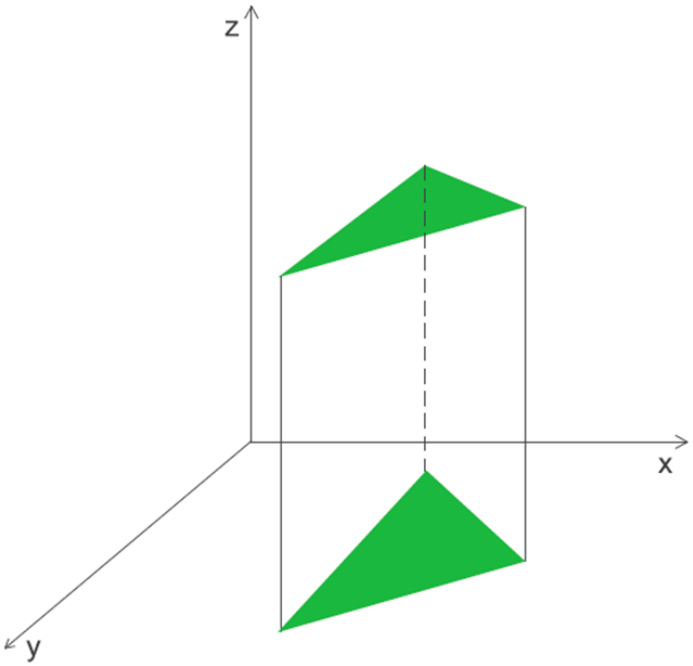
Metoda računalnog modeliranja

Proračun rezervi mineralnih sirovina metodom računalnog modeliranja temelji se na prikazu ležišnih uvjeta, koji su dobiveni istražnim radovima, korištenjem računalnog programa. U svrhu proračuna rezervi mineralne sirovine ovom metodom korišten je računalni program Power InRoads V8i SS4 (Bentley Systems Inc., 2016).

Metoda računalnog modeliranja temelji se na matematičkom proračunu integrala površine, a proračunu prethodi triangulacija terena.

Triangulacija je postupak modeliranja terena iz nepravilnog skupa točaka, kao što je geodetska izmjera. Računalni *CAD* programi imaju mogućnost generiranja modela terena iz niza snimljenih točaka, a takav dobiveni trodimenzionalni model se sastoji od trokuta koji povezuju sve točke (Gjuranić, 2007).

Kako bi proračunali obujam mineralne sirovine u ležištu potrebno je dodati i treću dimenziju to jest visinu elementima koje koristimo u proračunu. Slika 2-1. prikazuje obujam tijela između dva nasuprotna trokuta u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu s prikazanim x, y i z osima.



Slika 2-1. Obujam tijela između dva nasuprotna trokuta

Obujam tijela poznatog presjeka računa se metodom odrezaka odnosno vrijedi sljedeće:

- ako se tijelo proteže duž osi x, od $x = a$ do $x = b$ i ako na razini x ima presjek poznate površine $P(x)$, te ako je funkcija $P(x)$ integrabilna na intervalu $[a, b]$, onda je njegov obujam jednak integralu

$$V = \int_b^a P(x)dx, \tag{2-1}$$

gdje je:

- P (x) – površina poprečnog presjeka tijela,
- a, b – interval. (Šikić, 2008)

Kod metode računalnog modeliranja jedina je razlika u tome što se tijelo proteže duž osi z, analogno tome ima presjek površine P(z). Obujam je jednak integralu

$$V = \int_b^a P(z)dz, \tag{2-2}$$

Ukupni obujam rezervi mineralne sirovine dobije se sumiranjem svih pojedinih obujama (2-3).

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i \,, \tag{2-3}$$

Gdje je:

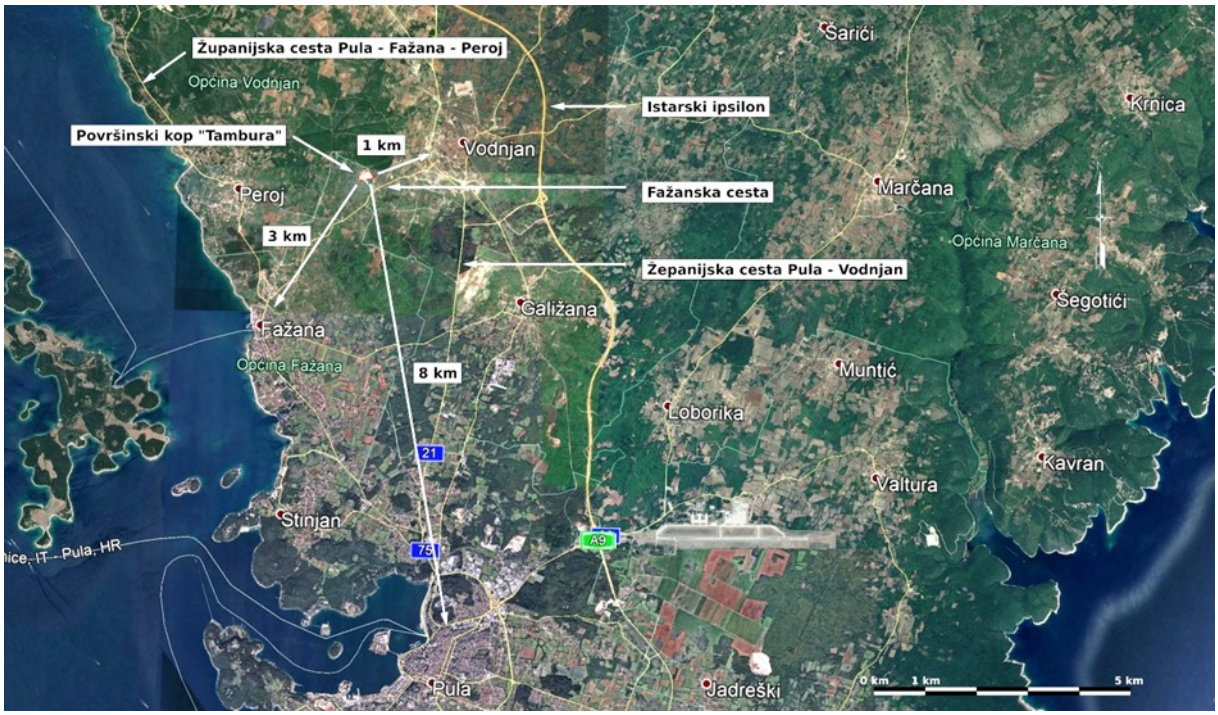
- V_i – *i*-ti obujam tijela.

3. OSNOVNE ZNAČAJKE EKSPLOATACIJSKOG POLJA „TAMBURA“

3.1 ZEMLJOPISNI POLOŽAJ I OPĆI PODACI O EKSPLOATACIJSKOM POLJU

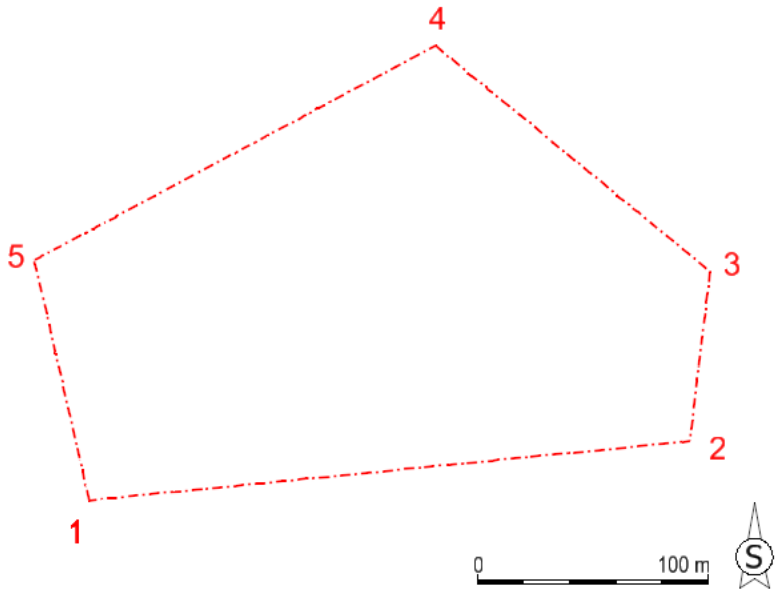
Eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena „Tambura“ nalazi se u južnom dijelu istarskog poluotoka, a udaljeno je oko 3 km od njegove zapadne obale. Od Pule je udaljeno oko 8 km sjeverozapadno, od mjesta Fažane oko 3 km sjeveroistočno te oko 1 km od mjesta Vodnjan u smjeru zapad-jugozapad. Administrativno pripada općini Fažana (Farkaš i dr., 2019).

Slika 3-1. prikazuje zemljopisni položaj eksploatacijskog polja „Tambura“ na širem području istarskog poluotoka.



Slika 3-1. Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja „Tambura“

Eksploatacijsko polje „Tambura“ nepravilnog je peterokutnog oblika (Slika 3-2.). Koordinate vršnih točaka površinskog kopa te iznos površine od 38 988,12 m^2 (3,9 ha) odobrene su temeljem Rješenja o eksploatacijskom polju „Tambura“.



Slika 3-2. Granice eksploatacijskog polja „Tambura“

Tablica 3-1. prikazuje koordinate vršnih točaka odobrenog eksploatacijskog polja „Tambura“ i novog smanjenog eksploatacijskog polja „Tambura“. Smanjenje eksploatacijskog polja posljedica je rješavanja imovinsko-pravnih odnosa tj. izbjegle su se katastarske čestice u privatnom vlasništvu za koje se nije mogla ishoditi služnost.

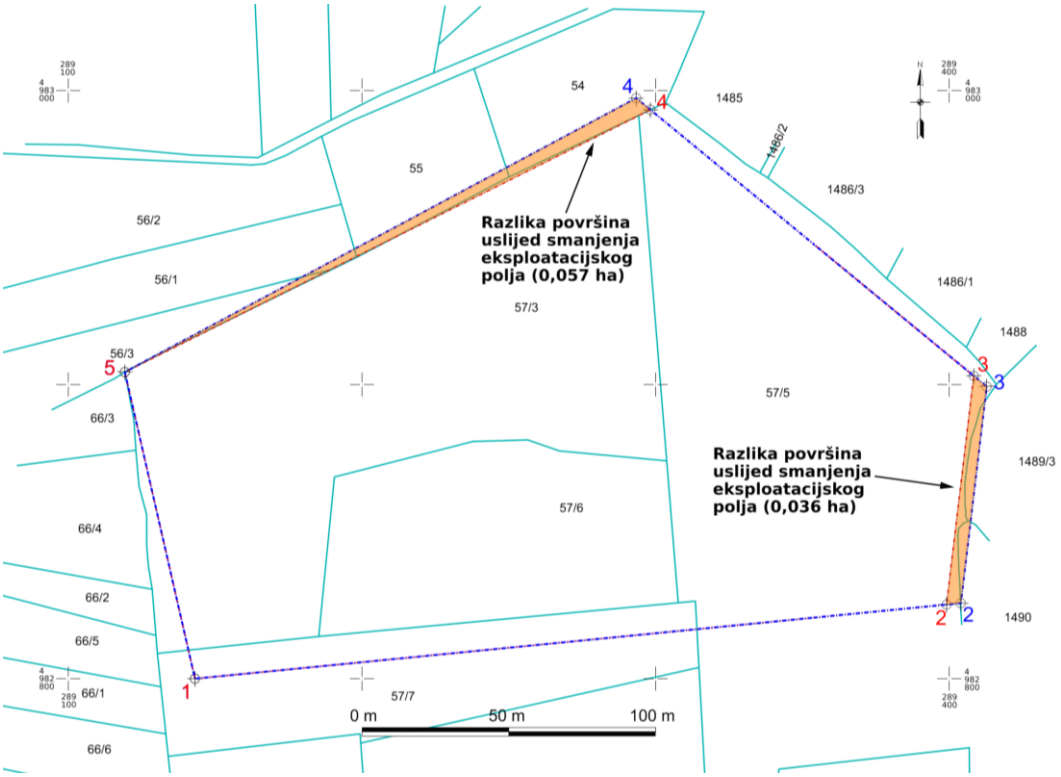
Ovim smanjenjem odobrenih granica dobivena je nova površina eksploatacijskog polja koja sada iznosi 37 892,52 m^2 (3,79 ha) te je tako dobivena smanjena površina, u odnosu na odobrenu, u iznosu od 0,093 ha (Farkaš i dr., 2019).

Tablica 3-1. Usporedni prikaz koordinata vršnih točaka eksploatacijskog polja

Oznaka točke	Koordinate točaka (HTRS96/TM)				Udaljenost između vršnih točaka		
	Odobreno		Novo		Točke	Odobreno	Novo
	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)		(m)	(m)
1	289 143,15	4 982 799,99	289 143,15	4 982 799,99	1 - 2	262,02	257,14
2	289 403,90	4 982 825,67	289 399,04	4 982 825,19	2 - 3	74,20	78,30
3	289 412,69	4 982 899,35	289 408,31	4 982 902,94	3 - 4	154,42	142,47
4	289 293,40	4 982 997,41	289 298,21	4 982 993,45	4 - 5	197,47	199,90
5	289 119,27	4 982 904,26	289 119,27	4 982 904,26	5 - 1	106,97	107,06
Površina odobrenog eksploatacijskog polja "Tambura"					3,88 ha		
Površina novog (smanjenog) eksploatacijskog polja "Tambura"					3,79 ha		
Razlika (smanjenje) površine eksploatacijskog polja "Tambura"					0,093 ha		

Izvor: (Farkaš i dr., 2019)

Slika 3-3. daje usporedni prikaz odobrenih granica eksploatacijskog polja „Tambura“ te novih smanjenih granica zajedno s naznačenim razlikama u površini.



Kazalo: Granice odobrenog eksploatacijskog polja „Tambura“

Granice smanjenog eksploatacijskog polja „Tambura“

Slika 3-3. Usporedni prikaz granica eksploatacijskog polja „Tambura“

3.2 PROMETNA, ENERGETSKA I VODOOPSKRBNA INFRASTRUKTURA

3.2.1 PROMETNA INFRASTRUKTURA

Do eksploatacijskog polja dolazi se pristupnim putem (makadamskom cestom) dužine približno 300 metara s kojim je eksploatacijsko polje spojeno na županijsku asfaltiranu prometnicu – Fažansku cestu koja se spaja na državnu cestu Pula – Vodnjan i dalje na autocestu Istarski ipsilon te županijsku cestu Pula – Fažana – Peroj (Farkaš i dr., 2019).

3.2.2 ENERGETSKA INFRASTRUKTURA

Površinski kop u poodmakloj je fazi rada tako da su sve potrebe za energentima zadovoljene. Sva postojeća oprema koristiti će se i u budućim rudarskim radovima pridobivanja tehničko-građevnog kamena.

Za pogon strojeva, uređaja, opreme i upravljačkih sustava u liniji tehnološke prerade miniranog materijala, kao i za osiguranje noćne rasvjete šireg prostora postojećih rudarskih radova i prilaznih pravaca površinskom kopu koristi se energija dobivena iz agregata. Za rasvjetu i grijanje postojećih privremenih objekata koristi se energija iz električne mreže.

Radni strojevi, čije je korištenje predviđeno u procesu pridobivanja mineralne sirovine, koriste dizelski pogon. A prilikom procesa bušenja dubokih minskih bušotina oprema koja je predviđena za bušenje koristit će kompresor, odnosno, biti će pogonjena komprimiranim zrakom (Farkaš i dr., 2019).

3.2.3 VODOOPSKRBNA INFRASTRUKTURA

Za potrebe rada površinskog kopa koristiti će se voda iz vodovodnog sustava. Odvodnja sanitarnih voda riješena je sustavom odvodnje do nepropusne septičke jame koja se prazni prema potrebi putem ovlaštene pravne osobe (Farkaš i dr., 2019).

3.3 HIDROGRAFSKE I KLIMATSKE PRILIKE

Hidrogeološke karakteristike su tipično krške. Ne postoje površinski tokovi ni stalne akumulacije površinske vode. Raspucali i okršeni teren veoma brzo drenira svu oborinsku vodu, koja složenim podzemnim kavernoznim sustavima otječe ka moru. Niti jače oborine, zbog otvorenosti – vodopropusnosti terena, ne uzrokuju veće smetnje u radu površinskog kopa.

Klima je mediteranskog tipa. Karakteriziraju je kraći hladni zimski i znatno duži topliji, oborinama bogatiji, proljetno-jesenski period. Prosječna srednja godišnja temperatura iznosi 13,5 °C. Najhladniji mjeseci su siječanj i veljača s prosječnom godišnjom temperaturom od 4,5 do 6 °C dok su najtopliji mjeseci srpanj i kolovoz s prosječnom temperaturom od 22 do 24 °C. Oborine se pojavljuju, pretežito, u obliku kiša, a godišnje padne od 1 100 do 1 500

mm oborina. Zimi, izuzetno, padne slabiji snijeg koji se kratko zadržava na tlu. Prevladavaju vjetrovi iz smjera sjeveroistok i istok (bura) te vjetar iz jugoistoka (jugo) (Farkaš i dr., 2019).

3.4 GEOLOŠKO-TEKTONSKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE

3.4.1 GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA

Geološka građa šireg prostora je relativno jednostavna. Teren izgrađuju karbonatne naslage donje krede. Donjokredni karbonatni kompleks izgrađuju tankouslojeni, pločasti do bankoviti vapnenci svijetlosive do sive boje. Na nekim lokacijama u širem okruženju pojavljuju se i dolomiti kao leće ili proslojci u moćnim naslagama vapnenaca. Na jednom dijelu terena tanki pokrov terra rosse, kvartarne starosti, prekriva stariju podlogu (Slika 3-4.).

