Tehničko-ekonomska analiza mogućnosti iskorištenja kamenog ostatka na ležištu Ljut

Džida, Dorian

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:169:069322

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

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







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

TEHNIČKO – EKONOMSKA ANALIZA MOGUĆNOSTI ISKORIŠTENJA KAMENOG OSTATKA NA LEŽIŠTU LJUT

Diplomski rad

Dorian Džida
R-228

Zagreb, 2021

KLASA: 602-04/21-01/10
URBROJ: 251-70-03-21-2
U Zagrebu, 08.02.2021.

Dorian Džida, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/10, UR. BROJ: 251-70-11-21-1 od 01.02.2021. godine priopćujemo temu diplomskog rada koja glasi:

TEHNIČKO –EKONOMSKA ANALIZA MOGUĆNOSTI ISKORIŠTENJA KAMENOG OSTATKA NA LEŽIŠTU LJUT

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o diplomskom ispitu izv. prof. dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Ivo Galić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Doc. dr. sc. Dubravko Domitrović

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

(titula, ime i prezime)

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko – geološko – naftni fakultet

Diplomski rad

TEHNIČKO – EKONOMSKA ANALIZA MOGUĆNOSTI ISKORIŠTENJA KAMENOG OSTATKA NA LEŽIŠTU „LJUT“

Dorian Džida

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko – geološko – naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku

Sažetak

U ovom diplomskom radu opisane su mogućnosti iskorištenja kamenog ostatka na ležištu „Ljut“ na poluotoku Pelješcu. Opisana je odabrana varijanta podzemnog kopa prema idejnom projektu, te su sukladno eksploatacijskim rezervama odabrane varijante izrađena tri modela iskorištenja kamenog ostatka. Za svaki model izračunati su troškovi utovara, transporta i prerade i na osnovu njih formirana je proizvodna cijena. Opisani su procesi i potrebna ulaganja za svaki model. Modeli su komparirani na temelju ekonomsko – tržišne ocjene, te je odabran model koji daje optimalni rezultate tehničko – ekonomske analize.

Ključne riječi: varijanta, rezerve, model, transport, prerada, ploče, dobit.

Diplomski rad sadrži: 88 stranice, 49 tablica, 19 slika i 7 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

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

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

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, izv. prof. RGNF
Dr sc. Davor Pavelić, red. prof. RGNF
Dr.sc. Tomislav Korman, docent RGNF

Datum obrane: 12.2.2021., Rudarsko – geološko – naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

TECHNO – ECONOMIC ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF USING THE STONE RESIDUE ON THE "LJUT" DEPOSIT

Dorian Džida

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

Abstract

This Master's thesis describes the possibilities of using the stone residue on the deposit "Ljut" on the Pelješac peninsula. The selected variant of the underground mine according to the preliminary design is described and in accordance with the exploitation reserves of the chosen variant, three models of the stone residue utilization were made. Costs of loading, transport and technological process were calculated for each model. Also, processes and required investments for each model were described and production price was formed. All three models were compared and and based on the economic – market assessment. A model that gives most optimal results of techno – economical analysis was chosen.

Keywords: variant, reserves, model, transport, process, slabs, profit

Thesis contains: 88 pages, 49 tables, 19 figures and 7 references.

Original in: Croatian

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

Supervisor: Full Professor Ivo Galić, PhD

Reviewers: Full Professor Ivo Galić, PhD
Full Professor Davor Pavelić, PhD
Assistant Professor Tomislav Korman, PhD

Date of defense: February 12. 2021., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD ..... - 1 -
2. OSNOVNE ZNAČAJKE ISTRAŽNOG POLJA „LJUT“ ..... - 2 -
2.1. Zemljopisni položaj ..... - 2 -
2.2. Opći podatci o ležištu „Ljut“ ..... - 3 -
2.2.1. Hidrografske i klimatske značajke ..... - 4 -
2.2.2. Geološke značajke ležišta ..... - 5 -
2.3. Istražni radovi ..... - 5 -
2.4. Podatci o vrsti, kakvoći i količini mineralne sirovine ..... - 6 -
2.4.1. Vrsta mineralne sirovine ..... - 6 -
2.4.2. Količina mineralne sirovine 9
2.4.3. Kakvoća mineralne sirovine 9
3. TEHNOLOGIJA EKSPLOATACIJE MINERALNE SIROVINE 10
3.1. Ograničenja eksploatacijskog polja 11
3.2. Idejna rješenja najpovoljnije varijante eksploatacije 11
3.3. Analiza varijanata eksploatacije 12
3.4. Odabir najpovoljnije varijante eksploatacije 19
3.5. Kratki opis odabrane varijante eksploatacije 19
3.6. Eksploatacijske rezerve a-g i t-g kamena prema odabranoj varijanti 23
4. MOGUĆNOSTI ISKORIŠTENJA KAMENOG OSTATKA 24
4.1. Idejna rješenja najpovoljnijeg modela iskorištenja kamenog ostatka 24
4.2. Odabir lokacije postrojenja za preradu kamenog ostatka 25
4.3. Izračun troškova utovara, transporta na deponij pogona „Sreser“ 28
4.3.1. Režim rada 29
4.3.2. Količina mineralne sirovine 29
4.3.3. Tehnološki proces transporta 30
4.3.4. 1. Utrošak energenata i potrošnog materijala za transport kamenog ostatka 32
4.3.4.2. Utrošak energenata i potrošnog materijala za transport blokova a-gk 35
4.3.5. Prikaz dodatnih ulaganja u mehanizaciju i opremu za transport 37
4.3.6. Prikaz učinka u transportu 38
4.4. Prikaz ukupnih troškova transporta 40
5. ANALIZA MODELA PRERADE KAMENOG OSTATKA PRILIKOM EKSPLOATACIJE A-GK NA PODZEMNOM KOPU LJUT 42
5.1. MODEL A – prerada kamenog ostatka u tehničko – građevni kamen 42
5.1.1. Lokacija pogona za proizvodnju t-gk 42
5.1.2. Režim rada 43

5.1.3. Količina mineralne sirovine ... 43
5.1.4. Tehnološki proces - modela A ... 44
5.1.5. Utrošci proizvodnje ... 44
5.1.6. Dodatna ulaganja za realizaciju modela A ... 49
5.1.7. Prikaz učinka u preradi kamenog ostatka ... 50
5.1.8. Prikaz ukupnih troškova prerade kamenog ostatka u t-gk ... 51
5.1.9. Cijena proizvodnje tehničko – građevnog kamena u pogonu „Sreser“ ... 52
5.1.10. Proračun dobiti za model A ... 52
5.1.11. Ekonomko – tržišna ocjena ... 52
5.1.11.1. Izračun razdoblja povrata ... 53
5.1.11.2. Interna stopa rentabilnosti ... 53
5.2. MODEL B - proizvodnja ploča od umjetnog kamena sa popratnim postrojenjem za pripremu sirovine i proizvodnju t-g kamena ... 55
5.2.1. Proizvodnja umjetnog kamena ... 55
5.2.2. Lokacija pogona za proizvodnju ploča od umjetnog kamena i drobiličnog postrojenja za pripremu sirovine i proizvodnju t-gk ... 56
5.2.3. Količina kamenog ostatka i vrsta proizvoda ... 56
5.2.4. Tehnološki proces – MODEL B ... 57
5.2.5. Utrošak potrošnih materijala ... 60
5.2.5.1. Utrošak energenata ... 61
5.2.6. Prikaz ukupno potrebnih ulaganja za realizaciju modela B ... 61
5.2.7. Prikaz učinka u proizvodnji ploča ... 62
5.2.8. Prikaz učinka po pojedinim vrstama i fazama rada ... 62
5.2.9. Prikaz ukupnih troškova prerade kamenog ostatka u ploče umjetnog kamena ... 64
5.2.10. Cijena proizvodnje ploča umjetnog kamena u pogonu „Sreser“ ... 65
5.2.11. Proračun dobiti za model B ... 67
5.2.12. Ekonomsko – tržišna ocjena ... 68
5.2.12.1. Izračun razdoblja povrata ... 68
5.2.12.2. Interna stopa rentabilnosti ... 69
5.3. MODEL C – proizvodnja ploča od prirodnog kamena i ploča od umjetnog kamena sa popratnim postrojenjem za proizvodnju t-gk ... 70
5.3.1. Lokacija pogona za preradu a-g kamena ... 70
5.3.2. Količina ploča od prirodnog kamena ... 70
5.3.3. Tehnološki proces – model C ... 71
5.3.4. Utrošak energenata i potrošnih materijala ... 73
5.3.5. Prikaz ukupno potrebnih ulaganja za realizaciju modela C ... 75
5.3.6. Proračun učinka po pojedinim vrstama i fazama rada ... 76
5.3.7. Prikaz ukupnih troškova prerade prirodnog kamena ... 77

5.3.9. Cijena proizvodnje svih proizvoda u modelu C 78
5.3.10. Proračun dobiti za model C 79
5.3.10. Ekonomsko – tržišna ocjena 79
5.3.10.1. Izračun razdoblja povrata 80
5.3.10.2. Interna stopa rentabilnosti 81
6. KOMPARATIVNA ANALIZA PREDSTAVLJENIH MODELA 82
6.1. Usporedba visine investicijskih ulaganja 82
6.2. Usporedba visine godišnjih troškova 84
6.3. Usporedba srednje godišnja neto dobiti 85
6.4. Usporedba razdoblja povrata investicijskih troškova 86
6.5. Usporedba interne stope rentabilnosti 87
6.6. Odabir najprihvatljivijeg modela iskorištenja kamenog ostatka 88
7. ZAKLJUČAK 89
8. LITERATURA 90

POPIS SLIKA

Slika 2-1 Zemljopisni položaj istražnog prostora arhitektonsko-građevnog kamena "Ljut" topografska karta M 1: 25 000 (Galić, 2020) ..... - 3 -
Slika 2-2 Povezanost istražog polja „Ljut“ sa prometnom infrastrukturom poluotoka Pelješca ..... - 4 -
Slika 2-3 Situacijska i geološka karta ležišta arhitektonsko – građevnog kamena „Ljut“ ..... - 7 -
Slika 2-4 Legenda situacijske i geološke karte ležišta „Ljut“ ..... - 8 -
Slika 3-1Prostorni prikaz (3D) ležišta a-gk „Ljut“ 12
Slika 3-2 Završno stanje razvoja podzemnog kopa u prvoj varijanti 16
Slika 3-3 Znakoviti presjek završnog stanja podzemnog kopa u prvoj varijanti 16
Slika 3-4 Završno stanje razvoja podzemnog kopa u drugoj varijanti 17
Slika 3-5 Znakoviti presjeci završnog stanja podzemnog kopa u drugoj varijanti 18
Slika 3-6 Grafički prikaz razvoja podzemnog kopa po fazama (3D modeli) 22
Slika 4-1 Prikaz potencijalnih lokacija; GZ „Vardište“ (I1) i GZ „Vardište“ (I2) M 1 : 20 000 26
Slika 4-2 Lokacija zemljišta za smještaj pogona „Sreser“ za preradu kamenog ostatka 28
Slika 5-1 Segregacijska shema modela A (Orbanić, 2021) 44
Slika 5-2 Proces proizvodnje ploča od umjetnog kamena 59
Slika 6-1 Prikaz veličine investicijskih ulaganja po modelima A, B, C 83
Slika 6-2 Prikaz visine godišnjih troškova po modelima A, B i C 84
Slika 6-3 Prikaz srednje godišnje neto dobiti po modelima A, B, i C 85
Slika 6-4 Trajanje povrata investicijskih troškova u godinama za model A, B i C 86
Slika 6-5 Visina interne tope rentabilnosti prema modelima A, B i C 87

POPIS TABLICA

Tablica 2-1 Koordinate vršnih točaka istražnog prostora „Ljut“ (Galić i dr., 2020)..... - 2 -
Tablica 2-2 Potvrđene rezerve arhitektonsko – građevnog kamena u istražnom prostoru „Ljut“ (Pavelić i dr, 2020)..... 9
Tablica 2-3 Potvrđene rezerve tehničko – građevnog kamena u istražnom prostoru „Ljut“ (Pavelić i dr, 2020)..... 9
Tablica 3-1 Reducirana tablica rezultata grafo – analitičke analize varijanti (Galić i dr, 2020) 14
Tablica 3-2 Rezultati analize eksploatacijskih rezervi..... 18
Tablica 3-3 Eksploatacijske rezerve arhitektonsko - građevnog kamena, prema 2. varijanti (Galić i dr., 2020)..... 23
Tablica 3-4 Najmanja i najveća godišnja eksploatacija mineralne sirovine 23
Tablica 4-1 Raspored smjenskog, dnevnog, tjednog i godišnjeg vremena (Galić i dr., 2020)..... 29
Tablica 4-2 Proračun godišnjeg, dnevnog i satnog kapaciteta t-gk i a-gk 30
Tablica 4-3 Utrošak nafte u transportu kamenog ostatka..... 33
Tablica 4-4 Utrošak motornog ulja u transportu kamenog ostatka..... 33
Tablica 4-5 Utrošak diferencijalnog ulja u transportu kamenog ostatka 33
Tablica 4-6 Utrošak ostalih maziva u transportu kamenog ostatka..... 33
Tablica 4-7 Utrošak ostalih potrošnih materijala u transportu kamenog ostatka 34
Tablica 4-8 Prikaz godišnje potrošnje energenata i glavnog potrošnog materijala u tranportu kamenog ostatka 34
Tablica 4-9 Utrošak nafte u transportu a-gk..... 35
Tablica 4-10 Utrošak motornog ulja u transportu a-gk..... 35
Tablica 4-11 Utrošak diferencijalnog ulja u transportu a-gk 35
Tablica 4-12Utrošak ostalih maziva u transportu a-gk 35
Tablica 4-13 Utrošak potrošnog materijala u transportu a-gk..... 36
Tablica 4-14 Godišnji utrošak energenata i potrošnog materijala u transportu a-gk..... 36
Tablica 4-15 Dodatna ulaganja u strojeve i opremu za transport kamenog ostatka 37
Tablica 4-16 Dodatna ulaganja u strojeve za potrebe transporta blokova a-gk 38
Tablica 4-17 Ukupni troškovi utovara i transporta: kamenog ostatka, blokova a-gk..... 40
Tablica 5-1 Raspored smjenskog, dnevnog, tjednog i godišnjeg vremena (Galić, 2020)..... 43
Tablica 5-2 Utrošak nafte u preradi kamenog ostatka 46
Tablica 5-3 Utrošak motornog ulja u preradi kamenog ostatka 47

Tablica 5-4 Utrošak diferencijalnog ulja u preradi kamenog ostatka 47
Tablica 5-5 Utrošak ostalih maziva u preradi kamenog ostatka..... 47
Tablica 5-6 Utrošak glavnog potrošnog materijala u preradi kamenog ostatka 48
Tablica 5-7 Ukupan utrošak energenata i glavnog potrošnog materijala u preradi kamenog ostatka 48
Tablica 5-8 Dodatna ulaganja za realizaciju modela A 49
Tablica 5-9 Troškovi prerade kamenog ostatka u t-gk 51
Tablica 5-10 Proračun dobiti za model A 52
Tablica 5-11 Utrošak energenata u proizvodnji ploča od umjenog kamena 61
Tablica 5-12 Prikaz dodatnih ulaganja za realizaciju modela B 61
Tablica 5-13 Organizacija rada..... 62
Tablica 5-14 Prikaz ukupnih troškova prerade kamenog ostatka u ploče od umjetnog kamena 64
Tablica 5-15 Proračun dobiti za model B..... 67
Tablica 5-16 Utrošak električne energije za preradu blokova a-gk u ploče..... 73
Tablica 5-17 Utrošak nafte za preradu blokova a-gk u ploče..... 73
Tablica 5-18 Utrošak motornog ulja za preradu blokova a-gk u ploče..... 74
Tablica 5-19 Utrošak diferencijalnog ulja za preradu blokova a-gk u ploče 74
Tablica 5-20 Utrošak ostalih maziva za preradu blokova a-gk u ploče 74
Tablica 5-21 Utrošak potrošnog materijala za preradu blokova a-gk u ploče..... 74
Tablica 5-22 Utrošak energenata i glavnog potrošnog materijala za preradu blokova a-gk u ploče 75
Tablica 5-23 Prikaz ukupno potrebnih ulaganja za realizaciju modela C..... 75
Tablica 5-24 Ukupni troškovi prerade prirodnog kamena 77
Tablica 5-25 Proračun dobiti za model C..... 79

1. UVOD

Tema ovog diplomskog rada je analiza tri modela mogućnosti iskorištenja kamenog ostatka prilikom eksploatacije vapnenca i dolomita arhitektonsko – građevnog kamena (u nastavku: a-gk) na primjeru ležišta „Ljut“ koje se nalazi kod mjesta Osobjava na poluotoku Pelješac. U modelu A, razradit će se mogućnost iskorištenja kamenog ostatka za proizvodnju tehničko – građevnog kamena (u nastavku: t-gk). Model B predstavlja svojevrsnu nadogradnju modela A u smislu prerade dijela kamenog ostatka za proizvodnju ploča od umjetnog kamena. Model C, pak predstavlja nadogradnju na model B, u smislu iskorištenja kamenog ostatka za proizvodnju t-gk, umjetnih ploča, te obradu a-gk. U daljnjem radu potrebno je odrediti lokaciju za smještaj potrebnog postrojenja za sva 3 modela, odrediti transportne troškove, usporediti proizvodne procese, odrediti im cijene, te ih naposlijetku komparirati s obzirom na dobit koju ostvaruju. Prilikom izrade ovog diplomskog rada svi ulazni podatci naslanjat će se na Idejni projekt eksploatacije ležišta a-gk „Ljut“, rad stručnog tima RGNF-a kojeg je vodio odgovorni projektant izv. prof. dr. sc. Ivo Galić, dipl. ing. rud., koji je ujedno i mentor ovog diplomskog rada. Rad se oslanja i na osnovne podatke koji su obrađeni u temeljnom Elaboratu o rezervama a-gk i t-gk u istražnom prostoru „Ljut“, kojeg je također izradio stručni tim RGNF-a (Pavelić i dr., 2020). U ovome radu, iznijet će se prijedlog naj povoljnijeg modela iskorištenja kamenog ostatka, te će on biti u cilju održivog razvoja i opravdan prema sadašnjem stanju na tržištu, tj. u sadašnjim okvirima ponude i potražnje.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE ISTRAŽNOG POLJA „LJUT“

2.1. Zemljopisni položaj

Istražni prostor arhitektonsko – građevnog kamena „Ljut“ nalazi se u Dubrovačko – neretvanskoj županiji, na području Općine Janjina (Slika 2-1).

Istražni prostor, površine 6,0 ha, omeđen je spojnicama vršnih točaka od 1 do 5 (Tablica 2-1).

Tablica 2-1 Koordinate vršnih točaka istražnog prostora „Ljut“ (Galić i dr., 2020)

Broj vršne točke	**Koordinate točaka po HTRS96/TM sustavu, m**		**Dužina stranica, m**
	East (E)	**North (N)**	
1	574 411,38	4 758 009,85	
			249,42
2	574 202,17	4 758 145,65	
			195,00
3	574 308,49	4 758 309,11	
			331,99
4	574 586,96	4 758 128,35	
			85,03
5	574 538,90	4 758 058,20	
			136,38
1	574 411,38	4 758 009,85	
Površina		**6,0 ha**	

Ležište arhitektonsko-građevnog kamena u istražnom prostoru "Ljut" nalazi se u središnjem dijelu poluotoka Pelješca, uz njegovu sjeveroistočnu obalu. Mikrolokalno, ležište je oko 1 km zračne udaljenosti od zaseoka Osobjava u smjeru istok - sjeveroistoka, oko 5 km od Općine Janjina, a oko 33 km cestom od Stona. Ležište je brežuljkasto i

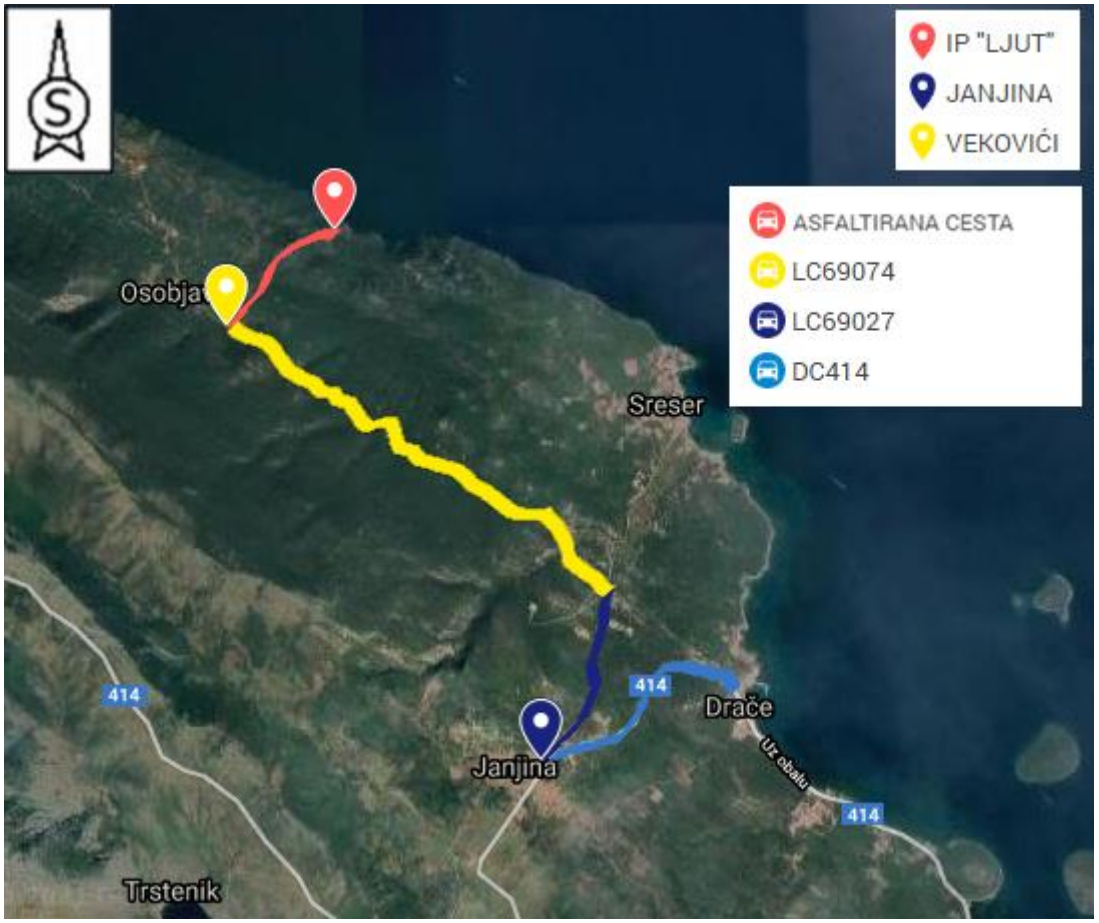
razvijenog reljefa, okršeno i mjestimično pokriveno makijom. Najniža kota nalazi se na 0 m n.m., a najviša na 75 m n.m. (Galić i dr., 2020).



