Prijedlog sanacije površinskog kopa arhitektonsko-građevnog kamena Kusačko brdo kod Širokog Brijega

Šiško, Ante

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:169:698775

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**

Repository / Repozitorij:

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

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij rudarstva

PRIJEDLOG SANACIJE POVRŠINSKOG KOPA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA KUSAČKO BRDO KOD ŠIROKOG BRIJEGA

Diplomski rad

Ante Šiško

R 181

Zagreb, 2018.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

PRIJEDLOG SANACIJE POVRŠINSKOG KOPA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA KUSAČKO BRDO KOD ŠIROKOG BRIJEGA

ANTE ŠIŠKO

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Opisane su osnovne geološke i ostale značajke šireg područja predmetnog površinskog kopa, te geološke značajke ležišta. Situacija postojećeg stanja, odnosno površina terena i postojeće stanje kopa modelirani su u računalnom programu *Power InRoads*. Za područje predmetnog eksploatacijskog polja izrađen je još model saniranog površinskog kopa te model površinskog kopa u sklopu prijedloga eksploatacije karbonatnih breča tipa I. Na temelju izrađenih modela i proračuna se došlo do zaključka da bi tehnička sanacija postojećeg stanja omogućila određenu dobit izvođaču čak i nakon biološke rekultivacije. U sklopu sanacije bi se eksploatirao arhitektonsko-građevni kamen, dok bi se od kamenog ostatka dobivao tehničko-građevni kamen. Predložena je i daljnja eksploatacija na području koje se nalazi u naslagama karbonatnih breča tipa I.

Ključne riječi: sanacija, rezerve, arhitektonsko-građevni i tehničko-građevni kamen, površinski kop

Diplomski rad sadrži: 42 stranice, 7 tablica, 17 slika, i 6 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr.sc. Ivo Galić, izvanredni profesor, RGNF

Ocjenjivači: Dr.sc. Ivo Galić, izvanredni profesor, RGNF
Dr.sc. Davor Pavelić, redoviti profesor, RGNF
Dr.sc. Ivan Sobota, docent, RGNF

Datum obrane: 14.09.2018, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

RECLAMATION PROPOSAL FOR THE KUSAČKO BRDO OPEN PIT DIMENSION STONE MINE NEAR ŠIROKI BRIJEG

ANTE ŠIŠKO

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mining Engineering and Geotechnics
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Basic geological and other features of the wider area of the subject open pit mine as well as geological features of the bed are described. The situation of the current state, i.e. the surface area and the current state of the pit were modeled in the Power InRoads computer program. For the area of the subject exploitation field, a model of reclaimed open pit and a model of open pit as part of the proposal for the mining of carbonate breccia type I were also developed. Based on the models and calculations made, it was concluded that the technical ~~sanation~~ reclamation of the existing condition would give a certain profit to the contractor even after biological recultivation. As part of the reclamation, the dimension stone would be mined, while the leftover stone would be used to get crushed stone. Further mining is proposed in the area of carbonate breccia type I .

Keywords: reclamation, reserves, dimension stone and crushed stone, open pit

Thesis contains: 42 pages, 7 tables, 17 figures, i 6 references.

Original in: Croatian

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

Supervisors: PhD Ivo Galić, Associate Professor

Reviewers: PhD Ivo Galić, Associate Professor, Faculty of MGP
PhD Davor Pavelić, Full Professor Faculty of MGP
PhD Ivan Sobota, Assistant Professor Faculty of MGP

Defence date: September 14, 2018, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OPĆI DIO 2
2.1. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ I KOMUNIKACIJE 2
2.2. MORFOLOŠKO-HIDROGEOLOŠKE I KLIMATSKE PRILIKE 4
2.3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA 4
2.3.1. KREDA 4
2.3.2. PALEOGEN 8
2.3.3. NEOGEN (Ng) 9
3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE LEŽIŠTA 11
3.1. OPIS LEŽIŠTA 11
3.2. GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA 11
3.3. INŽENJERSKO GEOLOŠKE ZNAČAJKE LEŽIŠTA 16
3.4. VRSTA I KAKVOĆA KAMENA 17
3.4.1. VRSTA KAMENA 17
3.4.2. KAKVOĆA KAMENA 18
4. MODEL POSTOJEĆEG STANJA 21
4.1. Model terena 22
4.2. Model površinskog kopa 22
5. SANACIJA POSTOJEĆEG STANJA POVRŠINSKOG KOPA 25
5.1. Općenito o sanaciji površinskih kopova 25
5.2. Sanacija površinskog kopa 26
5.2.1. Model saniranog kopa 27
5.3. Proračun obujma stijenske mase 28
5.4. Bilančne i eksploatacijske rezerve 29
5.4.1. Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena u saniranom kopu 30
5.4.2. Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena u saniranom kopu 30
5.5. Ukupni volumen kamenog ostatka iza eksploatacije a-g kamena 31
5.6. Procjena troškova tehničke sanacije 33
6. DALJNJA EKSPLOATACIJA A-G KAMENA 35
6.1. MODEL ZAVRŠNIH KONTURA POVRŠINSKOG KOPA 36
6.2. Proračun volumena stijenske mase u kopu nakon sanacije 37
6.3. Bilančne i eksploatacijske rezerve nakon sanacije 38

6.3.1. Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena u kopu nakon sanacije 39
6.3.2. Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena u kopu nakon sanacije 39
6.4. Procjena statičke vrijednosti ležišta 40
7. ZAKLJUČAK 42
8. LITERATURA 43

POPIS SLIKA

Slika 2-1 Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja “Kusačko brdo” (Mjerilo 1:25 000). 3
Slika 2-2 Geološka karta šireg područja eksploatacijskog polja “Kusačko brdo” 5
Slika 3-1 Pogled na kontakt mikrita i ranodijagenetskih dolomita (VII i VI)..... 12
Slika 3-2 Pogled na masivne dobro uslojene mikrite i fosiliferne mikrite (V)..... 13
Slika 3-3 Geološka karta ležišta (M1:2000)..... 14
Slika 3-4 Pogled na reversni uzdužni rasjed..... 15
Slika 3-5 Vrste a-g kamena (breče) iz ležišta „Tvrda ljut“..... 17
Slika 4-1 3D model postojećeg stanja eksploatacijskog polja..... 23
Slika 4-2 3D model postojećeg stanja užeg područja kopa..... 24
Slika 5-1 Situacija sanacije površinskog kopa a-g kamena "Kusačko Brdo" M 1:1500 27
Slika 5-2 3D model sanacije površinskog kopa a-g kamena..... 28
Slika 5-3 3D model sanacije površinskog kopa a-g kamen sa prikazom modela postojećeg stanja površinskog kopa "Kusačko brdo" 29
Slika 5-4 Situacija postojećeg stanja sa prikazom hrpa kamenog ostatka, M 1:1 000..... 32
Slika 6-1 Situacija površinskog kopa te granicom između karbonatnih breča tipa I i tipa II M 1:1.500 35
Slika 6-2 3D model površinskog kopa a-g kamena u sklopu daljnje eksploatacije ležišta "Kusačko brdo"..... 36
Slika 6-3 Prikaz sanacije i daljnje eksploatacije..... 37
Slika 6-4 Prikaz modela završnih kontura površinskog kopa i modela postojećeg stanja .. 38

POPIS TABLICA

Tablica 2-1 Koordinate eksploatacijskog polja “Kusačko brdo” 2
Tablica 3-1 Fizičko-mehaničke značajke a-g kamena iz ležišta Tvrda ljut..... 19
Tablica 5-1 Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena u saniranom kopu 30
Tablica 5-2 Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena u saniranom kopu..... 31
Tablica 5-3 Bilančne i eksploatacijske rezerve kamenog ostatka 32
Tablica 6-1 Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena nakon sanacije 39
Tablica 6-2 Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena nakon sanacije..... 39

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
D_{agk}	kn	Dobit iz eksploatacije a-g kamena

1. UVOD

U ovom radu je prikazano eksploatacijsko polje arhitektonsko-građevnog (a-g) kamena "Kusačko brdo" kod Širokog Brijega. Situacija postojećeg stanja, odnosno površina terena i postojeće stanje kopa modelirani su u računalnom programu *Power InRoads*. Za područje predmetnog eksploatacijskog polja izrađen je još model saniranog površinskog kopa te model površinskog kopa u sklopu prijedloga daljnje eksploatacije a-g kamena. Na temelju izrađenih modela u programu *Power InRoads* određene su količine stijenskog materijala koji se nalazi unutar saniranog površinskog kopa te unutar projektiranog površinskog kopa izrađenog u sklopu prijedloga daljnje eksploatacije a-g kamena. Množenjem volumena stijenske mase unutar površinskog kopa s popravnim koeficijentom koji je utvrđen na temelju pokazatelja dosadašnje eksploatacije i istražnog bušenja a-g kamena na eksploatacijskom polju “Kusačko brdo” dobiju se bilančne rezerve a-g kamena. Umanjenjem bilančnih rezervi za iznos eksploatacijskih gubitaka dobiju se eksploatacijske rezerve a-g kamena.

Rudarski radovi imaju značajan i dugotrajan utjecaj na okoliš čak i nakon završetka eksploatacije mineralne sirovine. Zato je potrebno provesti tehničko uređenje (sanaciju) kopa a po potrebi i biološku rekultivaciju ili drugi, prihvatljivi oblik prenamjene, kako bi se taj utjecaj sveo na najmanju moguću mjeru. Štetni utjecaji se očituju, dominantno u obliku narušavanja površine terena, onečišćenja voda i mnogih drugih utjecaja na sastavnice okoliša.

U sklopu ovog rada opisana je i modelirana tehnička sanacija površinskog kopa "Kusačko brdo" kako bi se lokacija površinskog kopa ponovo vratila u estetski i ekološki prihvatljivo stanje. Tehnička sanacija predstavlja oblikovanje površinskog kopa. Za sanacijski površinski kop određene su bilančne i eksploatacijske rezerve a-g i tehničko-građevnog (t-g) kamena, te procjena troškova tehničke sanacije. Procjena troškova tehničke sanacije ukazuje na mogućnost ostvarivanja određene dobiti sanacijom površinskog kopa.

Izrađen je i model prijedloga daljnje eksploatacije a-g kamena na sjevernom dijelu ležišta koje je ekonomski najzanimljivije. Za projektirani kop su određene bilančne i eksploatacijske rezerve a-g i t-g kamena, te je napravljena procjena statičke vrijednosti ležišta.

2. OPĆI DIO

2.1. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ I KOMUNIKACIJE

Eksploatacijsko polje "Kusačko brdo" nalazi se na području mjesta Ljubotići, kod Širokog Brijega, u Zapadnohercegovačkoj Županiji (Slika 2-1). Unutar eksploatacijskog polja "Kusačko brdo" nalazi se ležište arhitektonsko-građevnog kamena “Tvrda ljut”.

Do ležišta “Tvrda ljut” urađena je makadamska cesta duljine oko 600 metara, koja se veže na asfaltnu cestu kroz mjesto Ljubotići, a koja izlazi na županijsku cestu Široki Brijeg - Posušje. U bližoj okolici ležišta arhitektonsko-građevnog kamena “Tvrda ljut” nema dalekovoda, pa se izvor pogonske energije, potreban za eksploataciju nalazi na kopu (dizel električni agregat). Voda potrebna za tehnološki proces eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena, kao i voda za piće dovozi se cisternama *(Dragičević i dr. 2009*).

Eksploatacijsko polje zahvaća površinu od 119 994 m^2 odnosno približno 12 ha. Granice eksploatacijskog polja "Kusačko brdo" omeđene su vršnim točkama od 1 do 10 čije su koordinate navedene u tablici 2-1.

Tablica 2-1 Koordinate eksploatacijskog polja “Kusačko brdo” *(Dragičević i dr. 2009*)**.**

Broj točke	Koordinate eksploatacijskog polja		Dužina stranice
	Y m'	X m'	D m'
1	6.461.470,24	4.807.845,65	249,33
2	6.461.271,54	4.807.996,26	211,44
3	6.461.271,54	4.808.207,70	32,72
4	6.461.242,07	4.808.221,92	20,62
5	6.461.242,07	4.808.242,54	35,12
6	6.461.263,37	4.808.270,46	78,23
7	6.461.263,37	4.808.348,69	60,51
8	6.461.323,88	4.808.348,69	334,18
9	6.461.589,43	4.808.348,69	300,17
10	6.461.589,43	4.807.845,65	119,19
1	6.461.470,24	4.807.845,65	

Slika 2-1 Zemljopisni položaj eksploatacijskog polja "Kusačko brdo" (Mjerilo 1:25 000) *(Dragičević i dr. 2009*)**.**

2.2. MORFOLOŠKO-HIDROGEOLOŠKE I KLIMATSKE PRILIKE

Područje u kojem se nalazi ležište arhitektonsko-građevnog kamena "Tvrda ljut" je mediteranske klime planinskog tipa. Izražena krška morfologija terena uzrokuje i izrazito kršku hidrografiju šireg područja. Oborinska voda se duž vertikalnih i subvertikalnih pukotina lako drenira u podzemlje. U blizini ležišta nema nikakvih stalnih vodenih tokova.

Značajke klime su duga suha ljeta i blage kišovite zime. Srednja siječanjska temperatura je oko 5 ^{0}C, a samo nekoliko dana u godini temperatura padne ispod 0 ^{0}C. Najviše oborina na ovom području padne tijekom studenog i prosinca, a najmanje u lipnju i srpnju (Dragičević i dr., 2009).

2.3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA

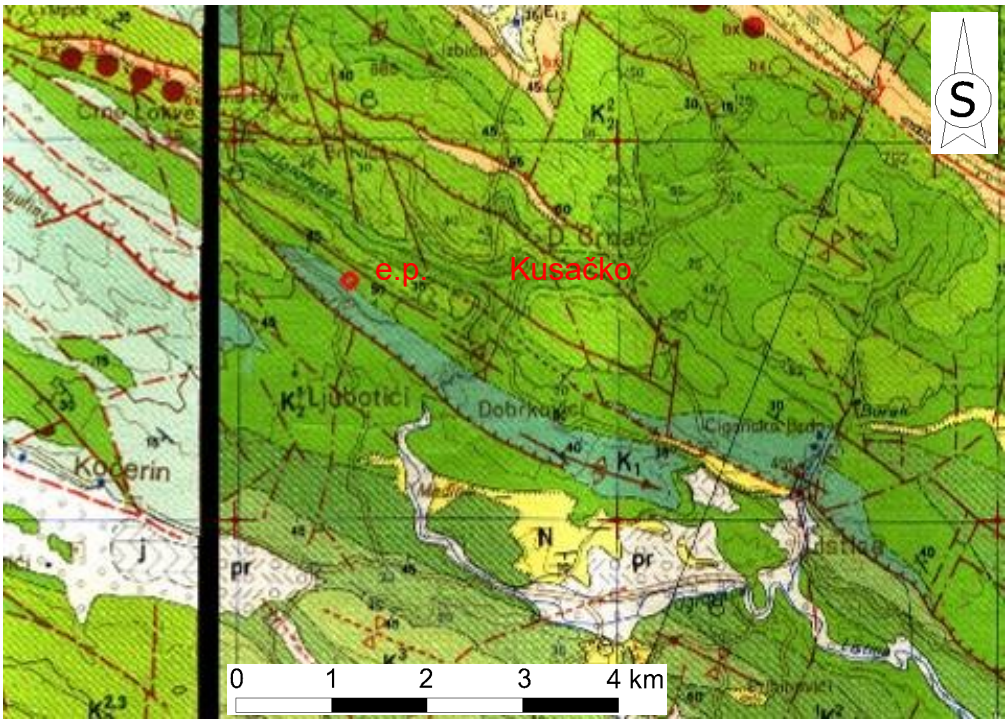
Šire područje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena "Tvrda ljut", izgrađeno je od taložnih stijena. Najzastupljenije su donjokredni i gornjokredni vapnenci i dolomiti, paleogenski vapnenci i klastiti. U krškim poljima zastupljeni su neogenski sedimenti s ugljenom i kvartarnim pokrovom (Slika 2-2).