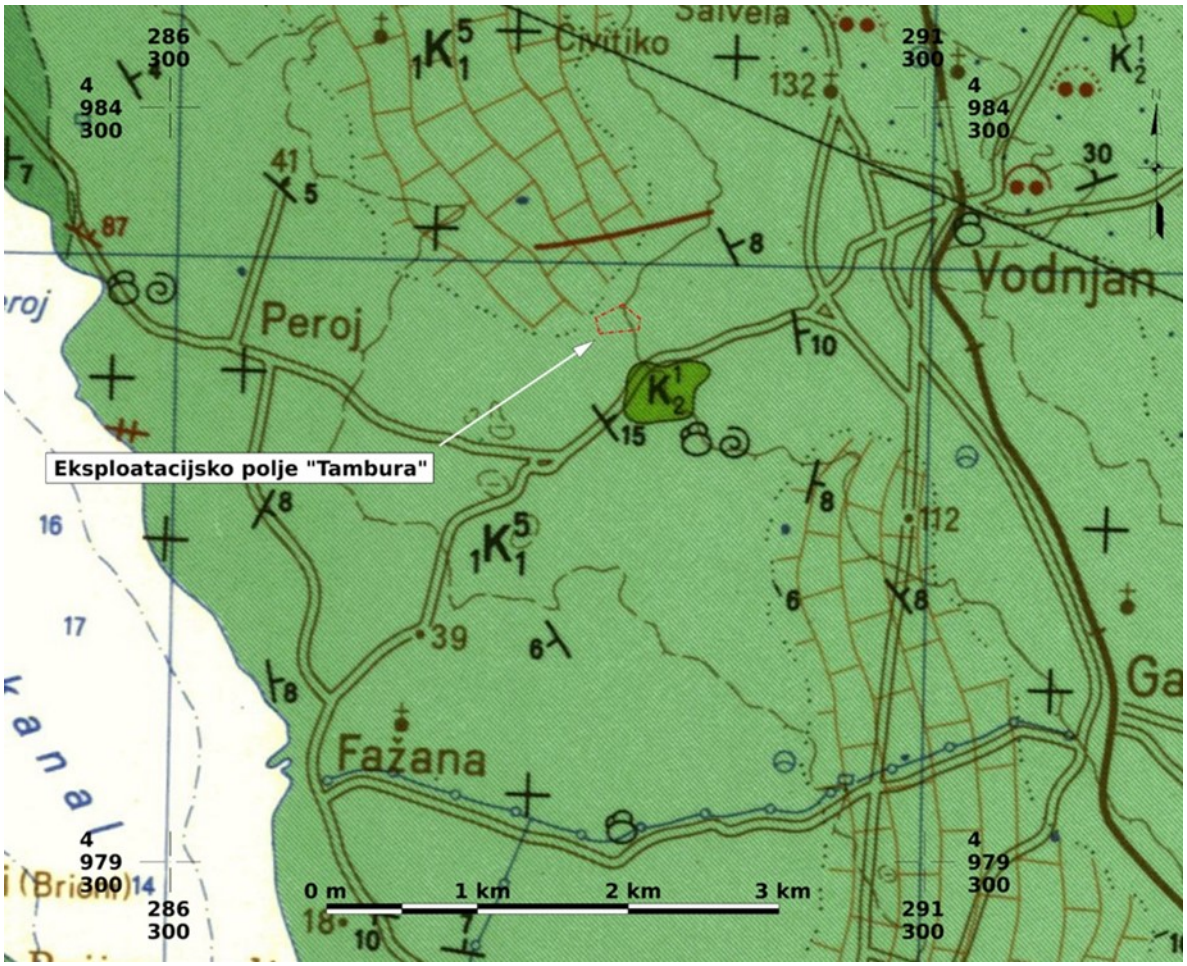
Širi prostor pripada jugoistočnom krilu prostrane zapadnoistarske antiklinale, koja je nastala pokretima laramijske orogenske faze krajem senona (senon je nekadašnji naziv za razdoblja konijak, santon, kampan, mastriht). Teren je u više navrata bio zahvaćen tektonskim aktivnostima koja su dovodila do pucanja i rasjedanja duž nekoliko sustava, a najizrazitiji su oni sa smjerom pružanja sjeveroistok-jugozapad (bliže smjeru sjever – jug) i okomito na njega istok – zapad.

Na današnji izgled terena veliki utjecaj imali su dugotrajni procesi okršavanja koji su prodirali do dubine od više desetaka metara (Matjašić, 2015).

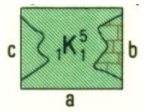
3.4.2 GEOLOŠKE ZNAČAJKE LEŽIŠTA

Geološka građa ležišta odnosno eksploatacijskog polja „Tambura“ određena je temeljem provedenih istražnih radova, koji su izvedeni u svrhu izrade Elaborata o rezervama tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura" kod Vodnjana – IV obnova proračuna rezervi (Matjašić, 2015) (u daljnjem tekstu „Elaborat o rezervama“).

Na temelju osnovne geološke karte, list Pula, određena je stratigrafska pripadnost ležišta. Utvrđeno je da ležište pripada karbonatnim sedimentima donje krede. Isječak iz OGK list Pula (Slika 3-4.) u mjerilu 1 : 100 000 prikazan je zajedno s kazalom stratigrafske pripadnosti.



Kazalo:

	Cenoman	a: debelo-uslojeni i masivni rudistni vapnenci s lećama zoogenog konglomerata b: rudistni vapnenci u izmjeni s tanko-pločastim vapnencima
	Alb	a: tanko-uslojeni vapnenci s rijetkim uloščima dolomita, lapora i breče b: tanko-uslojeni vapnenci s čestim i debljim uloščima dolomita c: područje s izdancima kremenog pijeska (saldame)
	Apt	Tanko-uslojeni vapnenci s uloščima vapnenih breče

Slika 3-4. Isječak osnovne geološke karte šireg područja ležišta tehničko-građevnog kamena "Tambura", M1:50 000, povećano iz OGK SFRJ, list Pula (preuzeto iz Polšak i dr., 1963)

Provedenim geološkim i rudarskim istraživanjima te laboratorijskim ispitivanjima mineraloško-petrografskog sastava uzoraka kamena i ispuha istražnih bušotina, utvrđeno je da najveći dio stijenske mase eksploatacijskog polja izgrađuju vapnenci determinirani kao

biomikrit (vekston) i biopelmikrit (peletni pekston), nastali taloženjem različitog karbonatnog detritusa u uvjetima plitkomorske sedimentacije, često u međuplimnoj zoni ili u tek nešto dubljim dijelovima sedimentacijskog bazena, u uvjetima relativno niske energije vode.

Slojevite su teksture koju karakterizira izmjena „paketa“ izgrađenih od tanko uslojenih do pločastih vapnenaca u kojima debljina slojeva varira od 2 do 5 (10) cm i paketa uslojenih vapnenaca u kojima debljina slojeva varira od 10 do 30 cm. Slojevi debljine 30 do 60 cm su vrlo rijetki. Slojevitost u ležištu prikazana je na otvorenoj etaži na površinskom kopu (Slika 3-5.).



Slika 3-5. Otvorene etaže površinskog kopa "Tambura" (preuzeto iz Farkaš i dr., 2019)

Vapnenci su uglavnom svjetlije sivo smeđe do žućkastosmeđe boje, mjestimično s dispergiranom glinovitom tvari. Međusobno se razlikuju po stupnju kompakcije veziva, veličini čestica karbonatnog detritusa, udjelu ljuštura i fragmenata ljuštura fosila te dispergiranosti glinovite komponente. Ravnog su do plitko školjkastog loma i finohrapave, a mjestimično i brašnaste površine prijeloma. Pojedini slojevi sadrže dispergiranu organsku tvar, ponegdje izlučenu i po površini sloja, zbog čega su nešto tamnije sive boje. Duž pojedinih diskontinuiteta uočena je i prisutnost dendritičnog psilomelana. Međuslojni diskontinuiteti najčešće imaju zijev < 5 mm i ispunjeni su zaglinjenim prahom. Ponegdje, unutar debljih slojeva, uočena je trakasta tekstura karakterizirana izmjenom lamina i

proslojaka različitih širina (od nekoliko mm do nekoliko cm) izgrađenih od sitnozrnatijeg (tamnije sivosmeđe boje) i krupnozrnatijeg (svjetlije smeđe boje) vapnenca.

Između slojeva vapnenca ponegdje uočene su istaložene lamine glinovito-kalcitne tvari. Debljina pojedinih lamina je <l mm, a samih proslojaka do 50 mm (prevladavaju oni debljine 2 do 3 mm).

Površina terena prekrivena je tankim slojem zemlje crvenice (terra rosse) ispod koje se nalazi površinska trošna zona stijene debljine do 50 cm koju čine fragmenti vapnenca pomiješani s humificiranom crvenicom. Utjecaj površinske karstifikacije nije značajnije izražen, prvenstveno zbog odsustva značajnije tektonike i subhorizontalnog položaja slojeva.

Opće značajke ležišta su: horizontalan do subhorizontalan položaj slojeva te odsutnost značajnijeg utjecaja tektonike. Subhorizontalnim slojevima je zbog blagog nagiba (oko 5°) vrlo teško odrediti položaj u prostoru. Disperzija rezultata mjerenja položaja slojeva ukazuje na njihovo blago valovito povijanje. Na slojnim plohama su vidljivi tragovi utiskivanja u obliku nepravilnih ispupčenja i udubljena. Zbog horizontalnog do subhorizontalnog položaja slojeva i odsutnosti značajnije tektonike, moguće je iste slojeve pratiti u istočnom i zapadnom dijelu površinskog kopa unutar eksploatacijskog polja.

Tektonski odnosi u ležištu odraz su regionalnih zbivanja u geološkoj prošlosti, ali isti nisu imali značajniji utjecaj na istraživano područje u smislu jače tektonske poremećenosti, tako da je ono tektonski gotovo neporemećeno ili tek neznatno poremećeno, što se ogleda u subhorizontalnom položaju slojeva, odsutnošću značajnijih rasjeda i relativno slaboj raspucanosti stijenske mase (Matjašić, 2015).

3.5 PODACI O VRSTI, KOLIČINI I KAKVOĆI MINERALNE SIROVINE PREMA TIPU I KARAKTERISTIKAMA LEŽIŠTA I PRATEĆIH STIJENA

3.5.1 VRSTA MINERALNE SIROVINE

Unutar utvrđenih i odobrenih granica eksploatacijskog polja „Tambura“ eksploatiraju se vapnenci, koji se koriste kao tehničko – građevni kamen.

3.5.2 KOLIČINA I KAKVOĆA MINERALNE SIROVINE

Količina mineralne sirovine odnosno rezerve mineralne sirovine utvrđene su temeljem *Pravilnika o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina* (NN, 2018), a ležište je svrstano u prvu skupinu i prvu podskupinu ležišta tehničko-građevnog kamena.

Provedenim istražnim radovima, a sukladno prethodno navedenom pravilniku u ležištu tehničko – građevnog kamena „Tambura“ utvrđene su sljedeće kategorije rezervi:

- kategorija A,
- kategorija B,
- kategorija C_1.

Utvrđene kategorije mineralne sirovine na površinskom kopu „Tambura“ vidljive su na grafičkom prikazu (Prilog 1).

Na temelju utvrđenih kategorija, a ovisno o mogućnostima eksploatacije, proračunavaju se sljedeće rezerve mineralnih sirovina:

- bilančne rezerve mineralnih sirovina,
- izvanbilančne rezerve mineralnih sirovina te
- eksploatacijske rezerve mineralnih sirovina.

Bilančne rezerve predstavljaju onaj dio mineralne sirovine određene kakvoće i količine koje se mogu na ekonomski opravdan način eksploatirati. Ova kategorija rezervi proračunava se iz utvrđenog obujma ležišta, koji se umanjuje za popravni koeficijent dobiven temeljem istražnih radova, iskustveno ili usporedbom sa susjednim ležištima istih mineralnih sirovina. Bilančne rezerve ne uključuju površinsku jalovinu.

Izvanbilančne rezerve mineralnih sirovina ne mogu se eksploatirati na ekonomski opravdan način te se također proračunavaju iz utvrđenog obujma ležišta umanjenog za popravni koeficijent. Ove rezerve uključuju utvrđene rezerve u zaštitnim stupovima i završnim kosinama, a također kao i bilančne rezerve ne uključuju površinsku jalovinu.

Eksploatacijske rezerve utvrđuju se iz bilančnih rezervi mineralne sirovine te se umanjuju za eksploatacijski gubitak koji predstavlja iskustveni podatak ovisan o predviđenoj ili izabranoj eksploatacijskoj metodi.

Prilikom utvrđivanja količine mineralne sirovine korištene su vrijednosti definirane *Pravilnikom* za maksimalne udaljenosti između istražnih radova. Tablica 3-2 prikazuje udaljenosti za pojedinu kategoriju rezervi.

Tablica 3-2. Najveće udaljenosti između istražnih radova (NN broj 46/18)

Skupine i podskupine ležišta	Najveće udaljenosti između istražnih radova (m)		
	Kategorija A	Kategorija B	Kategorija C1
Prva skupina	100	200	300
Druga skupina	60	120	240

U sklopu "Elaborata o rezervama tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura" kod Vodnjana – IV obnova proračuna rezervi" proračunate su rezerve tehničko-građevnog kamena temeljem izrađenih proračunskih presjeka (metoda paralelnih presjeka) (Matjašić, 2015).

Tablica 3-3 prikazuje rezultate proračuna rezervi mineralnih sirovina dobivenih metodom paralelnih presjeka.

Tablica 3-3. Količina tehničko-građevnog kamena i jalovine ležišta „Tambura“ (preuzeto iz Matjašić, 2015)

Kategorija	**A**	**B**	**C1**	**Ukupno**
Obujam tehničko-građevnog kamena proračunat metodom paralelnih presjeka iznad završne kosine, (m^3)	31 490	801 370	21 436	854 296
Obujam tehničko-građevnog kamena proračunat metodom paralelnih presjeka ispod završne kosine, (m^3)	0	444 814	89 306	534 120
Popravni koeficijent	0,95	0,95	0,95	0,95
Utvrđene bilančne rezerve, (m^3)	29 916	761 302	20 364	811 582
Utvrđene izvanbilančne rezerve, (m^3)	0	422 573	84 841	507 414
Eksploatacijski gubitak, (%)	2%	2%	2%	2%
Eksploatacijski gubitak, (m^3)	598	15 226	407	16 231
Eksploatacijske rezerve, (m^3)	29 318	746 076	19 957	795 351
Količina površinske jalovine, (m^3)	360			

Kakvoća tehničko – građevnog kamena na površinskom kopu „Tambura“ određena je temeljem provedenih ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava, kemijskog sastava te mineralno-petrografskog sastava uzoraka stijene i analizom ispuha istražnih bušotina.

Prema rezultatima ispitivanja mineralna sirovina zadovoljava uvjete za proizvodnju sljedećih proizvoda:

- drobljenog kamenog granulata za izradu betona,
- miniranog i drobljenog kamenog materijala za izradu nasipa i posteljica na cestama,
- drobljenog i neklasiranog kamena za izgradnju i održavanje gospodarskih cesta te
- drobljenog pijeska za zidanje i žbukanje (Farkaš i dr., 2019).

4. IZRADA TRODIMENZIONALNIH MODELA ZAVRŠNIH KONTURA KOPA

Korištenjem računalnih CAD programa te izradom trodimenzionalnog modela zahvata u prostoru dobiva se jasnija predodžba planiranog zahvata tj. odnosa planiranog zahvata i njegovih sastavnih dijelova naspram postojećim ili planiranim zahvatima u prostoru.

Pojam model podrazumijeva obuhvaćanje svih bitnih aspekata sustava, u ovom slučaju površinskog kopa, u što je moguće jednostavnijem obliku. Izradom modela moguće je matematički doći do krajnjeg rezultata odnosno rješenja problema (Young, Freedman, & Ford, 2012).

Pri izradi diplomskog rada korišten je namjenski CAD program Power InRoads V8i SS4 (Bentley Systems Inc., 2016). Program služi ne samo za grafičku obradu podataka pri izradi dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih modela već i za proračun površina te obujama ležišta uz mnoge druge mogućnosti.

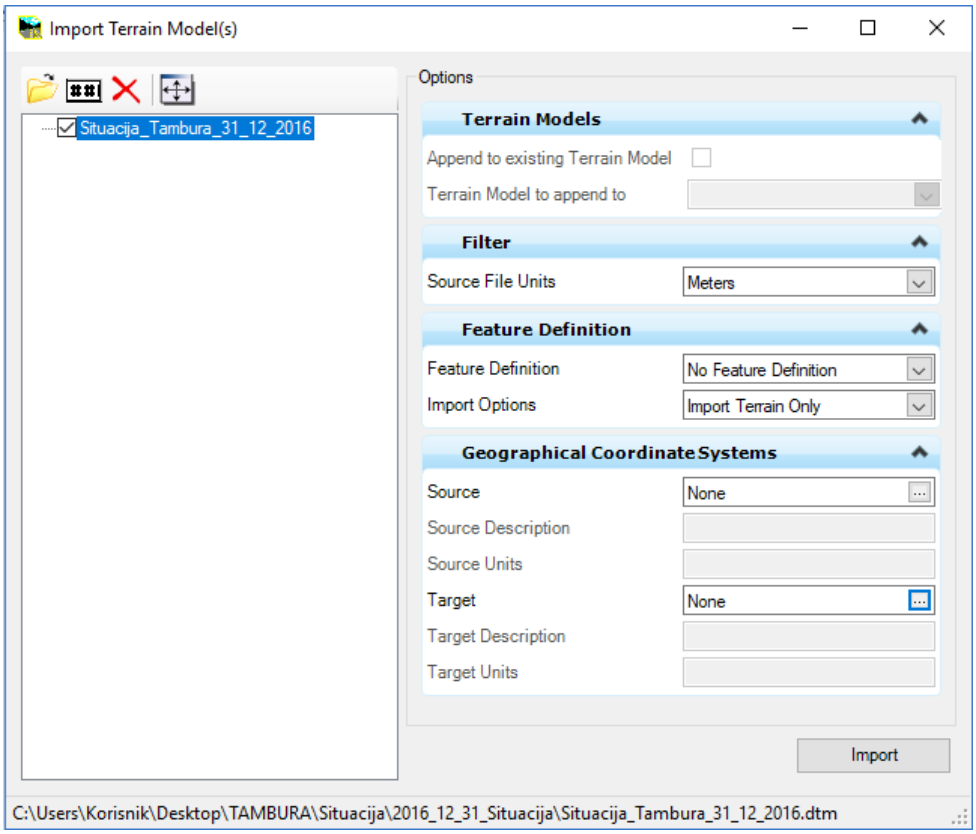
4.1 IZRADA MODELA POSTOJEĆEG STANJA

Za izradu modela terena korištena je geodetska situacijska karta (Prilog 1) užeg i šireg područja oko površinskog kopa koja služi kao podloga za razvoj modela. Na karti su prikazane snimljene geodetske točke na terenu te njihove odgovarajuće kote (nadmorske visine).