Slika 2-1 Zemljopisni položaj istražnog prostora arhitektonsko-građevnog kamena "Ljut" topografska karta M 1: 25 000 (Galić, 2020)

2.2. Opći podatci o ležištu „Ljut“

Do istražnog polja „Ljut“ dolazi se asfaltiranom cestom, koja se spaja sa lokalnom cestom LC69074 kod zaseoka Vekovići. Ta se lokalna cesta preko lokalne ceste LC69027, spaja sa državnom cestom DC414 kod naselja Janjina (Slika 2-2).



Slika 2-2 Povezanost istražnog polja „Ljut“ s prometnom infrastrukturom poluotoka Pelješca (www.google.com/maps)

2.2.1. Hidrografske i klimatske značajke

Ležište Ljut smješteno je u podnožju brežuljka s vrhom viosine od 75 m n.m.

U morfološkom pogledu istražni prostor se nalazi u južnom dijelu Dalmacije, a teren oko istražnog prostora se sastoji od niza brežuljaka, neposredno uz obalu Jadranskog mora, s nagibom padina prema sjeveroistoku. Teren ima tipičnu kršku morfologiju s izraženom kavernoznošću stijenskih masa (Galić i dr., 2020).

Klimatski razmatrano cijelo područje istražnog područja je tipično mediteransko što karakterizira vruća i suha ljeta, dok su zime blage i bez snježnih oborina. Ukupna količina padalina, međutim, premašuje 1 200 mm (Galić i dr., 2020).

Ležište „Ljut“ nalazi se na području tipičnog krša. Stijenski masiv ispresjecan je sustavom pukotina koje omogućavaju oborinskoj vodi infiltraciju u podzemne dijelove ležišta. Iz tog razloga voda se ne zadržava na površini, te morska obala predstavlja prirodni dren oborinskoj vodi.

2.2.2. Geološke značajke ležišta

Ležište arhitektonsko-građevnog kamena nalazi se u srednje do vrlo debelim slojevima gornjokrednih karbonatnih stijena, u kojima se izdvajaju tri glavna litofacijesa: vapnenci i dolomiti. Ovi se litofacijesi vertikalno izmjenjuju, a kako je proces dolomitizacije bio nepravilan, prijelazi između vapnenaca i dolomita su i vertikalni i bočni. Naslage pripadaju prijelazu iz neformalne litostratigrafske jedinice Visočani vapnenac u Sumartin formaciju (Lukšić et al., 2008).

Visočani vapnenac (VV) predstavlja glavnu mineralnu sirovinu u ležištu. Zastupljen je debelo do vrlo debelo uslojenim rekristaliziranim i kristaliničnim rudistno-bioklastičnim floutstonima do radstonima izrazito svijetlosive do bijele boje (Pavelić i dr., 2020).

Strukturno-tektonske značajke ležišta relativno su jednostavne. Stijene pripadaju sjeveroistočnom krilu kredne antiklinale pružanja sjeverozapad-jugoistok. Smjer nagiba uslojenih vapnenaca i dolomita je prema sjeveroistoku, a kut nagiba između 35 i 55°. Na površini se može uočiti više sustava otvorenih i zatvorenih pukotina (Pavelić i dr., 2020).

2.3. Istražni radovi

Istražni radovi provedeni na istražnom prostoru „Ljut“, kako bi se klasificirale i kategorizirale rezerve, te izračunale količine a-gk i t-gk, su slijedeći (Pavelić i dr., 2020):

- geodetsko snimanje terena 1:1 000,
- geološka prospekcija šireg područja ležišta,
- korištenje podataka iz uvjerenja o ispitivanju arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena,

- bušenje deset istražnih bušotina na jezgru (B-1, B-2,B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9 i B-10) ukupne dužine 599,2 m,
- snimanje diskontinuiteta u istražnim bušotinama, bušotinskom kamerom, u dužini 320 m,
- izrada istražnog usjeka (U1), na koti 41 m n.m.,
- probno vađenje blokova arhitektonsko-građevnog kamena - u ležištu je oko 30 m^3 ukupne stijenske mase, od čega je oko 6 m^3 blokova iskorišteno za tehnološke probe,
- tehnološka proba rezanja blokova iz usjeka i jezgri iz bušotina.

2.4. Podatci o vrsti, kakvoći i količini mineralne sirovine

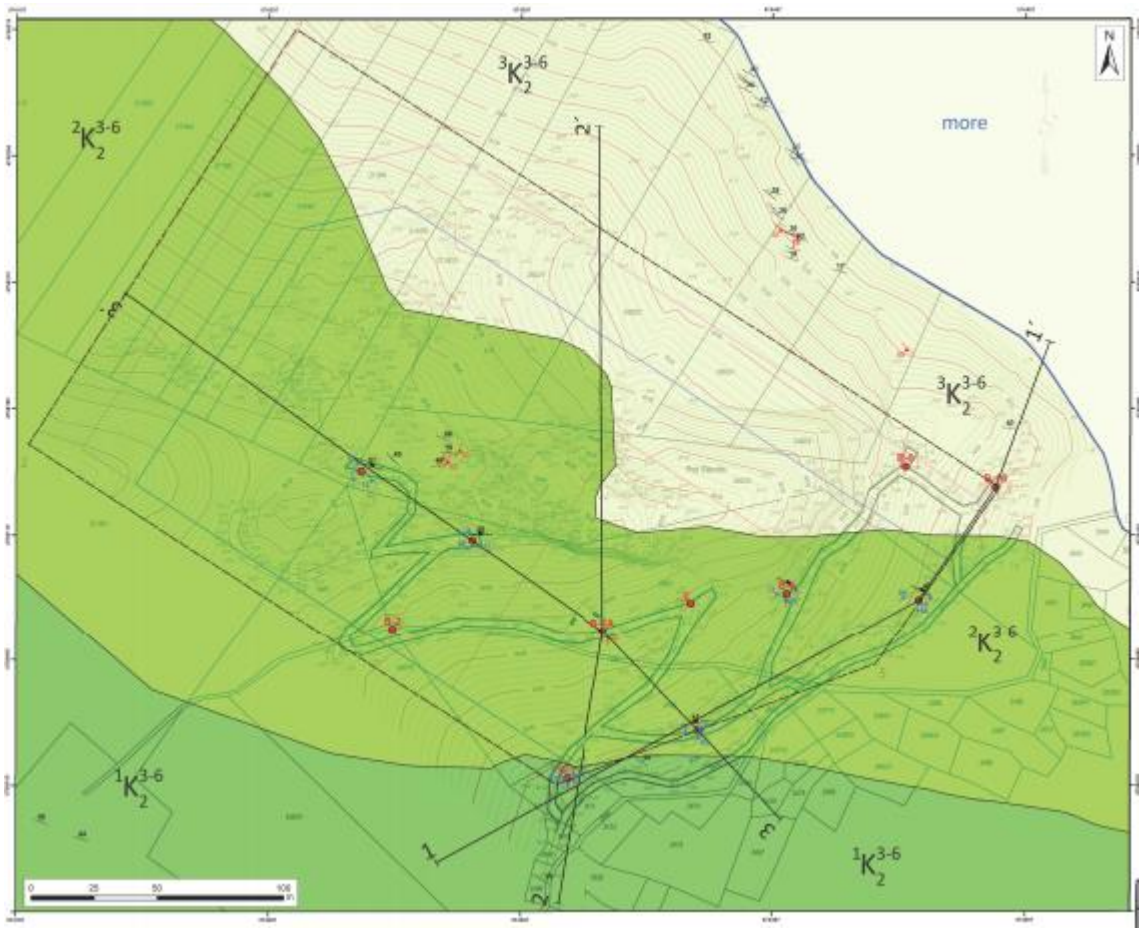
2.4.1. Vrsta mineralne sirovine

Stijene u ležištu Ljut su sedimentnog postanka i uslojene.

Arhitektonsko-građevni kamen u ležištu „Ljut“ javlja se u tri litološka tipa (dolomit, vapnenac i dolomitični vapnenac,) koji su utvrđeni kao produktivni slojevi, različite debljine, dobili su i komercijalne nazive (Pavelić i dr., 2020):

- Ragusa sivi (podinski sloj),
- Ragusa bijeli (glavni-središnji sloj),
- Ragusa modri (krovinski sloj).

U detaljnoj geološkoj karti, jasno se vide produktivni slojevi arhitektonsko – građevnog kamena (sivi, bijeli i modri) (Slika **2-3**).



Slika 2-3 Situacijska i geološka karta ležišta arhitektonsko – građevnog kamena „Ljut“ (Pavelić i dr., 2020).

Objašnjenje znakovlja i simbolike situacijske i geološke karte nalazi se u pripadajućoj legendi (Slika **2-4**).



Slika 2-4 Legenda situacijske i geološke karte ležišta „Ljut“ (Pavelić i dr., 2020)

2.4.2. Količina mineralne sirovine

Potvrđene rezerve arhitektonsko – građevnog kamena i tehničko – građevnog kamena u istražnom polju „Ljut“(Tablica 2-1, Tablica 2-3) .

Tablica 2-2 Potvrđene rezerve arhitektonsko – građevnog kamena u istražnom prostoru „Ljut“ (Pavelić i dr, 2020).

KOLIČINA REZERVI MINERALNE SIROVINE (m^3)				
Klasa Kategorija	**Bilančne rezerve**	**Izvanbilančne rezerve**	**Ukupne rezerve**	**Eksploatacijske rezerve**
A	-	-	-	-
B	222 611	67 838	290 449	200 350
C_1	38 202	94 387	132 590	34 382
A+B+C_1	**260 813**	**162 225**	**423 038**	**234 732**

Tablica 2-3 Potvrđene rezerve tehničko – građevnog kamena u istražnom prostoru „Ljut“ (Pavelić i dr, 2020).

KOLIČINA REZERVI MINERALNE SIROVINE (m^3)				
Klasa Kategorija	**Bilančne rezerve**	**Izvanbilančne rezerve**	**Ukupne rezerve**	**Eksploatacijske rezerve**
A	-	-	-	-
B	799 438	243 618	1 043 056	775 455
C_1	137 191	428 498	565 688	133 075
A+B+C_1	**936 629**	**672 115**	**1 608 744**	**908 530**

2.4.3. Kakvoća mineralne sirovine

Provedena je metoda uzorkovanja, te analiziranjem rezultata laboratorijskih ispitivanja fizičko - mehaničkih značajki, kemijske čistoće i mineraloško - petrografskog sastava, zaključeno je da je analizirani kamen srednje visoke tlačne čvrstoće, umjerene poroznosti s malim do umjerenim upijanjem vode. Prema otpornosti na habanje kamen je umjereno tvrd, a po prostornoj masi, težak.

Na temelju dobivenih rezultata ocjenjuje se da je kamen vrlo visoke kvalitete te se može kao arhitektonsko - građevni kamen primijeniti (Pavelić i dr., 2020):

- za vertikalne obloge,
- za oblaganje objekata,
- za horizontalna popločenja pješačkih površina,

- za izradu klupica stepenica, pragova, bunja, ciklopa i klesarskih elemenata,
- za proizvodnju blokova i cijepanog kamena,
- za grubu arhitekturu,
- za gaterske ploče, masivne kamene elemente i zidanje kamenom i za slične namjene.

Određivanjem kvalitete tehničko-građevnog kamena u Istražnom prostoru „Ljut“, kod Osobjave na poluotoku Pelješac utvrdilo se da mineralna sirovina zadovoljava uvjete za proizvodnju (Pavelić i dr., 2020):

- Drobljenog kamenog granulata za izradu betona, (HRN EN 12620:2008 i Tehnički propis za betonske konstrukcije, NN 139/09, 14/10, 125/10 i 136/12),
- Agregat za bitumenske mješavine i površinsku obradu cesta, aerodromskih pista i drugih prometnih površina (HRN EN 13043),
- Kamenog granulata za nevezane i hidrauličkim vezivom vezane materijale za upotrebu u građevinarstvu i cestogradnji (HRN EN 13242:2008. i OTU-Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Knjiga III, Zgb 2001.),
- Kamenog granulata za mort (HRN EN 13139:2003/AC:2006).

3. TEHNOLOGIJA EKSPLOATACIJE MINERALNE SIROVINE

3.1. Ograničenja eksploatacijskog polja

Ograničenje eksploatacijskih radova (polja) ovisi o (Galić i dr., 2020):

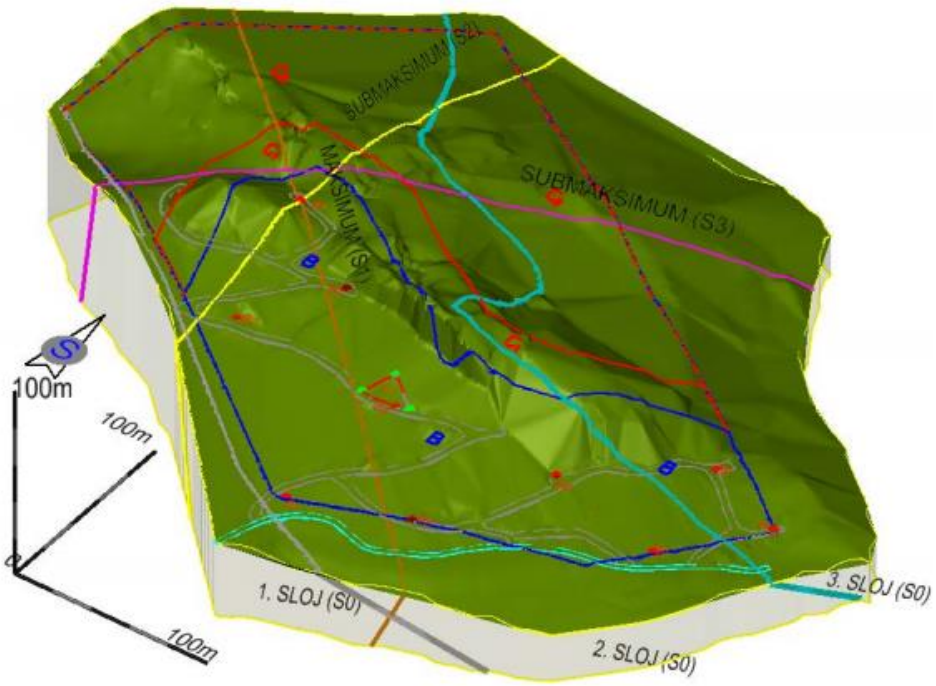
- Odobrenim rezervama,
- Utjecaju na okoliš,
- Fizičko – mehaničkim značajkama stijena,
- Tehničko tehnološkim uvjetima eksploatacije,
- Odredbama Prostornog plana Dubrovačko – neretvanske županije (u daljnjem tekstu PP DNŽ) i Prostornog plana uređenja Općine Janjina (u daljnjem tekstu PPUO).

Načelno, eksploatacija na eksploatacijskom polju „Ljut“, moguća je površinskim kopom i/ili podzemnim načinom (otvaranjem galerija). No, sukladno odredbom PP DNŽ, eksploatacija je trenutno moguća samo podzemnim načinom otkopavanja.

3.2. Idejna rješenja najpovoljnije varijante eksploatacije

Istražnim bušenjem, dosegnuta je razina od 62 m ispod razine mora, te je utvrđeno da se s povećavanjem dubine, kvaliteta a-g kamena povećava. Zbog tehnoloških uvjeta, određena je maksimalna dubina eksploatacije do 20 m ispod razine mora.

Prema rezultatima laboratorijskih istraživanja u ležištu Ljut nalaze se slojevi visoko kvalitetnog a-g kamena koji je ispresjecan brojnim pukotinama (Slika **3-1**). S obzirom na podzemnu eksploataciju galerijskom metodom, izrađena je grafička i numerička analiza kako bi se odabrala optimalni model dimenzioniranja galerija i zaštitnih stupova.



Slika 3-1Prostorni prikaz (3D) ležišta a-gk „Ljut“(Galić i dr., 2020)

Ukupno je izrađeno 11 modela eksploatacije, 10 varijanti podzemne eksploatacije i jedna varijanta površinske eksploatacije, no u konačnici je izbor sužen na tri varijante (Galić i dr., 2020). U uži izbor su ušle dvije varijante podzemne eksploatacije i varijanta površinske eksploatacije. U konačnici, dat je prioritet podzemnoj eksploataciji zbog postojeće odredbe PP DNŽ.

3.3. Analiza varijanata eksploatacije

Odabir najpovoljnije varijante podzemne eksploatacije ovisi o odabiru:

- dimenzija stupova koji mogu biti: 18x18 m, 15x15 m, 12x12 m, 9x9 m, visine 41 m,
- dimenzija galerija koje mogu biti duljine: 6 m, 9 m, 12 m, 15 m, visine 41 m,
- obliku stupova.

Dimenzije stupova i galerija mogu biti i drugih vrijednosti, no, poradi tehničko-tehnoloških i komercijalnih zahtjeva najjednostavnije su forme koje u konačnici mogu davati numeričke vrijednosti djeljive s 3, odnosno dimenzije gotovih blokova najviše vrijednosti

po jedinici proizvoda. Stanje stijenske mase uvjetovat će prilagodljivost tehnologije eksploatacije zatečenom stanju. No, zbog složenosti strukturnog sklopa, odnosno diskontinuiteta u ležištu zauzet je stav da se stupovi i galerije pravilno rasporede ako ne bi došlo do poremećaja ravnoteže tlakova (prekomjernih naprezanja) i zarušavanja otkopanog prostora (Galić i dr., 2020).

Promatrana su tri osnovna oblika stupa koji su analizirani u idejnim rješenjima i to:

- stup s jednim prepustom-gredom (zubom), na najvišoj razini +16,
- stup s više prepusta-greda (zuba), od najviše razine do sredine stupa,
- ravni stup u cijeloj visini otkopavanja (Galić i dr., 2020).

Za ležište Ljut, usvojena je minimalna visina natkopa od 9 m, početna širina ulaza 6 m i visina 5 m. Prema usvojenim vrijednostima dobivena je ukupna visina otkopavanja, od +21 m do -20 m, u iznosu od 41 m (Galić i dr., 2020).

Provedene su analize za modele podzemne eksploatacije s različitim dimenzijama stupova i galerija i rezultati su prikazani u reduciranoj Tablica **3-1**.

Tablica 3-1 Reducirana tablica rezultata grafo – analitičke analize varijanti (Galić i dr., 2020).