2.3.1. KREDA

DONJA KREDA (K_1)

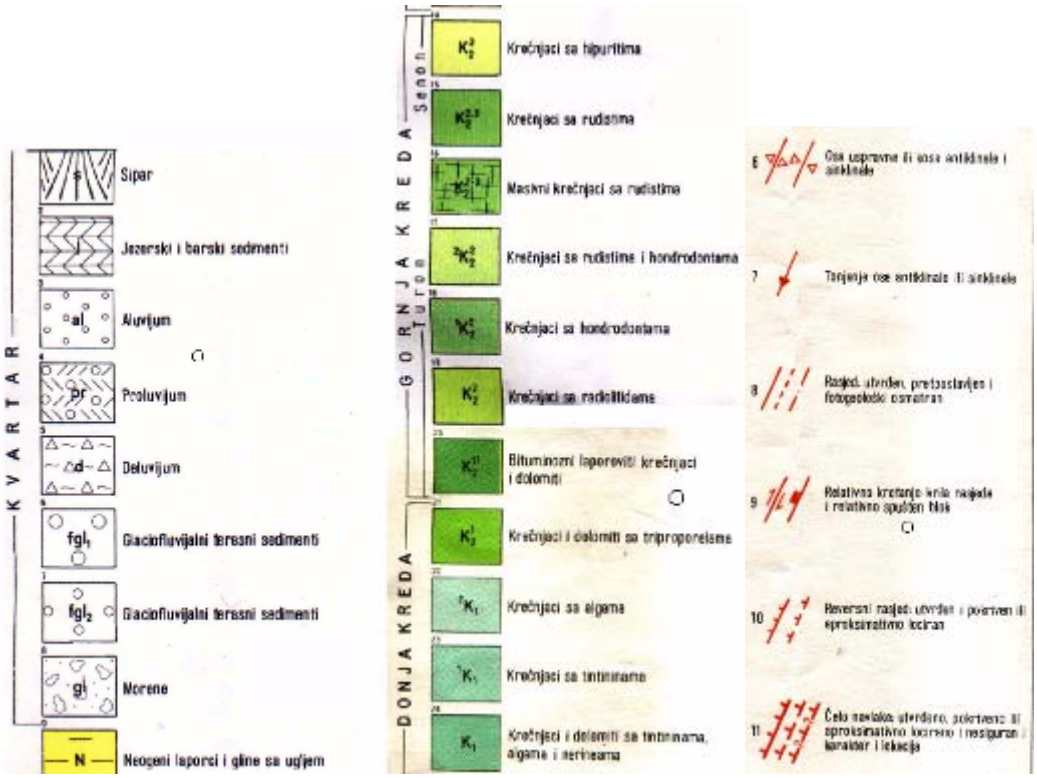
Sedimenti donje krede leže kontinuirano preko gornjojurskih stijena.

Vapnenci i dolomiti sa tintininama, algama i nerineama se javljaju na više mjesta, a glavna pojava ovih stijenskih masa nalazi se istočno (Grabova Draga, Polog) i zapadno od Širokog Brijega (Cigansko Brdo, Dobrkovići, Ljubotići). Generalni smjer pružanja im je po pravcu SZ-JI. Vapnenci su kripto i mikrokristalasti s velikim postotkom $CaCO_3$ i malim dijelom netopivog ostatka od 0,1-0,3% pretežito od glinovite i organske materije. Javljaju se proslojci dolomita i dolomitičnih vapnenaca, a na pojedinim mjestima čisti dolomiti. Vapnenačke stijene su smeđe i svijetlosmeđe boje, jedre osnove. Dobro su uslojene, a debljina slojeva varira između 10 i 50 cm. Dolomitične partije su svjetlosive i sive boje. Prisutni dolomiti su sekundarni-nastaju iz primarnih vapnenaca. U vapnenačkim slojevima donje krede česti su nalazi brojnih miliolida i ostrakoda: *Valvulmmina picardi*, *Spiroloculina* sp., nešto rijeđe numolokuline u detritičnom vapnencu i pseudohrizalidine. Debljina ovih naslaga iznosi oko 350 m (Dragičević i dr., 2009).



V. Raić, A. Ahac i J. Papeš (1962-1967): OGK, List IMOTSKI (33-23), Institut za geološka istraživanja Sarajevo.	**M. Mojićević i M. Laušević** (1962-1967): OGK, List MOSTAR (33-23), Institut za geološka istraživanja Sarajevo.

TUMAČ:



Slika 2-2 Geološka karta šireg područja eksploatacijskog polja "Kusačko brdo" (Mjerilo 1:100 000) (Dragičević i dr., 2009).

GORNJA KREDA (K_2)

Cenoman (K_2^1)

Preko sedimenata donje krede leže konkordantno sivi i smeđi vapnenci i dolomiti cenomana.

Vapnenci i dolomiti sa triploporelama vežu se neposredno uz vapnence s algama i protežu se generalno po pravcu SZ-JI. Predstavljaju jedan od najzastupljenijih oblika krednih naslaga na ovim prostorima i može ih se naći na cijelom području Širokog Brijega. Na svim pojavnim mjestima ovi sedimenti su predstavljeni grudastim, pseudoolitskim foraminiferskim vapnencima, biokalkarenitima i proslojcima dolomita, a na nekim mjestima dolomiti dominiraju u odnosu na vapnence (Š. Brijeg, Crnač, Čabulja). Vapnenci sadrže veliki postotak $CaCO_3$, dobro su uslojeni, uglavnom kristalasti i jedri. Veoma su oskudni makrofaunom. U pojedinim dijelovima nađeni su i presjeci tankih ljuštura lamelibranhiata i gastropoda. Od mikrofaune nalaze se *Aeolisacus incostans*, *Lacrymorphus globosus* i dazikladacee *Pianella turgida*, zatim mnogobrojne valvulamine, miliolide i druge. Debljina naslaga se kreće oko 250 m (Dragičević i dr.,2009).

Turon (K_2^2)

Leži konkordantno preko cenomanskih vapnenaca i dolomita. Zastupljen je facijesom dolomita u nižim i svjetlosivim i bjeličastim bankovitim vapnencima u višim dijelovima. Vapnenci su obično organogeno-detritični, grudasti s proslojcima mikro i kriptokristalastih vapnenaca. Dolomiti su sitnokristalasti. Pored romboedarskih kristala dolomita javljaju se i manje količine mikrokristalastog kalcita. Vapnenci sadrže visok postotak $CaCO_3$, dok netopivi ostatak od glinovito-organskih tvari i kvarca ne prelazi 2%. Pojedini horizonti predstavljeni su organogeno detritičnim vapnencima s hondrodontama i rudistima, koji često grade prave lumakele, a naročito lijepo očuvana i bogata fauna nađena je na Brasini (Velež), Vardi i JZ podnožju planine Čabulje, odakle su određene slijedeće vrste: *Alectryonia* cf. *polae*, *Chondrodonta müneoni*, *Chondrodonta joannae*, *Ichtyosarcolites bicarinatus*, *Caprinula boissyi*, *Radiolitella mirabilis*, *Sauvagesia sharpei*, *Caprina* cf. *schiosensis*, zatim *Nerinea pseudonobilis*, *Nerinea schiosensis*, *Ptygmatis requieni*, *Neocaprina nanosi*, *Ichtyosarcolithes tricarinatus*, *Ichtyosarcolites poljaki* i *Neocaprina* sp. U rajonu Čabulje i Varde određeni su: *Durania arnaudi*, *Durania* sp., *Distefanella*

bassani, *Sphaerulites* cf. *patera*, *Hippurites rouseli* i drugi. Debljina opisanih sedimenata iznosi oko 400 m.

Vapnenci s radiolitidama su zasigurno dominantna forma krednih naslaga na terenima Širokog Brijega. Locirani su na istočnoj i sjevernoj strani Širokog Brijega. Protežu se pravcem SZ-JI, od područja Mostara, preko planine Čabulje prema Tomislavgradu.

Niži dijelovi turona ($_1K_2^2$)

U području Izbična, Š. Brijega (južna i jugozapadna strana) i Salakovca izdvojene su forme svijetlosivih uslojenih vapnenaca s proslojcima sivih dolomita kao niži dijelovi turona. Vapnenci su dobro uslojeni. U nižim dijelovima prevladavaju dolomiti, dok su u višim dijelovima zastupljeni organogeno-detritični vapnenci sa hondrodontama. Rudisti se u ovom dijelu vrlo rijetko nalaze i teško ih je odrediti. Određene su: *Chondrodonta joannae*, *Chondrodonta minsoni*, *Neithea* sp.i *Ptygmatis pailletei*. Debljina nižih dijelova turonskih naslaga iznosi oko 280 m.

Viši dijelovi turona ($_2K_2^2$)

Preko starijih naslaga turona leži serija debelo uslojenih i bankovitih vapnenaca. U nižim dijelovima su zastupljeni organogeno detritični vapnenci s rijetkim proslojcima dolomita. Više dijelove izgrađuju mikro i kriptokristalasti vapnenci, zatim grudasti i organogeno-detritični vapnenci. Iz ovih sedimenata određeni su: *Radiolitella mirabilis*, *Biradiolites* sp., *Biradiolites angulosus*, *Hippurites rousseli* i *Hippurites* sp. Debljina ovih naslaga se kreće oko 350 m.

Turon-Senon ($K_2^{2,3}$)

Stijene ove starosti izdvojene su u području Grabove drage, oko Bogodola i Goranaca kao i na jugozapadnim padinama Veleža. Predstavljene su dobrouslojenim i bankovitim organogeno-detritičnim vapnencima različite boje. Na foto-snimcima ovi sedimenti, uslijed lijepo izražene slojevitosti i bijele boje, jasno se izdvajaju od starijih sedimenata. Iz ovog paketa sedimenata određena je slijedeća fauna: *Durania gaensis*, *Distefanella bassani*, *Hippurites* sp. i *Sphaerulites* sp. Završni horizonti ovog odjeljka čine podine paleogenim sedimentima. Na ovoj granici su česte pojave i ležišta boksita. Debljina izdvojenog paketa sedimenata kreće se oko 250 m.

Senon (K_2^3)

Sedimenti senona utvrđeni su u području Rasna u JZ dijelu kartiranog terena. Predstavljeni su bankovitim i masivnim, svjetlosivim i bijelim mramorastim vapnencima. Vapnenci su okršeni, na površini se često zapažaju pukotine različito orijentirane na slojevitost-najčešće uspravne. U najnižim horizontima dolaze uslojeni mikro i kriptokristalasti, dok u višim prevladavaju organogeno-detritični masivni vapnenci. Vezivo je od mikro i kriptokristalastog kalcita. Još se javljaju mikro i kriptokristalasti vapnenci u vidu proslojaka. Sadržaj CaCO3 je veliki preko 99%. Fauna nađena u ovim sedimentima je vrlo loše očuvana, tako da se mogu odrediti samo slijedeće vrste: *Litorina undata*, *Distefanella bassani*, *Sphaerulites* sp., *Sabinia* sp., *Biradiolites* sp., *Sauvagesia* sp. i dr. Debljina sedimenata senona iznosi oko 300 m.

2.3.2. PALEOGEN

Naslage paleogena leže diskordantno i transgresivno preko gornjokrednih sedimenata (turona i senona). Otkrivene su u više izoliranih zona dinarskog pružanja. Izdvojeni su sljedeći članovi: liburnijski slojevi, alveolinsko-numulitski vapnenci, klastični sedimenti eocena i vapnenačke breče s klastitima eocena (Dragičević i dr. 2009).

LIBURNIJSKI SLOJEVI (Pc,E_1)

Utvrđeni su na krilima sinklinale SI od Goranaca, kao i jako uske zone u području Varde. Leže diskordantno preko gornjokrednih vapnenaca (turona i senona). Kutna diskordancija se rijetko može uočiti. Na kontaktu s vapnenačkim sedimentima su česte pojave ležišta boksita, koje ukazuje na prekide u sedimentaciji. Najniži horizonti su izgrađeni od brečastih vapnenaca i kalkarenita, dok više dijelove liburnijskih slojeva karakterizira smjenjivanje laporovitih i pločastih vapnenaca različite boje. Iz ovih sedimenata određene su: *Rhapidonina liburnica*, *Globigerina pseudobulloides*, *Globorotalia* sp., *Uvigerina* sp., *Kallomastoma liburnica*, *Stomatopsis* sp., *Chlamis* sp., *Furcoporella diplopora*, *Thyrsporella sivestri*, *Certithium gonstoma* i *Cerithium scharceorum*. Debljina liburnijskih sedimenata je vrlo promjenljiva i kreće se od nekoliko metara do 100 m.

ALVEOLINSKO-NUMULITSKI VAPNENCI ($E_{1,2}$)

Leže konkordantno preko liburnijskih i diskordantno preko starijih sedimenata. Granica između ovih i liburnijskih slojeva postavljena je pojavom sitnih bubrežastih alveolina. Ovi

sedimenti zastupljeni su u ranije spomenutim pojavnim mjestima, kao i na više izoliranih lokaliteta sjeverno od Š. Brijega, Grabove drage, Izbična, južno od Mostara i Dobriča. Predstavljeni su uslojenim bankovitim i često masivnim vapnencima. Vapnenci su jedri, kompaktni, jako okršeni svjetlosive do bijele boje. U nižim razinama prevladavaju sitne alveoline i numuliti. U najvišim horizontima prevladavaju numuliti. Iz ovih sedimenata određene su slijedeće vrste: *Nummulites atacicus*, *Nummulites elegans*, *Assilina exponens*, *Orbitolites complanatus*, *Alveolina* cf. *schwageri*, *Alveolina parva*, *Rotalia* aff. *viennoti*, *Nummulites ataricus*, *Nummulites millecaput*, *Glommalveolina lepidula*, *Alveolina lepidula*, *Alveolina oblonga* i dr. Debljina ovih sedimenata se kreće oko 200 m.

KLASTIČNI SEDIMENTI EOCENA ($E_{2,3}$)

Utvrđeni su u uzanim sinklinalnim područjima Izbična, Grabove drage, Goranaca, Mostara i Dobriča. U ovim sedimentima najviše su zastupljeni pješčenjaci, lapori, laporoviti i pjeskoviti vapnenci, konglomerati i čisti vapnenci. Cijela serija je sive boje. Granica među slojevima je jasno izražena. U sitnozrnim konglomeratima i pješčenjacima vrlo često se susreće gradacijska slojevitost. Tragovi paleotečenja nalaze se u odlomljenim komadima. Uočava se i ritmička sedimentacija. U području Izbična uočeni su horizonti s različitim sekvencama, i to sekvence lapora i laporovitih vapnenaca koji prevladavaju nad vapnenačkim slojevima, zatim sekvence lisnatih lapora, pjeskovitih kalkarenita i vapnovitih pješčenjaka koji u najvišim horizontima prelaze u listaste pjeskovite lapore. Prema pojavi gradacijske slojevitosti kao i nalazak tragova paleotečenja i ritmičke sedimentacije nesumnjivo je da cijela ova serija sedimenata ima značajke flišne sedimentacije. Ove naslage leže diskordantno preko krednih i paleogenih sedimenata gdje često dolaze i pojave boksita. Na svim pojavnim mjestima vrlo su rijetki nalasci makrofaune, a od mikrofaune određeni su: *Nummulites millecaput*, *Orbitolites complanatus*, *Glomamalveolina lepidula*, *Nummulites atiricus* i dr. Debljina klastičnih sedimenata eocena je oko 100 m.

2.3.3. NEOGEN (Ng)

Sedimenti neogena razvijeni su u okolici Š. Brijega (Grabova draga i Mostarsko blato). Ovi sedimenti leže diskordantno i transgresivno preko starijih mezozojsko-paleogenih tvorevina (Dragičević i dr. 2009).