Kreiranje modela terena moguće je postići odabirom različitih alata, ovisno o dostupnim ulaznim podacima. U ovom slučaju ulazni podaci su, kao što je već navedeno, geodetska situacijska karta te situacijska karta u "*.dtm*" obliku.

Ovakav oblik zapisa predstavlja digitalni model terena (*Digital Terrain Model* ili skraćeno *DTM*) u kojem je geodetskim točkama na terenu pridodana i "z" koordinata, uz "x" i "y" koordinate.

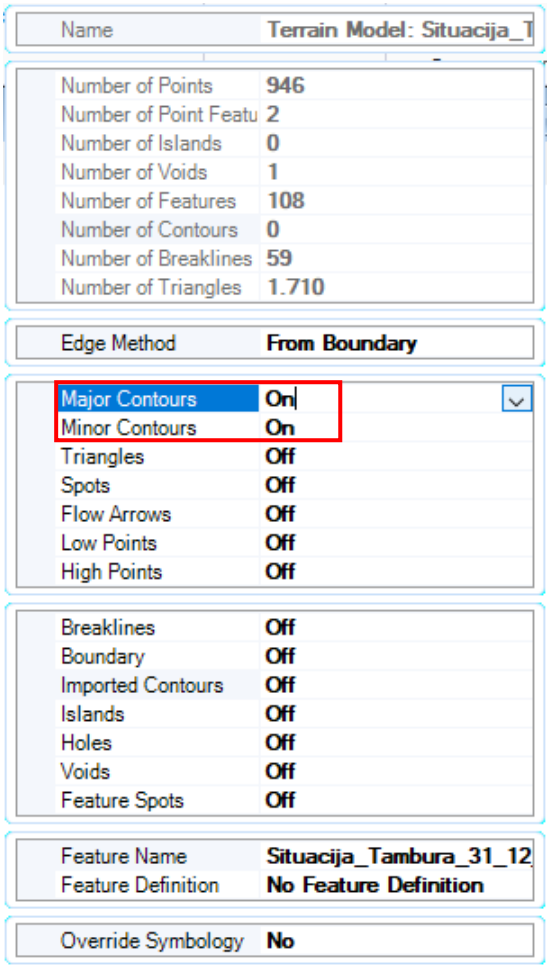
Pomoću naredbe "*Create Terrain Model From File*" učitana je situacija šireg područja promatrane lokacije te područje površinskog kopa (Slika 4-1.).



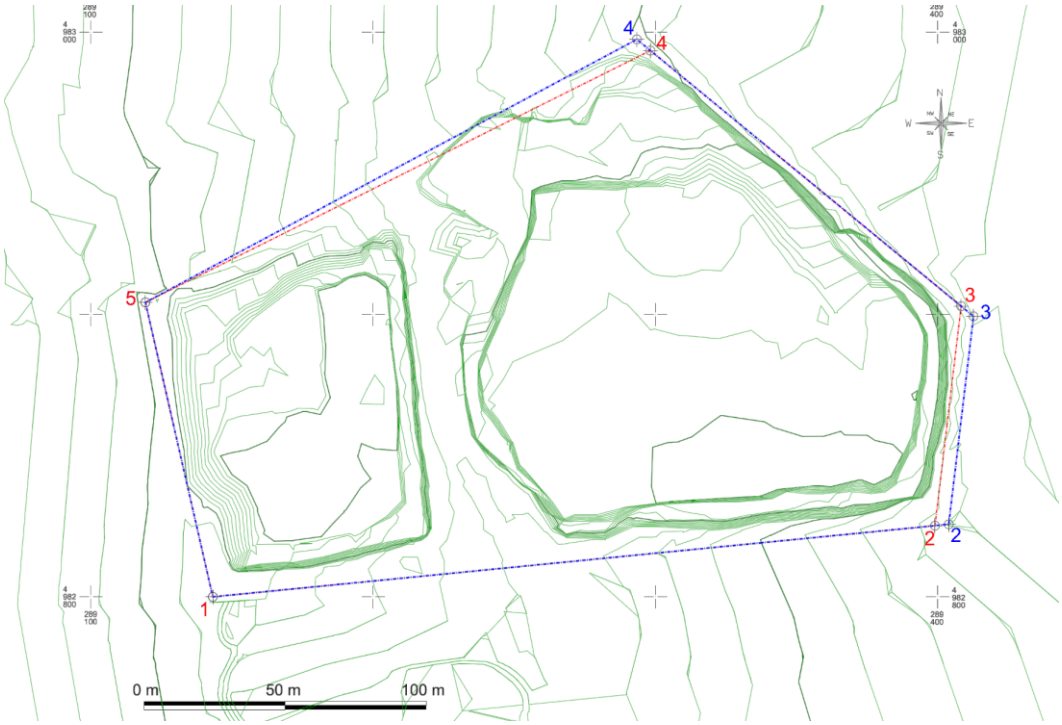
Slika 4-1. Naredba Import Terrain Model(s)

Učitavanjem podataka situacije terena u memoriju računala se učitavaju podaci trodimenzionalnog matematičkog modela terena. Za prikaz glavnih i pomoćnih slojnica terena potrebno je u svojstvima modela terena (*Element / Information)* uključiti prikaz proračunatih značajki (*Calculated Features Display*) (Slika 4-2.).

U svojstvima modela terena (*Properties)* potrebno je odabrati interval između glavnih i pomoćnih slojnica, koji ovisi o ekvidistanci između glavnih slojnica. Također, potrebno je odabrati prikaz glavnih slojnica koje su u 3D i njihove oznake te prikaz pomoćnih slojnica (ovisno o intervalu koji je odabran). Slika 4-3 prikazuje glavne i pomoćne slojnice površinskog kopa te okolnog terena.



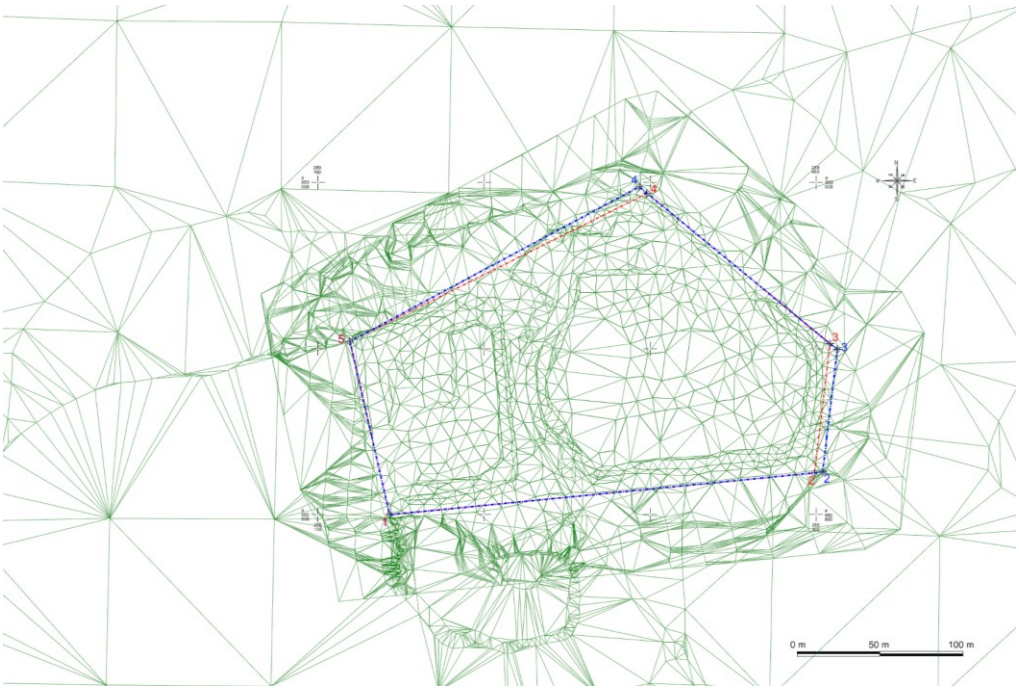
Slika 4-2. Prikaz proračunatih značajki situacije terena (Calculated Features Display)



Slika 4-3. Prikaz slojnica terena

Sljedeći korak u izradi modela trenutnog stanja je prikaz triangulirane površine terena. Triangulirana površina predstavlja podjelu površine na mrežu trokuta gdje je svaka stranica zajednička dvama susjednim trokutima. Triangulacijski model sačinjen je od niza trokuta formiranih temeljem referentnih točaka te se takvim modelom, općenito, prikazuju površine terena, površinskog kopa, rudnog tijela ili slično.

Obzirom da model terena učitan iz *.dtm* datoteke tako je potrebno prikazati trianguliranu površinu terena prikazom svih trokuta (*Surface / View Surface / Triangles)*. Slika 4-4. prikazuje triangulirani model terena.



Slika 4-4. Triangulirani prikaz terena

Kako bi se dodala tekstura dobivenom modelu potrebno je dodati ortofoto snimak terena. Za preuzimanje ortofoto snimke korišten je Google Earth Pro (Google, 2018).

Prema Farkaš (2017): *prvo je napravljena sinkronizacija lokacije programa Google Earth Pro korištenjem naredbe Tools / Geographic / Synchronize Google Earth Pro unutar programa Power Inroads te se na taj način sinkroniziraju oba programa tako da prikazuju istu lokaciju na Zemlji. Ortofoto snimak terena preuzima se korištenjem naredbe File / Save / Save Image unutar programa Google Earth Pro* (Farkaš, 2017).

Slika 4-5 prikazuje naredbu za sinkronizaciju unutar programa Power Inroads.



Slika 4-5. Naredba Synchronize Google Earth View

Na takvu preuzetu ortofoto snimku potrebno je dodati granice eksploatacijskog polja.

Slika 4-6. prikazuje šire područje zajedno s ucrtanim granicama eksploatacijskog polja „Tambura“.



Slika 4-6. Ortofoto prikaz šireg područja

4.2 IZRADA MODELA ZAVRŠNIH KONTURA POVRŠINSKOG KOPA

4.2.1 PROJEKTNI PARAMETRI POVRŠINSKOG KOPA "TAMBURA"

Za modeliranje završnih kontura površinskog kopa potrebno je odrediti projektne parametre odnosno broj etaža, visinu etaža, širinu etažne ravnine (berme) te kut nagiba etažne, radne i završne kosine. Odabrani projektni parametri moraju biti optimalni ovisno o

uvjetima koji vladaju u ležištu te tehnološkim i ekonomskim zahtjevima kako eksploatacije tako i tržišta.

Projektni parametri, koji su korišteni pri izradi diplomskog rada, preuzeti su iz Idejnog rudarskog projekta eksploatacije tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“ (Farkaš i dr., 2019). Sukladno tome izrađena su tri različita modela završnih kontura površinskog kopa. Tablica 4-1 prikazuje vrijednosti preuzetih projektnih parametara za svaki model.

Tablica 4-1. Projektni parametri površinskog kopa "Tambura"

Projektni parametri		**Završna kontura kopa**		
		Model 1	**Model 2**	**Model 3**
Maksimalna visina etaže (h_e)	(m)	20,0	17,0	24,0
Minimalna širina etažne ravnine (B)	(m)	3,0	5,0	5,0
Minimalna širina radne etaže (B_r)	(m)	/	/	23,0
Kut nagiba etažnih kosina (α_e)	(°)	≤ 70	≤ 70	≤ 70
Kut nagiba završne kosine (α_z)	(°)	≤ 60	≤ 61	≤ 61

Svaka od tri navedene varijante ima tri etaže, od čega su dvije dubinske etaže. Najniža etaža na kojoj se obavlja eksploatacija nalazi se na koti +50 m n. v. što ujedno predstavlja i najnižu točku utvrđenih rezervi mineralne sirovine odnosno osnovni plato.

Završne konture kopa odnosno etaže koje su zadane projektnim parametrima potrebno je najprije prikazati dvodimenzionalno.

Prije izrade etaža prema projektnim parametrima potrebno je odrediti iznos projekcije završne kosine kako bi se odredio donji rub prve etažne kosine. Projekcija završne kosine određuje se prema sljedećem izrazu:

$$X_z = \frac{\Delta H}{tg\alpha_z}, \tag{4-1}$$

gdje je:

- ΔH – visinska razlika između osnovnog platoa i površine terena, (m),
- α_z – kut nagiba završne kosine, (°).

Također je potrebno odrediti i projekciju etažne ravnine te projekciju etažne ravnine zadnje etaže, upravo zbog toga što se završne konture izrađuju u 2D prikazu. Projekcija etažne ravnine proračunava se prema izrazu (4-2), a projekcija etažne ravnine za zadnju etažu prema izrazu (4-3).

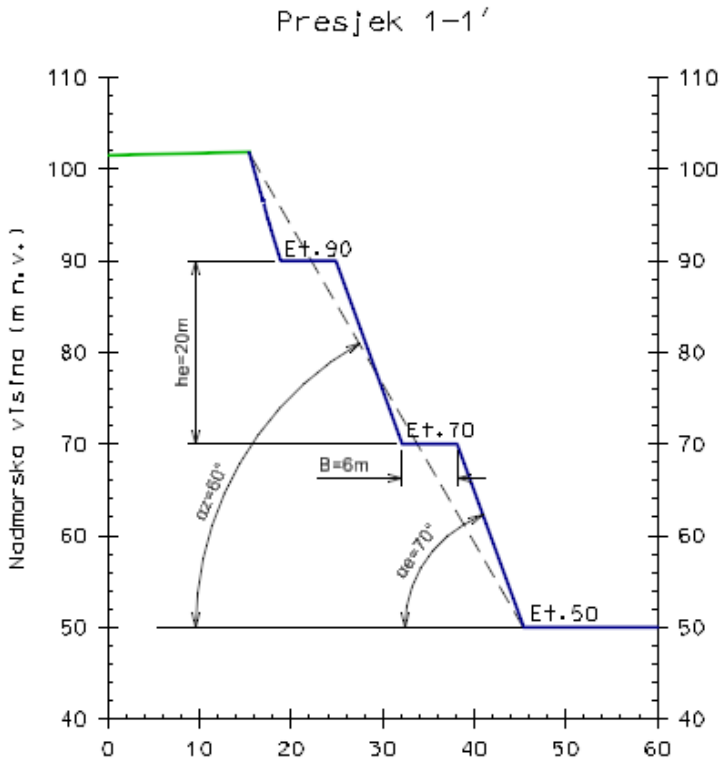
$$x_e = \frac{h_e}{tg\alpha_e}, \tag{4-2}$$

$$x_{ez} = \frac{\Delta h}{tg\alpha_e}, \tag{4-3}$$

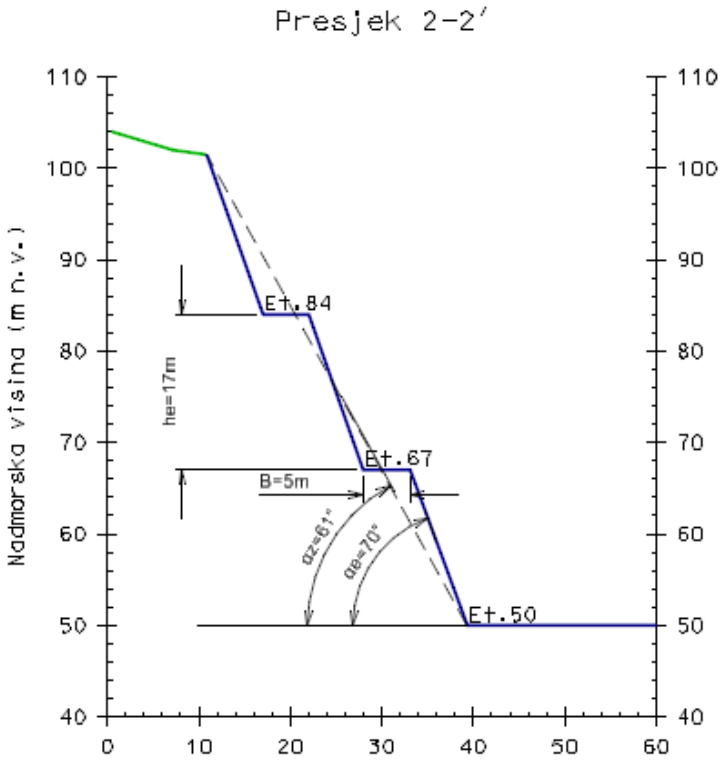
Gdje je:

- h_e – visina etaže , (m),
- Δh – visinska razlika između zadnje etaže i terena, (m),
- α_e – kut nagiba etažne kosine, (°).

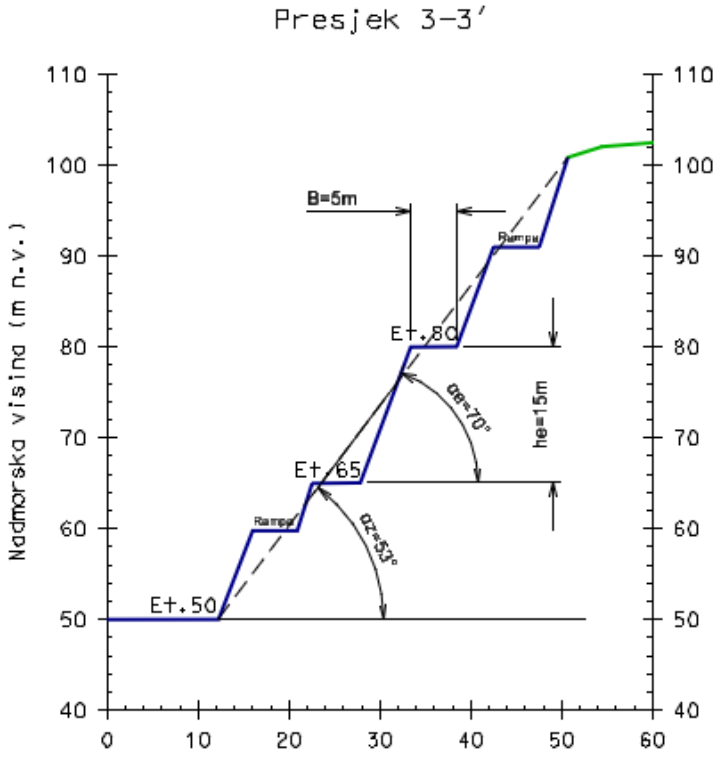
U nastavku su na presjecima završnih kontura prikazani projektni parametri za model 1, 2 i 3 (Slika 4-7, Slika 4-8 i Slika 4-9).