ULAZNI PODACI O STIJENI-MJERENI U LABORATORIJU I NA	Jedinica	**izmjerene vrijednosti**
Kohezija, c	MPa	28,73
Kut unutarnjeg trenja,	°	42,56
Kut nagiba (prosječni) kritične klizne plohe (ravnina),	°	40
Volumetrijski broj pukotina (Jv)	m-3	
Obujamska (prostorna) masa,	kg/m3	2540

DIMENZIJE	**Jedinic**	**usvojene-modelirane vrijednosti**	**MODELI GEOMETRIJSKIH OBLIKA**							
			1		2		3		4	
			GALERI	STUP	GALERI	STUP	GALERI	STUP	GALERI	STUP
duljina galerije i stupa	m	a; s	6	18	9	15	6	15	9	12
širina galerije i stupa	m	a; s	6	18	9	15	6	15	9	12
visina galerije i stupa	m	hg; hs	41	41	41	41	41	41	41	41
visina nadsvoda i zarušavanja	m	hn; hz	44	44	44	44	44	44	44	44
Udio otkopane stijene	%	=(1-		43,75		60,94%		48,98%		67,35%
Odnos otvorene površine galerije i presjeka stupa, Ko		=Pg:Ps		1,78		2,56		1,96		3,06

PARAMETRI NAPREZANJA U STIJENI	**Jedinica**	**Postupak**	**PRORAČUNANE VRIJEDNOSTI IZ ULAZNIH PODATAKA**							
			1		2		3		4	
			GALERI	STUP	GALERI	STUP	GALERI	STUP	GALERI	STUP
Sila iznad stupa, Fs	MN	=ms*g =(((a+s)*(a+s)*hn)+(s*s)*hs *g		962,5		861,4		713,4		630,6
Sila iznad galerije, Fg	MN	=mg=((a*a)*hn)**g	39,5		88,8		39,5		88,8	
Koeficijent bočnog tlaka, K	-	= ((hs + hz)/s)*sin(a)*(1/(2*s)))		0,08		0,12		0,12		0,19
Vertikalna naprezanja u stupu, $_{Vs}$	MPa	= Fs / (s * s)		2,97		3,83		3,17		4,38
Vertikalna naprezanja u natkopu galerije, $_{Vg}$	MPa	= Fg / (a * a)	1,096		1,096		1,096		1,096	
Horizontalna naprezanja u stupu, $_{H}$	MPa	= K * (Fs / (s * s))		0,250		0,465		0,385		0,830
Normalna naprezanja na kliznoj plohi stupa, $_{N}$	MPa	= (Fs / (s * s)) * ((1+cos (2a)/2))		1,744		2,248		1,862		2,571
Posmična naprezanja u stropu-natkopu, $_{n}$	MPa	= -(Fg / (4*a*hn)	0,580		1,110		0,580		1,110	
Posmična naprezanja u stupu, $_{p}$	MPa	= -((Fs / (s*s))/2) * sin(2a)		-1,463		-1,885		-1,561		-2,156
Vlačna naprezanja u stropu galerije, $_{vl}$	MPa	= - (Fg / (a*a))	-1,096		-1,096		-1,096		-1,096	

PARAMETRI OTPORA (ČVRSTOĆE) STIJENE	**Jedinica**	**Postupak**	**PRORAČUNANE VRIJEDNOSTI IZ ULAZNIH PODATAKA**							
			1		2		3		4	
			GALERI	STUP	GALERI	STUP	GALERI	STUP	GALERI	STUP
Kohezija (na kritičnoj plohi), c_p	MPa	= c / 10	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87
Kut unutamjeg trenja (na kritičnoj plohi), $_{p}$	°		21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28
Posmična čvrstoća u stupovima, S	MPa	$S=_{n}$ x tg $_{p}$ $+c_p$		3,55		3,75		3,60		3,87
Tlačna čvrstoća u stropu galerije, S_{tl}	MPa	$S_{tl}= (S_n * k_b/a)-_{v}$	42,58		28,02		42,58		28,02	
Vlačna čvrstoća u stropu galerije, S_{vl}	MPa	$S_{vl}= 0,1* S_{tl}$	4,26		2,80		4,26		2,80	

Koeficijent sigumosti, Ks (uvjet **1,5)**	-		3,38	2,43	2,56	1,99	3,88	2,30	2,56	1,80

ODABIR NAJPRIHVATLJIVIJE (OPTIMALNE)	-	**Ov=**		**0,426**		**1,462**		**0,697**		**1,738**

Od ukupno 11 ponuđenih modela, četiri modela (modeli 1, 2, 3, 4) podzemne eksploatacije odabrani su za daljnje razmatranje.

Model pod rednim brojem 1 u Tablica **3-1** ima najveću sigurnost (Ks), no najnepovoljnije iskorištenje stjenske mase (Ko). Kompatibilan je s modelom broj 2 jer se s vremenom može napraviti dinamički prijelaz iz jednog u drugi model kako bi se poboljšalo iskorištenje stijene (Ko). Stoga u daljnjem, detaljnijem, razmatranju prva varijanta eksploatacije predstavlja kombinaciju (spoj) prva dva modela iz Tablica **3-1**, koji čine par prve varijante (Galić i dr., 2020).

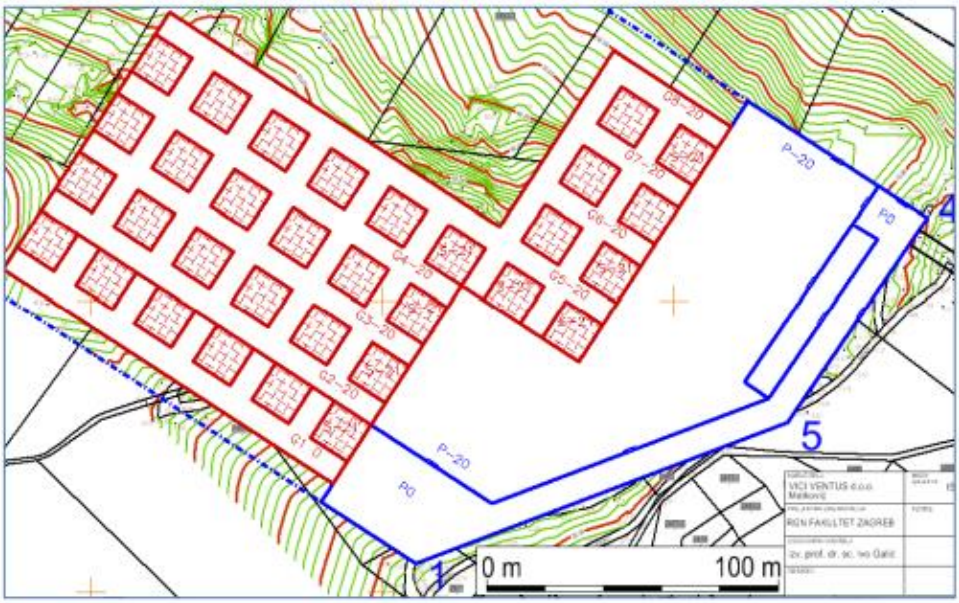
Model pod rednim brojem 4 u Tablica **3-1** ima najveći rang optimalizacije (O_v) odnosno najbolji odnos između koeficijenta sigurnosti i iskorištenja stijene, bilo bi prerizično započeti rad s otvorom galerije od 9 m bez probne eksploatacije. Stoga se pribjeglo rješenju u kojem će se model 3 spojiti s modelom 4, prema Tablica **3-1**, kao par druge varijante. Time će se radovi započeti prema dimenzijama i obliku galerija i stupova modela 3 a nakon probne eksploatacije i potvrde teorijskih vrijednosti iz provedenih analiza moći će se preći na model 4. Kombinacija modela 3 i 4, iz šire analize, predstavlja drugu varijantu detaljne analize (Galić i dr., 2020).

Odabir najpovoljnije (optimalne) varijante sugerira vrijednost O_v, a ustvari predstavlja ravnotežu između sigurnosti i efikasnosti (iskorištenja stijene) eksploatacije. Ista vrijednost proizlazi iz odnosa površine otkopanog prostora i površine horizontalnog presjeka zaštitnih stupova.

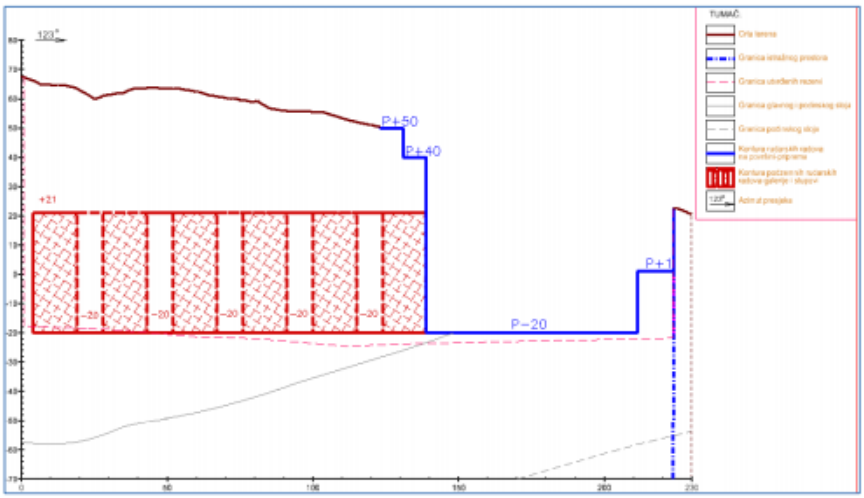
Rezultati analize eksploatacijskih rezervi za varijantu 1 i varijantu 2

U uži dio odabira najpovoljnije varijante ušle su kombinacije prve i druge varijante (u daljnjem tekstu 1. varijanta), te kombinacija treće i četvrte varijante (u daljnjem tekstu 2. varijanta).

Prva varijanta eksploatacije ležišta jest dimenzioniranje podzemnog kopa sa stupovima 18x18 m. Nakon potvrde stabilnosti izrađenih galerija, dimenzije stupova će se smanjiti na 15x15 m sa širinom galerija 9 m. U prvoj varijanti izradit će se ukupno 8 galerija i 32 zaštitna stupa. Zahvatit će se površina od oko 1,8 ha, te će se otkopati oko 1 038 000 m^3, od čega će biti 196 000 m^3 a-gk i 755 000 m^3 t-gk (Slika 3-2, Slika 3-3).



Slika 3-2 Završno stanje razvoja podzemnog kopa u prvoj varijanti (Galić i dr., 2020)

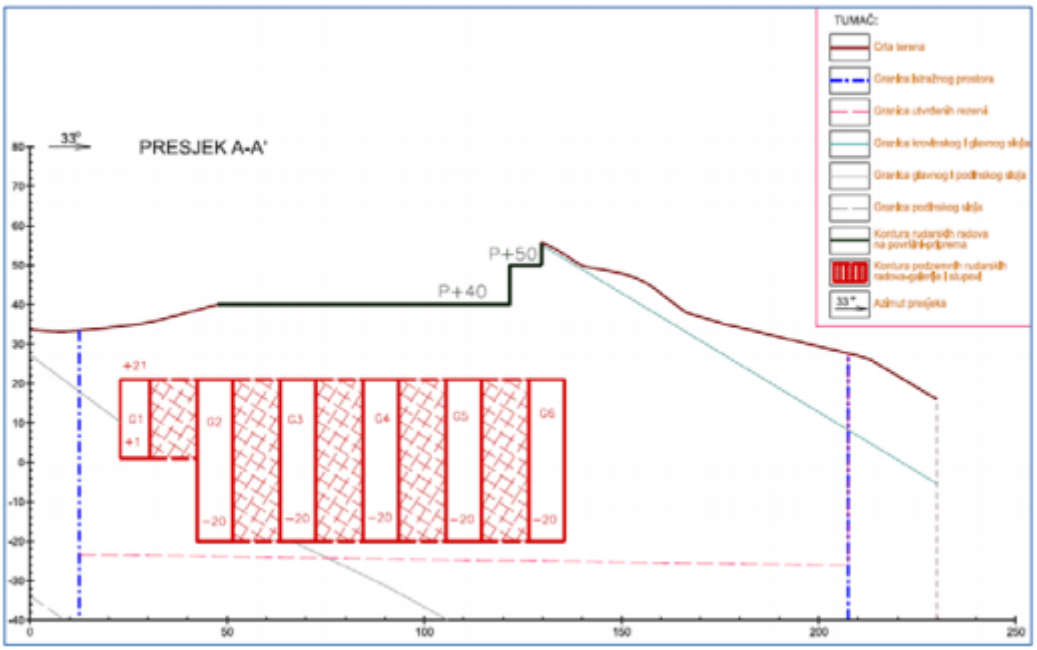


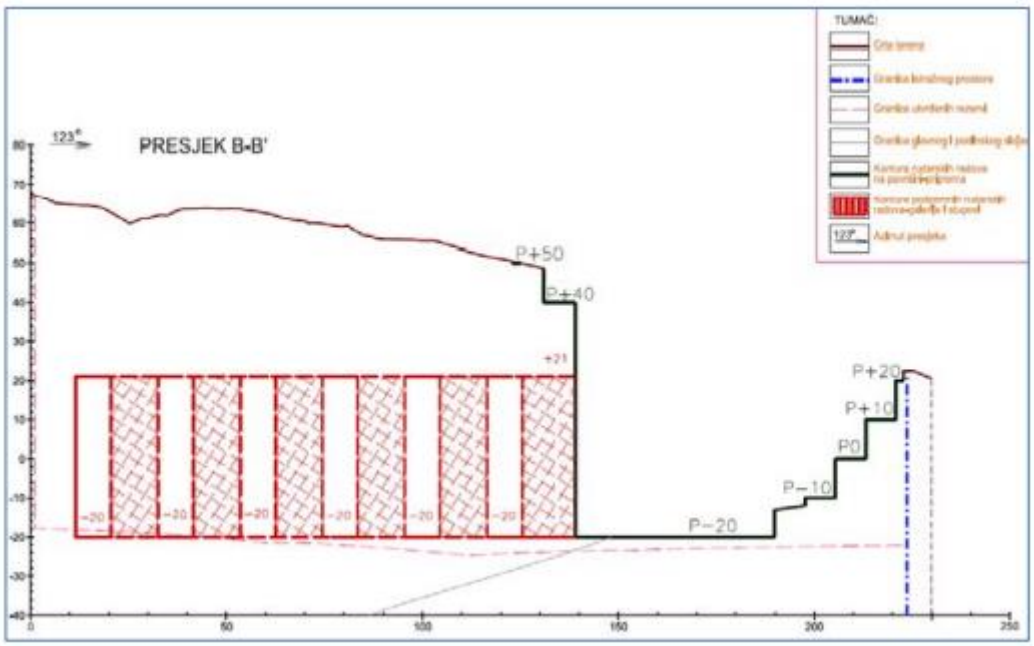
Slika 3-3 Znakoviti presjek završnog stanja podzemnog kopa u prvoj varijanti (Galić i dr., 2020)

Druga varijanta eksploatacije ležišta jest dimenzioniranje podzemnog kopa sa stupovima 15x15 m. Nakon potvrde stabilnosti izrađenih galerija, dimenzije stupova će se smanjiti na 12x12 m sa širinom galerija 9 m. U drugoj varijanti izradit će se ukupno 8 galerija i 32 zaštitna stupa, a zahvatit će se površina od 1,1 ha, te će se ukupno otkopati 884 000 m^3, od čega je 167 000 m^3 a-gk i 643 000 m^3 t-gk (Slika **3-4**, Slika **3-5**).



Slika 3-4 Završno stanje razvoja podzemnog kopa u drugoj varijanti (Galić i dr., 2020)





Slika 3-5 Znakoviti presjeci završnog stanja podzemnog kopa u drugoj varijanti (Galić i dr., 2020)

Slijede rezultati analize eksploatacijskih rezervi koje se otkopavaju u obje varijante (Galić i dr., 2020) (Tablica 3-2).

Tablica 3-2 Rezultati analize eksploatacijskih rezervi

1. VARIJANTA PODZEMNA –EKSPLOATACIJA, 15x6m a-gk

UKUPNI OBUJAM STIJENE m^3		BILANČNE REZERVE KOJE SE OTKOPAVAJU		EKSPLOATACIJSKI GUBICI 10%	EKSPLOATACIJSKE REZERVE m^3
		POPRAVNI KOEFICIJENT	IZNOS, m^3		
POZICIJA	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4) = (3) x e.g.%	(5) = (3) - (4)
IZ PRIPREME	600 000	0,21	126 000	12 600	113 400
IZ GALERIJA	438 000	0,21	91 980	9 198	82 782
UKUPNO	**1 038**		**217 980**	**21 798**	**196 182**

t-gk

UKUPNI OBUJAM STIJENE m^3		BILANČNE REZERVE KOJE SE OTKOPAVAJU		EKSPLOATACIJSKI GUBICI 3%	EKSPLOATACIJSKE REZERVE m^3
		POPRAVNI KOEFICIJENT	IZNOS, m^3		
POZICIJA	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4) = (3) x e.g.%	(5) = (3) - (4)
IZ PRIPREME	474 000	0,95	450 300	13 509	436 791
IZ GALERIJA	346 020	0,95	328 719	9 862	318 857
UKUPNO	**820 020**		**779 019**	**23 371**	**755 648**

2. VARIJANTA-PODZEMNA EKSPLOATACIJA, 12x9 m

a-gk

UKUPNI OBUJAM STIJENE m^3		BILANČNE REZERVE KOJE SE OTKOPAVAJU		EKSPLOATACIJSKI GUBICI 10%	EKSPLOATACIJSKE REZERVE m^3
		POPRAVNI KOEFICIJENT	IZNOS, m^3		
POZICIJA	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4) = (3) x e.g.%	(5) = (3) - (4)
IZ PRIPREME	477 000	0,21	100 170	10 017	90 153
IZ GALERIJA	406 672	0,21	85 401	8 540	76 861
UKUPNO	**883 672**		**185 571**	**18 557**	**167 014**

t-gk

UKUPNI OBUJAM STIJENE m^3		BILANČNE KOJE SE OTKOPAVAJU		EKSPLOATACIJSKI GUBICI 3%	EKSPLOATACIJSKE REZERVE m^3
		POPRAVNI KOEFICIJENT	IZNOS, m^3		
POZICIJA	(1)	(2)	(3) = (1) x (2)	(4) = (3) x e.g.%	(5) = (3) - (4)
IZ PRIPREME	376 830	0,95	357 989	10 740	347 249
IZ GALERIJA	321 271	0,95	305 207	9156	296 051
UKUPNO	**698 101**		**663 196**	**19 896**	**643 300**

3.4. Odabir najpovoljnije varijante eksploatacije

Prema prikazanim rezultatima na Tablica **3-2** u prvoj varijanti se otkopava oko 1 038 000 m^3 ukupne stijene, dok se u drugoj varijanti otkopava 884 000 m^3. No, pritom valja napomenuti da se u prvoj varijanti zahvaća površina od 3,7 ha, dok u drugoj 2,5 ha, što drugoj varijanti daje prednost. Iz toga razloga drugoj se varijanti daje prednost u odnosu na prvu zbog izraženije efikasnosti.

3.5. Kratki opis odabrane varijante eksploatacije

Glavni preduvjet za realizaciju ovog projekta i početak planiranog zahvata podzemne eksploatacije je izrada platoa tj. vertikalni odsječak s kojeg bi započela eksploatacija tj. otvaranje i izrade prve galerije. Glavni uvjet pri izradi vertikalnog odsječka je odabir visine tj. debljine stijene kako se natkop iznad galerije ne bi zarušio u otkopani prostor (galeriju). No treba imati na umu da spuštanje prve galerije veći dio

korisne stijene ostaje trajno zarobljen u krovinskim naslagama, stoga prva razina treba biti racionalno određena a s druge strane sigurna od potencijalnog zarušavanja.

Razvoj podzemnog kopa podijeljen je u 7 faza:

1. *Faza – priprema i otvaranje 1. galerije na +16 m*

Započinje izradom platoa na +16 m s kojeg će se izrađivati galerije visine 5 m, širine 6 m, te formiranje stupova 15x15 m. Odabir ovih dimenzija projektiranja služit će kao provjera projektnih rješenja.

2. *Faza – razvoj galerija 6 m, na +16 m*

Nakon provjere odabranih dimenzija, nastavlja se eksploatacija s istim dimenzijama kao i u prvoj fazi (galerije 6x5 m, stupovi 15x15 m). Usporedno s time provest će se mjerenja o nosivosti stijene.

3. *Faza – proširenje galerija na 9 m, na +16 m*

Nakon potvrde podataka o nosivosti stijene, širina galerija povećava se na projektiranu dimenziju od 9 m, te formiranja prvog reda zaštitnih stupova.

4. *Faza – razvoj galerija na +16 m, u granicama rezervi*

U četvrtoj fazi razvijanje galerija će teći u smjeru usporednom s pružanjem slojeva i glavnog sustava pukotina te će se otkopati etaža +16 m. Galerije će se spajati poprečnim hodnicima i pritom će formirati zaštitne stupove.

5. *Faza – priprema i razvoj galerija na +10 m*

S obzirom na topografiju terena razina + 10 je granica visinskog i dubinskog dijela ležišta. Ispod razine + 10 m, u dubinskom dijelu ležišta platoi će se spuštati ispod razine okolnog terena.