Kvartar

Tvorevine kvartara imaju veliko prostranstvo na JI strani Širokog Brijega, gdje su izdvojene sljedeće forme: proluvij, aluvij, izvorski sedimenti, jezerski i barski sedimenti, te sipari.

Proluvij (pr)

Proluvijalni nanosi se nalaze u predjelu Š. Brijega i Izbična, a izgrađeni su od komada i drobinskog materijala, koji vodi porijeklo od stijena iz neposrednog okružja (nanesen je kratkim bujičnim tokovima).

Izvorski sedimenti (i)

Male partije tvorevina sedre utvrđene su u području vrela rijeke Lištice. Stvorene su deponiranjem $CaCO_3$ iz riječnih tokova.

Aluvij (al)

Javlja se u dolini rijeke Lištice. Predstavljen je sitnim i krupnim šljunkom – rijeđe pijeskom, koji se javlja u nepravilnom proslojavanju s čestim pojavama pjeskovitih glina.

Jezerski i barski sedimenti (j)

Izdvojeni su u Mostarskom blatu, koje je periodično plavljeno polje, te obiluje vegetacijom. Ovi sedimenti zahvaćaju najniže dijelove polja i čine njima današnje tresetište.

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE LEŽIŠTA

3.1. OPIS LEŽIŠTA

Topografski, ležište arhitektonsko-građevnog kamena "Tvrda ljut" smješteno je unutar eksploatacijskog polja "Kusačko brdo" u Ljubotićima, kod Grada Široki Brijeg. Do samog ležišta arhitektonsko-građevnog kamena "Tvrda ljut" urađena je nova makadamska cesta u duljini od oko 600 metara.

Morfološki ležište "Tvrda ljut" predstavlja brdsku zaravan, na visinama od 570 m.n.m, do 590 m.n.m. na lokalitetu Kusačko brdo. Površina terena je ogoljena, površinski okršena, uz nešto niskog raslinja i makije. Duž cijelog terena mogu se pratiti ogoljeni kameni masivi koji su bankoviti a pružaju se SZ-JI *(*Dragičević i dr. 2009).

3.2. GEOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA

Ležište arhitektonsko-građevnog kamena "Tvrda ljut" nalazi se u masivnim neuslojenim karbonatnim brečama. Stratigrafsku podinu karbonatnim brečama čine dobrouslojeni vapnenci alba, a stratigrafsku krovinu predstavljaju svijetlosivi zrnasti kasno dijagenetski dolomiti cenoman-turonske starosti. Karbonatna breča je jednolikog izgleda, sivkaste do sive boje, sa smeđkastim i crvenkastim nijansama. Sadrži ulomke različitih dimenzija od kojih neki dosižu u promjeru i preko pola metra. Oko najvećeg dijela sivkastih i žućkastosivkastih klasta nalaze se crvenkaste i smeđaste ovojnice koje ih vizualno ističu, što će posebno doći do izražaja na poliranim površinama kamena. U kamenu prevladavaju klasti sive i žućkastosive boje. Klasti su izrazito uglati, do uglati, dijelom stilolitizirani. Lom kamena je ravan (Dragičević i dr. 2009).

Detaljno geološko kartiranje u mjerilu 1:500, obavili su: dr. sc. Ivan Dragičević, dipl. ing. geol., dr. sc. Ivo Galić, dipl. ing. rud. i dr. sc. Alan Vranjković. Kartiranje je obavljeno tijekom mjeseca lipnja i srpnja 2009. godine. Obuhvaćena je površina od oko 65 000 m^2.

Najstarije stijene prikazane na geološkoj karti (slika 3-3) pripadaju najvjerojatnije albu (K_1^6), (VII). To su tanko slojeviti mikriti u izmjeni s fosilifernim mikritima (slika 3-1). Debljine slojeva najčešće variraju u rasponu od nekoliko centimetara do 20-ak centimetara. Debljina ovog člana koji je obuhvaćen kartiranjem iznosi oko 30 metara.

Kontinuirano na opisanom članu slijede albski (K_1^6), (VI), dolomiti. Radi se o izmjeni dobro uslojenih rano i kasno dijagenetskih dolomita. Debljine slojeva najčešće variraju u rasponu od 0,5 do 1,5 metar. Debljina ovog člana iznosi oko 34 metara.

Slika 3-1 Pogled na kontakt mikrita i ranodijagenetskih dolomita (VII i VI)

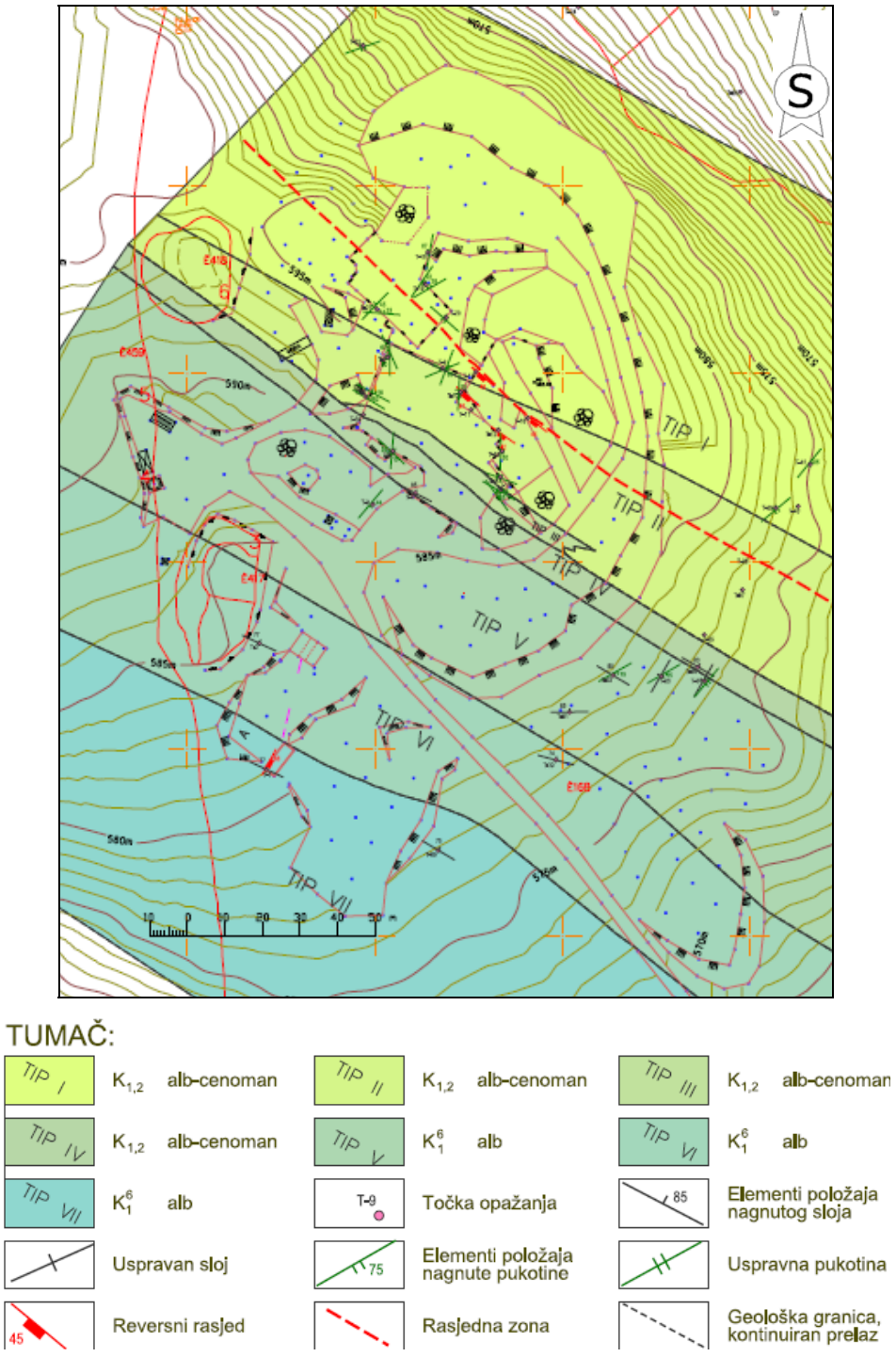
Konkordantno i kontinuirano preko dolomita slijede albski (K_1^6), (V), masivni dobro uslojeni mikriti i fosiliferni mikriti koji predstavljaju stratigrafsku podinu ležišta, odnosno karbonatnim brečama. Slojevi masivnih mikrita dosižu debljine i preko jednog metra dok su debljine slojeva fosilifernih mikrita puno manje (30-50 centimetara). Debljina ovog litostratigrafskog člana koji je obuhvaćen kartiranjem iznosi oko 39 metara (Slika 3-2).

Slika 3-2 Pogled na masivne dobro uslojene mikrite i fosiliferne mikrite (V)

Slijede alb-cenomanske ($K_{1,2}$), (IV, III, II i I), karbonatne breče. Njihov habitus je masivan i one su neuslojene. To su polimiktne breče čiji su ulomci najčešće od vapnenaca, rjeđe silificiranih vapnenaca, dolomita i silificiranih dolomita. Klasti variraju od milimetarskih dimenzija do onih preko pola metra u promjeru. Vezivo je karbonatni pijesak i mulj, a njegovo učešće u građi stijene varira u svim omjerima.

Kod kartiranja teško je bilo izdvojiti određene litotipove. No prema sugestijama stručnjaka u samome kamenolomu pokušalo se izdvojiti četiri litološka tipa prema komercijalnim karakteristikama i već usvojenim oznakama (Slika 3-3). Tako su izdvojeni idući od starijih prema mlađima: (IV), krupno klastična karbonatna breča; (III), krupno klastična karbonatna breča u koju su kaotično uloženi krupni fragmenti slampiranjem raskinutih slojeva mikrita; (II), sitno do krupno klastična karbonatna breča s crvenkastim karbonatnim vezivom i (I), sitno klastična karbonatna breča sa smeđe crvenkastim karbonatnim matriksom. Prigodom izrade detaljne geološke karte teško je bilo prepoznati ove komercijalne litotipove, no oni su ipak izdvojeni na geološkoj karti. Izgleda da postoji njihov kontinuitet po pružanju i zalijeganju osim varijeteta (III) koji ima ograničeno rasprostranjenje. Točna debljina karbonatnih breča nije utvđena jer se one rasprostiru i u području izvan geološke karte. No razmatrajući neposredno okruženje breča ustanovljeno

je da su preko njih kontinuirano istaloženi slabo uslojeni do masivni kasnodijagenetski dolomiti cenoman-turonske starosti. Uzimajući u obzir naprijed iznešeno, procijenjeno je da bi debljina karbonatnih breča mogla dosizati i do 120 metara. (Dragičević i dr.,2009).



Slika 3-3 Geološka karta ležišta (M1:2000)

TEKTONIKA LEŽIŠTA

Šire područje ležišta svrstano je u tektonsku jedinicu Uzdrežlje-Mostar-Široki Brijeg koja se proteže pravcem SZ-JI.

Od većih struktura u ovoj jedinici utvrđena je antiklinala južno od Grabove drage čija aksijalna ravnina na pojedinim donicama ima inverzan položaj s vergencijom prema sjeveroistoku, za razliku od drugih manjih struktura (bora) čije su aksijalne ravnine nagnute prema jugozapadu. Pored ove strukture važno je spomenuti sinklinale u područjjima Izbičnog, Hrasna kao i antiklinalu u području Ugrovače. Sve ove strukture obično imaju sačuvana jugozapadna krila sinklinala i sjeveroistočna krila antiklinala. Njihov kontakt pretežito je obilježen reversnim uzdužnim rasjedom (Slika 3-4). Rasjedi, koji su ustanovljeni na terenu, imaju orijentaciju SZ-JI tj. uzduž pravca pružanja antiklinala i sinklinala (reversni rasjedi) i okomito na njih imaju pružanje JZ-SI (normalni rasjedi).

Slika 3-4 Pogled na reversni uzdužni rasjed

Samo ležište arhitektonsko-građevnog kamena "Tvrda ljut" izuzetno je zamršene tektonske građe. To je najbolje vidljivo na geološkoj karti. Samo rudno tijelo (karbonatne breče), kao i podinski i krovinski litološki članovi imaju dinaridsko pružanje, dakle sjeverozapad-jugoistok. Strukturni položaj litoloških članova određen je i kutovima nagiba

koji su vrlo strmi, od 70^0 do uspravnih slojeva. Analizirajući redanje stratigrafskih članova i prateći njihov kontinuitet zaključuje se da se ležište nalazi u sjeveroistočnom krilu uspravne do kose antiklinale. Ovakav položaj rudnog tijela i njegov odnos prema makrostrukturi (krilo uspravne do kose antiklinale) nužno određuje i mikrostrukturne odnose u ležištu. Pri tome se prvenstveno misli na sustave brojnih pukotina koji su vidljivi u otvorenim dijelovima ležišta. Izvan ležišta uglavnom su dostupne promatranju uzdužne, otvorene-dilatacijske pukotine približno paralelne aksijalnoj ravnini, kao i poprečne i dijagonalne pukotine-uglavnom zjapeće iz domene relaksacijskih pukotina (Dragičević i dr.,2009).

Općenito se može reći da je ležište izuzetno zamršene strukturne građe, pri čemu ključnu ulogu imaju pukotinski sustavi. Ovome svakako doprinosi i normalni uzdužni rasjed koji se prati uzduž cijelog ležišta. Njegova je paraklaza nagnuta prema jugozapadu pod kutem od $42\text{-}47^0$ uz koju je prisudna zdrobljena rasjedna zona debljine od 4-5 metara (Slika 3-4). Zamršeni strukturni odnosi ne dopuštaju jednoznačni i optimalni izbor otkopnih etaža i planiranje oblika i veličine blokova. Dakle prisutni pukotinski sustavi ne mogu se povoljno iskoristiti za odvaljivanje blokova pri eksploataciji.

3.3. INŽENJERSKO GEOLOŠKE ZNAČAJKE LEŽIŠTA

U ležištu arhitektonsko-građevnog kamena "Tvrda ljut" prirodni diskontinuiteti, uglavnom pukotine i manje rasjedi diktiraju stabilnost stijenske mase na vertikalnim površinama etaža i drugim zasjecima i usjecima. Usprkos diskontinuitetima, zahvaljujući njihovoj hrapavosti, očekuje se relativno stabilna stijenska masa. No kod odvajanja blokova na etažama, u zonama rasjeda ili jače izraženih pukotina kada su njihove plohe nagnute prema smjeru odvajanja blokova, može doći do nekontroliranog odvajanja-rušenja dijelova stijenske mase. Manje količine zemlje crvenice u dijelu zjapećih-relaksirajućih pukotina, kao i u površinskom dijelu stijenske mase nemaju utjecaj na stabilnost. Debljina površinske trošne zone neznatna je i zanemariva (Dragičević i dr.,2009).

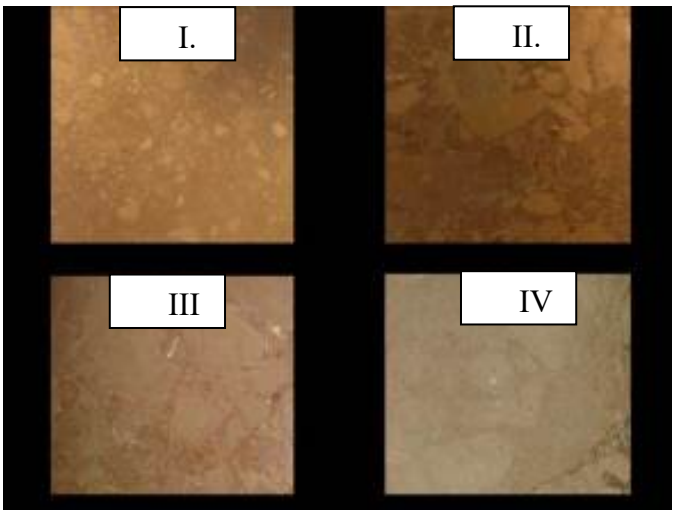
Smjer pružanja dominantnih pukotinskih sustava, od jugoistoka ka sjeverozapadu upućuje da se smjer razvoja rudarskih radova orijentira okomito i/ili usporedno na smjer pružanja ležišta kao najpovoljniji smjer otkopavanja obzirom na geomehaničku stabilnost kosina.