Slika 4-7. Presjek završne konture površinskog kopa „Tambura“ – Model 1



Slika 4-8. Presjek završne konture površinskog kopa „Tambura“ – Model 2



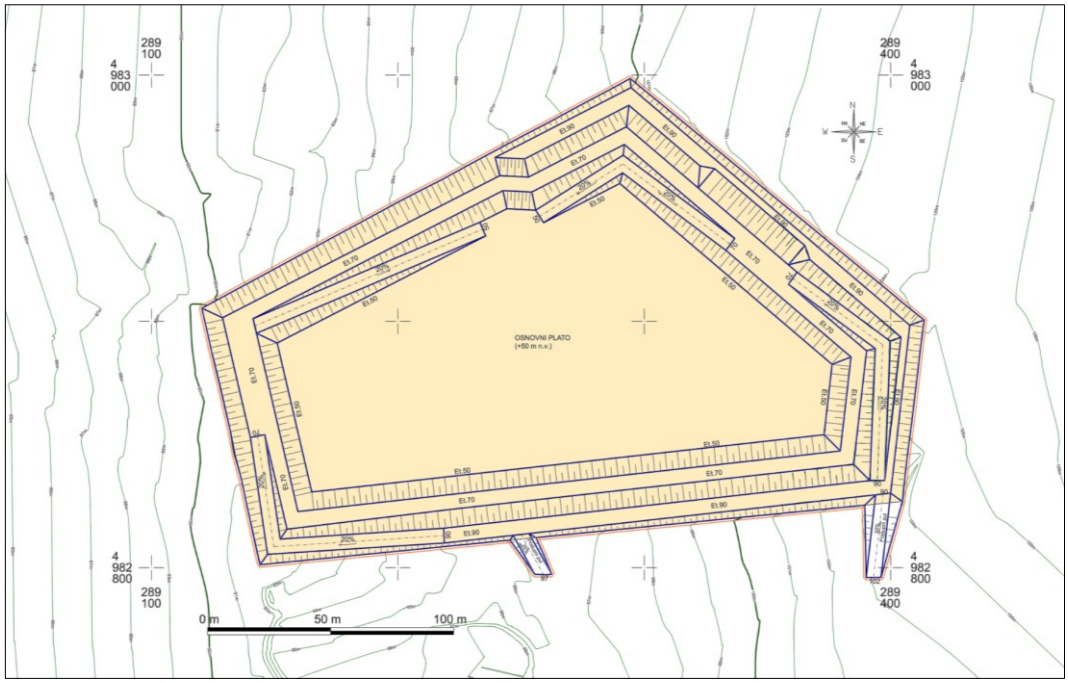
Slika 4-9. Presjek završne konture površinskog kopa „Tambura“ – Model 3

Pri izradi završnih kontura površinskog kopa „Tambura“ potrebno je izraditi i pristupne odnosno transportne puteve kako bi se omogućila komunikacija između površine terena i osnovnog platoa. Sukladno tome (za neke modele) izrađeni su usjeci kojima će se pristupati najvišoj etaži, a osnovnom platou (+50 m n. v.) pristupati će se rampama s maksimalnim nagibom do 20%. Ovi parametri preuzeti su iz Idejnog rudarskog projekta eksploatacije tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“ (Farkaš i dr., 2019).

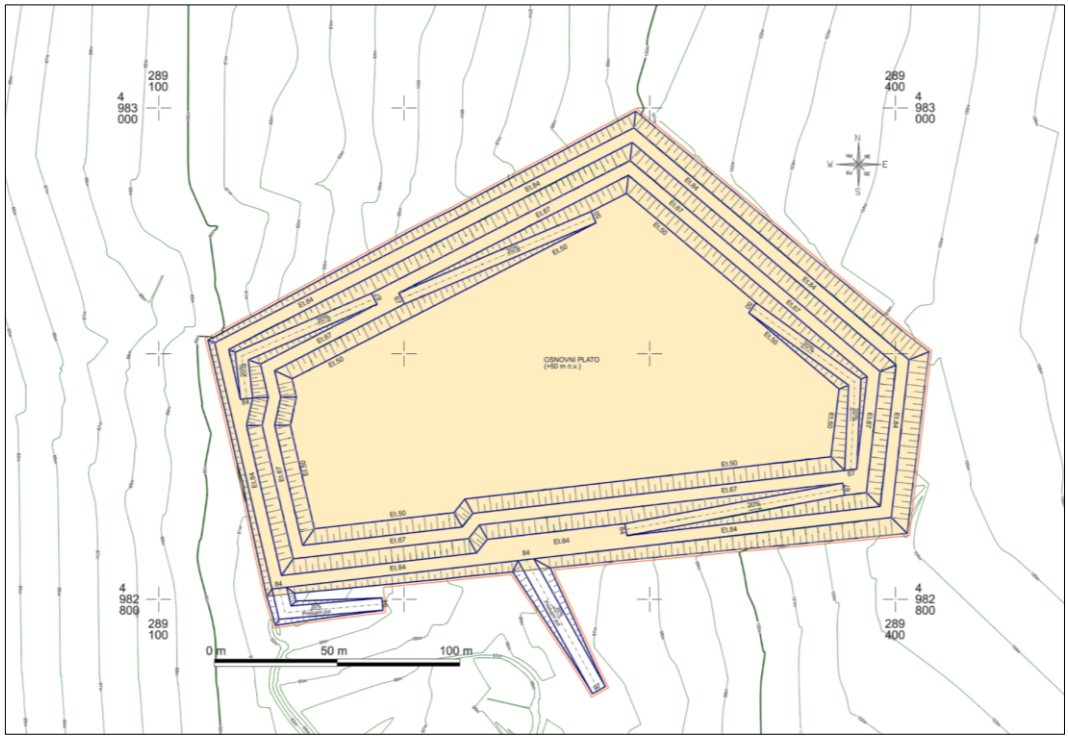
4.2.2 DVODIMENZIONALNI PRIKAZ ZAVRŠNIH KONTURA POVRŠINSKOG KOPA

Prvi korak u izradi završnih kontura kopa je ograničavanje prostora eksploatacije. Kako bi dobilo ograničenje površinskog kopa potrebno je na situaciju terena ucrtati odobrene granice eksploatacijskog polja "Tambura". Tablica 3-1 prikazuje koordinate vršnih točaka eksploatacijskog polja „Tambura“. Odobrene granice se većim dijelom poklapaju s granicama C1 rezervi.

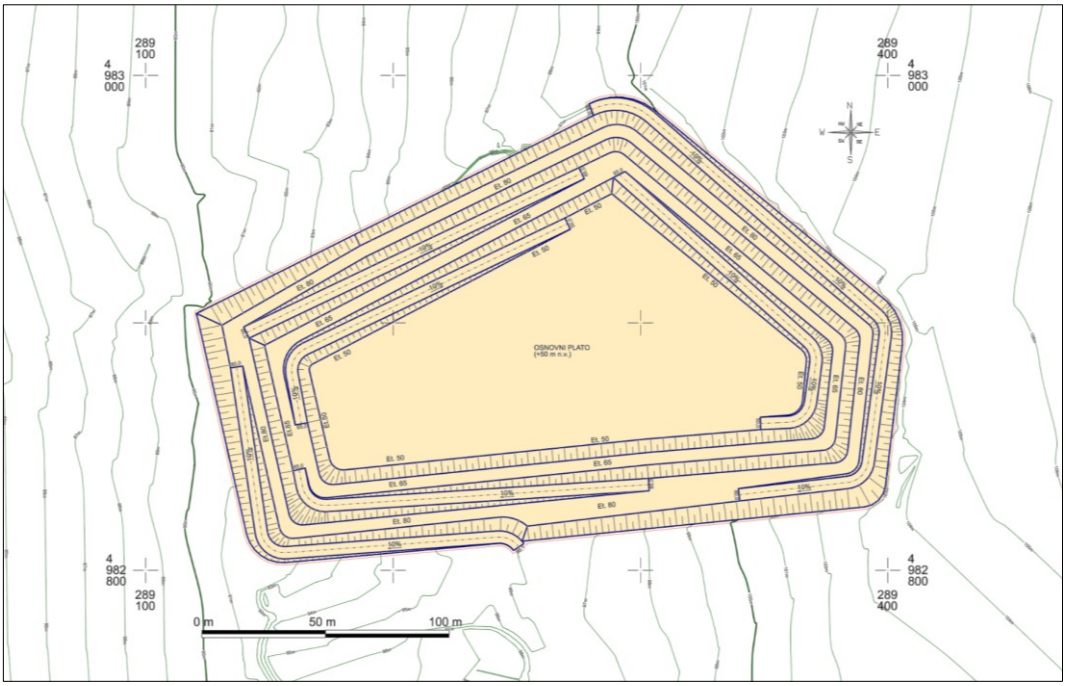
Slijedi ucrtavanje etaža prema zadanim projektnim parametrima. Etaže su prvo napravljene dvodimenzionalno odnosno u tlocrtnom prikazu te su im pridodane odgovarajuće oznake (smjer nagiba etažne kosine, naziv etaže ovisno o nadmorskoj visini). Slika 4-10, Slika 4-11 i Slika 4-12 prikazuju završne konture Modela 1, 2 i 3 s pripadajućim oznakama. Završne konture svih modela dane su u prilozima (Prilog 2, Prilog 3 i Prilog 4).



Slika 4-10. Tlocrtni prikaz završnih kontura – Model 1



Slika 4-11. Tlocrtni prikaz završnih kontura – Model 2



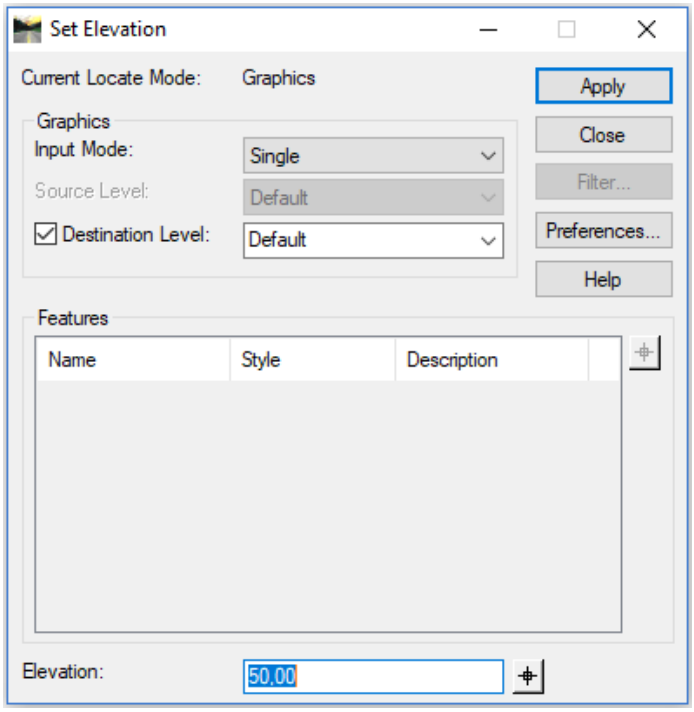
Slika 4-12. Tlocrtni prikaz završnih kontura – Model 3

4.2.3 IZRADA TRODIMENZIONALNOG MODELA ZAVRŠNIH KONTURA KOPA

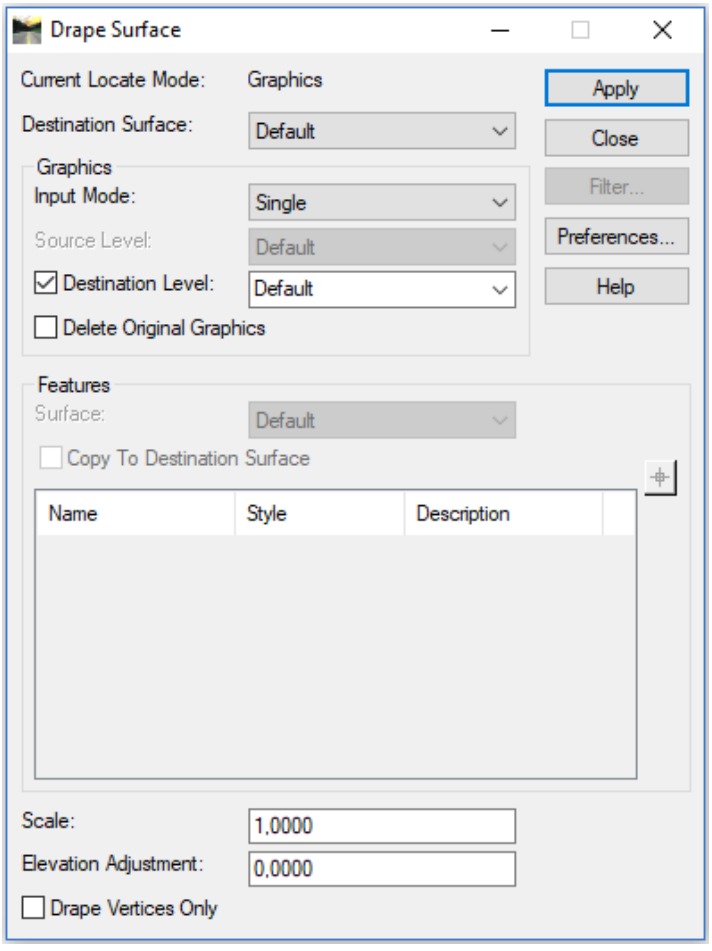
Kako bi se izradio trodimenzionalni model završnih kotura kopa potrebno je datoteku, u kojoj su etaže prikazane u dvodimenzionalnom polju (dalje 2D), prebaciti u trodimenzionalan prostor (dalje 3D) pomoću naredbe *File / Export / 3D*. U novu 3D datoteku potrebno je dodatno učitati 3D model postojećeg stanja odnosno situaciju.

Prvi korak u izradi 3D modela je postavljanje etaža na odgovarajuću nadmorsku visinu. Korištena je naredba "*Set Elevation" (Surface / Design Surface / Set Elevation)* (Slika 4-13).

Kako bi gornji rub najviše etaže pratio slojnice terena potrebno je koristiti naredbu *"Drape Surface" (Surface / Design Surface / Drape Surface)* (Slika 4-14). Također, ucrtane granice eksploatacijskog polja potrebno je istom naredbom postaviti tako da prate teren, kao i kosine zadnje etaže.

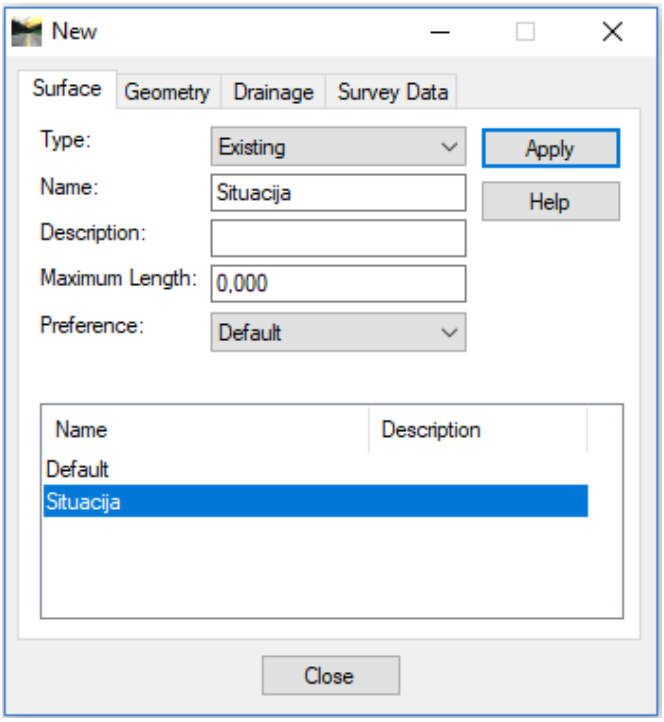


Slika 4-13. Naredba *Set Elevation*

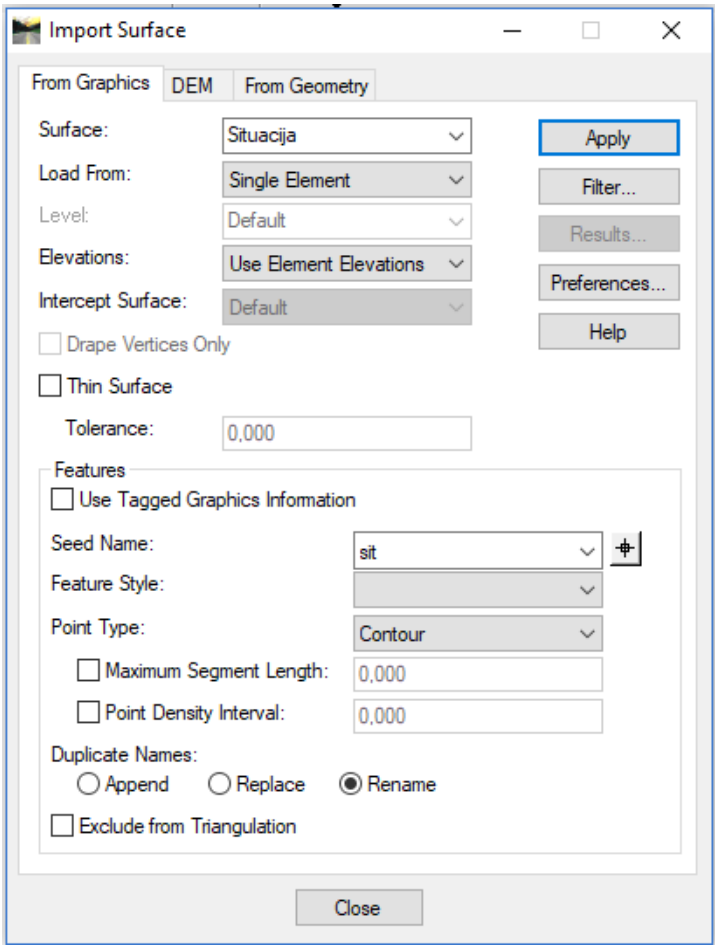


Slika 4-14. Naredba *Drape Surface*

Kada su sve etaže postavljene na odgovarajuće nadmorske visine slijedi triangulacija etaža. Postupak je isti kao i kod triangulacije terena. Potrebno je napraviti novu površinu (*File / Power InRoads File / New*) (Slika 4-15) te učitati podatke za izradu nove površine (*File / Power InRoads Import / Surface)* (Slika 4-16).