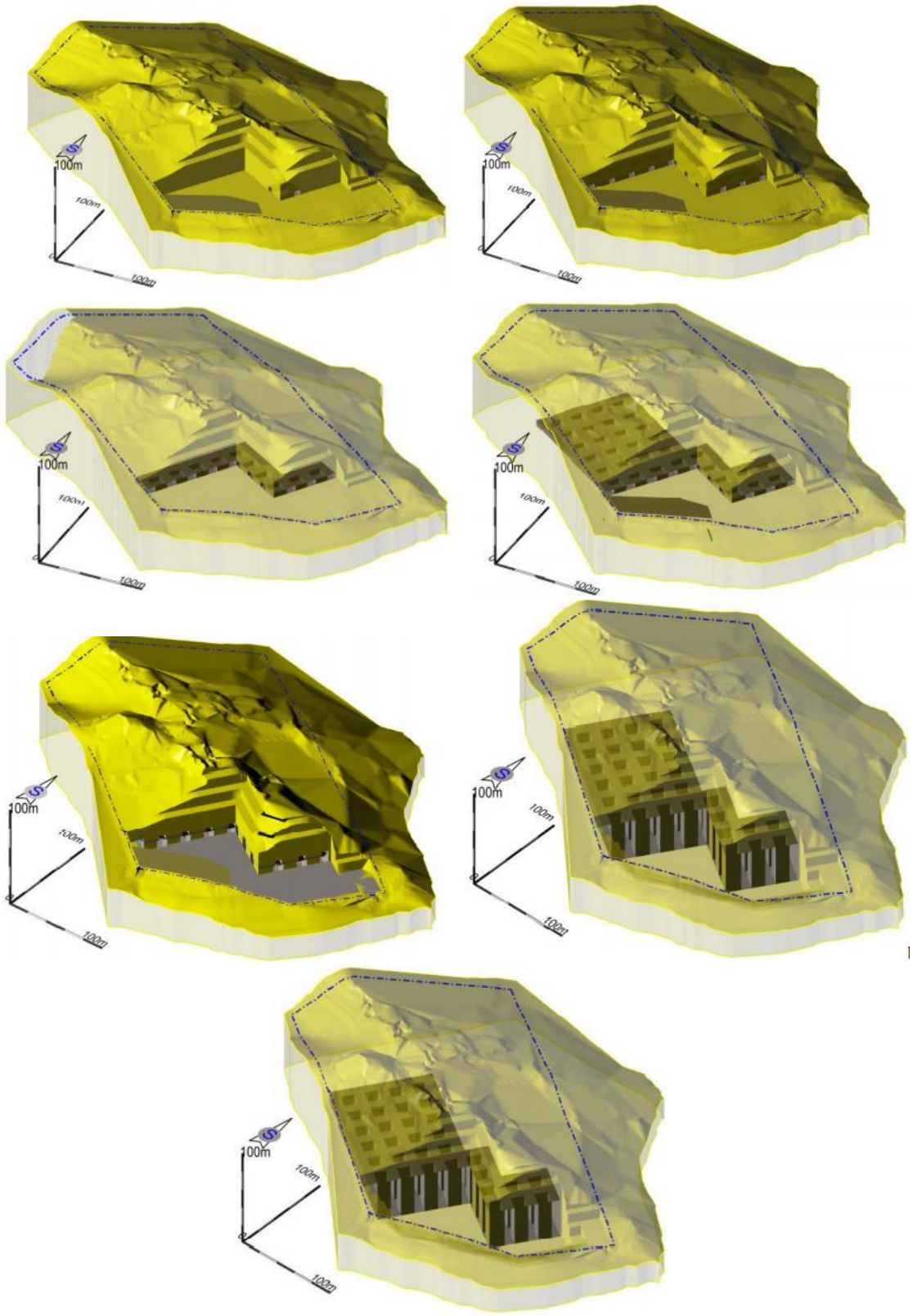
6. *Faza – priprema i razvoj galerija na 0 m*

Ova faza predstvlja svojevrsnu prekretnicu u eksploataciji ležišta „Ljut“. Naime, do razine 0 m, ležište je bezvodno, dok napredovanje prema razini -20 m ispod razine mora odvija se u zavodnjenom dijelu ležišta. Smjerovi razvoja galerija i poprečnih hodnika je isto kao i na višim razinama.

7. *Faza – priprema i razvoj galerija na -20 m*

Ova faza predstavlja najzahtjevniju fazu razvoja podzemnog kopa. Odvija se u zahtjevnim tehnološkim uvjetima kao što su: pojava morske vode i suženi plato, a time i manevarski prostor. U ovoj fazi formirat će se silazni putevi za transport strojeva, ljudi i materijala. Dosegnut će se razina od -20 m ispod razine mora, te maksimalna dubina kopa od 41 m. Dakako s obzirom na dotok vode, provest će se dodatna hidrogeološka ispitivanja prije no što započne eksploatacija zavodnjenog dijela ležišta.

Grafički prikaz razvoja podzemnog kopa po fazama (3D modeli) nalazi se na Slika **3-6.**



Slika 3-6 Grafički prikaz razvoja podzemnog kopa po fazama (3D modeli) (Galić i dr., 2020)

3.6. Eksploatacijske rezerve a-g i t-g kamena prema odabranoj varijanti

Iz rezultata analize eksploatacijskih rezervi prikazanih u točci *3.3. Analiza varijanata eksploatacije*, izdvojene su eksploatacijske rezerve a-g i t-g kamena (Tablica **3-3**).

Tablica 3-3 Eksploatacijske rezerve arhitektonsko - građevnog kamena i tehničko – građevnog kamena, prema 2. varijanti (Galić i dr., 2020)

a-gk

	EKSPLOATACIJSKI GUBITAK, %	**EKSPLOATACIJSKE REZERVE, m^3**
UKUPNO	10	**167 014**

t-gk

	EKSPLOATACIJSKI GUBITAK, %	**EKSPLOATACIJSKE REZERVE, m^3**
UKUPNO	3	**643 300**

Najmanja i najveća godišnja eksploatacija mineralne sirovine

U Tablica 3-4 prikazana je najmanja i najveća godišnja količina eksploatirane mineralne sirovine.

Svi potrebni strojevi i oprema za eksploataciju mineralne sirovine dimenzionirani su s obzirom na najveću godišnju eksploataciju.

Tablica 3-4 Najmanja i najveća godišnja eksploatacija mineralne sirovine

Vrsta mineralne sirovine	**Godišnja količina mineralne sirovine, m^3**	
	Najmanja	Najveća
arhitektonsko – građevni kamen	3 400	**5 000**
tehničko – građevni kamen	12 900	**19 000**

4. MOGUĆNOSTI ISKORIŠTENJA KAMENOG OSTATKA

U ovom poglavlju razradit će se neke od mogućnosti iskorištenja kamenog ostatka. Konkretno, razmotrit će se tri modela iskorištenja kamenog ostatka, a nakon njihove komparacije, odabrat će se najprofitabilniji model.

U modelu A, razradit će se mogućnost iskorištenja kamenog ostatka za proizvodnju tehničko – građevnog kamena. Model B predstavlja svojevrsnu nadogradnju modela A u smislu prerade dijela kamenog ostatka za proizvodnju ploča od umjetnog kamena. Model C, pak predstavlja nadogradnju na model B, u smislu iskorištenja kamenog ostatka za proizvodnju t-gk, umjetnih ploča, te obradu a-gk. Iako model C, naoko odudara od glavne teme i cilja ovog rada, važno je napomenuti da samom investicijom u strojeve i opremu za preradu kamenog ostatka možemo prerađivati i primarnu sirovinu, a to su vapnenci i dolomiti kao arhitektonsko – građevni kamen.

4.1. Idejna rješenja najpovoljnijeg modela iskorištenja kamenog ostatka

Sva tri modela (A, B i C) dijele određenu zajedničku problematiku, a to su pravna ograničenja i tehno – ekonomski uvjeti koje bi investitor trebao zadovoljiti.
Naime, potrebno je odabrati lokaciju za potencijalno postrojenje za preradu kamenog ostatka, koje mora udovoljiti dvama pravnim uvjetima.

Prema PP DNŽ i PPUO Janjina, pogon za industrijsku preradu mora biti smješten:

- izvan zone Zaštićenog obalnog područja (u daljnjem tekstu ZOP),
- u gospodarskoj zoni (u daljnjem tekstu GZ) predviđenoj za industriju.

Planiranje i korištenje prostora ZOP-a se radi zaštite, ostvarenja ciljeva održivog, svrhovitog i gospodarski učinkovitog razvoja provodi uz ograničenja u pojasu kopna i otoka u širini od 1000 m od obalne crte i pojasu mora u širini od 300 m od obalne crte (u daljnjem tekstu: prostor ograničenja) (Zakon o prostornom uređenju, 2013.)

Također, empirijski je zaključeno kako potencijalna lokacija postrojenja za preradu kamena mora udovoljiti određenim tehno – ekonomskim uvjetima, kao što su:

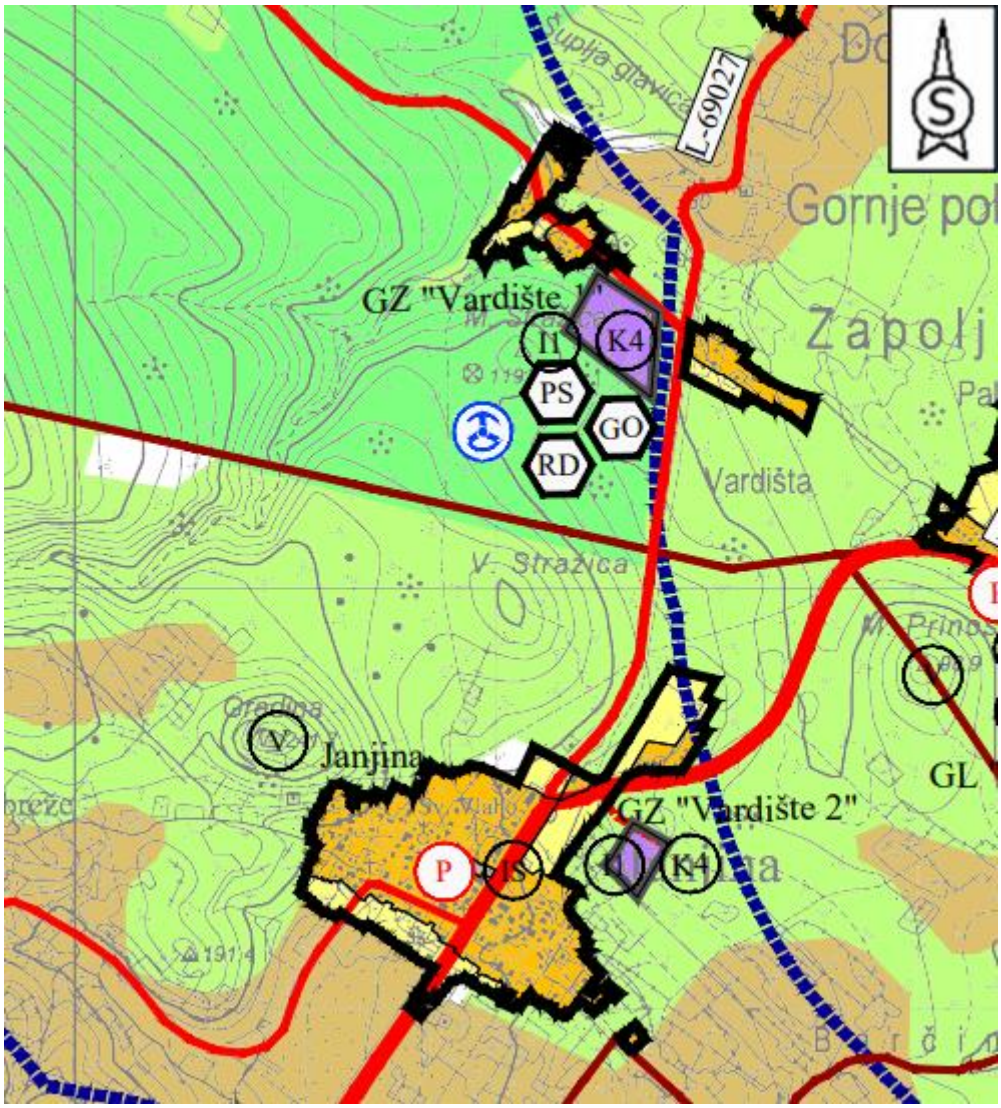
- maksimalna udaljenost od eksploatacijskog polja „Ljut“ 5 km,
- cestovna povezanost sa eksploatacijskim poljem „Ljut“,
- minimalna površina terena od 10 000 m^2 (za sva tri modela).

I kao poslijednje, ali nimalo manje važno, uvjet koji investitor mora udovoljiti su pozamašna dodatna investicijska ulaganja.

4.2. Odabir lokacije postrojenja za preradu kamenog ostatka

Prema PP DNŽ, izdvojeno građevinsko područje gospodarske namjene – proizvodne (I), u općini Janjina je gospodarska zona „Vardište“, Sreser s ukupnom površinom od 5,0 ha.

Konkretno, radi se od dvije potencijalne lokacije GZ „Vardište“ (I1) i GZ „Vardište“ (I2) (Slika **4-1**).



Slika 4-1 Prikaz potencijalnih lokacija; GZ „Vardište“ (I1) i GZ „Vardište“ (I2) M 1 : 20 000 (www.zzpudnz.hr)

Udaljenost obje potencijalne zone od eksploatacijskog polja „Ljut“ je ~4 km, koje su povezane asfaltnim putem i lokalnom cestom.

Provedena je kratka analiza kupoprodajnih transakcija zemljišta u navedenim zonama, te prosjek cijena varira, s maksimalnim vrijednostima od 20 €/m^2, no za zemljišta znatno manje kvadrature od potrebnih.

GZ „Vardište“ (I1) je državno, odnosno općinsko zemljište, te se može otkupiti.

GZ „Vardište“ (I2) je u privatnom vlasništvu i ima već postojeće objekte na samoj lokaciji, no površina ne odgovara uvjetu minimalne površine zemljišta za smještaj

mobilnog postrojenja za proizvodnju t-g kamena ili proizvodne hale i odlagališta za proizvodnju i obradu umjetnog i/ ili a-g kamena.

S obzirom da GZ „Vardište“ (I2) ne zadovoljava uvjet minimalne površine parcele od 10 000 m^2, ta opcija se odbacuje.

Ponuda na tržištu trenutno nema, što se može protumačiti ili velikom potražnjom (što u ovom slučaju ne bi bilo primjenjivo) ili jednostavnom činjenicom da takvih zemljišta nema na prodaju, što je evidentno i samim manjkom industrijskih zona na tom području.

Osim toga, ciljana zona (GZ „Vardište“ (I1)) je u državnom vlasništvu, pa je i to jedna od činjenica obzirom da nikad nije bila na tržištu.

Ukratko, smatra se da bi skaliranjem navedene cijene, cijena traženog zemljišta trebala biti puno bliže 5 - 7 €/m^2. Pritom nisu ubrojeni potencijalni benefiti koje je moguće ostvariti na temelju razvijanja zemljišta, te moguće poticaje obzirom na zaposlenje domicilnog stanovništva.

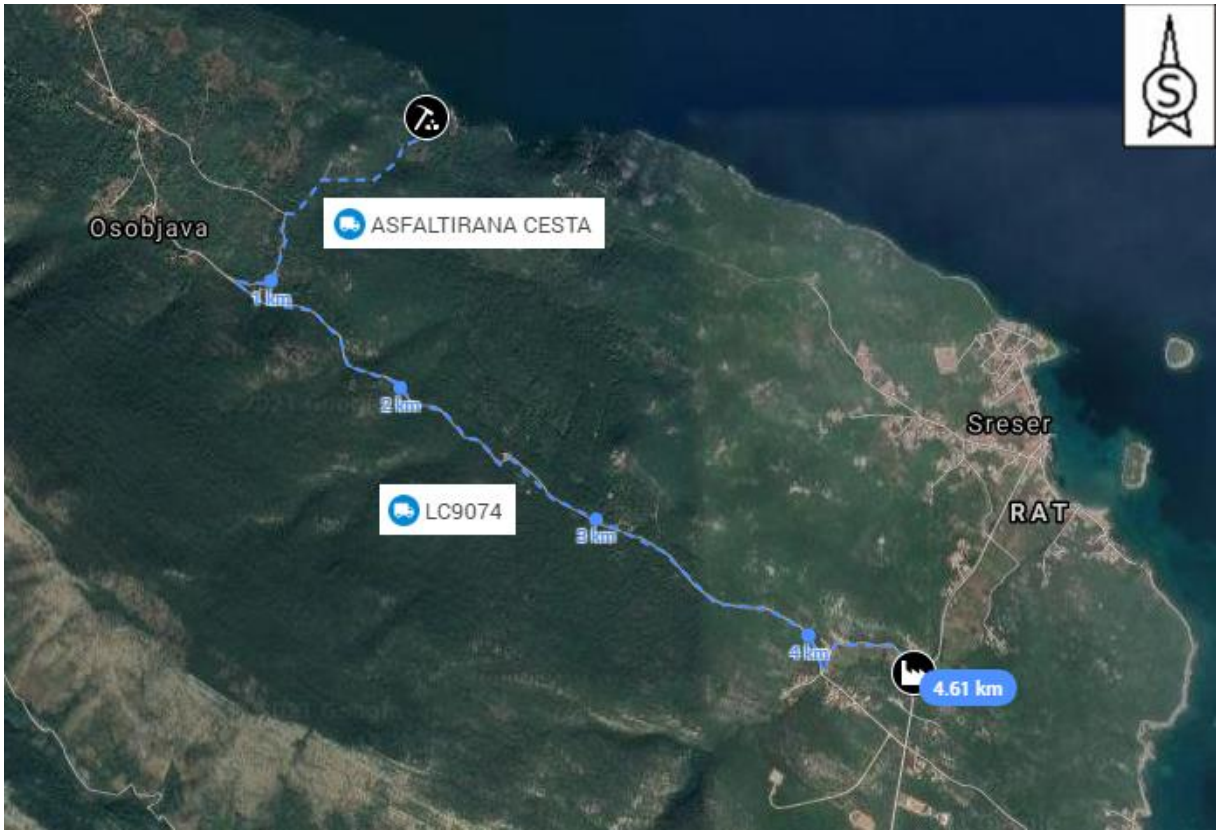
Također, prema nekim izvorima, velika je mogućnost da se takvo zemljište ustupi na raspolaganje, s obzirom na kvadraturu zemljišta, vrstu industrije i činjenicu da bi investitor iza sebe ostavio razvijenu parcelu u vidu infrastrukture. To bi značilo da se zemljište može uzeti u zakup sa plaćanjem naknade za korištenje.

Takva praksa nije bez presedana, te bi naknada iznosila mali postotak ukupnih prihoda. Nadalje, takva bi mogla biti i opcija financiranja zemljišta i time se ne bi stvarao dodatni trošak i investicija u zemljište, već bi se trošak amortizirao kroz neki period.

Sa svime navedenim, odabire se zemljište u zoni GZ „Vardište“ (1), a u daljnju analizu krenut će se s pretpostavkom da je zemljište moguće uzeti u koncesiju po cijeni od 7 €/m^2.

Zemljište u GZ „Vardište“ (I1), Sreser, udaljeno je od EP „Ljut“ 4,6 km, povezano asfaltiranom cestom do zaseoka Vekovići, gdje se spaja sa lokalnom cestom LC9074 (Slika 4-2).

Odabrano zemljište nazvat će se *Pogon za preradu kamena „Sreser“* (u daljnjem tekstu *pogon „Sreser“)*



Slika 4-2 Lokacija zemljišta za smještaj pogona „Sreser“ za preradu kamenog ostatka (www.google.com/maps)

4.3. Izračun troškova utovara, transporta na deponij pogona „Sreser“

Prema Galić i dr. (2020), sva eksploatirana mineralna sirovina deponirat će se na platou +24 na kojem će se formirati deponij za a-gk i t-gk. Odatle će se sirovina utovarati, transportirati i istovarati na radnom platou pogona „Sreser“, prema sva tri modela.

S obzirom da se, prilikom izračuna troškova proizvodnje bilo kojeg proizvoda iz predloženih modela, mineralna sirovina „uzima“ kao besplatna, ne obazirući se pritom na eksploatacijske troškove (uključeni u cijenu eksploatacije a-gk), potrebno je izračunati troškove transporta, kako bi kameni materijal uopće došao u fazu prerade.

Potrebno je dakle izračunati trošak utovara i transporta kamenog ostatka i trošak utovara i transporta za blokove a-gk.

4.3.1. Režim rada

Po uzoru na režim rada na podzemnom kopu „Ljut“, predlaže se režim rada:

- broj radnih dana u godini - 250
- broj radnih dana u tjednu - 5
- broj smjena u danu - 1
- broj sati u smjeni - 8

Napomena! Uzeto u izračun kao neradni dani 52 subote, 52 nedjelje i 11 praznika i blagdana.