U ležištu “Tvrda ljut” usvojen je kut nagiba etažne kosine od 90°, prema iskustvenim podacima sa susjednih ležišta. Visina radne etaže iznosit će do oko 6 m, a minimalna širina tijekom eksploatacije biti će 22 m, za utovar i transport utovarivačem i kamionom. Kut nagiba radnih kosina kamenoloma se kreće najviše do 55°. Kamenolom će se otkopavati s četiri etaže visine do 6 m i jednom međuetažom visine do 3 m. Formiranje etaža će teći odozgo prema dolje. Širina etaža u završnoj formi bit će 5 m, tako da će se dobiti kut nagiba završne kosine kamenoloma, na mjestu najveće visinske razlike (23 m), od 57° . Time će se dobrim dijelom iskoristiti mineralna sirovina, a ostavit će se mogućnost nastavka eksploatacije (ukoliko se izradi dopuna rezervi).

3.4. VRSTA I KAKVOĆA KAMENA

3.4.1. VRSTA KAMENA

U ležištu je izražena promjenjiva struktura materijala tako da se temeljem dosadašnjih istraživanja može utvrditi postojanje barem četiri varijeteta kamena (slika 3-5). Granice pojedinih varijeteta ponekad su teško razlučive, a ponekad su zorno uočljive, no sigurno je da postoje zone čije su širine neujednačene od sjevera ka jugu i obrnuto. Pružanje svih zona je uglavnom identično pružanju antiklinale, odnosno smjeru dinarida (jugoistok-sjeverozapad) a smjer nagiba zona je blago promjenjiv, zbog povijanja kontaktnih crta rasjedanja, ali generalno ima orijentaciju ka sjeveru.



Slika 3-5 Vrste a-g kamena (breče) iz ležišta „Tvrda ljut“(Galić, 2004)

3.4.2. KAKVOĆA KAMENA

Kakvoća mineralne sirovine ležišta “Tvrda ljut” određivana je od strane trgovačkog društva CEMTRA d.o.o., Odjel za kontrolu kakvoće proizvoda, Zagreb. Ispitivanje za arhitektonsko-građevni kamen je obavljeno na uzorku, oznake B-165/2000, a za tehničko-građevni kamen na uzorku, oznake B-165/G/2000. Uzorci su uzeti iz ležišta, s fronte radilišta-probne eksploatacije. Uzorak za određivanje kakvoće arhitektonsko-građevnog kamena bio je oblika manjih monolita, koji su kasnije ispiljeni u kocke potrebitih dimenzija, dok je uzorak za određivanje kakvoće tehničko-građevnog kamena bio usitnjen na postrojenju za sitnjenje i klasiranje na klasu –5 cm. Ispitivanja su obavljena sukladno relevantnim standardima, te su o tome sačinjena i izvješća o ispitivanju.

Iz Uvjerenja o kvaliteti arhitektonsko-građevnog kamena ležišta “Tvrda ljut” iz istražnog prostora “Kusačko brdo”, kao i iz Izvješća o ispitivanju tehničko-građevnog kamena ležišta “Tvrda ljut” iz istražnog prostora “Kusačko brdo”, osnovom rezultata ispitivanja mineraloško-petrografskog sastava, fizičko-mehaničkih značajki (tablica 3-1) i postojanosti uzorka kamena vidljivo je slijedeće:

- **Makroskopski**, kamen je jednolikog izgleda, izrazite klastične psefitske strukture, sivkaste do sive boje, smeđasto i crvenkasto nijansiran. Sadrži klaste dimenzija psefita i psamita, manje od 2 mm do čestica dimenzija 15 mm x 25 mm. Oko najvećeg dijela sivkastih i i žućkastosivkastih klasta nalaze se crvenkaste i smeđaste ovojnice koje ih vizualno ističu, što će posebno doći do izražaja na poliranim površinama kamena. U kamenu prevladavaju klasti sive i žućkastosive boje. Klasti su uglati, do slabo uglati, dijelom stilolitizirani. Lom kamena je ravan, dijelom se lomi duž prostorno ograničenih smeđasto obojenih stilolita malih amplituda, a dijelom je lom iverast. Površina preloma je glatka, tek mjestimice fino hrapava. Na prelomu je zapažena žilica prozračnog, bezbojnog kalcita debljine 1,5 mm. Mjestimice se nalaze lećaste tvorbe milimetarskih dimenzija s bijelim i bezbojnim kalcitom staklasta sjaja. S razblaženom hladnom HCl reagira burno.

- **Mikroskopski,** u mikroskopskom preparatu motrimo klastičnu psefitsko-psamitsku strukturu s velikim razlikama u dimenzijama klasta. Krupniji klasti su s obzirom na dimenzije nejednoliko raspoređeni, redovito uronjeni u mikritnu i rekristaliziranu mikritnu osnovu. Dio klasta omeđen je oštro uočljivim konturama, dok dio klasta nema oštre obrise, već se klasti postupno “stapaju” s rekristaliziranom osnovom. Dio sitnijih klasta, dimenzija psamita, je krpast, nepravilnih i nazubljenih kontura, s uočljivom rekristalizacijom u

obodnom dijelu. Mikroskopski determinirani klasti jesu: Biomikrit, intramikrit (s interklastima promjera od 0,05 do 0,15 mm i mikritne unutarnje građe), biointramikrit, bituminozni biomikrit (s piritom biokemijskog postanka) i stilolizirani mikrit. Klasti su uronjeni u osnovu bez međusobna podupiranja. Osnova je mikritna i dijelom izrazito rekristalizirana. Dimenzije mikrita su od 0,005 do 0,025 mm, u jače rekristaliziranim dijelovima do 0,075 mm. Mikritna i prekristalizirana zrna su poligonalna, nepravilna i s međusobnim uraštanjem. Mjestimične leće i gnijezda sparita su milimetarsih dimenzija, a veličine sparita u njima su od 0,05 do 0,15 mm, rijeđe do 0,25 mm. Takvih tvorevina ima oko 5 %. Neka sparitna zrna imaju tlačne sraslačke lamele. Dio klasta ispresijecan je spletom kalcitnih žilica (debljina od 0,05 do 0,10 mm), s prozračnim kalcitnim zrnima dimenzija manjih od 0,035 mm. Duž oboda klasta takav se kalcit žilica, bez uočljivih granica, "stapa" s rekristaliziranim mikritom osnove.

- Odredba, kamen je determiniran kao **vapnenačka breča**.

Tablica 3-1 Fizičko-mehaničke značajke a-g kamena iz ležišta Tvrda ljut (Galić, 2004).

Br.	Vrsta određivanja	Određivano prema	Rezultati određivanja
1.	**Čvrstoća na pritisak**	HRN B.B8.012	
1.1.	U suhom stanju		max.= 150 MPa min.= 131 MPa a.sred.= 136 MPa
1.2.	U vodom zasićenom stanju		max.= 132 MPa min.= 108 MPa a.sred.= 117 MPa
1.3.	Nakon smrzavanja		max.= 134 MPa min.= 83 MPa a.sred.= 103 MPa
2.	**Čvrstoća na savijanje**	HRN B.B8.017	max.= 28 MPa min.= 21 MPa a.sred.= 24 MPa
3.	**Otpornost kamena oko bušotine sidrenog trna na lom**	HRN EN 13 364	max. = 5,1 kN min. = 2,2 kN a.sred. = 3,4 kN
4.	**Upijanje vode pri atmosferskom tlaku**	HRN B.B8.010	= 0,15 % (mas.)
5.	**Obujmna masa**	HRN B.B8.032	= 2 663 kg/m ^{3}
6.	**Gustoća**	HRN B.B8.032	= 2 881 kg/m ^{3}
7.	**Apsolutna poroznost**	HRN B.B8.032	= 0,67 % (vol.)
8.	**Otpornost na smrzavanje**	HRN B.B8.001	gubitak mase: = 0,0 % (mas.)
9.	**Otpornost na habanje brušenjem**	HRN B.B8.015	gubitak: = 17,5 cm^3/50cm^2
10.	**Sadržaj SO_3** **Sadržaj Cl^-**	HRN B.B8.042	0,16 % (mas.) 0,008 % (mas.)

- Mišljenje o uporabivosti

a) Osnovom analize rezultata laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih značajki, kemijske čistoće i mineraloško-petrografskog sastava, kamen komercijalnog naziva "HERCEG MRAMOR" s lokaliteta "Tvrda ljut" iz istražnog prostora "Kusačko brdo", ocijenjen je kao kvalitetan arhitektonsko-građevni kamen za oblaganje:

- unutarnjih i vanjskih vertikalnih i horizontalnih površina;
- horizontalnih podnih pješačkih površina interijera i eksterijera za vrlo prometne površine (do 15 000 ljudi na dan).

Površine ploča i elemenata od analiziranog kamena moći će se polirati do visokog, staklastog sjaja, uz istovremeno isticanje klastične građe i obojenih stilolita. Time će se takve površine odlikovati posebno dekorativnim dezenom.

b) Rezultati laboratorijskih određivanja fizičko-mehaničkih karakteristika, kemijske čistoće i mineraloško-petrografskog sastava uzorka tehničko-građevnog kamena s lokaliteta "Tvrda ljut" iz istražnog prostora "Kusačko brdo" pokazuju da se ispitani materijal može uporabiti za proizvodnju:

- kamenog agregata za izradu betona i armiranog betona (HRN B.B2.009);
- drobljenog kamena za izradu donjih nosivih mehanički i kemijski stabiliziranih (tamponskih) slojeva (HRN U.E9.024 i U.E9.020);
- kamene sitneži za izradu donjih (DBNS) i gornjih (BNS) nosivih slojeva od bitumeniziranog materijala za autoceste i ceste svih razreda prometnih opterećenja (HRN U.E9.028 i U.E9.021);
- drobljenog i nefrakcioniranog kamena za izgradnju i održavanje gospodarskih cesta;
- lomljenog kamena za zidanje potpornih zidova i obalnih utvrda;
- drobljenog pijeska za zidanje i žbukanje (HRN U.M2.010 i U.M2.012).

4. MODEL POSTOJEĆEG STANJA

U novije vrijeme se, zahvaljujući razvoju računalne tehnike, u rudarstvu sve više koriste namjenski programi za grafički dizajn. Osim upotrebe u rudarstvu primjenjuju se i u arhitekturi, građevini te u mnogim drugim tehničkim disciplinama. Ovi programi u rudarstvu služe za trodimenzionalni prikaz rudarskih zahvata u prostoru i za izradu postojećeg stanja. Daju mnogo jasniju sliku nego dvodimenzionalni prikaz na papiru koji je i iskusnom promatraču teško predočiv u trodimenzionalnom obliku. U ovom diplomskom radu korišten je Bentley-ev program Power InRoads. Power InRoads namjenski je program za grafičku obradu podataka kojim možemo izraditi dvodimenzionalni i trodimenzionalni prikaz, proračun obujma i površine.

Modeliranje postojećeg stanja obuhvaća izradu modela terena i modela površinskog kopa a-g kamena "Kušačko brdo". Pri izradi ovih modela korištene su situacijska i geološka karta eksploatacijskog polja "Kušačko brdo". Pri izradi modela terena i modela površinskog kopa a-g kamena korišteni su Power InRoads alati koji služe za triangulaciju. Proces triangulacije se sastoji od četiri koraka:

1. KORAK - stvaranje nove površine u InRoads-u koristeći naredbu „New“ u glavnom izborniku InRoads-a. Ovom radnjom smo dali ime površini koju želimo triangulirati.
2. KORAK - otvaranje naredbe „Import Surface“ koja se koristi pri unošenju ulaznih podataka za triangulaciju. Unutar naredbe „Import Surface“ nalazi se naredba „Load From“ u kojoj su ponuđene opcije „Single Element“, Fence“ i „Level“ ovisno o tome da li želimo unijeti elemente koji su označeni sa naredbom „Element Selection“, elemente koji su označeni pomoću naredbe „Fence“ ili elemente koji se nalaze unutar odabranog levela.
3. KORAK - aktiviranje procesa triangulacije. Izvodi se tako da se u glavnom izborniku InRoads-a odabire naredba „Surface“ te potom njezina podnaredba „Triangulate Surface“. Nakon što to učinimo otvara se novi prozor u kojem za aktiviranje procesa triangulacije treba pritisnuti naredbu „Apply“.
4. KORAK - prikaz triangulirane površine koji se izvodi pomoću podnaredbe „View Surface“ koja se nalazi unutar naredbe „Surface u glavnom InRoads izborniku. Unutar ove podnaredbe mogu se odabrati opcije „Triangles“, Gridded Model“ i “Perimeter“. Navedene opcije omogućuju prikaz triangulirane površine trokutima, kvadratnom mrežom, te prikaz samog ruba površine.

Nakon izrade trodimenzionalnog modela ponuđena je opcija renderiranja kojom se dobije kvalitetniji prikaz modela. Postupak renderiranja predstavlja ispunjavanje trokutića bojom tako da se dobije zaglađena površina. Kako bi se izradio što realniji i bolji prikaz terena omogućena je i simulacija odsjaja sunca ovisno o položaju plohe na koju padaju zrake.

4.1. Model terena

Za izradu modela postojećeg stanja potrebne su topografske karte odgovarajućeg područja koje je za rad u Power InRoads-u potrebno skenirati (ako nisu obrađene u digitalnoj formi), a onda i geokodirati. Nakon toga potrebno je ucrtati slojnice pomoću alata „B-spline by Points“ koji se nalazi na alatnoj traci za crtanje. Ovaj alat je najpogodniji za izvlačenje iskrivljenih slojnica terena. Pošto su sve slojnice iscrtane u 2D-u potrebno ih je dignuti u prostor na odgovarajuću visinu (3D). Taj postupak izvodi se pomoću aplikacije MODZ. Za korištenje ove aplikacije potrebna je aktivacija, koja se izvodi tako da se u glavnom izborniku odabere opcija „Utilities“ a potom „MDL Aplications“. Nakon aktivacije otvara se novi prozor u kojem se odabire MODZ. U prozor aplikacije „MODZ“ upisuje se odgovarajuća nadmorska visina te odabirom odgovarajuće slojnice i pritiskom „Single“ u prozoru aplikacije odabrana slojnica se podiže na upisanu nadmorsku visinu. Nakon što su sve slojnice podignute u prostoru za odgovarajuću nadmorsku visinu dobiva se podloga za izradu trodimenzionalnog modela terena.