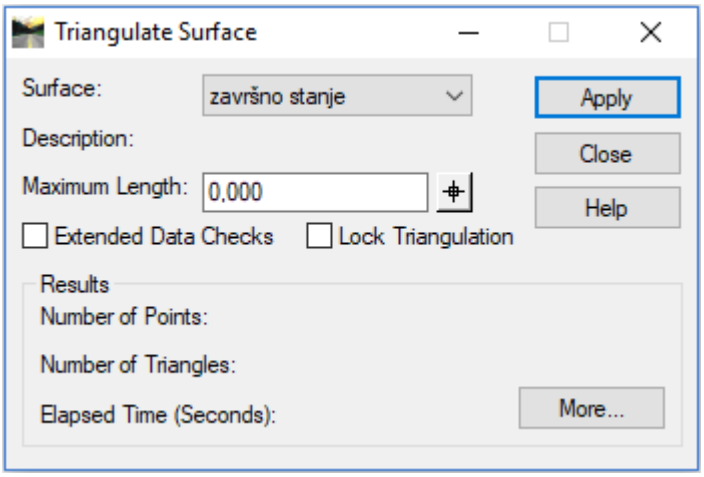


Slika 4-15. Izrada nove površine



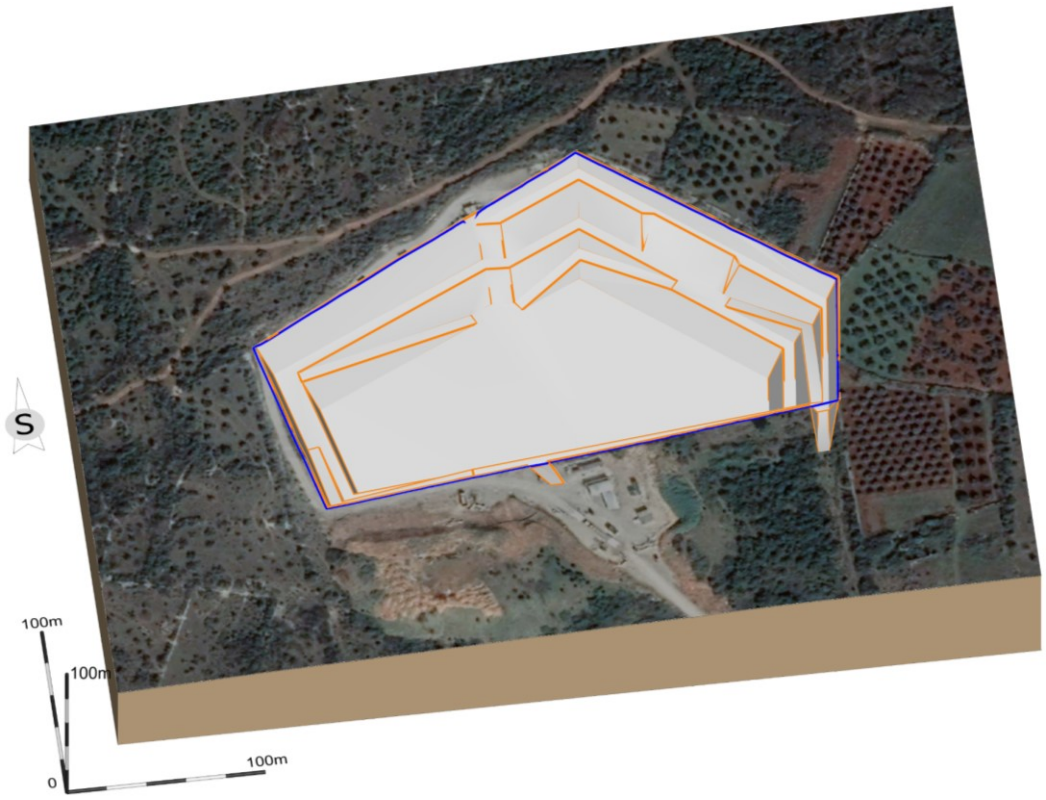
Slika 4-16. Naredba *Import Surface*

Naredbom "*Triangulate Surface*" (*Surface / Triangulate Surface)* trianguliraju se postavljene etaže (Slika 4-17). Trianguliranе etaže prikazuju se pomoću naredbe *Surface / View Surface / Triangles.*

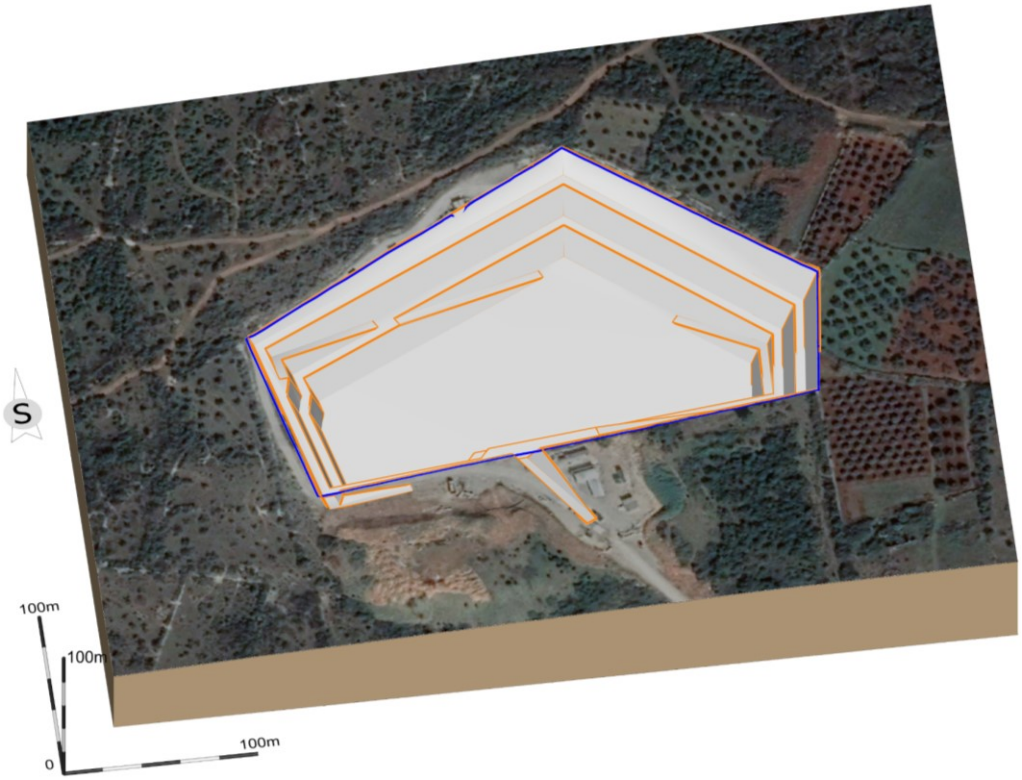


Slika 4-17. Naredba *Triangulate Surface*

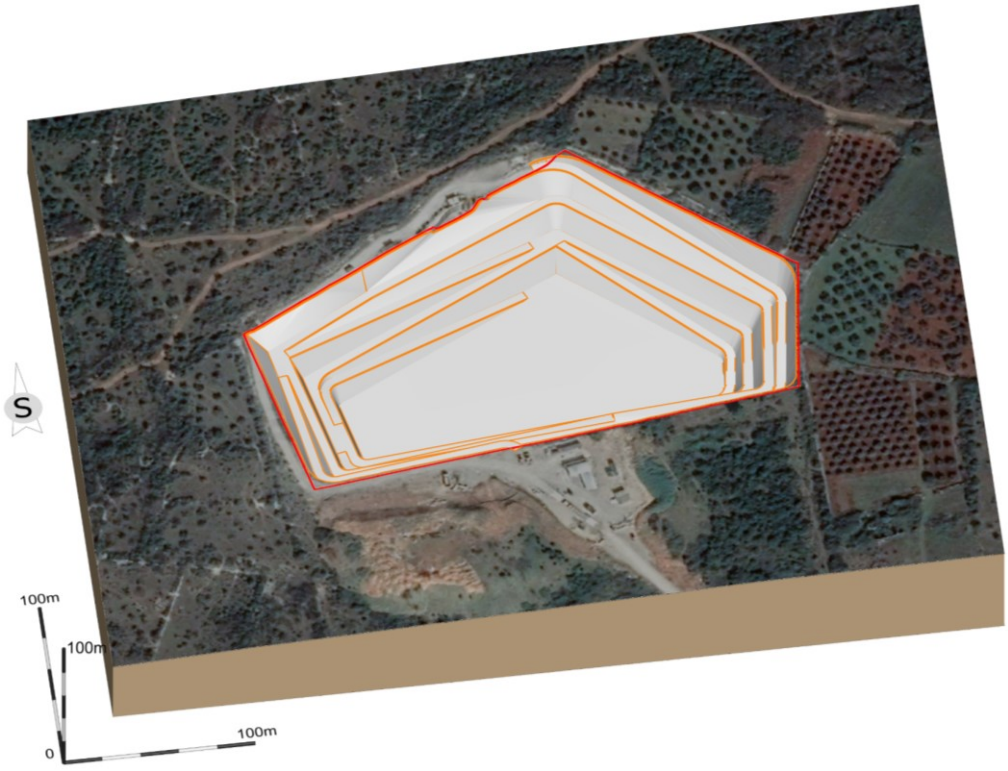
Triangulirani i renderirani modeli završnih kontura površinskog kopa „Tambura“ prikazani su u nastavku (Slika 4-18, Slika 4-19 i Slika 4-20).



Slika 4-18. Renderirani prikaz završnih kontura – Model 1



Slika 4-19. Renderirani prikaz završnih kontura – Model 2



Slika 4-20. Renderirani prikaz završnih kontura – Model 3

5. PRORAČUN OBUJMA REZERVI MINERALNE SIROVINE

5.1 PRIMJENA METODE RAČUNALNOG MODELIRANJA

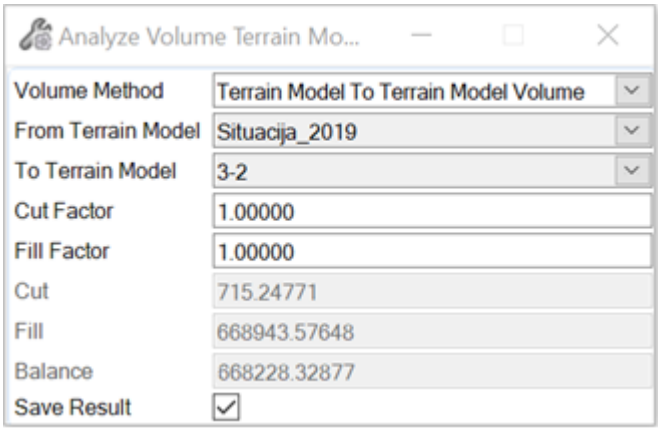
Metoda računalnog modeliranja softverski je postupak proračuna ukupnog obujma stijenske mase za bilančne i izvanbilančne rezerve mineralne sirovine.

Kao što je objašnjeno, metoda se temelji na proračunavanju površina dvaju trokuta te integralu između njih što kao krajnji rezultat daje obujam. Ukupan obujam rezervi predstavlja zbroj svih pojedinih obujama. Osnovno polazište za proračun obujma je triangulacija terena te triangulacija etaža odnosno završnih kontura kopa (vidi poglavlje 2. Metoda proračuna rezervi mineralne sirovine).

Ova metoda primjenjuje se za proračun bilančnih i izvanbilančnih rezervi mineralne sirovine pri čemu granicu između ovih klasa rezervi predstavlja završna kontura kopa. Za proračun bilančnih rezervi potrebno je proračunati iznos obujma iznad završnih kontura, a kako bi se dobile izvanbilančne rezerve mineralne sirovine potrebno je proračunati obujam ispod završnih kontura kopa.

5.2 POSTUPAK PRORAČUNA OBUJMA REZERVI MINERALNE SIROVINE

Obujam ukupne stijenske mase za bilančne i izvanbilančne rezerve mineralne sirovine proračunava se naredbom *Analyze Volume (Volumes /Analyse Volume).* Slika 5-1. prikazuje navedenu naredbu.



Slika 5-1. Naredba *Analyze Volume*

Kao što je već spomenuto potrebno je koristiti triangulirani model situacije terena te triangulirani model etaža, kako bi se proračunao ukupni obujam stijenske mase za bilančne i izvanbilančne rezerve mineralne sirovine između početnog i završnog stanja. Proračunom obujama između situacije terena i etaža dobivaju se bilančne rezerve mineralne sirovine.

Rezultat proračuna prikazan je već u samoj naredbi *Analyse Volume* (Slika 5-1.) odnosno u tekstualnom obliku koji je pogodan za spremanje te daljnje korištenje (Slika 5-2.).

Terrain to Terrain Volume

Terrain Situacija_2019 To Terrain 3-2
Cut Factor = 1.00000
Fill Factor = 1.00000
Fill = 668943.54220 m3
Cut = 715.24771 m3
Balance = 668228.29449 m3

Slika 5-2. Rezultat proračuna obujma

Obujam rezervi iskazan je u metrima kubnim kroz dva oblika, a to su „*Cut*“ i „*Fill*“. „*Cut*“ predstavlja obujam otkopanog materijala dok „*Fill*“ predstavlja nasipani materijal.

Ukupan obujam rezervi prikazan je u obliku „*Balance*“ a predstavlja razliku između obujma nasipanog materijala te obujma otkopanog materijala.

Vrijednost dobivena proračunom predstavlja obujam mineralne sirovine iznad završne konture.

Za izračun rezervi ispod završnih kontura potrebno je proračunati obujam između završnih kontura kopa i površine koju je potrebno postaviti na razinu osnovnog platoa. Postupak proračuna je isti kao i kod obujma mineralne sirovine iznad završne konture.

5.3 REZULTATI PRORAČUNA OBUJMA REZERVI

Rezultati proračuna obujma mineralne sirovine na površinskom kopu „Tambura“ metodom računalnog modeliranja analizirani su za sva tri modela završnih kontura. U nastavku su dani iznosi obujma mineralne sirovine iznad i ispod završnih kontura te također ukupni obujam stijenske mase. Vrijednosti su iskazane u m^3.

Proračun obujma ukupne stijenske mase metodom računalnog modeliranja polazište je za proračun izvanbilančnih te bilančnih rezervi odnosno eksploatacijskih rezervi.

U proračunu je korišten popravni koeficijent koji iznosi 0,95 i eksploatacijski gubitak u iznosu od 2% (Matjašić, 2015).

Rezerve su proračunate u svrhu odabira optimalnog modela za eksploataciju tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“.

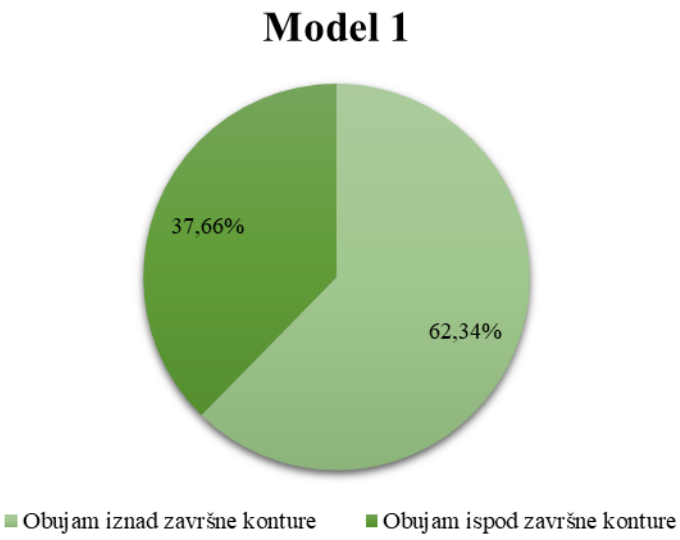
5.3.1 MODEL 1

Tablica 5-1. prikazuje vrijednosti za Model 1 dobivene metodom računalnog modeliranja (MRM) te proračunate bilančne, izvanbilančne te eksploatacijske rezerve mineralne sirovine na eksploatacijskom polju „Tambura“.

Tablica 5-1. Rezerve mineralne sirovine (Model 1)

Model 1		
Obujam iznad završne konture	(m^3)	883 866
Obujam ispod završne konture	(m^3)	533 871
Ukupni obujam	(m^3)	1 417 737
Popravni koeficijent		0,95
Bilančne rezerve	(m^3)	839 672
Izvanbilančne rezerve	(m^3)	507 177
Eksploatacijski gubitak	(%)	2,0
Eksploatacijski gubitak	(m^3)	16 793
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	822 879

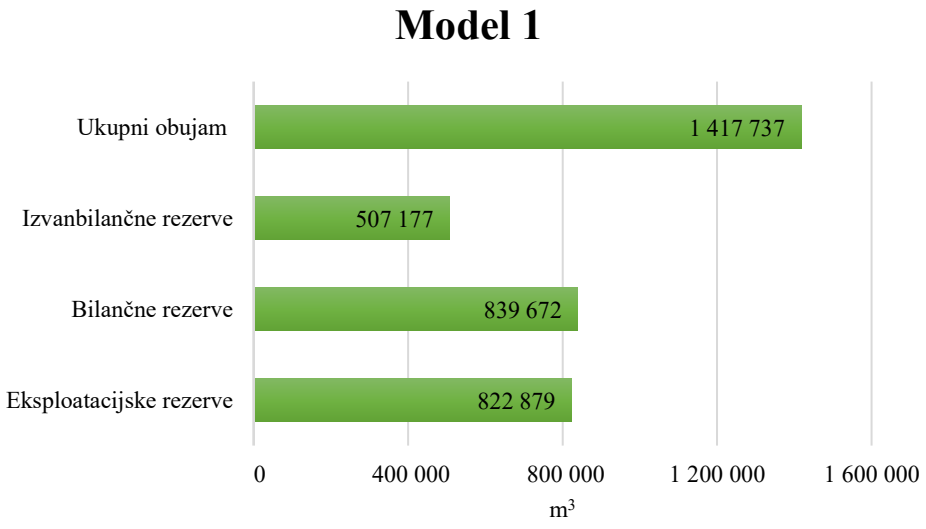
Metodom računalnog modeliranja za Model 1 dobiven je ukupni obujam mineralne sirovine koji iznosi 1 417 737 m^3. Obujam mineralne sirovine iznad završne konture površinskog kopa iznosi 883 866 m^3, što je 62,34 % od ukupnog obujma. Proračunati obujam mineralne sirovine ispod završne konture ima iznos od 533 871 m^3 te ima udio od 37,66 % u ukupnom obujmu mineralne sirovine. Slika 5-3. daje grafički prikaz proračunatih rezervi, u postocima, za Model 1.