Iz toga proizlazi raspored smjenskog, tjednog i godišnjeg vremena u Tablica **4-1.**

Tablica 4-1 Raspored smjenskog, dnevnog, tjednog i godišnjeg vremena (Galić i dr., 2020)

	RADNI SATI	EFEKTIVNI SATI, ki =0,80
SMJENSKI RAD	8	6,4
DNEVNO	8	6,4
TJEDNO	40	32
GODIŠNJE	2000	1600

4.3.2. Količina mineralne sirovine

Kao što je ranije spomenuto u točki 3.6. eksploatacijske rezerve a-gk i t-gk prema odabranoj varijanti 2, proizvodni model se projektira s obzirom na najveću godišnju količinu mineralne sirovine. U Tablica 4-2 nalazi se proračun godišnjeg, dnevnog i satnog kapaciteta t-gk i a-gk.

Najveća godišnja količina mineralne sirovine za t-gk iznosi 19 000 m^3 s.m., a za a-gk 5000 m^3 s.m.

Tablica 4-2 Proračun godišnjeg, dnevnog i satnog kapaciteta t-gk i a-gk

Vrsta mineralne sirovine	Godišnja količina, Q_g			Dnevni/smjenski kapacitet, Q_d			Satni kapacitet Q_h		
	m^3 s.m. (1)	m^3 r.m. (2)	t/god (3)	m^3 s.m. /dan (4)	m^3s.m. /dan (5)	t/dan (6)	m^3 s.m./h (7)	m^3 r.m. /h (8)	t/h (9)
t-gk	19 000	26 600	49 400	76	106,4	197,6	11,9	16,6	31
a-gk	5 000	*	13 000	20	*	52	3,1	*	8,1

Pojašnjenja simbolike iz Tablica 4-2

(1) Kao svojevrsni standard prema kojem će se dimenzionirati utovar i transport, uzima se najveća godišnja količina.

(2) Za koeficijent rastresitosti, prema idejnom projektu, uzima se veličina od 1.4

(3) Za gustoću stijene prema idejnom projektu, uzima se veličina 2,600 t/m^3 i računa se od obujma s.m.

* Za a-gk se ne računa obujam u rastresitom stanju

(4) = (1) / 250 dana

(5) = (2) / 250 dana

(6) = (3) / 250 dana

(7) = (1) / 1600 ef. sati

(8) = (2) / 1600 ef. sati

(9) = (3) / 1600 ef. sati

4.3.3. Tehnološki proces transporta

Utovar i transport kamenog ostatka

Nakon deponiranja na platou +24, vangabaritne komade potrebno je usitniti bagerom sa nastavkom za hidraulični čekić. Usitnjavanje, a samim time i utovar, popratit će potrebe trenutnog stanja na deponiju, no o tome će odlučivati i organizirati se in – situ, strojar na bageru. Isti taj bager utovarnom lopatom za rastresiti materijal utovarivat će kamion (4 osovine, 25 t) koji će materijal transportirati do pogona „Sreser“. S obzirom na satni „priljev“ kamenog ostatka na deponij na platou +24, koji je naočigled mali (16,6 m^3), jedan bager za utovar i jedan kamion bit će dovoljan za proces utovara i transporta.

S obzirom na:

- Dnevni (smjenski) kapacitet; 106,4 m^3,
- Obujam lopate bagera; 2 m^3,
- Obujam sanduka kamiona; 15 m^3.

Proizlazi da se dnevne potrebe za transportom mogu zadovoljiti u svega 8 ciklusa. Ako uzmemo u obzir projektiranu transportnu udaljenost 9 km (u oba smjera), gdje je prosječna brzina kamiona 40 km/h (14 min), te ukupno vrijeme rada bagera na utovaru 4 min, te vrijeme istovara kamiona 2 min dobijamo ukupno trajanje jednog ciklusa: 20 min.

Pretpostavlja se da je ukupno 20 % komada potrebno dodatno usitniti prije utovara.

Iz navedenog se zaključuje:

- efektivni dnevni sati rada bagera na utovaru: ~ 0,5 h
- efektivni dnevni sati rada bagera na čekićanju: ~ 1,5 h
- efektivni dnevni sati rada kamiona: ~ 2,5 h
- efektivni godišnji sati rada bagera: 500 h
- efektivni godišnji sati kamiona: 625 h

Utovar i transport a-gk

A-gk će se također deponirati na platou +24. Utovarivat će se utovaračem s vilicama na kamion (4 osovine, 25 t) s ravnim tovarnim prostorom (bez stranica), radi lakšeg utovara i istovara . Dimenzije bloka su 3 - 4m^3. Dnevna količina blokova spremna za transport je 52 t.
Jedan kamion i jedan utovarač dovoljni su za utovar i transport blokova a-gk.

Transportna udaljenost je 9 km (u oba smjera), vrijeme utovara je 2 min.
Ako uzmemo u obzir da je:

- godišnja proizvodnja ag-k, 5 000 m^3

- da je dimenzija bloka 3 – 4 m^3, odabrano: 3,5 m^3
- dnevni kapacitet: 20 m^3,
- satni kapacitet: 3,1 m^3,
- trajanje ciklusa jednog kamiona: 18 min (kamion radi za vrijeme utovara i istovara),
- da kamion u jednom ciklusu prevezu 2 bloka dimenzije ~3,5m^3 = 18,2 t (nosivost 21 t)

iz toga proizlazi:

- da jedan kamion dnevno transportira ~ 20 m^3, stoga dnevne potrebe transporta nalažu da je potreban 1 kamion
- da utovarač na utovaru utovari ukupno 6 blokova, dimenzija 3,5 m3

Efektivni sati rada strojeva za utovar, transport i istovar blokova a-gk:

- efektivni dnevni sati rada utovarača na utovaru: 6 min ~ 0,1 h
- efektivni dnevni sati rada kamiona na transportu: 54 min ~ 1 h
- efektivni godišnji sati rada utovarača na utovaru: 25 h
- efektivni godišnji sati rada kamiona na transportu: 250 h

4.3.4. 1. Utrošak energenata i potrošnog materijala za transport kamenog ostatka

U Tablica 4-3Tablica 4-4Tablica 4-5Tablica 4-6Tablica 4-7 nalaze se izračuni troška energenata i potrošnog materijala za transport kamenog ostatka.

Troškovi energenata

Tablica 4-3 Utrošak nafte u transportu kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Bager	36	500	18 000	0,62
Kamion	24	625	7 800	0,27

Ako uzmemo u obzir da se pri izračunu normativa pretpostavlja:

- Potrošnja nafte = 20 % od snage motora,
- Potrošnja motornog ulja 2 % od potrošnje nafte,
- Potrošnja diferencijalnog maziva = 0,5 % od potrošnje nafte,
- Potrošnja ostalog maziva = 0,2 % od potrošnje nafte,

Tada je:

Tablica 4-4 Utrošak motornog ulja u transportu kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Bager	0,9	500	450	0,02
Kamion	0,6	625	375	0,01

Tablica 4-5 Utrošak diferencijalnog ulja u transportu kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Bager	0,180	500	90	0,0031
Kamion	0,120	625	75	0,0026

Tablica 4-6 Utrošak ostalih maziva u transportu kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Bager	0,072	500	36	0,0012
Kamion	0,048	625	30	0,0010

Potrošnja ostalih potrošnih materijala

Tablica 4-7 Utrošak ostalih potrošnih materijala u transportu kamenog ostatka

Vrsta materijala	Jedinična mjera	Utrošak J.M./god	Normativ J.M./m^3
Hidraulična crijeva	m	20	0,00070
Gume za kamion	set	1	0,00003
Pločice tvrdog metala	kom	3600	0,08

Godišnja potrošnja energenata i glavnog potrošnog materijala u transportu kamenog ostatka

U Tablica 4-8 prikaz je godišnje potrošnje energenata i glavnog potrošnog materijala u transportu kamenog ostatka.

Tablica 4-8 Prikaz godišnje potrošnje energenata i glavnog potrošnog materijala u tranportu kamenog ostatka

VRSTA TROŠKOVA		JEDINICA MJERE	NORMATIV UTROŠKA J.M./m3
Energenti	Nafta	kg	0,89
	Motorno ulje	kg	0,03
	Diferencijalno ulje	kg	0,0057
	Ostala maziva	kg	0,0022
Potrošni materijal	Hidraulična crijeva	m	0,00070
	Gume za kamion	set	0,00007
	Pločice tvrdog metala	kom	0,08

4.3.4.2. Utrošak energenata i potrošnog materijala za transport blokova a-gk

Utrošak energenata i potrošnog materijala za transport a-gk izračunat je u Tablica 4-9, Tablica 4-10, Tablica **4-11**,

Tablica **4-12**, Tablica **4-13**, Tablica **4-14**.

Tablica 4-9 Utrošak nafte u transportu a-gk

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Utovarač	36	25	900	0,18
Kamion	24	250	6 000	1,20

Ako uzmemo u obzir da se pri izračunu normativa pretpostavlja:

- Potrošnja nafte = 20 % od snage motora,
- Potrošnja motornog ulja 2 % od potrošnje nafte,
- Potrošnja diferencijalnog maziva = 0,5 % od potrošnje nafte,
- Potrošnja ostalog maziva = 0,2 % od potrošnje nafte,

Tablica 4-10 Utrošak motornog ulja u transportu a-gk

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Utovarač	0,9	25	22,5	0,0045
Kamion	0,6	250	150	0,0300

Tablica 4-11 Utrošak diferencijalnog ulja u transportu a-gk

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Utovarač	0,180	25	4,5	0,0010
Kamion	0,120	250	30	0,0060

Tablica 4-12Utrošak ostalih maziva u transportu a-gk

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Utovarač	0,072	25	1,8	0,0004
Kamion	0,048	250	12	0,0024

Tablica 4-13 Utrošak potrošnog materijala u transportu a-gk

Vrsta materijala	Jedinična mjera	Utrošak J.M./god	Normativ J.M./m^3
Gume za kamion	set	1	0,0002
Gume za utovarač	set	1	0,0002

Godišnja potrošnja energenata i glavnog potrošnog materijala u transportu a-gk

Tablica 4-14 Godišnji utrošak energenata i potrošnog materijala u transportu a-gk

VRSTA TROŠKOVA		JEDINICA MJERE	NORMATIV UTROŠKA J.M./m^3
Energenti	Nafta	kg	1,3800
	Motorno ulje	kg	0,0345
	Diferencijalno ulje	kg	0,0070
	Ostala maziva	kg	0,0028
Potrošni materijal	Gume za kamion	set	0,0002
	Gume za utovarač	set	0,0002

Komentar:

Analiza samog procesa transporta i zamišljeni koncept utovara i transporta se pokazao veoma neučinkovit. Razlog tomu je taj što bi investicijski troškovi zbog nabave dodatne mehanizacije bio neopravdan, tj. strojevi bi bili nedovoljno i neadekvatno iskorišteni. Nažalost, ovo je jedina opcija s obzirom da se investitor oslanja na već nabavljene strojeve i mehanizaciju, koji bi uz drugačiji koncept transporta unutar EP „Ljut“ mogli u potpunosti zamijeniti strojeve za utovar ili transport. Drugim riječima, kamion za transport kamenog ostatka, mogao bi produžiti do pogona „Seser“ i/ili transportom blokova utovaračem s vilicama mogao bi se zamjeniti utovar blokova na deponiju.

No, s obzirom na to da nabavljena mehanizacija na EP „Ljut“ nije na raspolaganju za eventualni transport sirovine van EP „Ljut“, niže navedena dodatna ulaganja su neizbježna.

Ovoj situaciji se može doskočiti na način da se strojevi amortiziraju kroz dulji period, tzv. funkcionalna metoda obračuna amortizacije, što znači da se amortizacija određuje po jedinici ukupno eksploatirane mineralne sirovine (vijek trajanja EP, 32 god.), a ne linearnom metodom na bazi +-10 godina. Razlog je taj što se nabavljena mehanizacija ne iskorištava optimalno, već radi s kapacitetima znatno ispod maksimalnog, što je i realna opcija s obzirom na minimalne efektivne sate rada.

4.3.5. Prikaz dodatnih ulaganja u mehanizaciju i opremu za transport

Da bi se ostvarila godišnja potreba za transportom mineralne sirovine u nastavku su prikazana dodatna ulaganja u Tablica 4-15 i

Tablica **4-16.**

Tablica 4-15 Dodatna ulaganja u strojeve i opremu za transport kamenog ostatka

Vrsta stroja / opreme / alata	Značajke	Pogonska energija	Broj jedinica	Jedinična cijena EUR	Ukupna cijena EUR
Kontejner (stambeni)	6 x 2		1	4 000	4 000
Cisterna za naftu	4 000 L		1	5 000	5 000
Bager za utovar (rasuti materijal) s priključkom za hidraulički čekić	45 t	Diesel	1	200 000	200 000
Hidraulični čekić	<2000 kg	Hidr. Energija	1	15 000	15 000
Kamion, 4 osovine	25 t	Diesel	1	100 000	100 000
UKUPNO					**324 000**

Tablica 4-16 Dodatna ulaganja u strojeve za potrebe transporta blokova a-gk

Vrsta stroja	Značajke	Pogonska energija	Broj jedinica	Jedinična cijena EUR	Ukupna cijena EUR
Utovarač (s vilicama)	300 kW	Diesel	1	300 000	300 000
Kamion, 4 osovine	25 t	Diesel	1	100 000	100 000
UKUPNO					**400 000**

Napomena!

Dodatna ulaganja kao što je cisterna za gorivo i kontejner stambeni za smještaj strojara uključeni su u dodatna ulaganja za transport kamenog ostatka, iz razloga što je u sva 3 modela, uključen utovar i transport kamenog ostatka, pa pritom olakšava s ekonomske strane izračun amortizacije i ukupnih troškova, a sa tehno – ekonomske strane nema potrebe za nabavkom dvostruke opreme.

4.3.6. Prikaz učinka u transportu

Kameni ostatak

Godišnja količina utovarenog i transportiranog kamenog ostatka bit će 26 600 m^3 u rastresitom stanju. Na utovaru će biti zaposlen jedan zaposlenik i jedan zaposlenik u transportu. Ukupno će biti zaposleno ukupno 2 radnika, 250 radnih dana godišnje.
Ukupni broj nadnica potrebnih za ostvarivanje godišnje količine t-g kamena iznosi:

$$N_{nad} = n_d \cdot n_r = 250 \cdot 2 = 500\ nadnica$$

$$n_d - broj\ radnih\ dana$$

$$n_r - broj\ radnika$$

Dnevna učinkovitost po izrađenoj nadnici iznosi:

$$N_{nad-EF-D} = \frac{Q_{DAN}}{nr} \cdot k_{ef} = \frac{106{,}4}{2} \cdot 0{,}8 = 42{,}56\ {}^{m^3}/_{nad}$$

$Q_{DAN} - dnevna\ količina\ mineralne\ sirovine (106{,}4\ m^3)$

$n_r - broj\ radnika$

$k_{ef} - koeficijent\ efikasnosti$

Za utovar i transport 1 m^3 kamenog ostatka bit će potrebno:

$$Q_{1m^3} = \frac{1}{N_{nad-EF-D}} = \frac{1}{42{,}56} = 0{,}024\ {}^{nadnica}/_{m3}$$

Učinkovitost radnika tijekom jedne godine iznosi:

$$U_{rad} = \frac{Q_{god}}{n_r} = \frac{26\ 600}{2} = 13\ 300\ m^3$$

A-g kamen

Godišnja količina za utovar i transport blokova a-g kamena bit će 5 000 m^3. Na utovaru će biti zaposlen jedan zaposlenik i jedan zaposlenik u transportu. Ukupno će biti zaposleno ukupno 2 radnika, 250 radnih dana godišnje.

Ukupni broj nadnica potrebnih za utovar i transport blokova a-gk iznosi:

$$N_{nad} = n_d \cdot n_r = 250 \cdot 2 = 500\ nadnica$$

$$n_d - broj\ radnih\ dana$$

$$n_r - broj\ radnika$$

Dnevna učinkovitost po izrađenoj nadnici iznosi:

$$N_{nad-EF-D} = \frac{Q_{DAN}}{nr} \cdot k_{ef} = \frac{20}{2} \cdot 0{,}8 = 8\ {}^{m^3}/_{nad}$$

$Q_{DAN} - dnevna\ količina\ mineralne\ sirovine(106{,}4\ m^3)$

$n_r - broj\ radnika$

$k_{ef} - koeficijent\ efikasnosti$

Za utovar i transport 1 m^3 bloka a-gk bit će potrebno:

$$Q_{1m^3} = \frac{1}{N_{nad-EF-D}} = \frac{1}{8} = 0{,}125\ {}^{nadnica}/_{m^3}$$

Učinkovitost radnika tijekom jedne godine iznosi:

$$U_{rad} = \frac{Q_{god}}{n_r} = \frac{5\ 000}{2} = 2\ 500\ m^3$$

4.4. Prikaz ukupnih troškova transporta

Ukupni troškovi utovara i transporta kamenog ostatka i blokova a-gk prikazani su u Tablica 4-17.

Tablica 4-17 Ukupni troškovi utovara i transporta: kamenog ostatka, blokova a-gk

Vrsta troškova			Jedinica mjere	Normativ utroška J.M. / m3	Vrijednost J.M. € / J.M.	Cijena proizvodnje € / m3	GODIŠNJI UTROŠAK € / god
TRANSPORT KAMENOG OSTATKA	Osobni dohodak (2 zaposlenika)		sat	0,024	7	**0,168**	**4468,8**
	Energenti	Nafta	kg	0,8900	1,40	1,246	33143,6
		Motorno ulje	kg	0,0300	5,59	0,168	4468,8
		Diferen. ulje	kg	0,0057	5,59	0,032	851,2
		Ostala maziva	kg	0,0022	5,59	0,012	319,2
	Potrošni materijal	Hidr. crijeva	m'	0,0007	58,25	0,041	1090,6
		Gume za kamion	1set/3500h	0,00007	2 330	0,163	4335,8
		Pločice tvrdog metala	kom	0,08	3,5	0,105	2793
UKUPNO						**1,767**	**47002,2**
Održavanje i obnavljanje strojeva i opreme		Amortizacija strojeva, 3,1%*	€	0,367	1	0,367	9762,2
		Rezervni	€	0,711	1	0,711	18912,6

		dijelovi, 6%**					
		Investicijko i tekuće održavanje,3%**	€	0,01	1	0,010	266
UKUPNO						**1,088**	**28 940,8**
UKUPNO						**3,023**	**80 412**
TRANSPORT BLOkK A-GK	Osobni dohod. (2 zaposlena)		sat	0,125	7	**0,875**	**4 375**
	Energenti	Nafta	kg	1,3800	1,40	1,932	9 660
		Motorno ulje	kg	0,0345	5,59	0,193	965
		Diferencijalno ulje	kg	0,0070	5,59	0,039	195
		Ostala maziva	kg	0,0028	5,59	0,016	80
	Potrošni	Gume za kamion	1set/3500h	0,0002	2 330	0,466	2 330
		Gume za utovarač	1set/1600h	0,0002	3 495	0,699	3 495
UKUPNO						**3,35**	**16 725**
Održavanje i obnavljanje strojeva i opreme		Amortizacija strojeva, 3,1%*	€	2,48	1	2,48	12 400
		Rezervni dijelovi, 6%**	€	4,8	1	**4,8**	24 000
		Investicijko i tekuće održavanje,3%**	€	0,01	1	0,01	50
UKUPNO						**7,29**	**36 450**
UKUPNO						**11,52**	**57 575**

Napomena!

**Korištena je funkcionalna metoda obračuna amortizaije (što znači da se amortizacija određuje po jedinici proizvoda a ne linearnom metodom na bazi od 10 godina). Razlog tomu je što se nabavljena mehanizacija ne iskorištava optimalno već radi s kapacitetom znatno ispod maksimalnog.*

***Korištena je linearna metoda obračuna amortizacije*

Cijena utovara i transporta kamenog ostatka od deponija na EP „Ljut“ do pogona „Sreser“ iznosi ~3 € m^3, tj. 80 412 € za utovar i transport godišnje količine kamenog ostatka.

Cijena utovara i transporta blokova a-gk od deponija na EP „Ljut“ do pogona „Sreser“ iznosi ~11,5 € m^3, tj. 36 450 € za utovar i transport godišnje količine blokova a-gk.

Izračunata cijena transporta t-gk bit će sastavni dio proračuna ukupnih troškova za sva 3 modela.

Izračunata cijena transporta a-gk bit će sastavni dio proračuna ukupnog troška za model C.

5. ANALIZA MODELA PRERADE KAMENOG OSTATKA PRILIKOM EKSPLOATACIJE A-GK NA PODZEMNOM KOPU LJUT

5.1. MODEL A – prerada kamenog ostatka u tehničko – građevni kamen

Prilikom eksploatacije arhitektonsko – građevnog kamena iskoristivost stijenske mase je 10 – 20%. To znači da preostali (veći) dio predstavlja kameni otpad koji je poželjno iskoristiti, ukoliko njegova kakvoća omogućava, a tržište prihvaća, kao sekundarnu mineralnu sirovinu, a to je tehničko – građevni kamen.