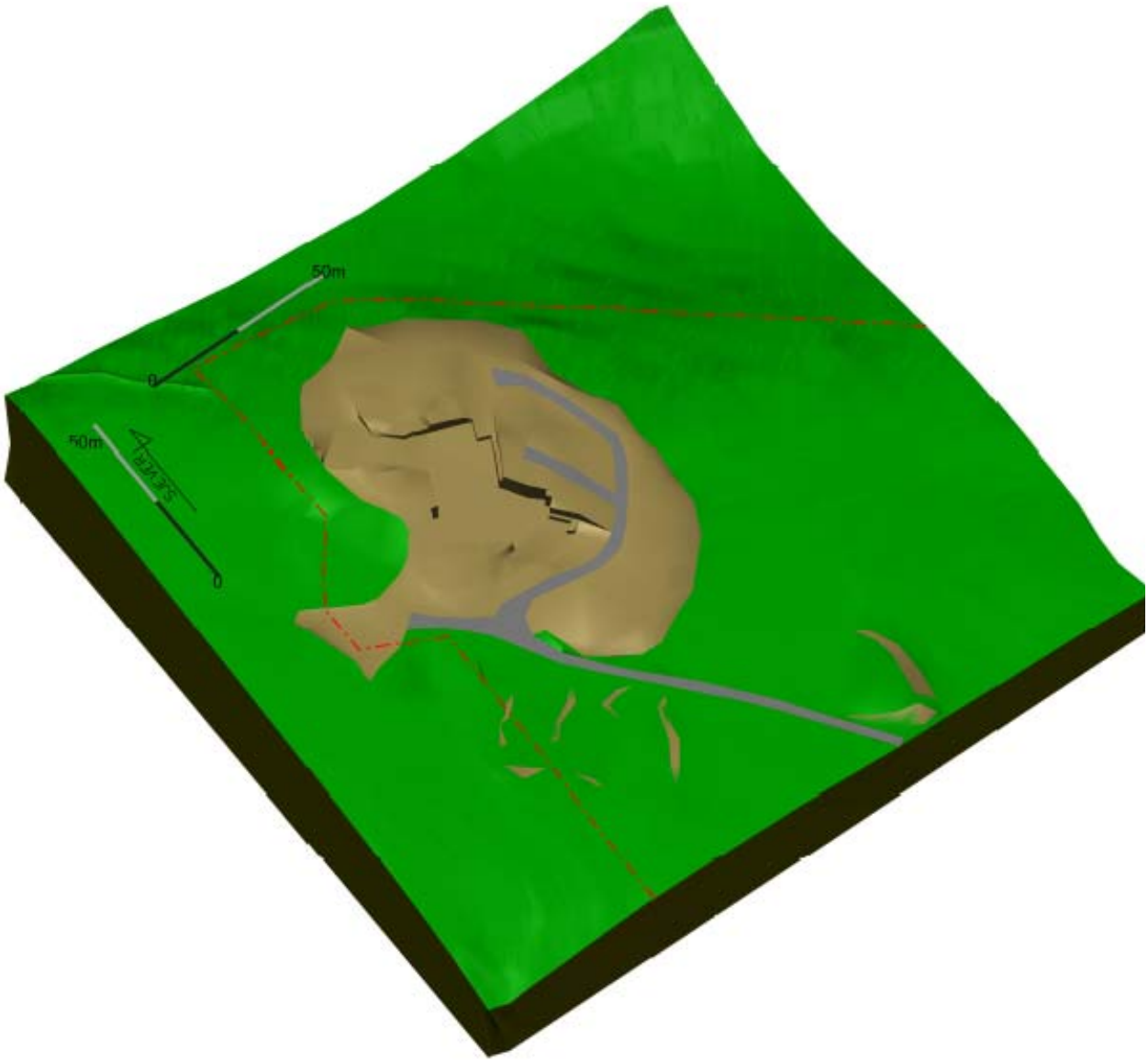
Preostala je triangulacija terena kojom će se dobiti vjerodostojniji i kvalitetniji trodimenzionalni model terena. Triangulacija je proces stvaranja površine pomoću trokuta koji spajaju znakovite točke u prostoru. Ovaj 3D model kasnije se koristiti pri izradi modela postojećeg stanja, modela saniranog kopa i modela eksploatacije, te pri proračunu količina a-g kamena koji će se eksploatirati prilikom sanacije i daljnje eksploatacije.

4.2. Model površinskog kopa

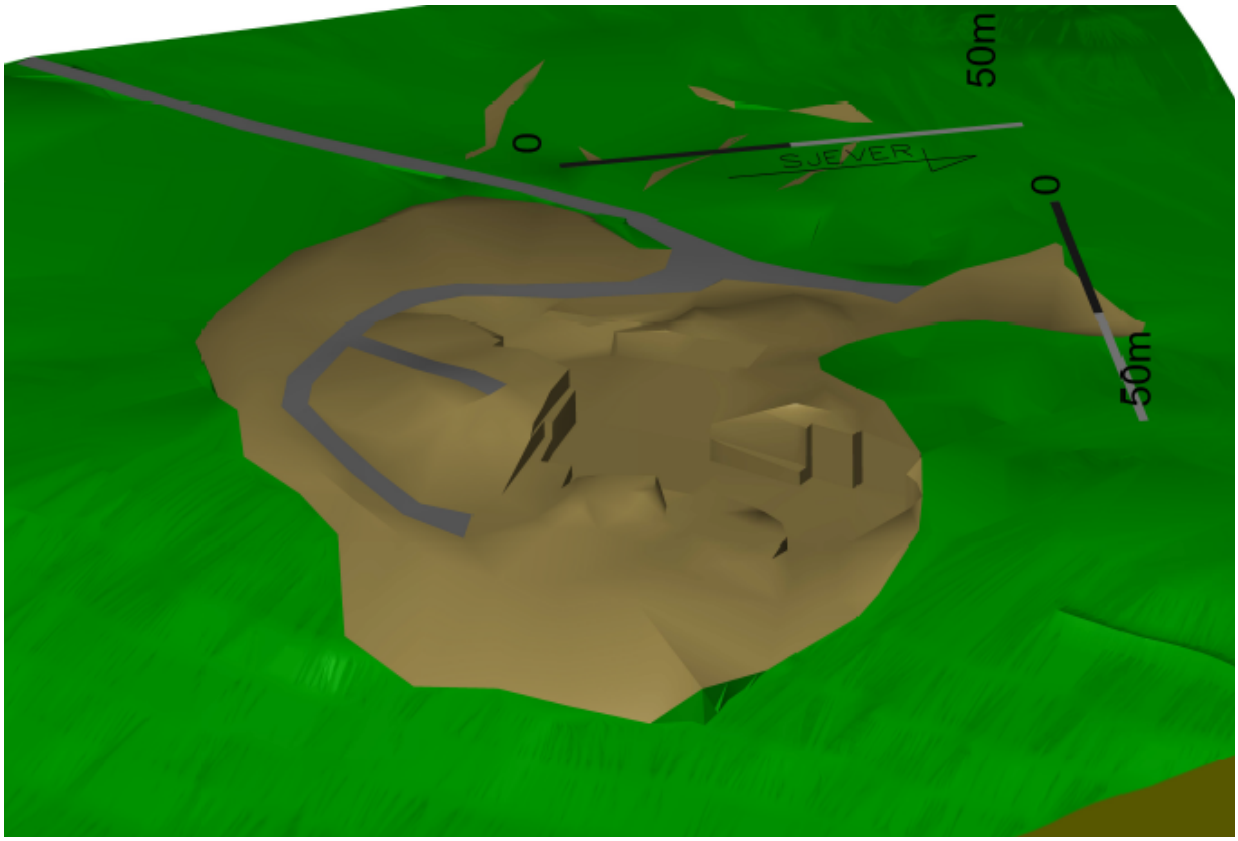
Pri izradi modela površinskog kopa korištena je geodetska snimka postojećeg stanja površinskog kopa. Snimljene geodetske točke podignute su na odgovarajuću nadmorsku visinu u PowerInRoads-u, te su odgovarajuće točke spojene linijama. Pošto se okomite površine zbog ograničenosti matematičko-trigonometrijskih operacija ne mogu triangulirati potrebno je okomite pokose etaža površinskog kopa a-g kamena nacrtati u nagibu manjem od 90°. Zatim se podignute točke i linije površinskog kopa označe s naredbom „Single

Element“, te importiraju u prethodno dodanu površinu. Nakon čega se vrši triangulacija te prikaz triangulirane površine pomoću trokuta. Renderiranjem modela se trokuti ispunjavaju bojom tako da se dobije zaglađena površina. Ovaj 3D model kasnije se koristiti pri izradi modela saniranog kopa i modela eksploatacije, te pri proračunu količina a-g kamena koji će se eksploatirati prilikom sanacije i daljnje eksploatacije.

Na slikama 4-1. i 4-2 prikazan je model postojećeg stanja koji se sastoji od površinskog kopa a-g kamena "Kusačko brdo", terena i ceste.



Slika 4-1 3D model postojećeg stanja eksploatacijskog polja



Slika 4-2 3D model postojećeg stanja užeg područja kopa

5. SANACIJA POSTOJEĆEG STANJA POVRŠINSKOG KOPA

5.1. Općenito o sanaciji površinskih kopova

Prostorno planiranje je jedan od bitnih čimbenika koji utječu na eksploataciju mineralnih sirovina. Ono se najčešće izvodi na regionalnoj i lokalnoj razini što je slučaj u većini zemalja članica Europske Unije. Prostorni planovi definiraju područja koja su pogodna za eksploataciju određenih mineralnih sirovina i odvajaju ih od onih koja za to nisu pogodna. Za početak rudarske djelatnosti presudna je procjena utjecaja na okoliš. Poznata su osnovna načela rudarske djelatnosti, a to su na prvom mjestu sigurnost, a zatim zaštita okoliša i racionalnost (Španjol i dr., 2015).

Površinska eksploatacija najčešće za posljedicu ima znatno izmijenjene vizure krajolika u odnosu na krajolik prije početka eksploatacije, a mogući su i ostali štetni utjecaji kao što su onečišćenje zraka i vode. Kako bi se osigurala sanacija, namjena i preoblikovanje prostora nakon završetka rudarske djelatnosti trebali bi biti poznati čak i prije početka radova, a sigurno u fazi eksploatacije, te bi morala postojati jamstva za njihovu provedbu na način da sanacija i namjena otkopanog prostora nakon završetka eksploatacije bude uvrštena u dokumentaciju kojom su odobreni istražni radovi i eksploatacija (Španjol i dr., 2015). Ovakav način umanjuje naknadne troškove sanacije i osigurava da će ona biti i učinjena. Na žalost, to u praksi često nije slučaj, što se može prepoznati na području čitave Zapadno hercegovačke županije.

Prihvatljiva sanacija je jedino ona koja sadrži i tehničku i biološku sanaciju, a njeno izvođenje bi moralo biti uneseno u polazišnu dokumentaciju, projekte i rješenja (Galić, 2016). Bitno je naglasiti i ranije spomenutu važnost prostorno planske dokumentacije, u ovom slučaju županije, u koju mora biti unesena i odgovarajuća prenamjena saniranih prostora u različite moguće namjene za društveno korisnu dobrobit kako bi prenamjena uopće mogla biti provedena. Mogućnosti za to su velike i mogu sadržavati sve sadržaje, od sportsko-rekreacijskih centara, kina na otvorenom, ugostiteljskih objekata, parkova, biciklističkih staza, gospodarskih i trgovačkih djelatnosti pa na dalje. Prenamjena odnosno ciljana sanacija može ne samo oplemeniti prostor, nego i utjecati na odluku o prihvatljivosti eksploatacije na određenoj lokaciji. Oblikovanje površinskog kopa u fazi sanacije mora biti ekonomski opravdano. Uz ekonomsku opravdanost najvažniji čimbenici su stabilnost prostora dobivenih sanacijom i riješen sustav odvodnje voda. Sve ranije navedeno se većinom odnosi na tehničku sanaciju. Biološka sanacija se izvodi na kraju

tehničke sanacije i prvenstveno se odnosi na postupak u kojem se na stijenskom materijalu nanosi tlo pogodno za razvoj biljaka odnosno flore i faune. Biološka sanacija te njena kvaliteta a samim time i uspješnost će u mnogočemu ovisiti o vrsti stijena na kojima se ona provodi. Biološka sanacija se uspijeva dovršiti u roku i do 4 godine ali u slučaju najpovoljnijeg materijala kao što je les. U suprotnom, to vrijeme može biti produženo i na znatno duže razdoblje kao što je slučaj kod dolomita. U pravilu ovakva biološka sanacija, sa manje ili više za to pogodnijom podlogom, završava u roku do deset godina. Razdoblje od deset godina se premašuje ukoliko se ostavi da se biljke same prirodno rasprostrane. To se ne odnosi na etaže, odnosno na etažne kosine i ravnine, koje se moraju posebno pripremiti pomoću usitnjenog kamenog materijala ili humusa (Španjol i dr., 2015).

5.2. Sanacija površinskog kopa

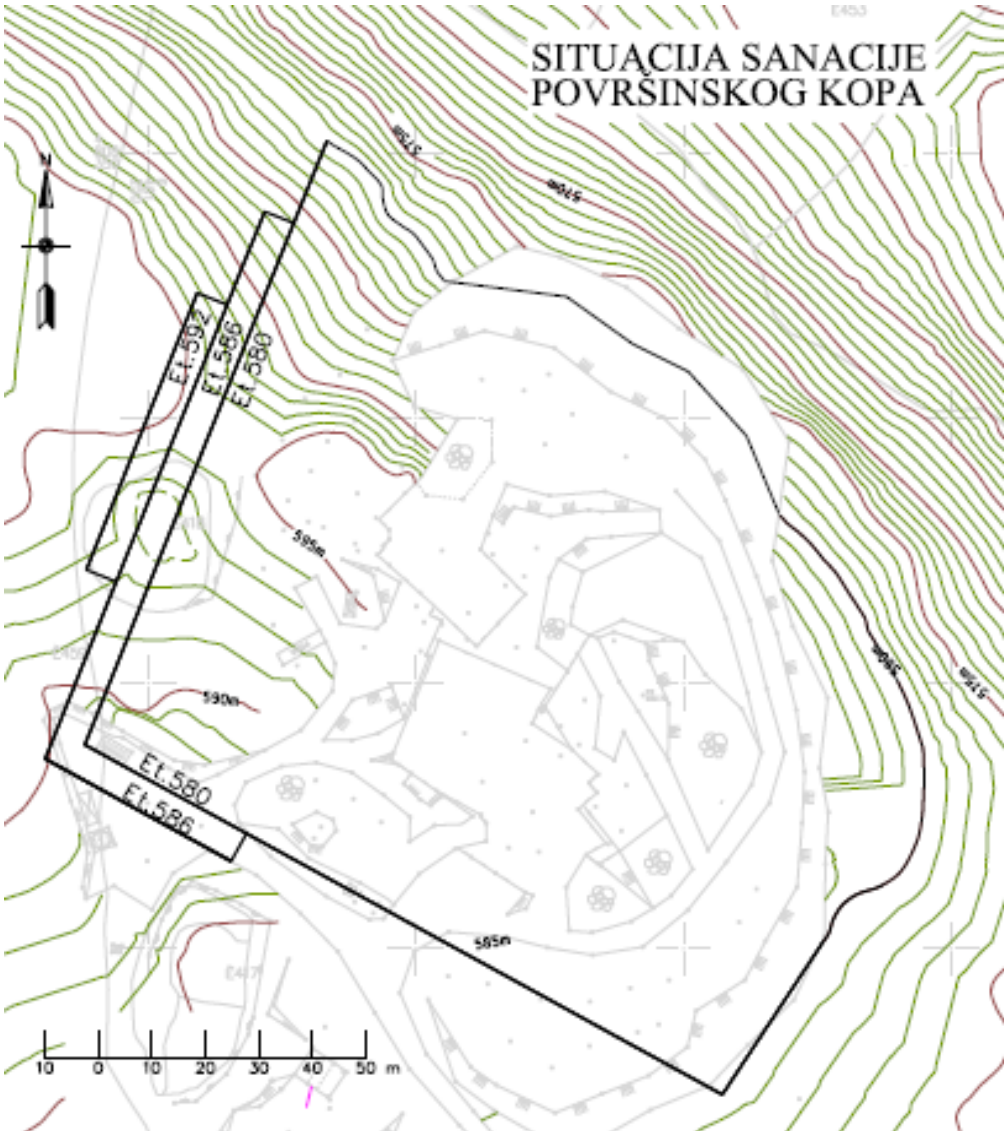
Kako bi se lokacija površinskog kopa a-g kamena "Kušačko brdo" ponovo vratila u estetski i ekološki prihvatljivo stanje nužno je da se provede tehnička i biološka sanacija. U sklopu ovog diplomskog rada pažnja se posvetila tehničkoj sanaciji koja predstavlja oblikovanje površinskog kopa.