Slika 5-3. Obujam rezervi mineralne sirovine – MRM (Model 1)

Bilančne rezerve tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura", koje su proračunate iz obujma rezervi iznad završne konture s popravnim koeficijentom od 0,95, iznose 839 672 m^3. Iz navedenog obujma bilančnih rezervi dobivene su eksploatacijske rezerve (uračunat je eksploatacijski gubitak od 2%) čiji je iznos 822 879 m^3. Izvanbilančne rezerve proračunate su iz obujma mineralne sirovine ispod završne konture te iznose 507 177 m^3.

Iznosi proračunatih rezervi prikazani su grafički (Slika 5-4.) te su vrijednosti iskazane u m^3.



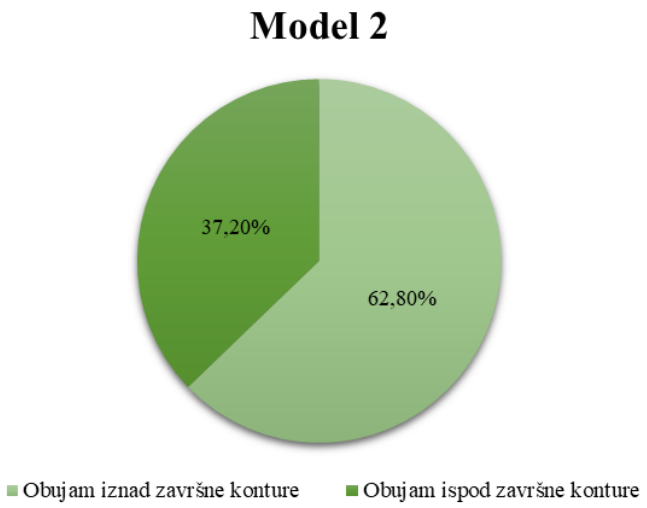
Slika 5-4. Količina rezervi mineralne sirovine (Model 1)

5.3.2 MODEL 2

Za Model 2 metodom računalnog modeliranja dobiven je ukupni obujam stijenske mase koji iznosi 1 415 001 m^3. Obujam mineralne sirovine iznad završnih kontura iznosi 888 645 m^3 (62,80% od ukupnog obujma rezervi). Iznos obujma mineralne sirovine ispod završnih kontura ima iznos od 526 355 m^3, što je 37,20 % od ukupnog iznosa obujma rezervi mineralne sirovine. Tablica 5-2. prikazuje navedene iznose rezervi. Rezultati su također prikazani grafički (Slika 5-5.), kao postotni odnosi obujma stijenske mase ispod i iznad završnih kontura za Model 2.

Tablica 5-2. Rezerve mineralne sirovine (Model 2)

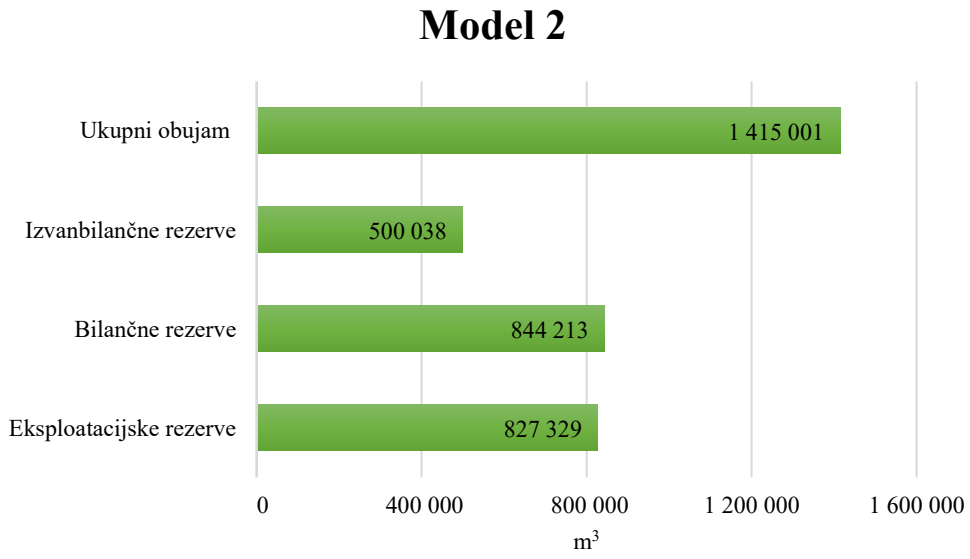
Model 2		
Obujam iznad završne konture	(m^3)	888 645
Obujam ispod završne konture	(m^3)	526 355
Ukupni obujam	(m^3)	1 415 001
Popravni koeficijent		0,95
Bilančne rezerve	(m3)	844 213
Izvanbilančne rezerve	(m^3)	500 038
Eksploatacijski gubitak	(%)	2,0
Eksploatacijski gubitak	(m^3)	16 884
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	827 329



Slika 5-5. Obujam rezervi mineralne sirovine – MRM (Model 2)

Izvanbilančne i bilančne rezerve te eksploatacijske rezerve (Tablica 5-2.) proračunate su iz podataka o ukupnom obujmu stijenske mase dobivenih metodom računalnog modeliranja za Model 2.

Obujam bilančnih rezervi, koje su proračunate iz obujma tehničko – građevnog kamena iznad završnih kontura, iznosi 844 213 m^3. Uvrštavanjem eksploatacijskog gubitka od 2 % u proračun dobivene su eksploatacijske rezerve, koje iznose 827 329 m^3. Izvanbilančne rezerve tehničko – građevnog kamena imaju obujam od 500 038 m^3. U proračunu je korišten popravni koeficijent koji iznosi 0,95 te eksploatacijski gubitak od 2 %. Obujam proračunatih rezervi mineralne sirovine na površinskom kopu prikazan je grafički (Slika 5-6.), a vrijednosti su iskazane u m^3.



Slika 5-6. Količina rezervi mineralne sirovine (Model 2)

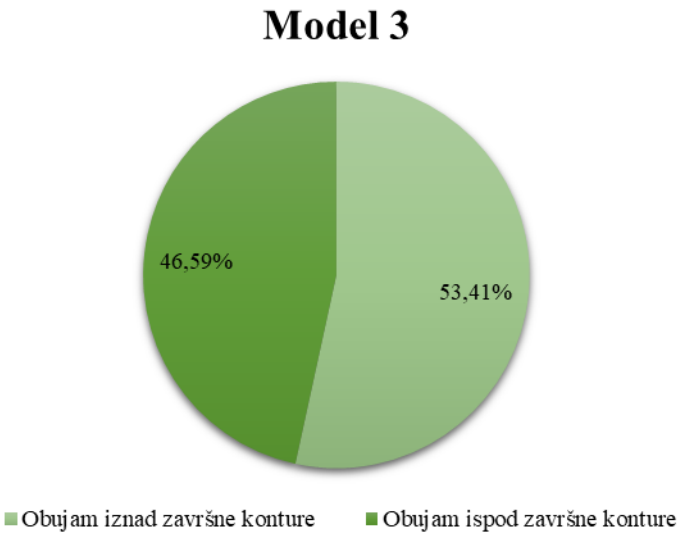
5.3.3 MODEL 3

Tablica 5-3. prikazuje rezultate dobivene za Model 3. Dobiven je ukupni obujam mineralne sirovine koji iznosi 1 251 064 m^3. Obujam mineralne sirovine iznad završnih kontura kopa iznose 668 228 m^3, što predstavlja 53,41 % ukupnog obujama stijenske mase za proračun bilančnih i izvanbilančnih rezervi minerale sirovine. Preostalih 46,59 % od ukupnog obujma je mineralna sirovina ispod završnih kontura. Njihov obujam iznosi 582 836 m^3.

Postotni odnos između obujama mineralne sirovine iznad i obujma ispod završnih kontura prikazan je grafički (Slika 5-7.).

Tablica 5-3. Rezerve mineralne sirovine (Model 3)

Model 3		
Obujam iznad završne konture	(m^3)	668 228
Obujam ispod završne konture	(m^3)	582 836
Ukupni obujam	(m^3)	1 251 064
Popravni koeficijent		0,95
Bilančne rezerve	(m^3)	634 817
Izvanbilančne rezerve	(m^3)	553 694
Eksploatacijski gubitak	(%)	2
Eksploatacijski gubitak	(m^3)	12 696
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	622 120

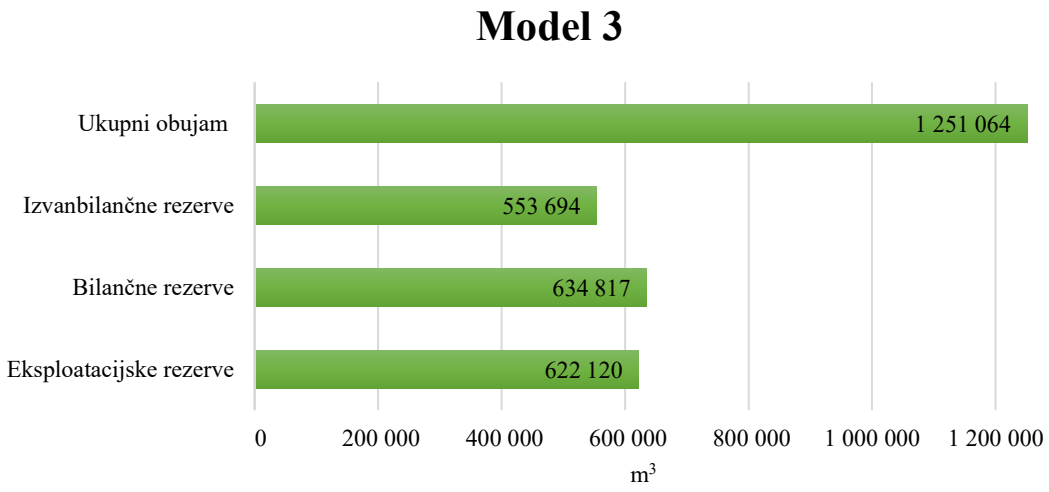


Slika 5-7. Obujam rezervi mineralne sirovine – MRM (Model 3)

Vrijednosti bilančnih, eksploatacijskih i izvanbilančnih rezervi proračunatih iz podataka o obujmu rezervi mineralne sirovine dobivenih metodom računalnog modeliranja (Tablica 5-3.).

Količina bilančnih rezervi iznosi 634 817 m^3 uz popravni koeficijent 0,95. Eksploatacijske rezerve, uz eksploatacijski gubitak od 2 %, iznose 622 120 m^3. Obujam

izvanbilančnih rezervi iznosi 553 694 m^3. Slika 5-8. prikazuje količine proračunatih rezervi u m^3.



Slika 5-8. Količina rezervi mineralne sirovine (Model 3)

6. DISKUSIJA

Rezerve mineralne sirovine na površinskom kopu „Tambura“ proračunate su u svrhu dokazivanja količine mineralne sirovine koja se može eksploatirati kao tehnički – građevni kamen.

Kako bi se odredio najpovoljniji model uspoređeni su rezultati dobiveni metodom računalnog modeliranja za sva tri modela međusobno te s količinom rezervi koje su utvrđene u Elaboratu o rezervama tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura" kod Vodnjana – IV obnova proračuna rezervi (Matjašić, 2015).

Također, potrebno je svaki model odnosno obujam njegovih rezervi usporediti ovisno o površini eksploatacijskog polja, projektnim parametrima, utjecaju na okoliš te ukupnoj vrijednosti mineralne sirovine koja se može eksploatirati.

6.1 ANALIZA OBUJMA REZERVI MINERALNE SIROVINE

U analizi obujma rezervi mineralne sirovine na eksploatacijskom polju „Tambura“ kao ulazni podaci korištene su vrijednosti dobivene metodom računalnog modeliranja odnosno iznosi obujma mineralne sirovine iznad i ispod završnih kontura.

Na temelju tih podataka proračunate su bilančne, izvanbilančne te eksploatacijske rezerve. Bilančne rezerve proračunate su iz obujma rezervi mineralne sirovine iznad završnih kontura kopa, a izvanbilančne rezerve iz obujma mineralne sirovine ispod završnih kontura kopa. U proračunu je korišten popravni koeficijent u iznosu od 0,95. Eksploatacijske rezerve mineralne sirovine proračunate su iz bilančnih rezervi, a u proračunu je korišten eksploatacijski gubitak koji iznosi 2% (Matjašić, 2015).

Proračunate vrijednosti uspoređene su s podacima o količini mineralne sirovine koji su preuzeti iz u Elaborata o rezervama te su prikazane tablično (Tablica 6-1.) i grafički.

Tablica 6-1. daje usporedbu rezultata s podacima preuzetim iz Elaborata o rezervama te također prikazuje i razlike u količini mineralne sirovine. Svi dobiveni rezultati prikazani su i grafički (Slika 6-1, Slika 6-2 i Slika 6-3).

Tablica 6-1. Usporedba obujma rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije

Elaborat o rezervama				
Obujam iznad završne konture	(m^3)	811 581		
Obujam ispod završne konture	(m^3)	534 120		
Ukupno	(m^3)	1 388 416		
Bilančne rezerve	(m^3)	811 581		
Izvanbilančne rezerve	(m^3)	507 414		
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	795 350		
Model 1			Razlika	
Obujam iznad završne konture	(m^3)	883 866	29 570	3,46%
Obujam ispod završne konture	(m^3)	533 871	- 249	- 0,05%
Ukupno	(m^3)	1 417 737	29 321	2,11%
Bilančne rezerve	(m^3)	839 672	28 091	3,46%
Izvanbilančne rezerve	(m^3)	507 177	-237	-0,05%
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	822 879	27 529	3,46%
Model 2			Razlika	
Obujam iznad završne konture	(m^3)	888 645	34 349	4,02%
Obujam ispod završne konture	(m^3)	526 355	- 7 765	- 1,45%
Ukupno	(m^3)	1 415 001	26 585	1,91%
Bilančne rezerve	(m^3)	844 213	32 632	4,02%
Izvanbilančne rezerve	(m^3)	500 038	-7 376	-1,45%
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	827 329	31 979	4,02%
Model 3			Razlika	
Obujam iznad završne konture	(m^3)	668 228	- 186 068	- 21,78%
Obujam ispod završne konture	(m^3)	582 836	48 716	9,12%
Ukupno	(m^3)	1 251 064	- 137 352	- 9,89%
Bilančne rezerve	(m3)	634 817	-176 765	-21,78%
Izvanbilančne rezerve	(m3)	553 694	46 280	9,12%
Eksploatacijske rezerve	(m3)	622 120	-173 229	-21,78%

Rezerve mineralne sirovine koje su potvrđene Elaboratom o rezervama proračunate su metodom vertikalnih paralelnih presjeka. Ukupni obujam stijenske mase utvrđene u Elaboratu o rezervama iznosi 1 388 416 m^3. Obujam stijenske mase odnosno mineralne sirovine iznad završne kosine dobiven je u iznosu od 854 296 m^3, a obujam mineralne sirovine ispod završne konture iznosi 534 120 m^3.

Rezerve mineralne sirovine na eksploatacijskom polju „Tambura“ potvrđene su Elaboratom o rezervama (Matjašić, 2015), i to: bilančne rezerve iznose 811 581 m^3, izvanbilančne rezerve iznose 507 414 m^3 te eksploatacijske rezerve iznose 795 350 m^3.

Metodom računalnog modeliranja za Model 1 dobiven je obujam mineralne sirovine iznad završnih kontura u iznosu od 883 866 m^3 te obujam ispod završnih kontura u iznosu od 533 871 m^3, što ukupno predstavlja obujam od 1 417 737 m^3.

Proračunom rezervi za Model 1 dobiveni su sljedeći iznosi: bilančne rezerve 839 672 m^3, izvanbilančne rezerve 507 177 m^3 te iznos eksploatacijskih rezervi od 822 879 m^3.

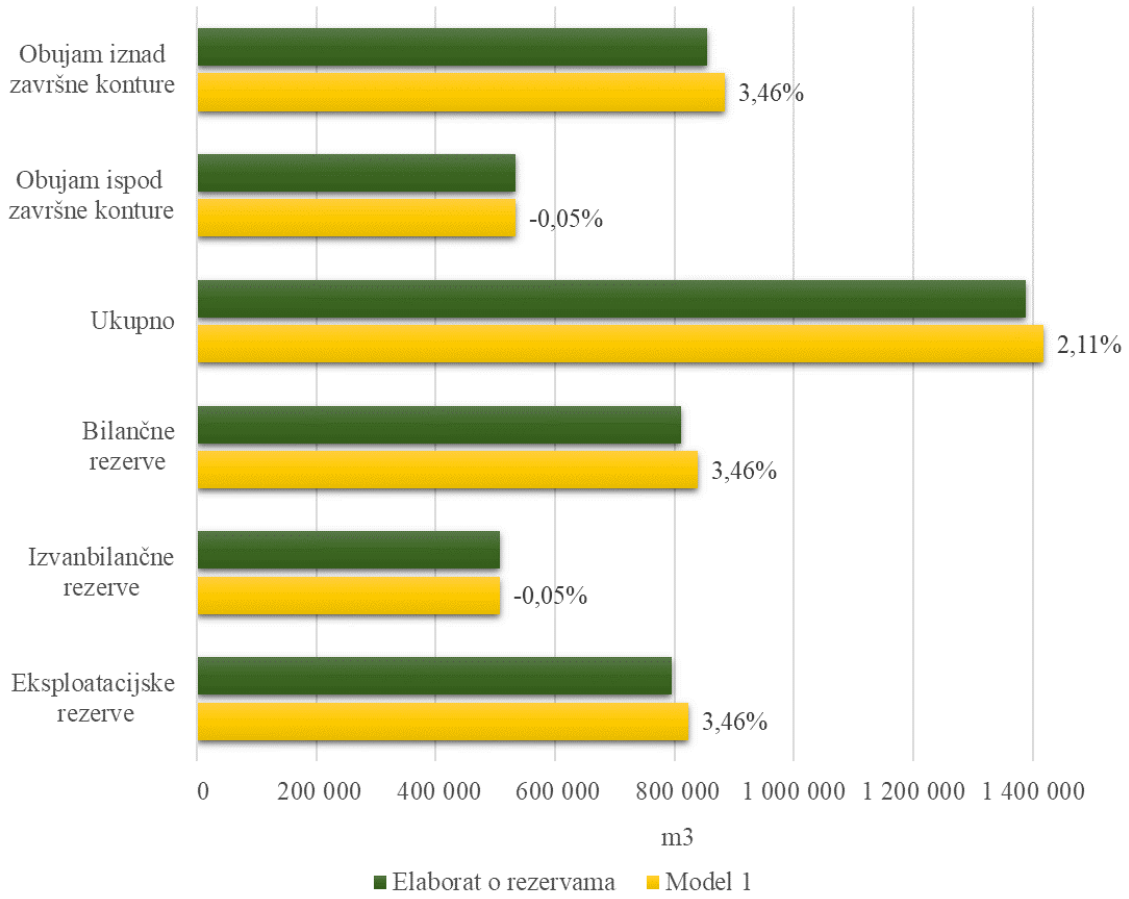
Za Model 2 dobiven je obujam iznad završne konture koji iznosi 888 645 m^3 te obujam ispod završne konture od 526 355 m^3. Ukupni obujam mineralne sirovine za Model 2 iznosi 1 415 001 m^3.