U odnosu na arhitektonsko-građevni kamen mineralna sirovina tehničko-građevni kamen je rasuta, teška i "jeftina" roba koja ne trpi skupi prijevoz što ograničava veličinu potencijalnog tržišta, tako da su učestale pojave aktiviranja ovog mineralnog resursa pravilo. Troškovi kamionskog transporta u strukturi prodajne cijene tehničko-građevnog kamena imaju dominantan utjecaj zbog čega na udaljenostima većim od 20-30 km plasman postaje ekonomski upitan.

Na eksploatacijskom polju „Ljut“ primarna je zadaća eksploatacija arhitektonsko – građevnog kamena. Pritom, respektabilna količina kamenog ostatka biva eksploatirana, no neiskorištena, stoga će se u nastavku iznijeti prijedlog iskorištenja kamenog ostatka, kao sirovine za proizvodnju tehničko – građevnog kamena.

Takav prijedlog moguće je prihvatiti a potom i realizirati ovisno o spremnosti investitora za daljnja investicijska ulaganja u postrojenje za preradu kamenog ostatka.

5.1.1. Lokacija pogona za proizvodnju t-gk

Lokacija pogona „Sreser“ definirana je u *poglavlju 4.2.Odabir lokacije postrojenja za preradu pogona.*

Kao što je spomenuto, kreće se s pretpostavkom da je zemljište moguće uzeti u koncesiju za cijenu od 7 €/m2 u GZ „Vardište“(I1).

Potrebna je površina od 6 000 m^2 kako bi se na njoj moglo smjestiti mobilno drobilično postrojenje, manevarski prostor utovarnih strojeva, deponij frakcija t-gk, stambeni kontejner za smještaj radnika, poslovni kontejner za smještaj ureda poslovođe, diesel agregat (ili trafo stanica), spremnik za pitku vodu, te cisterna za diesel gorivo.

5.1.2. Režim rada

Po uzoru na režim rada na podzemnom kopu „Ljut“, predlaže se režim rada:

- broj radnih dana u godini - 250
- broj radnih dana u tjednu - 5
- broj smjena u danu - 1
- broj sati u smjeni - 8
- -

Napomena: Uzeto u izračun kao neradni dani: 52 nedjelje, 52 subote, 11 praznika i blagdana.

Iz toga proizlazi raspored smjenskog, tjednog i godišnjeg vremena u Tablica 5-1.

Tablica 5-1 Raspored smjenskog, dnevnog, tjednog i godišnjeg vremena (Galić, 2020).

	RADNI SATI	EFEKTIVNI SATI, ki =0,80
SMJENSKI RAD	8	6,4
DNEVNO	8	6,4
TJEDNO	40	32
GODIŠNJE	2000	1600

5.1.3. Količina mineralne sirovine

Kao što je spomenuto u točki *4.3.2. Količina mineralne sirovine*, Tablica 3-4: količina kamenog ostatka je:

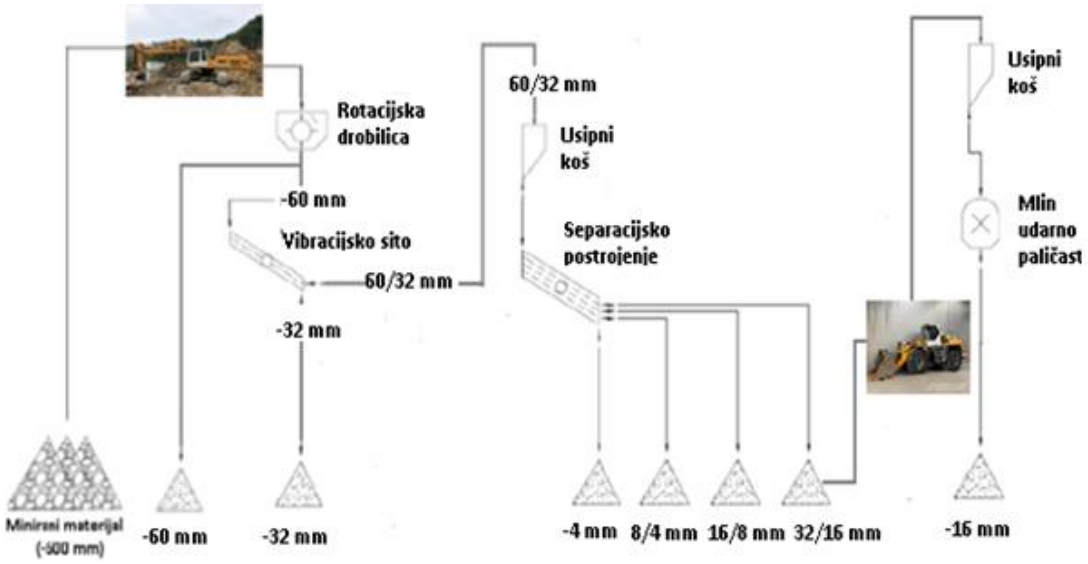
- 19 000 m^3 s.m. (26 600 m3, r.m.), godišnji kapacitet,
- 106,4 m^3/dan (204,8 t/dan), dnevni kapacitet,
- 16,6 m^3/h (32t/h), satni kapacitet.

Unutar pogona Sreser bit će smješteno mobilno drobilično oplemenjivačko postrojenje za preradu (oplemenjivanje) tehničko – građevnog kamena na kojem će se drobiti kameni ostatak prilikom eksploatacije arhitektonsko - građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Ljut“.

5.1.4. Tehnološki proces - modela A

Deponirani kameni ostatak utovarat će bagerom za utovar rasutog materijala u koš rotacijske drobilice, čiji je proizvod -60 mm. Dobivena frakcija, transportira se transportnom trakom do mobilnog vibracijskog sita sa kojeg izlaze dvije transportne rake, od kojih na jednoj izlazi frakcija -32 mm kao gotovi proizvod a na drugoj traci izlazi frakcija 60/32 mm. Frakcija 60/32 mm transportira se u usipni koš pokretnog separacijskog postrojenja.

Separacijsko postrojenje separira sirovinu na slijedeće frakcije: -4, 8/4, 16/8, 32/16 mm, koje izlaze kao gotovi proizvod. Nakon toga utovarač transportira i utovara frakciju 32/16 mm u usipni koš udarno – paličastog mlina iz kojeg izlazi frakcija -16 mm. Segregacijska shema prikazana je na Slika 5-1.



Slika 5-1 Segregacijska shema modela A (Orbanić, 2021)

5.1.5. Utrošci proizvodnje

Pod troškovima proizvodnje izračunati su slijedeći normativi, a njihova suma podrazumijeva ukupne troškove proizvodnje kojeg čine utrošci energenata i glavnog potrošnog materijala.

Pod preradom, podrazumijeva se: utovar – drobljenje – prosijavanje – drobljenje, a strojevi potrebni u tom procesu su:

- bager za utovar rastresitog materijala,
- utovarač,
- mobilno postrojenje za preradu kamena (proizvodni kapacitet do 4 t/h),
- rotacijska drobilica,
- udarno paličasti mlin,
- vibracijsko sito,
- mobilno separacijsko postrojenje.

Od ostale opreme, potrebna je nabava:

- diesel agregata za pogon mobilnog postrojenja i strojeva,
- kontejner (stambeni), za smještaj radnika,
- rezervoar za naftu 4 000 L,
- rezervoar za pitku vodu (2 000 L)

Prema fizičko-mehaničkim značajkama tehničko-građevnog kamena u istražnom prostoru „Ljut“, obujamska masa t-g kamena iznosi 2 600 kg/m^3. Stoga, potrebni kapacitet drobiličnog postrojenja iznosi 31 t/h, što možemo zaokružiti na **~50 t/h**, što predstavlja standardni kapacitet većine proizvođača u svojoj paleti proizvoda.

S obzirom na:

- Satni kapacitet drobiličnog postrojenja: 15 m^3/h ~ 50 t/h,
- Obujam lopate bagera za rasuti materijal; 2 m^3,
- Obujam lopate utovarača: 4 m^3
- Obujam usipnog koša rotacijske drobilice; 6 m^3,
- Obujam usipnog koša udarno – paličastog mlina: 4 m^3,
- Trajanje utovara bagera u usipni koš rotacijske drobilice: 1 min/m^3 (2 m^3 (lopata) u 2 min),
- Trajanje transporta i utovara utovarača u udarno – paličasti mlin: 2 min za jednu lopatu (4 m^3),

- 19 000 m^3 s.m. (26 600 m^3, r.m.), godišnji kapacitet,
- 106,4 m^3/dan (197,6 t/dan), dnevni kapacitet,
- 16,6 m^3/h (31 t/h), satni kapacitet,

- možemo zaključiti da;
    - efektivni dnevni sati rada bagera na utovaru: 2 h,
    - efektivni dnevni sati rada na utovaraču: 2 h,
    - efektivni dnevni sati rada postrojenja: 6 h,
    - efektivni godišnji sati rada postrojenja: 1 500 h,
    - efektivni godišnji sati rada bagera: 500 h.

Utrošci energenata i ostalog potrošnog materijala u preradi kamenog ostatka

Utrošci energenata i ostalog potrošnog materijala proračunati su u Tablica 5-2 Tablica 5-3Tablica 5-4Tablica 5-5Tablica 5-6Tablica 5-7 .

Energenti

Tablica 5-2 Utrošak nafte u preradi kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Diesel agregat	24	50	1 200	0,04
Bager	36	500	18 000	0,62
Utovarač	36	500	18 000	0,62
Drobilično postrojenje	40	1500	60 000	2,05

Ako uzmemo obzir da se pri izračunu normativa pretpostavlja:

- Potrošnja nafte = 20 % od snage motora,
- Potrošnja motornog ulja = 2 % od potrošnje nafte,
- Potrošnja diferencijalnog maziva = 0,5 % od potrošnje nafte,

- Potrošnja ostalog maziva = 0,2 % od potrošnje nafte,

Tada je:

Tablica 5-3 Utrošak motornog ulja u preradi kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Diesel agregat	0,6	50	30	0,0010
Bager	0,72	500	360	0,0123
Utovarač	0,72	500	360	0,0123
Drobilično postrojenje	0,8	625	500	0,0171

Tablica 5-4 Utrošak diferencijalnog ulja u preradi kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Diesel agregat	0,12	50	6	0,0002
Bager	0,18	500	90	0,0030
Utovarač	0,18	500	90	0,0030
Drobilično postrojenje	0,2	625	125	0,0043

Tablica 5-5 Utrošak ostalih maziva u preradi kamenog ostatka

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^3
Diesel agregat	0,048	50	2,4	~0
Bager	0,072	500	36	0,0012
Utovarač	0,072	500	36	0,0012
Drobilično postrojenje	0,08	625	50	0,0017

Tablica 5-6 Utrošak glavnog potrošnog materijala u preradi kamenog ostatka

Vrsta materijala	Jedinična mjera	Utrošak J.M./god	Normativ J.M./m^3
Hidraulična crijeva	m	30	0,00100
Pločice tvrdog metala	kom	798	0,03
Gume za utovarač	set	1	0,00003

Ukupan utrošak energenata i glavnog potrošnog materijala u preradi kamenog ostatka

Tablica 5-7 Ukupan utrošak energenata i glavnog potrošnog materijala u preradi kamenog ostatka

VRSTA TROŠKOVA		Jedinica mjere	NORMATIV UTROŠKA J.M./m^3
Energenti	Nafta	kg	3,3300
	Motorno ulje	kg	0,0427
	Diferencijalno ulje	kg	0,0105
	Ostala maziva	kg	0,0041
Potrošni materijal	Hidraulična crijeva	m	0,00070
	Pločice tvrdog metala	kom	0,03
	Gume za utovarač	set	0,00003

5.1.6. Dodatna ulaganja za realizaciju modela A

Potrebna ulaganja prikazana su u Tablica 5-8.

Tablica 5-8 Dodatna ulaganja za realizaciju modela A

Vrsta stroja, opreme, alata		Značajke	Pogonska energija	Broj jedinica	Jedinična cijena EUR	Ukupna cijena EUR
Diesel agregat		400 kW	Diesel	1	40 000	40 000
Cisterna za gorivo		4 000 L		1	5 000	5 000
Kontejner (stambeni, uredski)		6 x 2 m		2	4 000	8 000
Cisterna za vodu		Voda za piće 1000 L		1	200	200
Drobilično postrojenje	Rotacijska drobilica	<50 t/h	Diesel, Električna i Hidraulična energija	1	200 000	200 000
	Udarno – paličasti mlin			1	250 000	250 000
	Mobilno sito			1	110 000	110 000
	separacijsko postrojenje			1	100 000	100 000
Bager za utovar		30 t	Diesel	1	200 000	200 000
Utovarač		205 kW	Diesel	1	200 000	200 000
UKUPNO						**1 113 200**

5.1.7. Prikaz učinka u preradi kamenog ostatka

Godišnja količina prerađenog t-g kamena bit će 26 600 m^3 u rastresitom stanju. Na utovaru će biti zaposlena 2 zaposlenika i jedan na održavanju, i jedan poslovođa. Ukupno će biti zaposleno ukupno 4 radnika, 250 radnih dana godišnje.
Ukupni broj nadnica potrebnih za ostvarivanje godišnje količine t-g kamena iznosi:

$$N_{nad} = n_d \cdot n_r = 250 \cdot 4 = 1\,000\ nadnica$$
$$n_d - broj\ radnih\ dana$$
$$n_r - broj\ radnika$$

Dnevna učinkovitost po izrađenoj nadnici iznosi:

$$N_{nad-EF-D} = \frac{Q_{DAN}}{nr} \cdot k_{ef} = \frac{106{,}4}{4} \cdot 0{,}8 = 21{,}28\ {}^{m^3}/_{nad}$$

$Q_{DAN} - dnevna\ količina\ mineralne\ sirovine(106{,}4\ m^3)$
$n_r - broj\ radnika$
$k_{ef} - koeficijent\ efikasnosti$

Za utovar i transport 1 m^3 kamenog ostatka bit će potrebno:

$$Q_{1m^3} = \frac{1}{N_{nad-EF-D}} = \frac{1}{21{,}28} = 0{,}047\ {}^{nadnica}/_{m3}$$

Učinkovitost radnika tijekom jedne godine iznosi:

$$U_{rad} = \frac{Q_{god}}{n_r} = \frac{26\,600}{4} = 6\,650\ m^3$$

5.1.8. Prikaz ukupnih troškova prerade kamenog ostatka u t-gk

U Tablica 5-9 prikazani su ukupni troškovi u preradi kamenog ostatka u t-gk.

Tablica 5-9 Troškovi prerade kamenog ostatka u t-gk

Vrsta troškova			Jedinica mjere	Normativ utroška J.M. / m^3	Vrijednost J.M. € / J.M.	Cijena proizvodnje € / m^3	GODIŠNJI UTROŠAK € / god
PRERADA KAMENOG OSTATKA	Osobni dohodak (4 zaposlenika)		sat	0,047	7	**0,329**	**8751**
	Energenti	Nafta	kg	3,3300	1,40	4,662	124 009
		Motorno ulje	kg	0,0427	5,59	0,239	6 357
		Diferen. ulje	kg	0,0105	5,59	0,059	1 569
		Ostala maziva	kg	0,0041	5,59	0,023	612
	Potrošni materijal	Hidr. crijeva	m'	0,0007	58,25	0,041	1 091
		pločice tvrdog metala	kom	0,03	3,5	0,105	2 793
		Gume za utovarač	1set/1600 h	0,00003	3 495	0,105	2 793
UKUPNO						**5,56**	**147 975**
Održavanje i obnavljanje strojeva i opreme		Amortizacija strojeva, 3,1%*	€	0,512	1	0,512	13619
		Amortizacija drobiličnog postrojenja,3,1 %*	€	0,77	1	0,77	20482
		Rezervni dijelovi, 6%**	€	2,48	1	1,65	43890
		Investicijko i tekuće održavanje,3%	€	0,015	1	0,015	399
UKUPNO						**2,45**	**78 470**
Koncesija		6 000	€	0,049	1	0,049	1302
UKUPNO						**0,049**	
SVEUKUPNO						**8,38**	**234 080**

Cijena prerade kamenog ostatka iznosi 8,4 €/m^3, dok godišnji troškovi prerade 26 600 m^3 iznose 234 080 €.

5.1.9. Cijena proizvodnje tehničko – građevnog kamena u pogonu „Sreser“

Cijena proizvodnje tehničko-građevnog kamena u pogonu „Sreser“ definira se sumom glavnih troškova, a to su transport do pogona i prerada u pogonu „Sreser“.

Cijena transporta kamenog ostatka od EP „Ljut“ do pogona “Sreser“: 3 €/m^3

Cijena prerade kamenog ostatka u t-gk: 8,4 €/m^3

Proizvodna cijena t-gk: 11,4 €/m^3

5.1.10.Proračun dobiti za model A

U Tablica 5-10 prikazan je proračun dobiti za model A

Tablica 5-10 Proračun dobiti za model A

Vrsta mineralne sirovine	Količina		Tržišna cijena €/J.M.	Ukupni prihod €	Proizv. cijena €/J.M.	Ukupni troškovi €	Bruto dobit €	Porez €	Neto dobit €
1	2=26 600 x1.4x32		3	4=2x3	5	6=2x5	7=4-6	8=7*0,12	9 =7-8
t-g k	m^3 r.m.	851 200	15	12 768 000	11,4	9 703 680	3 064 320	367 718	2 696 602

5.1.11. Ekonomko – tržišna ocjena

Tijekom 32 godine rada pogona za proizvodnju t-gk „Sreser“, ostvarit će se bruto dobit u iznosu od 3 064 320 €.

Kada se uzme u obzir i porez na dobit od 12 % dobit će se slijedeća neto dobit:

Bruto dobit za 32 godine: 3 064 320 €

Porez na dobit za 32 godine: 367 718 €

Statička neto dobit za 32 godine: 2 696 602 €

Statička godišnja neto dobit: 84 269 €

5.1.11.1. Izračun razdoblja povrata

Izračun razdoblja povrata ukazuje na broj godina u kojima će se vratiti uložena novčana sredstva (investicija), tj. broj godina u kojima će čisti novčani tokovi vratiti investicijske troškove.

Investicijsko razdoblje trajat će 5 godina. Od toga će se u prve dvije godine ishoditi dozvole i sva potrebna dokumentacija, a naredne tri godine će se nabaviti svi potrebni strojevi, oprema i objekti. U tom periodu eksploatacija bi trebala započeti i dosegnuti puni kapacitet od 19 000 m^3 s.m., odnosno 26 600 m^3 r.m.

$$t_p = \frac{I_T}{D_{GSN}} = \frac{1\,437\,200}{84\,269} = 17{,}05\ godina$$

gdje je:
t_P – vrijeme povrata investicije
I_T – ukupni investicijski troškovi za model A,
D_{GSN} – statička godišnja neto dobit od prodaje t-gk,

Razdoblje povrata investicije za model A, trajat će **22 godine.**

5.1.11.2. Interna stopa rentabilnosti

Interna stopa rentabilnosti je diskontna stopa pri kojoj je razlika između neto sadašnje vrijednosti novčanih prihoda (priljeva) i troškova (odljeva) jednaka nuli. Za ovu varijantu iskorištenja kamenog ostatka, interna stopa rentabilnosti određena je temeljem godišnjih pokazatelja, iz izraza:

$$IRR = \frac{P - T}{P} \times 100 = \frac{DGS}{P} \times 100, \%$$

gdje je:

IRR – interna stopa rentabilnosti (povrata)

P – prihod od prodaje t-gk,

T – troškovi proizvodnje t-gk,

DGS – godišnja dobit od prodaje t-gk,

$$IRR = \frac{3\ 064\ 320}{12\ 768\ 000} \times 100 = 24{,}00\ \%$$

Interna stopa rentabilnosti za ovu varijantu iskorištenja kamenog ostatka (proizvodnja t-g kamena) iznosi **24,00 %.**

5.2. MODEL B - proizvodnja ploča od umjetnog kamena sa popratnim postrojenjem za pripremu sirovine i proizvodnju t-g kamena

Model B predstavlja aneks modela A, što znači da je cijena transporta kamenog ostatka, dodatna investicijska ulaganja iz modela A, te proračun ukupnog troška modela A sastavni dio modela B.

5.2.1. Proizvodnja umjetnog kamena

Umjetni kamen jedno je mogućih tehnoloških rješenja prerade kamena. U slijedećem poglavlju razmotrit će se mogućnost iskorištenja kamena eksploatiranog na eksploatacijskom polju „Ljut“ za proizvodnju umjetnog kamena.
To je proizvod čija je temeljna komponenta mineralna sirovina odnosno kamen. Namjena je ista kao i namjeni arhitektonsko – građevnog kamena, a izgledom odgovara toj mineralnoj sirovini.

U stranoj literaturi nailazimo na razne nazive takvog kamena kao što su: *„Agglomerated marble“, „Engineered stone“, „Cultured marble“ i „Artificial stone“*.