Sanacija površinskog kopa unutar naslaga karbonatnih breča tipa II prethodi eksploataciji karbonatnih breča tipa I koje su ekonomski najzanimljivije.

Predložena je sanacija površinskog kopa koja se provodi u 3 etaže (Slika 5-1):

- etaže 580 – visine 6 m,
- etaže 586 – visine 6 m.
- etaže 592 – visine max. 3 m.

Širina etažnim ravnina iznosi 6 metara. Etažom 592 se uklanja površinski trošni dio stijene.

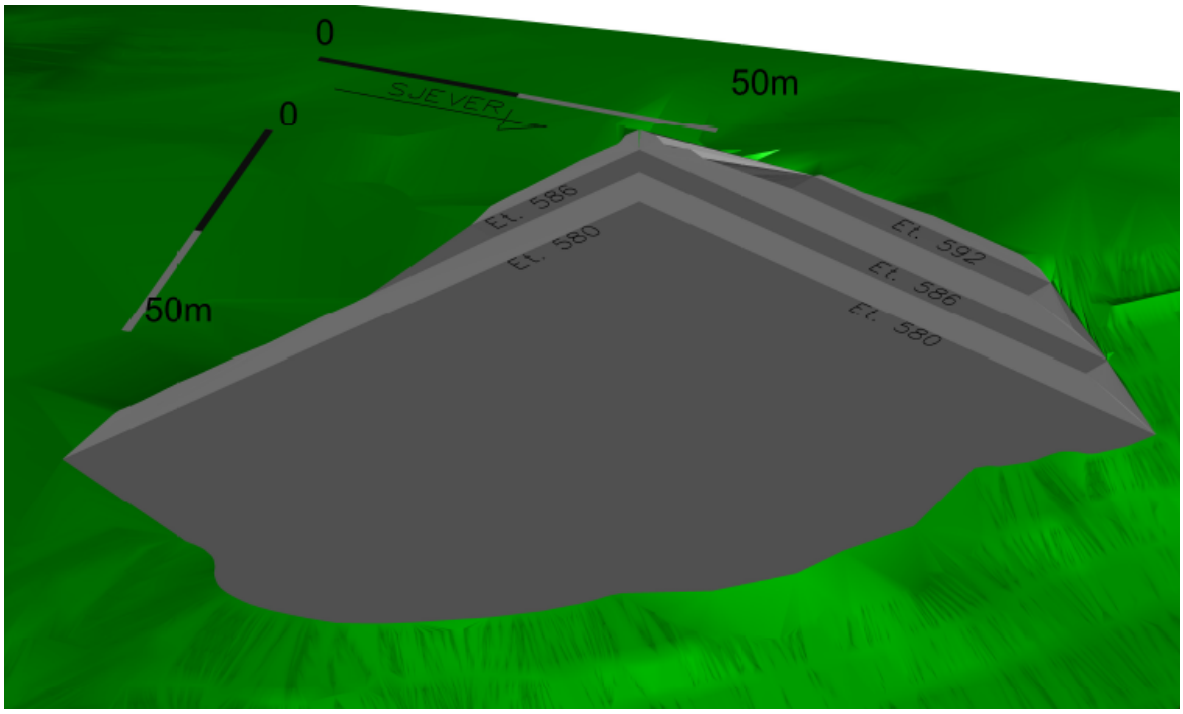


Slika 5-1 Situacija sanacije površinskog kopa a-g kamena "Kusačko Brdo" M 1:1500

5.2.1. Model saniranog kopa

Pri izradi modela saniranog kopa korišten je nacrt sanacije koji je prikazan na slici 5-1. Crte pojedinih etaža podignute su na odgovarajuću visinu, a dno i vrh etaže su međusobno odmaknuti za 10 cm kako bi se dobio kut manji od 90° pošto se okomite površine zbog ograničenosti matematičko-trigonometrijskih operacija ne mogu triangulirati.

Izrađeni model saniranog kopa prikazan na slici 5-2.



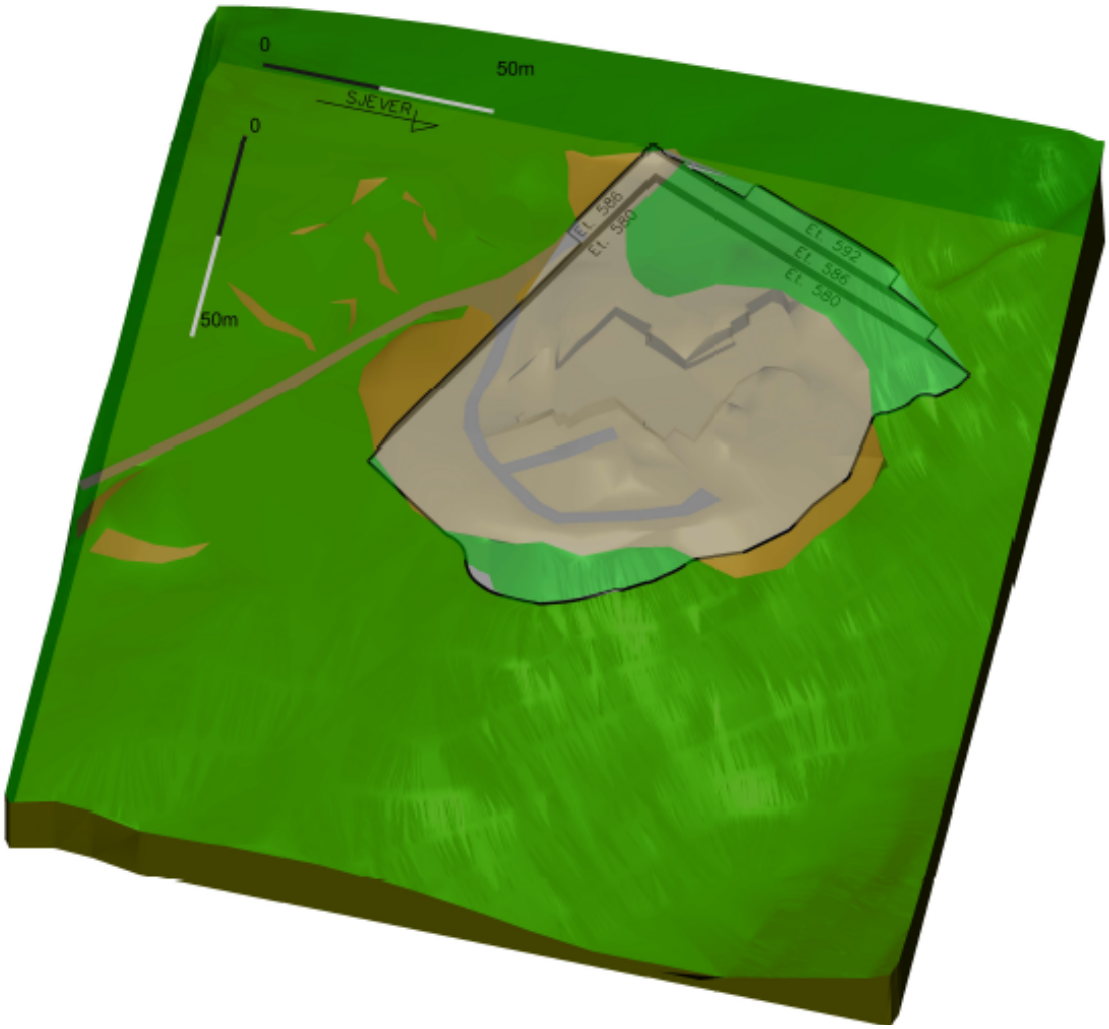
Slika 5-2 3D model sanacije površinskog kopa a-g kamena

5.3. Proračun obujma stijenske mase

Prilikom ravnanja osnovnog platoa na 580 m n.v. te izrade samih etaža, biti će potrebno otkopati određenu količinu stijenskog materijala. Stijenski materijal koji je potrebno otkopati u sklopu sanacije površinskog kopa eksploatirati će se kao a-g kamen, dok će se kameni ostatak eksploatacije a-g kamena iskoristiti kao sirovina za dobivanje t-g kamena.

Volumen stijenskog materijala kojeg je potrebno iskopati proračunava se naredbom Evaluation pa Volume te na kraju Triangulate Volume. U izborniku se izabere površinu početnog stanja pod Original te površinu krajnjeg stanja pod Design. Pritisne se Add, te Apply i na taj način proračuna obujam. U rezultatima izračuna, Cut predstavlja obujam otkopanog materijala, Fill obujam nasipanog materijala, a Net je razlika. Za površinu početnog stanja uzeta je triangulacija postojećeg stanja koja se sastoji od triangulacije terena i postojećeg površinskog kopa, a za površinu krajnjeg stanja uzeta je triangulacija saniranog površinskog kopa (Soldo, 2016).

Presjecanjem modela postojećeg stanja sa modelom saniranog površinskog kopa (Slika 5-3) dobivena je količina stijenske mase koju je potrebno iskopati, a izražena je u m^3. Dobiveni volumen stijenske mase iznosi 117 606 m^3.



Slika 5-3 3D model sanacije površinskog kopa a-g kamen sa prikazom modela postojećeg stanja površinskog kopa "Kusačko brdo"

5.4. Bilančne i eksploatacijske rezerve

U ležištu arhitektonsko-građevnog kamena “Kusačko brdo” postoji površinska jalovina koje ima vrlo malo, pa slijedom toga i nije rađen njezin zasebni obračun. Jalovina (kameni ostatak) u stijenskoj masi prikazan je kroz popravni koeficijent od 0,13. Iznos popravnog koeficijenta utvrđen je temeljem pokazatelja dosadašnje eksploatacije i istražnog bušenja arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju “Kusačko brdo” (Galić, 2009).

Kameni ostatak dobiven prilikom eksploatacije blokova i tombolona arhitektonsko-građevnog kamena, poradi svojih fizičko-mehaničkih značajki, koristiti će se kao sirovina za tehničko-građevni kamen (razne vrste agregata za raznoliku uporabu), te kao lomljenac. Usvojimo li popravni koeficijent od 0,13, volumen a-g kamena (bilančne rezerve) koji bi

se eksploatirao u sklopu predložene sanacije iznosi 15 289 m^3, a volumen jalovine koja bi se koristila kao sirovina za tehničko-građevni kamen iznosi 102 317 m^3.

5.4.1. Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena u saniranom kopu

Bilančne rezerve koje su dobivene množenjem ukupnog volumena stijenske mase unutar sanacijskog kopa sa popravnim koeficijentom 0,13 iznose 15 289 m^3.

Temeljem iskustva dosadašnje eksploatacije, kao i egzaktnim izračunom, utvrđeno je da eksploatacijski gubici iznose 15%. Ti gubici sadržani su u debljini rezova lančane sjekačice i dijamantne žićne pile (5%) te dijelu kamena koji se oštete manipulacijom pri prevrtanju, raspilavanju, odlaganju i utovaru blokova (10%).

Umanjenjem bilančnih rezervi za iznos eksploatacijskih gubitaka, bilančne rezerve arhitektonsko-građevnog kamena ležišta "Kusačko brdo" prevedene su u eksploatacijske rezerve (Tablica 5-1).

Tablica 5-1 Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena u saniranom kopu

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gubici 15%	Ekspoatacijske rezerve m^3	Udio %
		Popravni koef.	Količine, m^3			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x15%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	0	0,13	0	0	0	
B	117 606	0,13	15 289	2 293	12 995	100%
C_1	0	0,13	0	0	0	
Ukupno			15 289	2 293	12 995	

Volumen eksploatacijskih rezervi a-g kamena iznosi 12 995 m^3.

5.4.2. Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena u saniranom kopu

Volumen kamenog ostatka nakon eksploatacije a-g kamena predstavlja sirovinu za dobivanje t-g kamena te on iznosi 102 317 m^3. Jalovina u stijenskoj masi pri dobivanju tehničko-građevnog kamena prikazana je kroz popravni koeficijent od 0,95. Množenjem volumena kamenog ostatka nakon eksploatacije a-g kamena sa popravnim koeficijentom dobijemo bilančne rezerve t-g kamena.

Budući da je način eksploatacije, na površinskom kopu "Kusačko brdo", podređen primarno dobivanju blokova arhitektonsko-građevnog kamena, za očekivati je pojavu

povećih komada kamenog ostatka (koji se ne bi javljali da se primarno miniranjem eksploatira tehničko-građevni kamen). Stoga je potrebno utvrđene bilančne rezerve tehničko-građevnog kamena umanjiti za 2%, što je iznos eksploatacijskog gubitka. U tablici 5-2 dan je prikaz bilančnih i eksploatacijskih rezervi tehničko-građevnog kamena.

Tablica 5-2 Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena u saniranom kopu

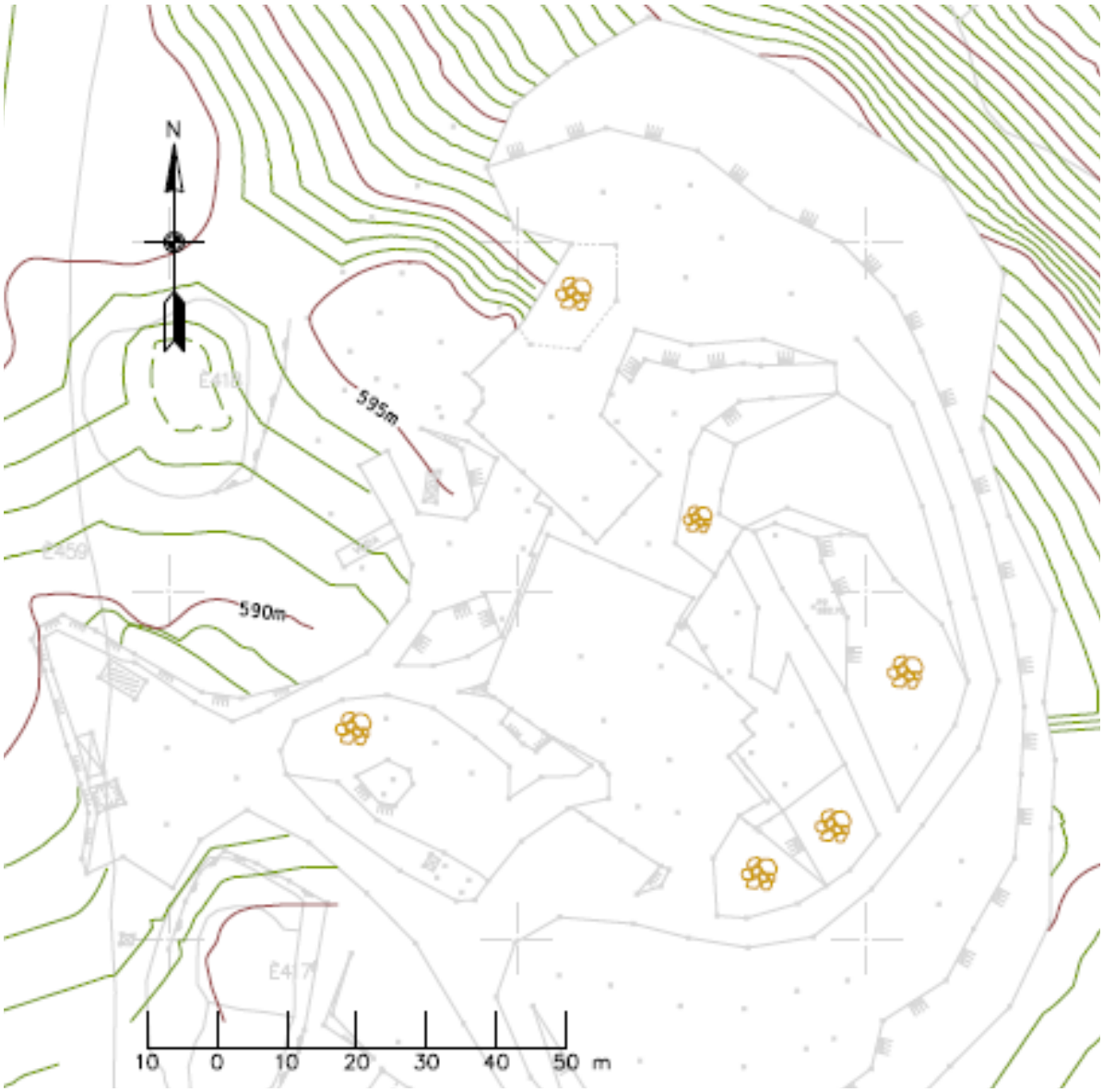
Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gubici 2%	Ekspoatacijske rezerve m^3	Udio %
		Popravni koef.	Količine, m^3			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x2%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	0	0,95	0	0	0	
B	102 317	0,95	97 201	1 944	95 257	100%
C_1	0	0,95	0	0	0	
Ukupno			97 201	1 944	95 257	

Volumen eksploatacijskih rezervi t-g kamena iznosi 95 257 m^3.