Bilančne rezerve iznose 844 213 m^3, izvanbilančne 500 038 m^3 dok eksploatacijske rezerve su proračunate u iznosu od 827 329 m^3.

Treći Model završnih kontura koji je promatran ima ukupni obujam mineralne sirovine u iznosu od 1 251 064 m^3, od čega obujam iznad završnih kontura iznosi 668 228 m^3, a obujam ispod završnih kotura iznosi 582 836 m^3.

U Modelu 3 završnih kontura površinskog kopa nalazi se 634 817 m^3 bilančnih rezervi, 553 694 m^3 izvanbilančnih rezervi te iznos od 622 120 m^3 eksploatacijskih rezervi.

Izračunate prostorne vrijednosti mineralne sirovine, za sva tri završna modela na eksploatacijskom polju „Tambura“, prikazane su grafički (Slika 6-1., Slika 6-2. i Slika 6-3.). Prostorne vrijednosti prikazane su u m^3, a razlika koja nastaje u odnosu na rezerve utvrđene Elaboratom o rezervama izražena je u postotcima.

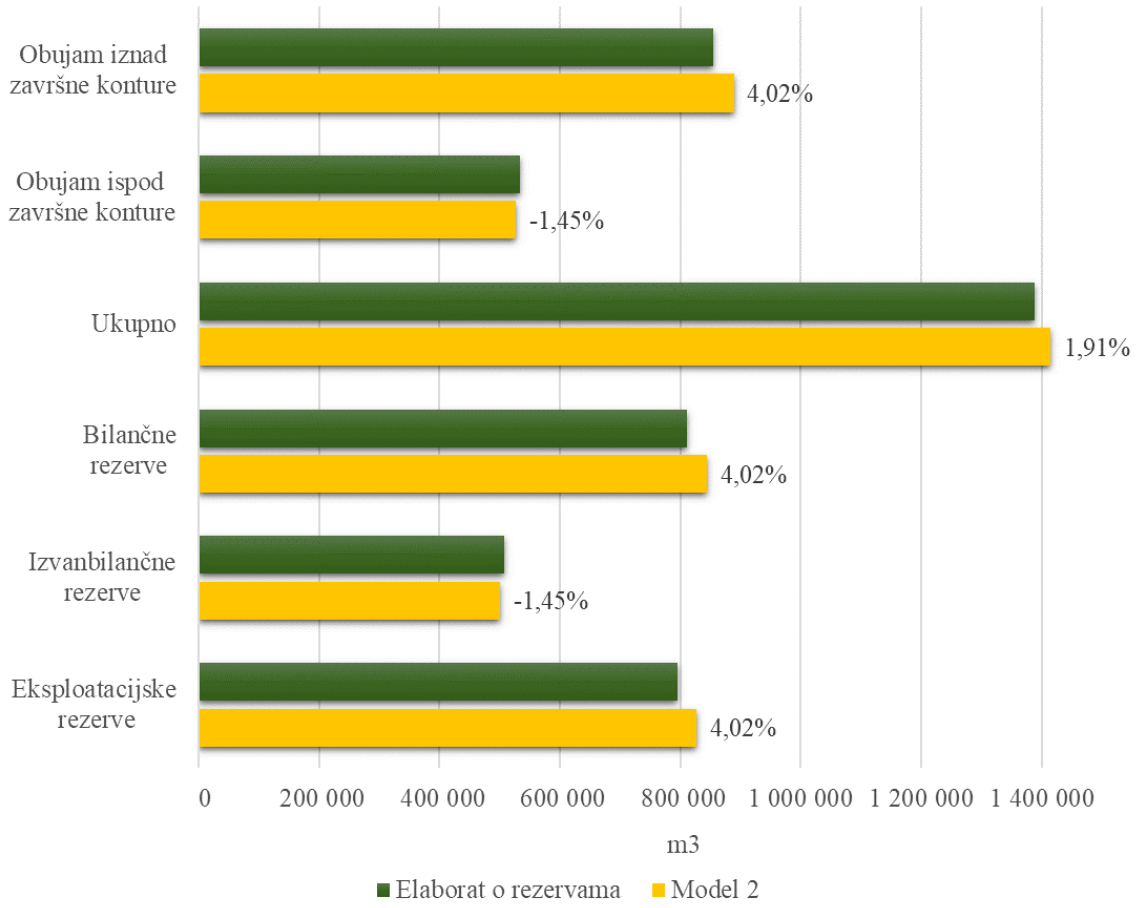


Slika 6-1. Usporedni prikaz postotnih odnosa rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije – Model 1

Obujam mineralne sirovine iznad završne konture za Model 1 veći je u odnosu na količine utvrđene Elaboratom o rezervama za 3,46% dok je obujam mineralne sirovine ispod završne konture manji za svega 0,05% u odnosu na Elaborat o rezervama. Sukladno iznesenom možemo uočiti da je ukupni obujam mineralne sirovine za Model 1 veći za 2,11% u odnosu na Elaborat o rezervama.

Ukupni obujam za bilančne rezerve dobiven za Model 1 veći je u odnosu na ukupne količine dobivene u Elaboratu o rezervama za 3,46%. Proračunate izvanbilančne rezerve za Model 1 manje su za 0,05% u odnosu na izvanbilančne rezerve dobivene u Elaboratu o rezervama.

Iz ukupnog obujma za bilančne rezerve izračunate su eksploatacijske rezerve koje su za 3,46% veće u odnosu na eksploatacijske rezerve proračunate u Elaboratu o rezervama.

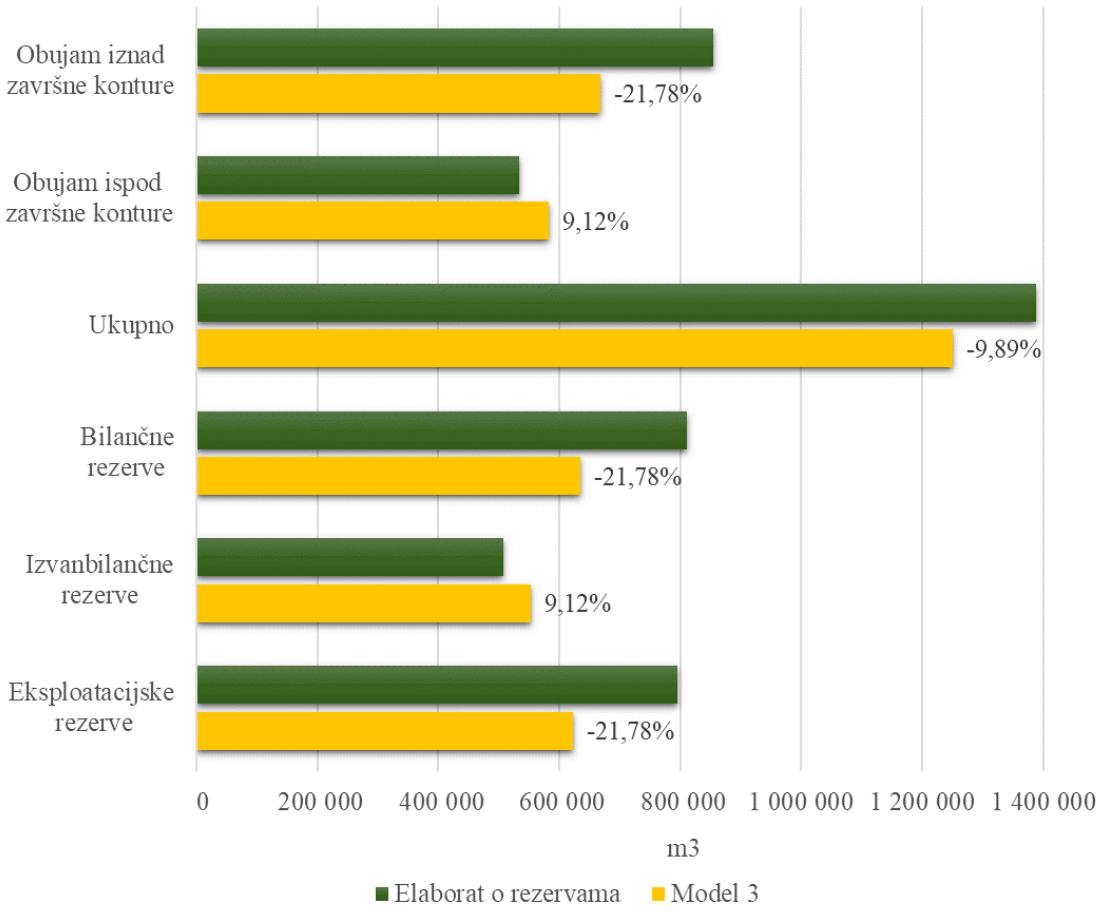


Slika 6-2. Usporedni prikaz rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije – Model 2

Obujam mineralne sirovine iznad završne konture za Model 2 u odnosu na količine utvrđene Elaboratom o rezervama veći je za 4,02%, a obujam mineralne sirovine ispod završne konture manji je za 1,45% u odnosu na Elaborat o rezervama. Može se uočiti da je ukupni obujam za Model 2 1,91% veći nego ukupni obujam rezervi utvrđenih Elaboratom o rezervama.

Ukupni obujam bilančnih rezervi koje su dobivene za Model 2 za 4,02% veći je u odnosu na bilančne rezerve dobivene Elaboratom o rezervama. Količina izvanbilančnih rezervi proračunatih za Model 2 manja je za 1,45% u odnosu na izvanbilančne rezerve dobivene u Elaboratu o rezervama.

Eksploatacijske rezerve dobivene su proračunom iz ukupnog obujma bilančnih rezervi te je njihov iznos za Model 2 4,02% veći u odnosu na eksploatacijske rezerve dobivene u Elaboratu o rezervama.



Slika 6-3. Usporedni prikaz rezervi mineralne sirovine ovisno o mogućnostima eksploatacije – Model 3

Obujam mineralne sirovine iznad završne konture, dobiven metodom računalnog modeliranja, za Model 3 manji je u odnosu na količine utvrđene Elaboratom o rezervama za 21,78%, a obujam mineralne sirovine ispod završne konture veći je za 9,12%.

Ukupni obujam bilančnih rezervi, u odnosu na bilančne rezerve dobivene u Elaboratu o rezervama, manji je za 21,78%. Količina proračunatih izvanbilančnih rezervi za Model 3 veća je za 9,12% u odnosu na količine iz Elaborata o rezervama.

Iz obujma bilančnih rezervi proračunate su eksploatacijske rezerve za Model 3, čija je količina za 21,78% manja u odnosu na eksploatacijske rezerve u Elaboratu o rezervama.

6.2 ANALIZA DOBITI EKSPLOATACIJE TEHNIČKO – GRAĐEVNOG KAMENA

Analiza dobiti eksploatacije tehničko – građevnog kamena provedena je temeljem usporedbe količine eksploatacijskih rezervi utvrđenih Elaboratom o rezervama i eksploatacijskih rezervi za svaki od modela, koje su dobivene proračunski. Dobit odnosno novčana vrijednost eksploatacijskih rezervi dobivena je na način da su eksploatacijske rezerve za svaki Model pomnožene s tržišnom vrijednosti mineralne sirovine propisane *Uredbom o naknadi štete po osnovi otuđenja mineralne sirovine* (NN, 2017). Tržišna vrijednost tehničko – građevnog kamena za područje 2 (Istarska županija) iznosi 20 kn/m^3. Tablica 6-2. te Slika 6-4. prikazuju rezultate analize.

Tablica 6-2. Analiza dobiti eksploatacije

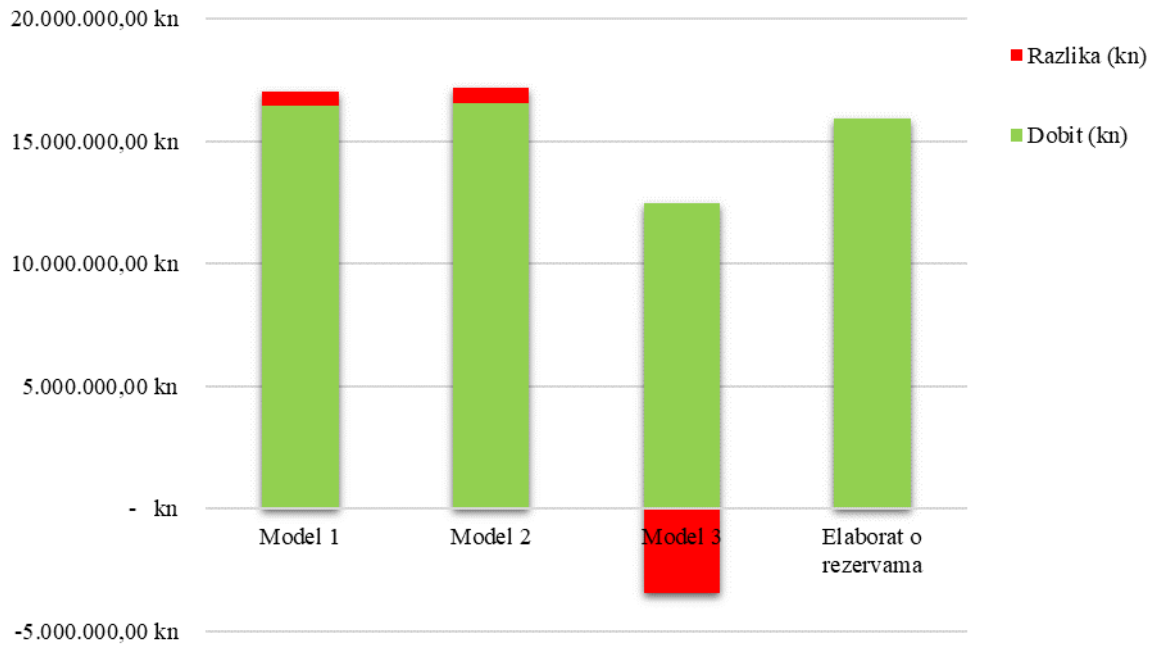
Elaborat o rezervama				
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	795 350		
Dobit	(kn)	15 906 992		
Model 1			Razlika	
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	822 879	27 529	3,46%
Dobit	(kn)	16 457 578	550 586	3,46%
Model 2			Razlika	
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	827 329	31 979	4,02%
Dobit	(kn)	16 546 579	639 587	4,02%
Model 3			Razlika	
Eksploatacijske rezerve	(m^3)	622 120	-173 229	-21,78%
Dobit	(kn)	12 442 405	-3 464 587	-21,78%

Iz rezultata analize vidljivo je da za Model 1 dobit iznosi 16 457 578 kn, a razlika u odnosu na Elaborat o rezervama iznosi 550 586 kn što predstavlja pozitivnu razliku od 3,46%.

Najveću dobit moguće je ostvariti eksploatacijom tehničko-građevnog kamena prema projektnom rješenju Modela 2 kod kojeg dobit iznosi 16 546 579 kn, što je razlika od 639 587 kn u odnosu na dobit utvrđenu Elaboratom o rezervama odnosno 4,02%.

Dobit proračunata za Model 3 ujedno je i najmanja dobit te iznosi 12 442 405 kn, što u odnosu na rezerve utvrđene Elaboratom o rezervama daje razliku od -3 464 587 kn. U postotnom iznosu to je negativna razlika od -21,78%.

Slika 6-4. daje grafički prikaz rezultata analize dobiti eksploatacije tehničko – građevnog kamena na površinskom kopu „Tambura“. Prikazana je dobit (u kunama) te razlika koja nastaje u odnosu na Elaborat o rezervama.



Slika 6-4. Dobit eksploatacije tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“

Kao što je vidljivo iz grafa (Slika 6-4.) eksploatacija rezervi tehničko – građevnog kamena prema Modelima 1 i 2, u odnosu na Elaborat o rezervama, donosi pozitivnu razliku odnosno povećanje dobiti, što je povezano s većim količinama eksploatacijskih rezervi koje su dobivene metodom računalnog modeliranja. Za Model 3 uočava se smanjenje dobiti u odnosu na količine eksploatacijskih rezervi potvrđene Elaboratom o rezervama i proračunatoj dobiti te je razlika za Model 3 negativna.

6.3 ODABIR OPTIMALNOG MODELA EKSPLOATACIJE

Odabir optimalnog modela eksploatacije tehničko – građevnog kamena mora zadovoljavati sljedeće kriterije:

- biti u skladu s važećim zakonskim i podzakonskim aktima Republike Hrvatske,
- maksimalno se prilagoditi postojećem stanju rudarskih radova unutar eksploatacijskog polja „Tambura“,
- pružiti maksimalnu sigurnost za ljude i okoliš,
- uvažiti druge zahvate i objekte u prostoru
- omogućiti podloge za biološku rekultivaciju te
- mogućnost rješavanja imovinsko – pravnih odnosa.