Prema Dunda et al., 2003, takav proizvod se naziva „Polimramor“, te je proizvodnja polimramornih ploča tehnološki postupak kojim se kameni agregati međusobno povezuju vezivom u kompaktnu cjelinu sličnoj breči ili konglomeratu.
Naziv „mramor“, proizlazi iz komercijalne podjele u industriji arhitektonsko – građevnog kamena koja ga dijeli na dvije grupe: granite i mramore. Mramori obuhvaćaju sve stijene karbonatnog sastava, bez obzira na genezu, kako vapnence i dolomite, tako i mramore u petrološkom smislu, dakle metamorfne stijene.
Eksploatirani kamen, tj. jalovina na eksploatacijskom polju „Ljut“ odgovara toj grupi, pa će sukladno tome i umjetni kamen proizveden od iste sirovine u nastavku teksta nositi naziv „Umjetni kamen“.

Tržište umjetnog kamena

Nekadašnju zemlju predvodnicu u proizvodnji umjetnog kamena i strojeva za proizvodnju istog – Italiju, nedvojbeno je prestigla Kina. Rast kineske ekonomije postavio je Kinu kao lidera u opskrbi umjetnoga kamena ne samo azijskom, već i na europskom tržištu. Procjenjuje se da samo u Kini ima više od 100 proizvođača umjetnog kamena. Uz nju nalazi se Indija s otprilike 40 postrojenja.

5.2.2. Lokacija pogona za proizvodnju ploča od umjetnog kamena i drobiličnog postrojenja za pripremu sirovine i proizvodnju t-gk

Lokacija pogona „Sreser“ definirana je u poglavlju *4.2.Odabir lokacije postrojenja za preradu pogona.*

Kao što je spomenuto, kreće se s pretpostavkom da je zemljište moguće uzeti u koncesiju za cijenu od 7 €/m^2 u GZ „Vardište“(I1). Potrebna površina zemljišta koja će se zakupiti, je 8 000 m^2. Predviđa se da je navedena kvadratura dostatna za smještaj pokretnog drobiličnog postrojenja, smještaj silosa drobljenog materijala, manevarski prostor utovarača, prilaz i istovar kamiona, proizvodne hale 30 x 60 m (1800 m^2), za proizvodnju ploča umjetnog kamena. Također na istome će se radilištu deponirati frakcije t-g kamena i pakirane ploče na paletama (1000 m^2), te 1 000 m^2 za smještaj uprave.

5.2.3. Količina kamenog ostatka i vrsta proizvoda

Na temelju godišnje količine kamenog ostatka od 19 000 m^3 s.m., nameće se pitanje: *Koja je zapravo potencijalna količina mineralne sirovine za proizvodnju umjetnog kamena?*

Međutim, u godišnjoj količini mineralne sirovine, pribrojava se i određena količina jalovine; humusa i sitneži, empirijski je određena maksimalna potencijalna količina za proizvodnju umjetnog kamena u iznosu od 50 - 60 % ukupne količine.

S obzirom na sve navedeno, od maksimalne godišnje proizvodnje kamenog ostatka, određeno je da se 10 994 m^3 s.m., tj. 15 392 m^3 r.m. kamenog ostatka može iskoristiti za proizvodnju umjetnog kamena.

To znači da će se u drobiličnom postrojenju godišnje preraditi 26 600 m^3 t-g kamena.
Od toga 15 392 m^3 r.m., ići će na daljnju preradu, na liniju za proizvodnju umjetnog kamena čiji će finalni proizvod biti ploče debljine: 20 mm, 30 mm i dr. U daljnjoj analizi, uzima se referentna debljina ploča od 20 mm.

Normativ: 1 m^3 = 30 m^2 ploča, debljine 20 mm.

Kada se uzme u obzir navedeni normativ, godišnja količina prerađenog kamenog ostatka u obliku ploča od umjetnog kamen, iznosi 494 544 m^2.

Razlika do ukupne godišnje količine kamenog ostatka, tj. 11 208 m^3 r.m, plasirat će se na tržište kao tehničko – građevni kamen frakcija -32, -16, 32/16, 16/8, 8/4, -4.

5.2.4. Tehnološki proces – MODEL B

Tehnološki postupak započinje drobljenjem i mljevenjem kamenog ostatka na mobilnom drobiličnom postrojenju „Sreser“. Potrebno je osigurati i transportnu traku za kontinuirano punjenje silosa za skladištenje kamenog pijeska.

Iz silosa dozatorima će se opskrbljivati mlin koji mljevenjem osigurava potrebnu veličinu kamenog praha, nakon čega se miješa sa vezivom, dvo komponentnim poliesterskim smolama ili epoxy smolom u epicikloidalnoj miješalici.

Takva smjesa sastoji se od 93 – 95% kamenog praha, te 5 – 7 % veziva.

Osim veziva (smole), u smjesu se dodavaju razni aditivi, pigmenti na bazi oksida metala i kondenzatori kojima se postižu efekti boja, te se ubrzava stvrdnjavanje smjese.

Smjesa se miješa u tzv. epicikloidalnim miješalicama koje imaju mali broj okretaja 20 – 30 okr / min dok god se kamena frakcija ne natopi vezivom i ne postane homogena. Nakon toga pripremljena smjesa se stavlja u kalupe.

Pri formiranju ploča kalupi se fiksiraju na vibracijsku stanicu u vakuum komori.
Prema Suta et al. (2019) i Lee et al. (2008) parametri su: tlak zbijanja (5 – 15 MPa), frekvencija vibriranja (25 – 50 Hz), podtlak (50 mmHg).

Preko pužnog transportera smjesa se direktno ubacuje u kalupe koji su prethodno premazani s dva sloja. Uloga prvog sloja premaza je ostvarivanje adhezije između ploče i stranica kalupa, kako bi se stranice kalupa lakše odvojile od izlivene ploče. Drugi sloj premaza služi kako bi se stvorila tanka opna koja armira vanjsku površinu. Drugi premaz se stavlja kod blokova koji ne idu na daljnju obradu piljenja.

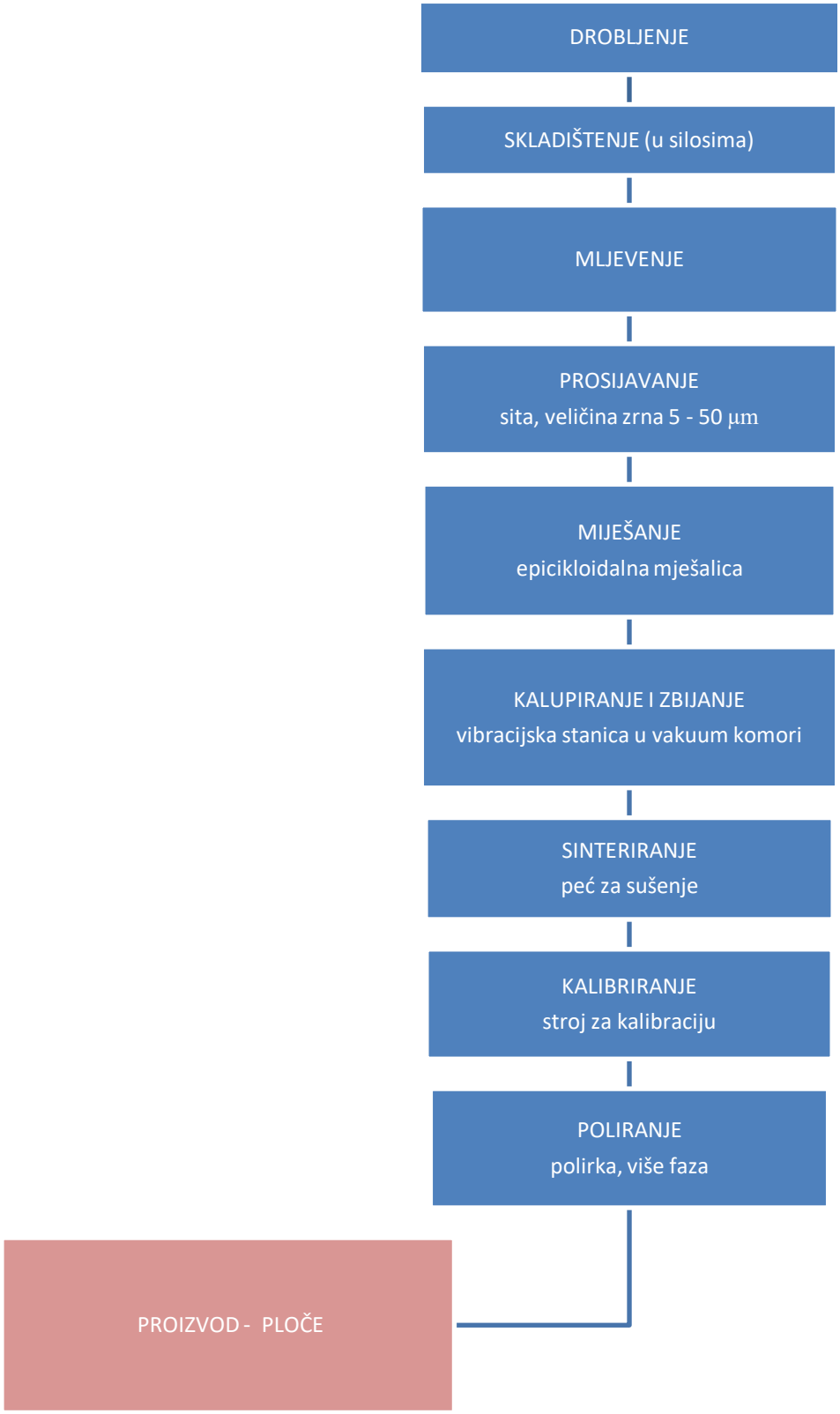
Kalupi za formiranje moraju biti izrađeni od materijala otpornog na tlak i vibracije (lijevano željezo ili armirane plastične mase).

Nakon toga, ploča se peče na temperaturi 80°C – 110 °C nekoliko sati, ovisno o tome kakvog je sastava smjesa, te koje su željene karakteristike finalnog proizvoda.

Finalni proizvodi se pakiraju, u plastične folije, zatim u drvene okvire, te se na rubove takvih paketa stavljaju gumeni štitnici koji štite proizvod od loma prilikom transporta. Za transport i skladištenje ploča koristit će se viličari.

Što se tiče pogonske energije, potrebno je do zemljišta dovesti strujnu mrežu i osigurati priključak vode u naravi tehnološke vode za potrebe tvornice.

Proces proizvodnje ploča od umjetnog kamena prikazan je na Slika 5-2.



Slika 5-2 Proces proizvodnje ploča od umjetnog kamena

Odabir potrebnog postrojenja

Kada govorimo o proizvođačima strojeva za proizvodnju umjetnog kamena, u Europi, talijanska tvrtka *Breton* opskrbljuje neke od velikih postrojenja za proizvodnju umjetnog kamena. Neki od njih su talijanske tvrtke poput *Quarella i Santa Margherita*. Što se istočne azije tiče, tvrtka *Romastone* također koristi svu mehanizaciju poznate tvrtke *Breton*. Upravo gore navedene tvrtke, poznati su proizvođači umjetnoga kamena (konkretno umjetnog mramora), te proizvode umjetni kamen prema *Breton* recepturi.

Odabrana je tvrtka Breton za primjer projektiranja troškova proizvodnje.

Prema internim informacijama proizvođača opreme, cijena kompletnog pogona za proizvodnju ploča od umjetnog kamena, za planirane kapacitete, iznosi oko **7 000 000 €.**
To je cijena opremanja kompletne proizvodne linije sa svom potrebnom mehanizacijom, strojevima, opremom i *know how*, na principu „ključ u ruke“.

5.2.5. Utrošak potrošnih materijala

Prema dostupnim informacijama, dobivena je cijena potrošnog materijala dostatnog za proizvodnju m^2 ploče koja iznosi **9 €/m^2**.

Potrošni materijali za proizvodnju ploča od umjetnog kamena su:

- Kameni agregat,
- Cement,
- Voda za miješanje,
- Aditivi,
- Abrazivi.

No, uzima se u obzir činjenica da nema troškova nabave kamenog agregata i da je postotni udio ~ 90 % u korist kamenog praha u finalnom proizvodu, dolazimo do cijene potrošnog materijala ~ 1 €/m^2.

Navedenu cijenu (9 €/m^2) korigirat će se koeficijentom od 20 % u korist ostalog potrošnog materijala, stoga cijena ostalog potrošnog materijala iznosi **1,8 €/m^2.**

5.2.5.1. Utrošak energenata

Procesna linija za proizvodnju ploča od umjetnog kamena pogonjena je električnom energijom. Utrošak energenata prikazan je u Tablica **5-11**.

Tablica 5-11 Utrošak energenata u proizvodnji ploča od umjetnog kamena

VRSTA TROŠKOVA	Jedinica mjere	NORMATIV UTROŠKA J.M./m^3
Električna energija	kWh	12,33

5.2.6. Prikaz ukupno potrebnih ulaganja za realizaciju modela B

Ukupno potrebna ulaganja prikazana su u Tablica 5-12.

Tablica 5-12 Prikaz dodatnih ulaganja za realizaciju modela B

Vrsta investicije / stroja / opreme	Značajke	Pogonska energija	Broj jedinica	Jedinična cijena EUR	Ukupna cijena EUR
TRAFO	1 MW	Javna mreža	1	100 000	100 000
Proizvodna hala	1 800 m^2		1	1 620 000	1 620 000
Pogon za proizvodnju umjetnog kamena	Kompletno automatizirana procesna linija za proizvodnju	Električna energija	1	7 000 000	7 000 000
UKUPNO					**8 720 000**

5.2.7. Prikaz učinka u proizvodnji ploča

Organizacija rada prikazana je u Tablica 5-13.

Tablica 5-13 Organizacija rada

Radno mjesto	Kvalifikacija	Broj radnika
Direktor	VSS	1
Poslovođa	SSS	1
Upravljanje sirovinom	SSS	1
Miješanje sirovina	KV	2
Priprema kalupa	KV	2
Kontrola kvalitete proizvoda	KV	1
Radnici na utovaru	KV	2
Radnici na liniji za preradu	KV	6
Ukupno		16

5.2.8. Prikaz učinka po pojedinim vrstama i fazama rada

Godišnja proizvodnja ploča od umjetnog kamena bit će 329 820 m^2. U proizvodnji bit će zaposleno ukupno 16 radnika, 250 radnih dana godišnje.

Ukupni broj nadnica potrebnih za ostvarivanje godišnje količine t-gk i umjetnog kamena iznosi:

$$N_{nad} = n_d \cdot n_r = 250 \cdot 16 = 4000\, nadnica$$

$$n_d - broj\ radnih\ dana$$

$$n_r - broj\ radnika$$

Dnevna učinkovitost po izrađenoj nadnici iznosi:

$$N_{nad-EF-D} = \frac{Q_{DAN}}{n_r} \cdot k_{ef} = \frac{1\,312{,}3}{16} \cdot 0{,}8 = 65{,}62\,{}^{m^2}/_{nad}$$

$Q_{DAN} - dnevna\ količina\ kamenog\ ostatka$ (1 312,3 m^2)
$n_r - broj\ radnika$
$k_{ef} - koeficijent\ efikasnosti$

Za pridobivanje 1 m^2 mineralne sirovine bit će potrebno:

$$Q_{1m^3} = \frac{1}{N_{nad-EF-D}} = \frac{1}{65{,}62} = 0{,}0152\,{}^{nad}/_{m^2}$$

Učinkovitost radnika tijekom jedne godine iznosi:

$$U_{rad} = \frac{Q_{god}}{n_r} = \frac{329820}{16} = 20\,613{,}75\ m^2$$

5.2.9. Prikaz ukupnih troškova prerade kamenog ostatka u ploče umjetnog kamena

U Tablica 5-14 slijedi proračun troškova prerade kamenog ostatka u ploče od umjetnog kamena.

Tablica 5-14 Prikaz ukupnih troškova prerade kamenog ostatka u ploče od umjetnog kamena

Vrsta troškova		Jedinica mjere	Normativ utroška J.M. / m^2	Vrijednost J.M. € / J.M.	Cijena proizvodnje € / m^2	GODIŠNJI UTROŠAK € / god
Osobni dohodak (16 zaposlenika)		sat	0,0152	7	**0,1064**	**35 093**
Troškovi potrošnog materijala i energenata	Aditivi, abrazivi, cement (vezivo), voda	kg	10,8	0,167	1,8	593 676
	Električna energija	kWh	12,33	0,09	1.11	366 100
UKUPNO					**2,91**	**959 776**
Održavanje i obnavljanje	Amortizacija, 10 %*	€	2,64	1	2,64	870 725
	Rezervni dijelovi, 6 %	€	1,32	1	1,32	435 362
	Investicijsko i tek. održavanje, 3 %	€	0,66	1	0,66	217 681
	Koncesija	€	0,005	1	0,005	1 527 067
UKUPNO					**4,63**	**1 030 003**
Naknade	Ukupno	€	5	1	5	1 649 100
UKUPNO					**5**	**1 649 100**
SVEUKUPNO					**12,65**	**4 171 036**

Cijena prerade kamenog ostatka u ploče od umjetnog kamena: 12,7 €/m²

5.2.10.Cijena proizvodnje ploča umjetnog kamena u pogonu „Sreser“

Cijena proizvodnje ploča od umjetnog kamena u pogonu „Sreser“ definira se sumom glavnih troškova, a to su transport do pogona, priprema sirovine i prerada u pogonu „Sreser“.

Ako uzmemo u obzir da je:

Cijena transporta kamenog ostatka od EP „Ljut“ do pogona“Sreser“:	*3 €/m^3*
Cijena prerade kamenog ostatka u t-gk:	*8,4 €/m^3*
Proizvodna cijena t-gk:	*11,4 €/m^3*

Proizvodna cijena t-gk u potpunosti odgovara cijeni pripreme ulazne sirovine za proizvodnju ploča od umjetnog kamena.

- kada se uvrsti normativ spomenut u poglavlju *Količina sirovine i vrsta proizvoda:*

1 m^3 = 30 m^2 ploča, debljine 20 mm,

- i proizvodna cijena po m^3:

11,4 €/m^3 za 30 ploča debljine 20 mm,

- dobija se cijena pripreme ulazne sirovine za proizvodnju ploča od umjetnog kamena:

0,38 €/m^2 ~ 0,4 €/m^2

S obzirom na sve navedeno, cijena proizvodnje ploča od umjetnog kamena iznosi:

Cijena transporta kamenog ostatka i priprema ulazne sirovine:	**0,4 €/m^2**
Cijena prerade u pogonu za proizvodnju ploča:	**12,7 €/m^2**
Proizvodna cijena ploča od umjetnog kamena:	**13,1 €/m^2**

Ukupna količina adekvatne sirovine za proizvodnju ploča od umjetnog kamena:

Postotni udio ukupne količine sirovine adekvatne za proizvodnju ploča od umjetnog kamena:

$$\sim \mathbf{57\ \%}\ od\ 851\ 200\ m^3 = 492\ 544\ m^3$$

Ukupna količina ploča od umjetnog kamena:

$$492\ 544\ x\ 30 = 14\ 776\ 320\ m^2\ ploča\ debljine\ 20\ mm$$

Cijena proizvodnje ploča od umjetnog kamena u pogonu „Sreser“ iznosi: 13,1 €/m^2.

5.2.12. Cijena proizvodnje svih proizvoda u modelu B

Proizvodna cijena tehničko – građevnog kamena:	**11,4 €/m^3**
Proizvodna cijena ploča od umjetnog kamena:	**13,1 €/m^2**

5.2.11.Proračun dobiti za model B

Kako je navedeno u točki Količina i vrsta proizvoda, slijedi proračun dobiti u Tablica 5-15.

Tablica 5-15 Proračun dobiti za model B

Vrsta proizvoda	Količina		Trž. cijena	Ukupni prihod	Proizv. cijena	Ukupni troškovi	Bruto dobit	Porez	Neto dobit
	Jedin. mjera	Iznos	€/J.M	€	€/J.M.	€	€	€	€
1	2		3	4=2*3	5	6=2*5	7=4-6	8=7*0,12	9=7-8
t-gk	m^3	358 656	15	5 379 840	11,4	4 088 678	1 291 162	154 939	1 136 223
umjetni kamen	m^2	14 776 320	25	369 408 000	13,1	193 569 792	175 838 208	21 100 585	154 737 623

Komentar:

Naravno ovo je teoretski model dobiti nakon 32. godine. Eksploatacijsko polje „Ljut“ neće eksploatirati 32 godine sa maksimalnim godišnjim kapacitetom od 19 000 m^3 s.m., no uzet je period od 32. godine iz razloga što je korištena funkcionalna metoda amortizacije.
No, unatoč svemu navedenom ovaj proračun dobiti predstavlja vjerodostojan omjer cijena, te se kao takav uzima kao valjan.

Nadalje transportni kapaciteti i proizvodni kapaciteti drobiličnog postrojenja koji dirigiraju količinu ulazne sirovine u tehnološki proces proizvodnje ploča od umjetnog kamena su projektirani na maksimalnu godišnju količinu kamenog ostatka (19 000 m3 s.m., 26 600 m^3 r.m.).