5.5. Ukupni volumen kamenog ostatka iza eksploatacije a-g kamena

Na površinskom kopu a-g kamena ‘‘Kusačko brdo‘‘ nalaze se hrpe kamenog ostatka zaostalog nakon dosadašnje eksploatacije a-g kamena. Kameni ostatak će se koristiti kao sirovina za dobivanje t-g kamena. Ukupno se šest hrpa sirovine za dobivanje t-g kamena nalazi odloženo na lokaciji površinskog kopa. Na slici 5-4 prikazane su hrpe na 2D situaciji postojećeg stanja dok su količine sirovine na pojedinoj hrpi prikazane u tablici 5-3.

Nakon korekcije izračunatog volumena kamenog ostatka s popravnim koeficijentom i eksploatacijskim gubitkom dobije se volumen eksploatacijskih rezervi koji iznosi 2 158 m^3.



Slika 5-4 Situacija postojećeg stanja sa prikazom hrpa kamenog ostatka, M 1:1 000

Tablica 5-3 Bilančne i eksploatacijske rezerve kamenog ostatka

Hrpe	Ukupne količine kamenog ostatka	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gubici 2%	Volumen ekspoalatcijskih rezervi m^3
		Popravni koef.	Količine, m^3		
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x2%	(6)=(4)-(5)
1	281	0,95	267	5,339	262
2	213	0,95	202	4,047	198
3	214	0,95	203	4,066	199
4	682	0,95	648	12,958	635
5	534	0,95	507	10,146	497

6	394	0,95	374	7,486	367
Ukupno	2 318		2 202		2 158

5.6. Procjena troškova tehničke sanacije

U sklopu tehničke sanacije provodit će se eksploatacija a-g kamena i preradu kamenog ostatka nastalog eksploatacijom a-g kamena u svrhu dobivanja t-g kamena.

Gospodarska vrijednosna ocjena ležišta arhitektonsko-građevnog kamena "Kusačko brdo", bit će izražena temeljem iskazanih prodajnih srednjih cijena blokova svih kategorija i kamenog otpada (tehničko-građevnog kamena). Prosječna prodajna cijena 1m^3 bloka iznosi 2958 kn, a prosječna prodajna cijena 1 m^3 kamenog ostatka (tehničko-građevnog kamena) iznosi 30,35 kn (Galić, 2009).

Ocjena vrijednosti arhitektonsko-građevnog kamena predviđenog za eksploataciju u okviru sanacije površinskog kopa ''Kusačko brdo'' iskazana je prema obrascu:

$$D_{agk} = (V_{agk} - T_{agk}) \bullet Q_{agk}$$

gdje je:

D_{agk} - uvjetna vrijednost ležišta iskazana kroz dobit, izražena u novčanim jedinicama;

V_{agk} - prosječna vrijednost jedinice proizvoda (2 958 kn /m^3);

T_{agk} - prosječni troškovi proizvodnje korisne komponente (2 655 kn/m^3);

Q_{agk} - eksploatacijske rezerve mineralne sirovine (12 995 m^3);

$$D_{agk} = (2\,958\text{-}2\,655) \bullet 12\,995 = 3\,937\,632 \text{ kn}$$

Izračunata uvjetna vrijednost arhitektonsko-građevnog kamena predviđenog za eksploataciju u okviru sanacije površinskog kopa ''Kusačko brdo'', iskazana kroz dobit arhitektonsko-građevnog kamena, bez vremenskog faktora iznosi 3 937 632 kn.

Ocjena vrijednosti t-g kamena predviđenog za eksploataciju u okviru sanacije površinskog kopa ''Kusačko brdo'' iskazana je prema obrascu:

$$D_{tgk} = (V_{tgk} - T_{tgk}) \bullet Q_{tgk}$$

gdje je:

D_{tgk} - uvjetna vrijednost ležišta iskazana kroz dobit, izražena u novčanim jedinicama;

V_{tgk} - prosječna vrijednost jedinice proizvoda (30,35 kn/m^3);

T_{tgk} - prosječni troškovi proizvodnje korisne komponente (18,97 kn/m^3);

Q_{tgk} - eksploatacijske rezerve mineralne sirovine (95 257 m^3);

$$D_{tgk} = (30,35 – 18,97) \bullet 95\ 257 = 1\ 084\ 030 \text{ kn}$$

Izračunata uvjetna vrijednost t-g kamena predviđenog za eksploataciju u okviru sanacije površinskog kopa ''Kusačko brdo'', iskazana kroz dobit tehničko-građevnog kamena, bez vremenskog faktora iznosi 1 084 030 kn.

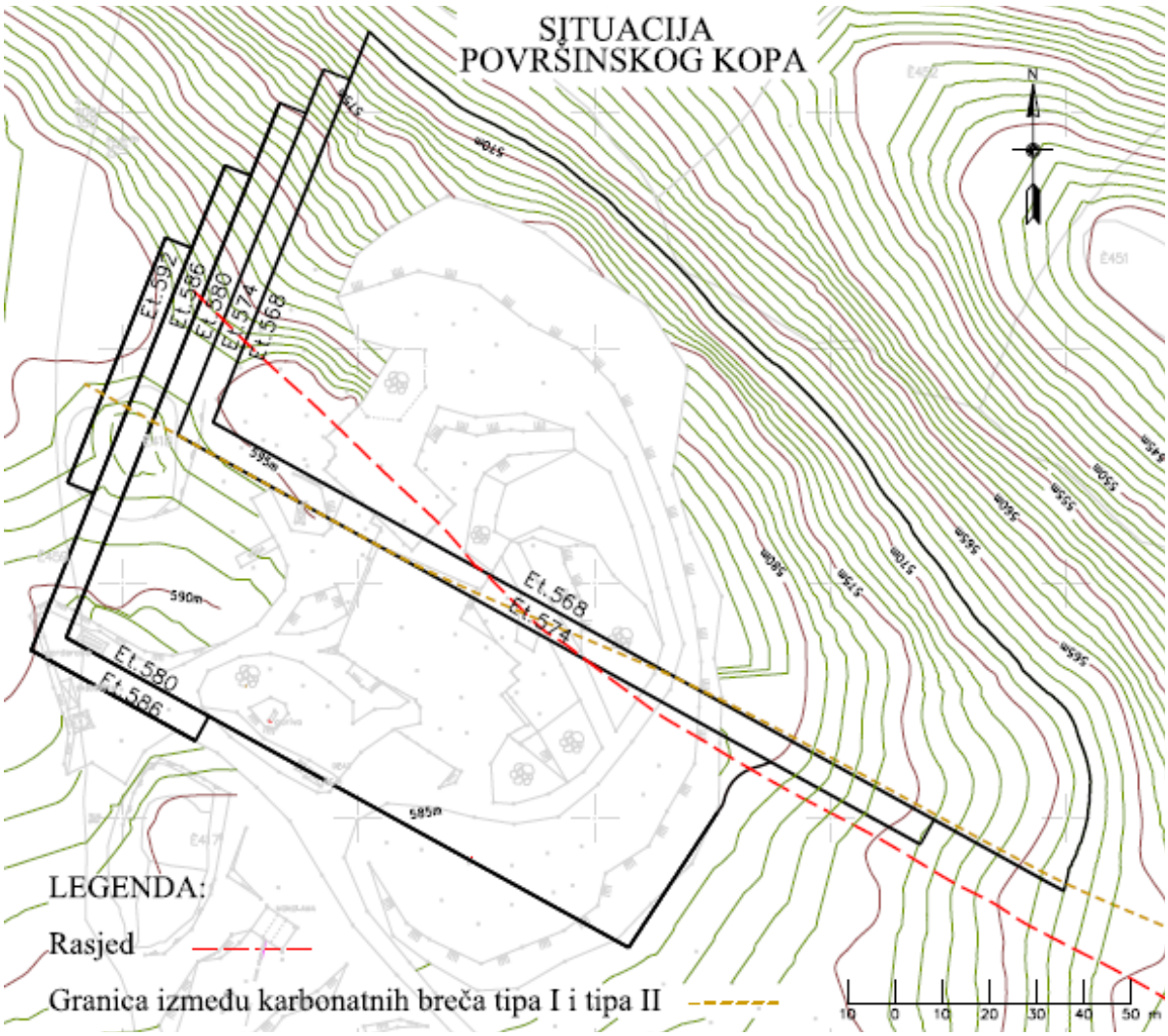
Ukupna uvjetna vrijednost a-g i t-g kamena predviđenog za eksploataciju u okviru sanacije površinskog kopa ''Kusačko brdo'', iskazana kroz dobit arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena, bez vremenskog faktora iznosi 5 021 662 kn.

Provedeni proračuni uvjetne vrijednosti a-g i t-g kamena predviđenog za eksploataciju u okviru sanacije ukazuju na to da se može ostvariti i određena dobit provedbom tehničke sanacije, što predstavlja poticaj lokalnim tvrtkama za izvođenje sanacijskih radova.

Treba napomenuti da je određeni dio dobiti potrebno potrošiti pri biološkoj sanaciji površinskog kopa koja u ovom diplomskom radu nije razmatrana.

6. DALJNJA EKSPLOATACIJA A-G KAMENA

Predložena je daljnja eksploatacija a–g kamena u ekonomski najzanimljivijem dijelu ležišta u kojem prevladavaju naslage karbonatnih breča tipa I (Slika 6-1).



Slika 6-1 Situacija površinskog kopa te granicom između karbonatnih breča tipa I i tipa II M 1:1.500

Projektirani površinski kop a-g kamena se sastoji od 5 etaža (Slika 6-1):

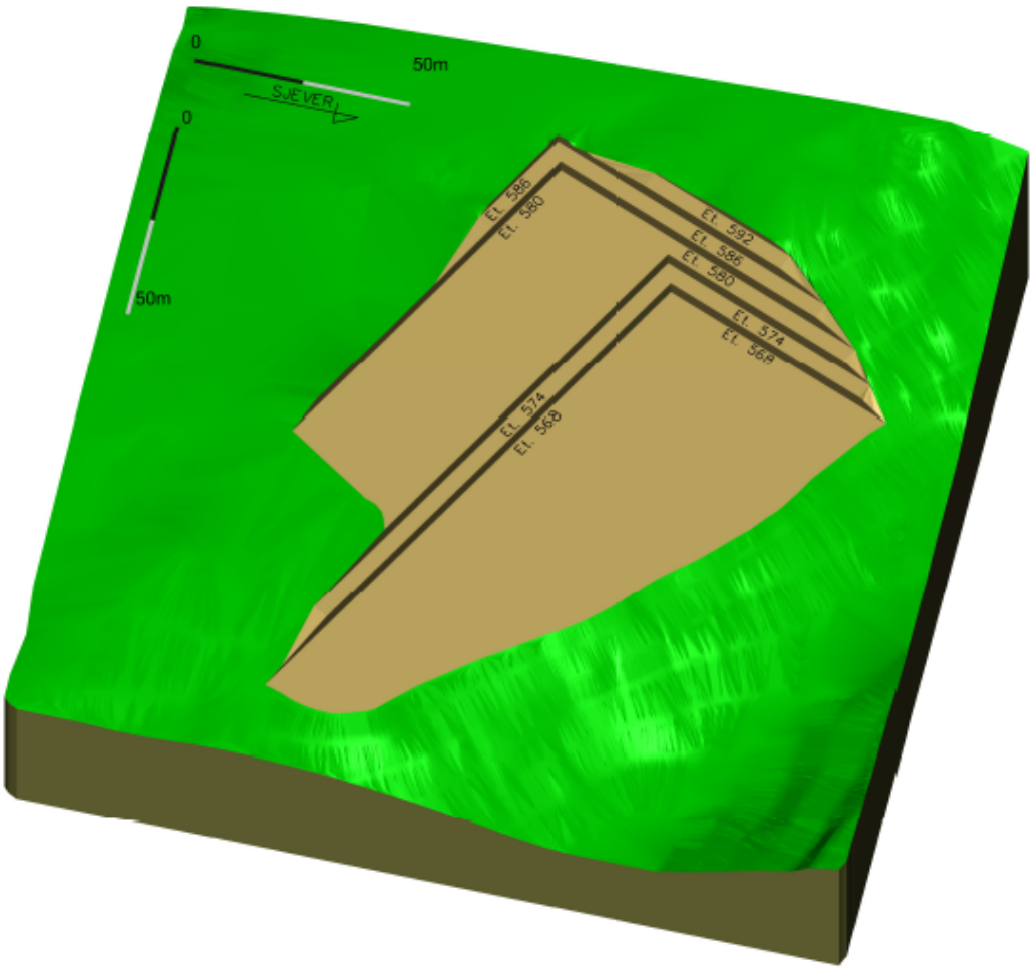
- etaža 568 (osnovnog platoa) – visine 6 m,
- etaže 574 – visine 6 m,
- etaže 580 – visine 6 m,
- etaže 586 – visine 6 m,
- etaže 592 – visine max. 3 m.

Širina etažnim ravnina iznosi 6 metara. Etažom 592 se uklanja površinski trošni dio stijene.

6.1. MODEL ZAVRŠNIH KONTURA POVRŠINSKOG KOPA

U sklopu prijedloga daljnje eksploatacije a-g kamena na sjevernom dijelu ležišta izrađen je model površinskog kopa na temelju nacrta površinskog kopa koji je prikazan na slici 6-2. Površinski kop se nastavlja na sanacijski kop, te pružanjem prati granicu naslaga karbonatnih breča tipa I i tipa II kao što je prikazano na slici 6-1.

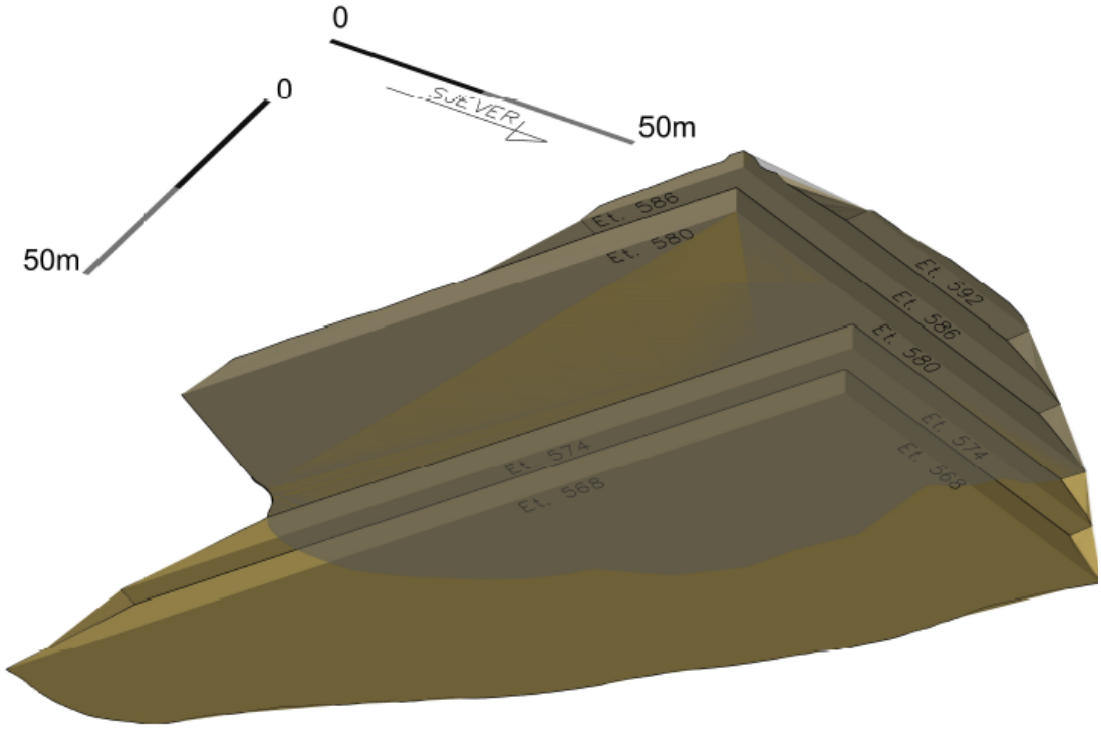
Kako bi se mogao izraditi model površinskog kopa (Slika 6-3 i Slika 6-4) crte pojedinih etaža podignute su na odgovarajuću visinu, a dno i vrh etaže su međusobno odmaknuti za 10 cm kako bi se dobio kut manji od 90° pošto se okomite površine zbog ograničenosti matematičko-trigonometrijskih operacija ne mogu triangulirati.