Analiza za odabir modela završnih kontura eksploatacije na površinskom kopu „Tambura“ (Tablica 6-3) provedena je na način da je svakom od analiziranih kriterija pridodan određen broj bodova, a njihovim zbrajanjem za pojedini model dolazi se do ukupnog broja bodova odnosno prednosti modela koji će biti odabran kao optimalan.

Odabrani su sljedeći kriteriji:

- projektni parametri – 1 bod,
- rezerve mineralne sirovine – 1 bod,
- ekonomski pokazatelji – 2 boda,
- utjecaj na okoliš – 5 bodova te
- imovinsko – pravni odnosi – 10 bodova.

Ukoliko sva tri modela jednako zadovoljavaju pojedini kriterij odabira dodjeljuje im se 0 bodova. Maksimalno je moguće ostvariti 19 bodova.

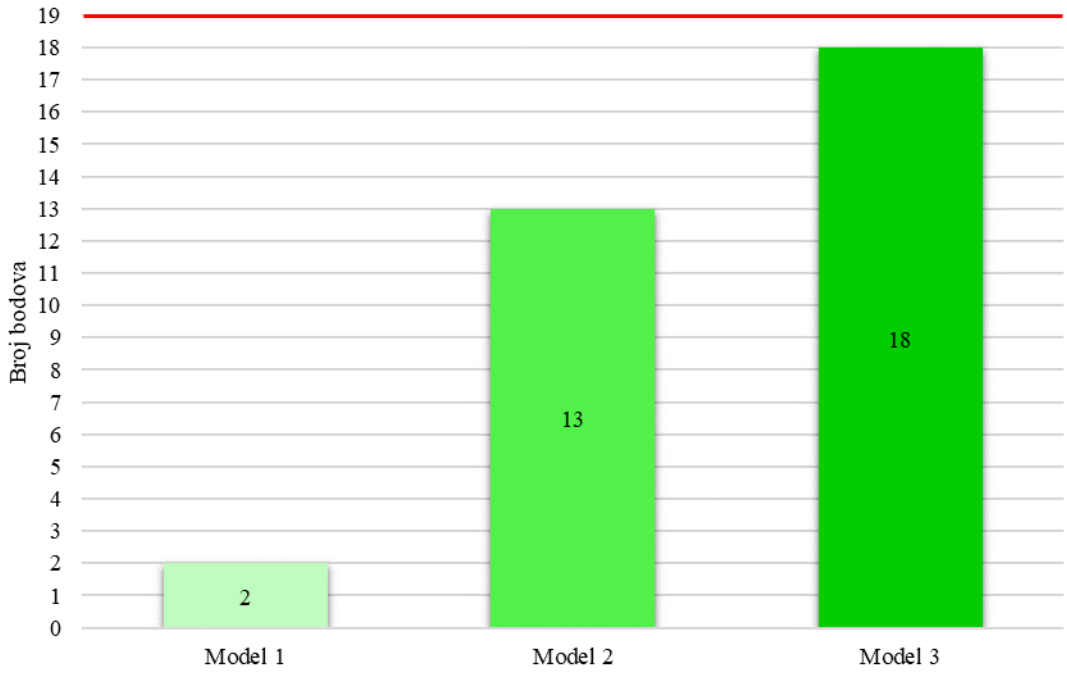
Mogućnost biološke rekultivacije podrazumijeva mogućnost sadnje autohtonih biljnih vrsta tako da je bitno za što bolju biološku rekultivaciju da su površine na kojima se sade biljke što šire kako bi iste imale prostor za rast. Obzirom da se rudarskim zahvatom narušava prirodna ravnoteža vrlo je važno zauzeti prostor nakon eksploatacije vratiti u doprirodno stanje.

Sukladno članku 73. stavak 3. Zakonom o rudarstvu koncesionar je dužan riješiti imovinskopravne odnose (služnost) za zemljišne čestice unutar eksploatacijskog polja za vremensko razdoblje na koje se sklapa ugovor o koncesiji za eksploataciju mineralne sirovine (NN, 2013). Ukoliko koncesionar ne riješi imovinskopravne odnose za zemljišne čestice unutar eksploatacijskog polja neće moći sklopiti ugovor o koncesiji za eksploataciju mineralnih sirovina. Iz navedenog razloga rješavanje imovinsko pravnih odnosa predstavlja značajnu stavku pri odabiru najpovoljnijeg modela eksploatacije.

Tablica 6-3. Odabir najpovoljnijeg modela eksploatacije

Kriteriji odabira			**Model**					
Grupa kriterija	**Naziv kriterija**		**Model 1**		**Model 2**		**Model 3**	
			Iznos	**Bod**	**Iznos**	**Bod**	**Iznos**	**Bod**
Projektni parametri	Maksimalna visina etaže (h_e)	(m)	20	0	17	1	24	0
	Minimalna širina etažne ravnine (B)	(m)	3	0	5	1	5	1
	Kut nagiba etažnih kosina (α_e)	(°)	≤ 70	1	≤ 70	1	≤ 70	1
	Kut nagiba završne kosine (α_z)	(°)	≤ 60	1	≤ 61	0	≤ 61	0
	Površina eksploatacijskog polja	(ha)	3,88	0	3,88	0	3,79	1
Rezerve mineralne sirovine	Bilančne rezerve	(m^3)	839 672	0	844213	1	634 817	0
	Izvanbilančne rezerve	(m^3)	507 177	0	500 038	1	553 694	0
	Eksploatacijske rezerve	(m^3)	822 879	0	827 329	1	622 120	0
Ekonomski pokazatelji	Dobit	(kn)	16 457 578	0	16 546 579	2	12 442 405	0
Utjecaj na okoliš	Mogućnost biološke rekultivacije		B = 3m	0	B = 5m	5	B = 5m	5
Imovinsko - pravni odnosi	Mogućnost rješavanja služnosti na svim k.č.		Ne	0	Ne	0	Da	10
UKUPNO:			**2**		**13**		**18**	

Slika 6-5. prikazuje rezultate analize završnih modela eksploatacije temeljem definiranih kriterija.



Slika 6-5. Rezultati analize odabira optimalnog modela eksploatacije

Kao što je vidljivo na grafičkom prikazu (Slika 6-5.) zbrajanjem bodova svakog od modela završnih kontura kopa dobiveno je sljedeće:

- Modelu 1 ukupno su dodijeljena 2 boda,
- Modelu 2 ukupno je dodijeljeno 13 bodova,
- Modelu 3 ukupno je dodijeljeno 18 bodova.

Analizom modela završnih kontura površinskog kopa „Tambura“ na temelju usporedbe kriterija navedenih u tablici 6-4. proizlazi da je Model 3 najprihvatljiviji, u odnosu na Model 1 i Model 2, za eksploataciju tehničko – građevnog kamena.

Sukladno iznesenom kao optimalno rješenje usvaja se Model 3.

7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu izrađena su tri modela završnih kontura površinskog kopa na primjeru eksploatacijskog polja „Tambura“.

Trodimenzionalni modeli su izrađeni na temelju situacije terena te projektnih parametara. Metodom računalnog modeliranja proračunate su količine rezervi mineralne sirovine te su dobivene vrijednosti uspoređene s količinama rezervi utvrđenih u Elaboratu o rezervama.

Komparacijom sva tri modela prema postavljenim kriterijima odabran je optimalan model za eksploataciju tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tambura“.

Iako je analizom modela dokazano da su dobit i količine eksploatacijskih rezervi kod Modela 3 najmanje u donosu na druga dva modela, rješavanje imovinsko-pravnih odnosa predstavlja najvažniji kriterij pri odabiru optimalnog modela. Ne riješeni imovinsko-pravni odnosi mogu dovesti u pitanje nastavak postojećih projekata ali i pokretanje novih. Sukladno iznesenom kao najpovoljnije rješenje odabran je Model 3.

S obzirom da je jedan od ulaznih parametara za Model 3 bilo smanjenje granica eksploatacijskog polja može se praktično zaključiti da je smanjenje granica uvjet koji može biti primijenjen na sve modele te za daljnju analizu.

8. LITERATURA

1. Bentley Systems Inc. (2016): *Power InRoads V8i SS4*,. Bentley Systems Inc., URL: https://www.bentley.com/en/products/product-line/civil-design-software/power-inroad

2. Farkaš, B. (2017): *Optimizacija eksploatacije arhitektonsko- građevnoga kamena u ovisnosti o tehno – ekonomskim faktorima*, doktorska disertacija, Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, str. 36 - 37

3. Farkaš, B., Perić, M., Hrastov, A., Buti, L. (2019): *Idejni rudarski projekt eksploatacije tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura"*, idejni projekt, Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

4. Gjuranić, Ž. (2007): *Modeliranje terena pomoću Delaunayjeve triangulacije*, stručni rad, Zagreb, KoG, vol. 11, str. 49 - 52, URL: https://hrcak.srce.hr/19912

5. Google (2018): *Ortofoto snimak*, Google Inc., URL: https://www.google.com/intl/ALL/earth/explore/products/desktop.html

6. Matjašić, I. (2015): *Elaborat o rezervama tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura" kod Vodnjana - IV obnova proračuna rezervi*, Zagreb, Calx d.o.o.

7. NN. *Pravilnik o utvrđivanju rezervi i eksploataciji mineralnih sirovina*, Narodne novine 46/2018, Zagreb,
   URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_05_46_885.html

8. NN. *Uredba o naknadi štete po osnovi otuđenja mineralne sirovine*, Narodne novine 33/2017, Zagreb,
   URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2017_04_33_730.html

9. NN (2013): *Zakon o rudarstvu*, (56/13, 14/14, 52/18, 115/18), Narodne Novine, Zagreb, URL: https://www.zakon.hr/z/390/Zakon-o-rudarstvu

10. Polšak, A., Šušnjar, M., Grimani, I., & Loušin, J. (1963): *Osnovna geološka karta SFRJ, list Pula, M1:100 000*, Zagreb, Institut za geološka istraživanja.

11. Popović, N. (1984): *Naučne osnove projektovanja površinskih kopova*, Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološki institut i fakultet, str. 53 - 55

12. Šikić, Z. (2008): *Diferencijalni i integralni račun*, Profil, Zagreb, str. 491 - 493, URL: https://www.fsb.unizg.hr/matematika/materijali/knjiga_dif_racun/download/ZS/dif_racun_II/09_primjene_integrala.pdf

13. Young, H. D., Freedman, R. A., & Ford, A. L. (2012). *University physics with modern physics*, (N. Whilton, Ed.) (13th edition).

9. GRAFIČKI PRILOZI

PRILOG 1 – SITUACIJSKA KARTA I KARTA REZERVI POVRŠINSKOG KOPA „TAMBURA“

289 100 | 289 200 | 289 300 | 289 400

4 983 000 | 4 982 900 | 4 982 800

N NW NE W E SW SE S

B kategorija

C1 kategorija

A kategorija

B kategorija

B kategorija

B kategorija

1 kategorija

1 kategorija

GRANICA EKSPLOATACIJSKOG POLJA

K.O. VODNJAN

54 55 56/1 56/2 56/3 57/3 57/5 57/6 57/7 57/8 66/1 66/2 66/3 66/4 66/5 66/6 1485 1486/1 1486/2 1486/3 1488 1489/3 1490

B-1 B-2 B-3 B-4 BI-1/10 BI-2/10 BI-3/10

1 2 3 4 5

TUMAČ OZNAKA:

- 3 — Granice i vršne točke odobrenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 3 — Granice i vršne točke smanjenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 82.32 — Kota terena
- Zaštitna ograda
- Postojeći objekti
- Postojeći rudarski radovi
- 57/5 — Granica i broj parcele
- 90 — Slojnica i oznaka nadmorske visine slojnice
- BI-3/10 — Istražna bušotina
- Minirani materijal
- Granice kategorije rezervi A
- Granice kategorije rezervi B
- Granice kategorije rezervi C1

FAKULTET: Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet	NAZIV ZAHVATA: Eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena "TAMBURA"	DATUM: lipanj, 2019.
MENTOR: Izv.prof.dr.sc. Ivo Galić, dipl.ing.rud.	NAZIV RADA: **DIPLOMSKI RAD** Optimizacija kontura površinskog kopa na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena "Tambura"	
AUTOR PRILOGA: Ana Hrastov, univ. bacc. ing. min.		
MJERILO: 1:1 000	NAZIV PRILOGA: **SITUACIJSKA KARTA I KARTA REZERVI POVRŠINSKOG KOPA "TAMBURA"**	PRILOG: 1.
IZVOR: Idejni rudarski projekt eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura", Rudarsko-geološko-naftni fakultet, autor: Branimir Farkaš, ožujak 2019.		

PRILOG 2 – ZAVRŠNA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA „TAMBURA“ – MODEL 1

289 100 | 289 200 | 289 300 | 289 400

4 983 000 | 4 982 900 | 4 982 800

OSNOVNI PLATO
(+50 m n.v.)

Et.90 | Et.70 | Et.50 | 20% | Pristupni put

K.O. VODNJAN

TUMAČ OZNAKA:

- 3 — Granice i vršne točke odobrenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 3 — Granice i vršne točke smanjenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 82,32 — Kota terena
- Zaštitna ograda
- Postojeći objekti
- 57/5 — Granica i broj parcele
- 90 — Slojnica i oznaka nadmorske visine slojnice
- Završna kontura
- Oznaka kosine
- Et.50 — Oznaka etaže i nadmorske visine
- Područje zahvaćeno rudarskim radovima
- 20% — Iznos i smjer nagiba rampe

FAKULTET: Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet	NAZIV ZAHVATA: Eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena "TAMBURA"	DATUM: lipanj, 2019.
MENTOR: Izv.prof.dr.sc. Ivo Galić, dipl.ing.rud.	NAZIV RADA: **DIPLOMSKI RAD** Optimizacija kontura površinskog kopa na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena "Tambura"	
AUTOR PRILOGA: Ana Hrastov, univ. bacc. ing. min.		
MJERILO: 1:1 000	NAZIV PRILOGA: **ZAVRŠNA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA "TAMBURA" - MODEL 1**	PRILOG: 2.
IZVOR: Idejni rudarski projekt eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura", Rudarsko-geološko-naftni fakultet, autor: Branimir Farkaš, ožujak 2019.		

PRILOG 3 – ZAVRŠNA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA „TAMBURA“ – MODEL 2

289 100 | 289 200 | 289 300 | 289 400

4 983 000 | 4 982 900 | 4 982 800

OSNOVNI PLATO
(+50 m n.v.)

Et.84 | Et.67 | Et.50 | 20% | 84 | 67 | 50 | 97

Pristupni put

1 | 2 | 3 | 4 | 5

54 | 55 | 56/1 | 56/2 | 56/3 | 57/2 | 57/3 | 57/5 | 57/6 | 57/7 | 57/8 | 66/1 | 66/2 | 66/3 | 66/4 | 66/5 | 66/6 | 1485 | 1486/1 | 1486/2 | 1486/3 | 1488 | 1489/3 | 1490

K.O. VODNJAN

N | NW | NE | W | E | SW | SE | S

TUMAČ OZNAKA:

- 3 — Granice i vršne točke odobrenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 3 — Granice i vršne točke smanjenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 82.32 — Kota terena
- Zaštitna ograda
- Postojeći objekti
- 57/5 — Granica i broj parcele
- 90 — Slojnica i oznaka nadmorske visine slojnice
- Završna kontura
- Oznaka kosine
- Et.50 — Oznaka etaže i nadmorske visine
- Područje zahvaćeno rudarskim radovima
- 20% — Iznos i smjer nagiba rampe

FAKULTET: Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet	NAZIV ZAHVATA: Eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena "TAMBURA"	DATUM: lipanj, 2019.
MENTOR: Izv.prof.dr.sc. Ivo Galić, dipl.ing.rud.	NAZIV RADA: **DIPLOMSKI RAD** Optimizacija kontura površinskog kopa na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena "Tambura"	
AUTOR PRILOGA: Ana Hrastov, univ. bacc. ing. min.		
MJERILO: 1:1 000	NAZIV PRILOGA: **ZAVRŠNA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA "TAMBURA" - MODEL 2**	PRILOG: 3.
IZVOR: Idejni rudarski projekt eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura", Rudarsko-geološko-naftni fakultet, autor: Branimir Farkaš, ožujak 2019.		

PRILOG 4 – ZAVRŠNA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA „TAMBURA“ – MODEL 3

289 100 | 289 200 | 289 300 | 289 400

4 983 000 | 4 982 900 | 4 982 800

OSNOVNI PLATO
(+50 m n.v.)

Et. 80 | Et. 65 | Et. 50 | 10% | 80.0 | 65.0 | 50.0

56/1 | 56/2 | 56/3 | 66/1 | 66/2 | 66/3 | 66/4 | 66/5 | 66/6 | 54 | 55 | 57/2 | 57/3 | 57/5 | 57/6 | 57/7 | 57/8 | 1485 | 1486/1 | 1486/2 | 1486/3 | 1488 | 1489/3 | 1490

K.O. VODNJAN

N NW NE W E SW SE S

TUMAČ OZNAKA:

- 3 — Granice i vršne točke odobrenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 3 — Granice i vršne točke smanjenog eksploatacijskog polja "Tambura"
- 82.32 — Kota terena
- Zaštitna ograda
- Postojeći objekti
- 57/5 — Granica i broj parcele
- 90 — Slojnica i oznaka nadmorske visine slojnice
- Završna kontura
- Oznaka kosine
- Et.50 — Oznaka etaže i nadmorske visine
- Područje zahvaćeno rudarskim radovima
- 10% — Iznos i smjer nagiba rampe

FAKULTET: Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet	NAZIV ZAHVATA: Eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena "TAMBURA"	DATUM: lipanj, 2019.
MENTOR: Izv.prof.dr.sc. Ivo Galić, dipl.ing.rud.	NAZIV RADA: **DIPLOMSKI RAD** Optimizacija kontura površinskog kopa na eksploatacijskom polju tehničko-građevnog kamena "Tambura"	
AUTOR PRILOGA: Ana Hrastov, univ. bacc. ing. min.		
MJERILO: 1:1 000	NAZIV PRILOGA: **ZAVRŠNA KONTURA POVRŠINSKOG KOPA "TAMBURA" - MODEL 3**	PRILOG: 4.
IZVOR: Idejni rudarski projekt eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Tambura", Rudarsko-geološko-naftni fakultet, autor: Branimir Farkaš, ožujak 2019.		