Slika 6-2 3D model površinskog kopa a-g kamena u sklopu daljnje eksploatacije ležišta "Kusačko brdo"

6.2. Proračun volumena stijenske mase u kopu nakon sanacije

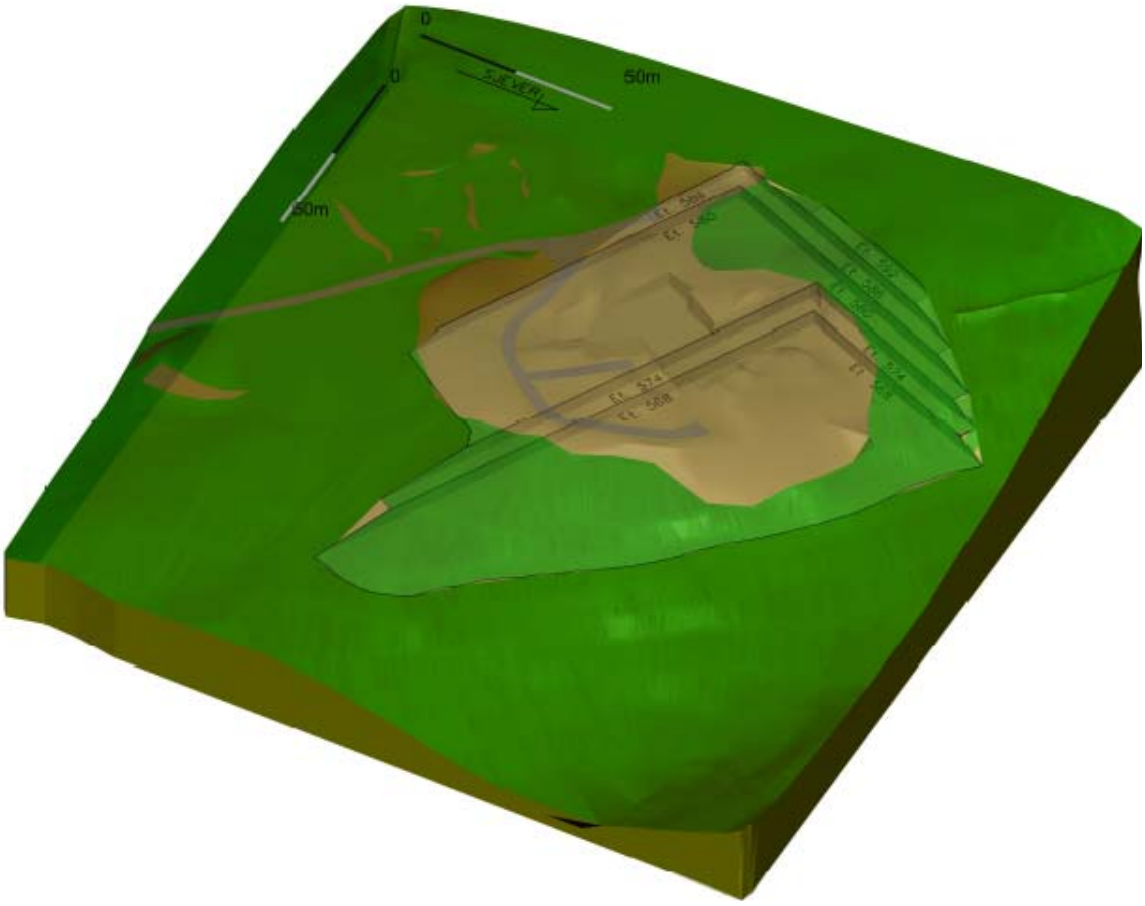
Volumen stijenskog materijala koji bi se otkopao u sklopu daljnje eksploatacije modeliranim površinskim kopom jednak je razlici između volumena stijenskog materijala unutar površinskog kopa i volumena stijenskog materijala unutar saniranog površinskog kopa pošto je taj dio eksploatiran tijekom sanacije (Slika 6-4).



Slika 6-3 Prikaz sanacije i daljnje eksploatacije

Volumen stijenskog materijala koji se nalazi unutar projektiranog površinskog kopa za daljnju eksploataciju a-g kamena proračunava se naredbom Evaluation pa Volume te na kraju Triangulate Volume. U izborniku se izabere površinu početnog stanja pod Original te površinu krajnjeg stanja pod Design. Pritisne se Add, te Apply i na taj način proračuna obujam. U rezultatima izračuna, Cut predstavlja obujam otkopanog materijala, Fill obujam nasipanog materijala, a Net je razlika. Za površinu početnog stanja uzeta je triangulacija postojećeg stanja koja se sastoji od triangulacije terena i postojećeg površinskog kopa, a za površinu krajnjeg stanja uzeta je triangulacija predloženog površinskog kopa.

Presjecanjem modela postojećeg stanja sa modelom površinskog kopa (Slika 6-4) dobivena je količina stijenske mase koju je potrebno iskopati, a izražena je u m^3. Dobiveni volumen stijenske mase iznosi 245 276 m^3.



Slika 6-4 Prikaz modela završnih kontura površinskog kopa i modela postojećeg stanja

Od volumena stijenskog materijala koji se nalazi unutar projektiranog površinskog kopa za daljnju eksploataciju a-g kamena oduzmemo volumen stijenskog materijala koji se eksploatira sanacijom postojećeg stanja kako bi dobili volumen stijenske mase koja će se eksploatirati u sklopu eksploatacije karbonatnih breča tipa I te iznosi 127 669 m^3.

6.3. Bilančne i eksploatacijske rezerve nakon sanacije

U ležištu arhitektonsko-građevnog kamena "Kusačko brdo" postoji površinska jalovina koje ima vrlo malo, pa slijedom toga i nije rađen njezin zasebni obračun. Jalovina (kameni ostatak) u stijenskoj masi prikazan je kroz popravni koeficijent od 0,13. Iznos popravnog koeficijenta utvrđen je temeljem pokazatelja dosadašnje eksploatacije i istražnog bušenja arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Kusačko brdo" (Galić,2010).

Kameni ostatak dobiven prilikom eksploatacije blokova i tombolona arhitektonsko-građevnog kamena, poradi svojih fizičko-mehaničkih značajki, koristiti će se kao sirovina za tehničko-građevni kamen (razne vrste agregata za raznoliku uporabu), te kao lomljenac.

Usvojimo li popravni koeficijent od 0,13 volumen a-g kamena (bilančne rezerve) koji bi se eksploatirao u sklopu predložene sanacije iznosi 16 597 m^3, a volumen jalovine koja bi se koristila kao sirovina za tehničko-građevni kamen iznosi 111 072 m^3.

6.3.1. Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena u kopu nakon sanacije

Uvjeti eksploatacije a-g kamena su isti kao i kod sanacije postojećeg stanja površinskog kopa, te se daljnji proračuni izvode s istim popravnim koeficijentom (0,13) i eksploatacijskim gubitkom (15%).

Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi je prikazan u tablici 6-1.

Tablica 6-1 Bilančne i eksploatacijske rezerve a-g kamena nakon sanacije

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gubici 15%	Ekspoatacijske rezerve m^3	Udio %
		Popravni koef.	Količine, m^3			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x15%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	0	0,13	0	0	0	
B	127 669	0,13	16 597	2 490	14 107	100%
C_1	0	0,13	0	0	0	
Ukupno			16 597	2 490	14 107	

Volumen eksploatacijskih rezervi a-g kamena iznosi 14 107 m^3.

6.3.2. Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena u kopu nakon sanacije

Uvjeti eksploatacije t-g kamena su isti kao i kod sanacije postojećeg stanja površinskog kopa, te se daljnji proračuni izvode s istim popravnim koeficijentom (0,95) i eksploatacijskim gubitkom (2%). Proračun bilančnih i eksploatacijskih rezervi je prikazan u tablici 6-2.

Tablica 6-2 Bilančne i eksploatacijske rezerve t-g kamena nakon sanacije

Kategorija rezervi	Ukupne količine za bilančne rezerve	Bilančne rezerve		Eksploatacijski gubici 2%	Ekspoatacijske rezerve m^3	Udio %
		Popravni koef.	Količine, m^3			
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)=(4)x2%	(6)=(4)-(5)	(7)
A	0	0,95	0	0	0	
B	111 072	0,95	105 518	2 110	103 408	100%
C_1	0	0,95	0	0	0	
Ukupno			105 518	2 110	103 408	

Volumen eksploatacijskih rezervi t-g kamena iznosi 103 408 m^3.

6.4. Procjena statičke vrijednosti ležišta

Gospodarska vrijednosna ocjena ležišta arhitektonsko-građevnog kamena "Kusačko brdo", bit će izražena temeljem iskazanih prodajnih srednjih cijena blokova svih kategorija i kamenog otpada (tehničko-građevnog kamena). Prosječna prodajna cijena 1 m^3 bloka iznosi 2958 kn, a prosječna prodajna cijena 1 m^3 kamenog ostatka (tehničko-građevnog kamena) iznosi 30,35 kn (Galić, 2010).

Ocjena vrijednosti arhitektonsko-građevnog kamena predviđenog za eksploataciju u sklopu projektiranog površinskog kopa iskazana je prema obrascu:

$$D_{agk} = (V_{agk} - T_{agk}) \bullet Q_{agk} \qquad (1)$$

gdje je:

D_{agk} - uvjetna vrijednost ležišta iskazana kroz dobit, izražena u novčanim jedinicama;

V_{agk} - prosječna vrijednost jedinice proizvoda (2 958 kn /m^3);

T_{agk} - prosječni troškovi proizvodnje korisne komponente (2 655 kn/m^3);

Q_{agk} - eksploatacijske rezerve mineralne sirovine (14 107 m^3);

$$D_{agk} = (2\,958\text{-}2\,655) \bullet 14\,107 = 4\,274\,560 \text{ kn} \qquad (2)$$

Izračunata uvjetna vrijednost arhitektonsko-građevnog kamena predviđenog za eksploataciju u sklopu projektiranog površinskog kopa, iskazana kroz dobit arhitektonsko-građevnog kamena, bez vremenskog faktora iznosi 4 274 560 kn.

Ocjena vrijednosti t-g kamena predviđenog za eksploataciju u sklopu projektiranog površinskog kopa iskazana je prema obrascu:

$$D_{tgk} = (V_{tgk} - T_{tgk}) \bullet Q_{tgk}$$

gdje je:

D_{tgk} - uvjetna vrijednost ležišta iskazana kroz dobit, izražena u novčanim jedinicama;

V_{tgk} - prosječna vrijednost jedinice proizvoda (30,35 kn/m^3);

T_{tgk} - prosječni troškovi proizvodnje korisne komponente (18,97 kn/m^3);

Q_{tgk} - eksploatacijske rezerve mineralne sirovine (103 408 m^3);

$$D_{tgk} = (30{,}35 - 18{,}97) \bullet 103\,408 = 1\,176\,786 \text{ kn}$$

Izračunata uvjetna vrijednost t-g kamena predviđenog za eksploataciju u u sklopu projektiranog površinskog kopa, iskazana kroz dobit tehničko-građevnog kamena, bez vremenskog faktora iznosi 1 176 786 kn.

Ukupna uvjetna vrijednost a-g i t-g kamena predviđenog za eksploataciju u sklopu projektiranog površinskog kopa, iskazana kroz dobit arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena, bez vremenskog faktora iznosi 5 451 346 kn.

7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu prikazano je eksploatacijsko polje a-g kamena "Kusačko brdo" te je izrađen model postojećeg stanja, model sanacije postojećeg stanja, te model eksploatacije karbonatnih breča tipa I.

Površinska eksploatacija najčešće za posljedicu ima znatno izmjenjene vizure krajolika u odnosu na krajolik prije početka eksploatacije, a mogući su i ostali štetni utjecaji kao što su onečišćenje zraka i vode. Kako bi se osigurala odgovarajuća sanacija, namjena i preoblikovanje prostora nakon završetka rudarske djelatnosti trebali bi biti poznati čak i prije početka radova, a sigurno u fazi eksploatacije.

Kako bi se lokacija površinskog kopa a-g kamena "Kušačko brdo" ponovo vratila u estetski i ekološki prihvatljivo stanje nužno je da se provede tehnička i biološka sanacija. U sklopu ovog diplomskog rada pažnja se posvetila tehničkoj sanaciji koja predstavlja oblikovanje površinskog kopa u kojem se eksploatira a-g kamen, dok se iz jalovine dobiva t-g kamen.

Provedeni proračuni uvjetne vrijednosti a-g i t-g kamena predviđenog za eksploataciju u okviru sanacije ukazuju na to da se može ostvariti i određena dobit provedbom tehničke sanacije, što predstavlja poticaj lokalnim tvrtkama za izvođenje sanacijskih radova. Treba napomenuti da je određeni dio dobiti potrebno potrošiti pri biološkoj sanaciji površinskog kopa koja u ovom diplomskom radu nije razmatrana.

U novije vrijeme se, zahvaljujući razvoju računalne tehnike, u rudarstvu sve više koriste namjenski programi za grafički dizajn kao što je Power InRoads koji je korišten pri izradi ovog diplomskog rada. Ovi programi omogućuju jednostavniju i bržu izradu dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih modela postojećeg stanja i rudarskih zahvata u prostoru, te dobivanje njihovog boljeg i jasnijeg prikaza.

8. LITERATURA

DRAGIČEVIĆ, I., GALIĆ, I., VRANJKOVIĆ, A., GALIĆ, M., 2009., Elaborat o rezervama arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Kusačko Brdo“. Široki Brijeg: „Proin21“.

GALIĆ, I., 2004., Glavni rudarski projekt eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Kusačko Brdo“. Široki Brijeg: „Proin21“.

RAIĆ, V., AHAC, A., PAPEŠ, J., 1976. Osnovna geološka karta, List Imotski (K33-23), Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod Beograd.

ŠPANJOL, Ž., ROSAVEC, R., GALIĆ, I., 2015., Sanacija degradiranih terena, Sanacija površinskih kopova., Zagreb: Šumarski fakultet.

SOLDO, I., 2016., Modeliranje sanacije površinskih kopova boksita na primjeru ležišta „Tribošić“ kod Širokog Brijega. Diplomski rad, Rudarsko geološko naftni fakultet Zagreb

GALIĆ, I., FARKAŠ, B., HAJSEK, D., 2011., Idejni projekt sanacije eksploatacijskog polja „Pregrada 2“. Zagreb: Rudarsko-geološkonaftni fakultet.