5.2.12. Ekonomsko – tržišna ocjena

Tijekom 32 godine rada pogona za proizvodnju t-gk i ploča od umjetnog kamena „Sreser“, ostvarit će se ukupna bruto dobit u iznosu od:

Bruto dobit od prodaje t-gk za 32 godine:	1 291 162 €
Bruto dobit od prodaje ploča umjetnog kamena za 32 godine:	175 838 208 €
Bruto dobit za 32 godine:	**177 129 370 €**

Kada se uzme u obzir i porez na dobit od 12 % dobit će se slijedeća neto dobit:

Bruto dobit za 32 godine:	**177 129 370 €**
Porez na dobit za 32 godine:	**21 255 524 €**
Statička neto dobit za 32 godine:	**155 873 846 €**
Statička godišnja neto dobit:	**4 871 058 €**

5.2.12.1. Izračun razdoblja povrata

Izračun razdoblja povrata ukazuje na broj godina u kojima će se vratiti uložena novčana sredstva (investicija), tj. broj godina u kojima će čisti novčani tokovi vratiti investicijske troškove.

Investicijsko razdoblje trajat će 5 godina. Od toga će se u prve dvije godine ishoditi dozvole i sva potrebna dokumentacija, a naredne tri godine će se nabaviti svi potrebni strojevi, oprema i objekti. U tom periodu eksploatacija bi trebala započeti i dosegnuti puni kapacitet od 19 000 m^3s.m., odnosno 26 600 m^3 r.m.

$$t_p = \frac{I_T}{D_{GSN}} = \frac{10\ 157\ 200}{4\ 871\ 058} = 2{,}09\ godina$$

gdje je:

t_P – vrijeme povrata investicije

I_T – ukupni investicijski troškovi za model B,

D_{GSN} – statička godišnja neto dobit od prodaje t-gk i ploča od umjetnog kamena,

Razdoblje povrata inveticije za model B, trajat će **7 godina.**

5.2.12.2. Interna stopa rentabilnosti

Interna stopa rentabilnosti je diskontna stopa pri kojoj je razlika između neto sadašnje vrijednosti novčanih prihoda (priljeva) i troškova (odljeva) jednaka nuli. Za ovu varijantu iskorištenja kamenog ostatka, interna stopa rentabilnosti određena je temeljem godišnjih pokazatelja, iz izraza:

$$IRR = \frac{P - T}{P} \times 100 = \frac{DGS}{P} \times 100, \%$$

gdje je:

IRR – interna stopa rentabilnosti (povrata)

P – prihod od prodaje ,

T – troškovi proizvodnje

DGS – godišnja dobit od prodaje ,

$$IRR = \frac{177\ 129\ 370}{374\ 787\ 840} \times 100 = 47{,}26\ \%$$

Interna stopa rentabilnosti za model B iznosi **47,26 %.**

5.3. MODEL C – proizvodnja ploča od prirodnog kamena i ploča od umjetnog kamena sa popratnim postrojenjem za proizvodnju t-gk

Model C predstavlja aneks modela B, što znači da je cijena transporta kamenog ostatka, dodatna investicijska ulaganja iz modela A i B, te proračun ukupnog troška modela A i B sastavni dio modela C. Za razliku od prethodna dva modela, u izračun cijene proizvodnje uvrstit ćemo i cijenu transporta blokova a-gk, s obzirom da model C podrazumijeva oplemenjivačko postrojenje za preradu blokova, tj. proizvodnju ploča od arhitektonsko – građevnog kamena.

5.3.1. Lokacija pogona za preradu a-g kamena

Kao što je definirano u točci *5.2.2.*, odjel za preradu a-gk bit će dio pogona „Sreser“, konkretno u istoj tvornici u kojoj se proizvode ploče od umjetnog kamena.

S obzirom da se radi o većoj potrebnoj površini zemljišta za smještaj deponija za odlaganje blokova a-gk, potrebna je i investicija u kransku dizalicu (vanjsku).
Potrebna površina zemljišta je 10 000 m^2, a trebala bi obuhvatiti smještaj potrebne mehanizacije iz sva 3 modela. Također, potrebna je nadogradnja postojećeg pogona iz modela B, u iznosu od 400 m^2.

5.3.2. Količina ploča od prirodnog kamena

Prema *Tablica 3-4 Najmanja i najveća godišnja eksploatacija mineralne sirovine*, ukupna godišnja količina a-gk iznosi 5 000 m^3.
Usvojeno je da je 1 m^3 dostatan za proizvodnju 20 m^2 ploča debljine 20 mm, za sve klase blokova (4) , te će se godišnje proizvesti 100 000 m^2 ploča od prirodnog kamena.

5.3.3. Tehnološki proces – model C

Prerada arhitektonsko – građevnog kamena u finalni proizvod – ploče

Ideja ovog modela je iskoristiti već nabavljenu opremu za obradu ploča od umjetnog kamena, za obradu ploča dobivenih piljenjem blokova a-gk.
Misao vodilja je ta da ploče od umjetnog kamena jako slične ako ne i iste onima dobivenim piljenjem blokova. Naime, s obzirom da su nastale mljevenjem i ponovnim kompaktiranjem iste mineralne sirovine, njihova gustoća, fizičko – mehaničke, kemijsko – petrografske karakteristike su jednake. To znači da su projektirani strojevi za kalibriranje, poliranje i rezanje u potpunosti adekvatni onima za obradu ploča od prirodnog kamena koje se eksploatira na EP „Ljut“.
To znači da za proces oplemenjivanja a-g kamena nedostaje jedino gater za raspilavanje blokova na željene dimenzije. Nakon toga, raspilane ploče prate jednaki proces završne obrade, a to je kalibriranje i višefazno poliranje. Nakon toga ploče se pile na mostnoj pili (bridge) koja je nabavljena, tj. koja je sastavni dio postrojenja, kao i stroj za obradu rubova ploča (freza).

Transport blokova a-gk, ranije je izračunat u točci *4.3. Izračun troškova utovara i transporta kamenog ostatka do deponija pogona „Sreser“*.

Sa privremenog deponija na zemljištu pogona „Sreser“ utovarač s vilicama će transportirati blok do postolja gater pile. Nakon raspilavanja bloka na ploče debljine 20 mm, viličarem se prebacuju na transportni stol pogonjen elektromotorom koji će ih transportirati do strojeva za završnu obradu. Nakon završne obrade, drugi viličar će ih slagati na palete i odvoziti u skladišni dio pogona i/ili po potrebi na privremeni deponij, zapakirane, spremne na otpremu .

Potrebna ulaganja za nadogradnju modela B u model C, predstavlja nabavu:

- Gater pile,
- Utovarača s vilicama,
- Viličara za transport, utovar i skladištenje ploča (2 komada),
- Transportnog stola s valjcima (20 m),

- Nadogradnja proizvodne hale (400m^2),
- Kranske dizalice (vanjska).

Satni utrošci strojeva za istovar, transport i preradu

Kao što je rečeno u poglavlju: *Količina mineralne sirovine*, *Proračun godišnjeg, dnevno i satnog kapaciteta t-gk i a-gk.*,

- Dnevna količina blokova a-gk: 20 m^3/dan (52 t/dan),
- Količina blokova a-gk po satu: 3,1 m^3/h (8,1 t/h).
- Dnevnu količinu proizvedenih ploča a-gk: ~ 400 m^2 (1m^3 ~20 m^2 ploča debljine 20 mm).

S obzirom na:

- dnevni „priljev“ blokova od 20 m^3, ~ 6 blokova, dimenzija 3,5 m^3
- rad utovarača na istovaru i transport na mjesto privremenog deponija ~100 m (3 min),
- na transportni put utovarača (~300 m) od privremenog deponija do gatera (3 min),
- utovar i transport proizvedene ploče skladišni prostor, ~ 100 m (1 min).
- Piljenje na gateru ~ 6 bloka dnevno
    - brzina piljenja gatera za ovaj tip stijene: ~ 45 cm/h (po visini bloka)
    - za 40 lama (blok 1300 x 2500), debljina ploče 20 mm, učinak gatera: ~ 45m^2/h
    - potrebni kapacitet (100 000 m^2/1 600 h): 62 m^2/h
        - potrebno ~ 1,4 gatera, odabrano: 2

Proizlazi da su:

- Dnevni efektivni sati rada na utovaraču: 3 bloka x 5 min x 3 min = ~ 30 min (0,5 h),
- Dnevni efektivni sati rada na viličaru: 200 ploča x 1 min = 200 min (3,3h),
- Dnevni efektivni sati rada 2 gatera: = 400 m^2/45 m^2/h = 528 min (~9 h)

- Efektivni godišnji sati rada na utovaraču : 125 h,
- Efektivni godišnji sati rada na viličaru: 825h,
- efektivni godišnji sati rada gatera: 2 250 h.

5.3.4. Utrošak energenata i potrošnih materijala

U procesu prerade blokova a-gk, glavni energenti su električna energija za pogon gatera i diesel goriva za pogon utovarača i viličara. Slijedi proračun utroška energenata i glavnog potrošnog materijala u Tablica 5-16,Tablica **5-17**Tablica 5-18Tablica 5-19Tablica 5-20Tablica 5-21Tablica 5-22.

Utrošak energenata

Tablica 5-16 Utrošak električne energije za preradu blokova a-gk u ploče

Stroj	Satni utrošak kW/h	Radni sati	Utrošak kWh/god	Normativ kW/m^2
Gater	100	2 250	225 000	2,25

Tablica 5-17 Utrošak nafte za preradu blokova a-gk u ploče

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^2
Utovarač	36	125	32 400	0,324
Viličar	3,4	825	2 805	0,028

Ako uzmemo u obzir da se pri izračunu normativa pretpostavlja:

- Potrošnja nafte = 20 % od snage motora,
- Potrošnja motornog ulja 2 % od potrošnje nafte,
- Potrošnja diferencijalnog maziva = 0,5 % od potrošnje nafte,
- Potrošnja ostalog maziva = 0,2 % od potrošnje nafte,

Tablica 5-18 Utrošak motornog ulja za preradu blokova a-gk u ploče

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^2
Utovarač	0,9	125	112,5	0,0045
Viličar	0,1	825	150	0,0013

Tablica 5-19 Utrošak diferencijalnog ulja za preradu blokova a-gk u ploče

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^2
Utovarač	0,180	125	22,5	0,0002
Viličar	0,002	825	0,5	0

Tablica 5-20 Utrošak ostalih maziva za preradu blokova a-gk u ploče

Stroj	Satni utrošak kg/h	Radni sati	Utrošak kg/god	Normativ kg/m^2
Utovarač	0,072	125	9	0,0001
Kamion	0,0007	825	0,561	0,00001

Utrošak glavnog potrošnog materijala

Tablica 5-21 Utrošak potrošnog materijala za preradu blokova a-gk u ploče

Vrsta materijala	Jedinična mjera	Utrošak J.M./god	Normativ J.M./m^2
Gume za viličar	set	1	0,0002
Gume za utovarač	set	1	0,0002

Godišnji utrošak energenata i glavnog potrošnog materijala u preradi prirodnog kamena

Tablica 5-22 Utrošak energenata i glavnog potrošnog materijala za preradu blokova a-gk u ploče

VRSTA TROŠKOVA		Jedinica mjere	NORMATIV UTROŠKA J.M./m^2
Energenti	Nafta	kg	0,352
	Motorno ulje	kg	0,0058
	Diferencijalno ulje	kg	0,0002
	Ostala maziva	kg	0,00011
	Električna energija	kW	2,25
Potrošni materijal	Gume za viličar	set	0,0002
	Gume za utovarač	set	0,0002

5.3.5. Prikaz ukupno potrebnih ulaganja za realizaciju modela C

Ukupno potrebna ulaganja prikazana su u Tablica 5-23 .

Tablica 5-23 Prikaz ukupno potrebnih ulaganja za realizaciju modela C.

Vrsta stroja, opreme, alata	Značajke	Pogonska energija	Broj jedinica	Jedinična cijena EUR	Ukupna cijena EUR
Kranska dizalica	20 t	Elek. energija	1	120 000	120 000
Viličar		Diesel	2	40 000	80 000
Utovarač	205 kW	Diesel	1	200 000	200 000
Proizvodna hala	400 m^2		1	360 000	360 000
Transportni stol	20 m	Električna energija	1	6 500	6 500
Gater	100 kW	Električna energija	2	200 000	400 000
Ukupno					**1 166 500**

5.3.6. Proračun učinka po pojedinim vrstama i fazama rada

Godišnja količina proizvedenih ploča od prirodnog kamena je 100 000 m^2. Na utovaru će biti zaposlen jedan radnik, jedan na održavanju, jedan na gateru i dva radnika na viličaru. Ukupno će biti zaposleno ukupno 5 radnika, 250 radnih dana godišnje.

Ukupni broj nadnica potrebnih za ostvarivanje godišnje količine ploča od prirodnog kamena iznosi:

$$N_{nad} = n_d \cdot n_r = 250 \cdot 5 = 1250\ nadnica$$

$$n_d - broj\ radnih\ dana$$

$$n_r - broj\ radnika$$

Dnevna učinkovitost po izrađenoj nadnici iznosi:

$$N_{nad-EF-D} = \frac{Q_{DAN}}{n_r} \cdot k_{ef} = \frac{400}{4} \cdot 0{,}8 = 80\ {}^{m2}/_{nad}$$

$Q_{DAN} - dnevnakoličina\ mineralne\ sirovine\ (400\ m^2)$

$n_r - broj\ radnika$

$$k_{ef} - koeficijent\ efikasnosti$$

Za utovar i transport 1 m^3 bloka bit će potrebno:

$$Q_{1m^3} = \frac{1}{N_{nad-EF-D}} = \frac{1}{80} = 0{,}013\ {}^{nadnica}/_{m^2}$$

Učinkovitost radnika tijekom jedne godine iznosi:

$$U_{rad} = \frac{Q_{god}}{n_r} = \frac{100\ 000}{5} = 200\ m^2$$

5.3.7. Prikaz ukupnih troškova prerade prirodnog kamena

Ukupni troškovi prerade prikazani su u Tablica 5-24.

Tablica 5-24 Ukupni troškovi prerade prirodnog kamena

Vrsta troškova			Jedinica mjere	Normativ utroška J.M. / m^2	Vrijednost J.M. € / J.M.	Cijena proizvodnje € / m^2	GODIŠNJI UTROŠAK € / god
TROŠKOVI PRERADE AG-K	Osobni dohodak (4 zaposlenika)		sat	0,013	7	**0,091**	**9 100**
	Energenti i potrošni materijal	Elek. energija	kWh	2,25	0,09	0,2025	20 250
		Nafta	kg	0,352	1,40	0,492	49 200
		Motorno ulje	kg	0,0058	5,59	0,003	300
		Diferen. ulje	kg	0,0002	5,59	0,001	100
		Ostala maziva	kg	0,00011	5,59	0,0006	60
		Gume za viličar	1set/1600 h	0,0002	2 850	0,58	58 000
		Gume za utovarač	1set/1600 h	0,0002	3 495	0,699	69 900
UKUPNO						**1,98**	**198 000**
Održavanje i obnavljanje strojeva i opreme		Amortizacija strojeva, 10%	€	0,8	1	0,8	60 650
		Amortizacija proizvodna hale, 5%	€	0,18	1	0,18	18 000
		Rezervni dijelovi, 6%	€	0,48	1	0,364	36 400
		Investicijko i tekuće održavanje,3%	€	0,24	1	0,24	36 400
UKUPNO						**1,58**	**151 000**
Koncesija		4 000	€	0,28	1	0,28	28 000
UKUPNO						**0,28**	**28 000**
SVEUKUPNO						**3,93**	**367 100**

Cijena grube obrade ploča, debljine 20 mm iznosi 3,93 €/m^2 ~ 4 €/m^2 – odabrano.

5.3.8. Cijena proizvodnje ploča od arhitektonsko – građevnog kamena

Proizvodna cijena definira se sumom glavnih cijena, a to su cijena utovara i transporta do pogona i cijena prerade u pogonu „Sreser“.

Cijena prerade, definirana je cijenom grube i fine obrade.

Cijena transporta blokova a-gk od EP „Ljut“ do pogona“Sreser“:	**11,5 €/m^2**
Cijena grube obrade ploča prirodnog kamena	**4 €/m^2**
***Cijena fine obrade ploča od prirodnog kamena**	**2 €/m^2**
Proizvodna cijena ploča prirodnog kamena:	**17,5 €/m^2**

Napomena!

**Navedena cijena fine obrade ploča prirodnog kamena je pretpostavljena na temelju empirije i cijena sličnih postrojenja za oplemenjivanje arhitektonsko – građevnog kamena.*

5.3.9. Cijena proizvodnje svih proizvoda u modelu C

Proizvodne cijene svih proizvoda u modelu C:

Proizvodna cijena tehničko – građevnog kamena:	**11,4 €/m^3**
Proizvodna cijena ploča od umjetnog kamena:	**13,1 €/m^2**
Proizvodna cijena ploča od prirodnog kamena:	**17,5 €/m^2**

5.3.10. Proračun dobiti za model C

Proračun dobiti za model C prikazan je u Tablica 5-25.

Tablica 5-25 Proračun dobiti za model C.

Vrsta proizvoda	Količina		Trž. cijena	Ukupni prihod	Proizv. cijena	Ukupni troškovi	Bruto dobit	Porez	Neto dobit
	Jedin. mjera	Iznos	€/J.M	€	€/J.M.	€	€	€	€
1	2		3	4=2*3	5	6=2*5	7=4-6	8=7*0,12	9=7-8
t-gk	m^3	358 656	15	5 379 840	11,4	4 088 678	1 291 162	154 939	1 136 223
Ploče od umjetnog kamena	m^2	14 776 320	25	369 408 000	13,1	193 569 792	175 838 208	21 100 585	154 737 623
Ploče od prirodnog kamena	m^2	3 200 000	30	96 000 000	17,5	56 000 000	40 000 000	4 800 000	35 200 000

5.3.10. Ekonomsko – tržišna ocjena

Tijekom 32 godine rada pogona za proizvodnju t-gk „Sreser“, ostvarit će se ukupna bruto dobit u iznosu od:

Bruto dobit od prodaje t-gk za 32 godine: 1 291 162 €
Bruto dobit od prodaje ploča umjetnog kamena za 32 godine: 175 838 208 €
Bruto dobit od prodaje ploča prirodnog kamena za 32. godine: 40 000 000 €
Bruto dobit za 32 godine: 217 129 370 €

Kada se uzme u obzir i porez na dobit od 12 % dobit će se slijedeća neto dobit:

Bruto dobit za 32 godine:	**217 129 370 €**
Porez na dobit za 32 godine:	**26 055 524 €**
Statička neto dobit za 32 godine:	**191 073 846 €**
Statička godišnja neto dobit:	**5 971 058 €**

5.3.10.1. Izračun razdoblja povrata

Izračun razdoblja povrata ukazuje na broj godina u kojima će se vratiti uložena novčana sredstva (investicija), tj. broj godina u kojima će čisti novčani tokovi vratiti investicijske troškove.

Investicijsko razdoblje trajat će 5 godina. Od toga će se u prve dvije godine ishoditi dozvole i sva potrebna dokumentacija, a naredne tri godine će se nabaviti svi potrebni strojevi, oprema i objekti. U tom periodu eksploatacija bi trebala započeti i dosegnuti puni kapacitet od 19 000 m^3s.m., odnosno 26 600 m^3 r.m. kamenog ostatka i 5 000 m^3 a-gk.

$$t_p = \frac{I_T}{D_{GSN}} = \frac{11\ 723\ 700}{5\ 971\ 058} = 1{,}96\ godina$$

gdje je:

t_P – vrijeme povrata investicije

I_T – ukupni investicijski troškovi za model C,

D_{GSN} – statička godišnja neto dobit od prodaje t-gk i ploča od umjetnog i prirodnog kamena,

Razdoblje povrata inveticije za model A, trajat će **7 godina.**

5.3.10.2. Interna stopa rentabilnosti

Interna stopa rentabilnosti je diskontna stopa pri kojoj je razlika između neto sadašnje vrijednosti novčanih prihoda (priljeva) i troškova (odljeva) jednaka nuli. Za model C, interna stopa rentabilnosti određena je temeljem godišnjih pokazatelja, iz izraza:

$$IRR = \frac{P - T}{P} \times 100 = \frac{DGS}{P} \times 100, \%$$

gdje je:
IRR – interna stopa rentabilnosti (povrata)
P – prihod od prodaje,
T – troškovi proizvodnje,
DGS – godišnja dobit od prodaje, kn

$$IRR = \frac{217\ 129\ 370}{470\ 787\ 840} \times 100 = 46{,}12\ \%$$

Interna stopa rentabilnosti za model C iznosi **46,12 %.**

6. KOMPARATIVNA ANALIZA PREDSTAVLJENIH MODELA

Radi što preciznijeg planiranja i šireg sagledavanja mogućnosti iskorištenja kamenog ostatka, izrađena su tri modela. Komparacijom sva tri modela, konkretno: investicijskih ulaganja, godišnje visine troškova, godišnje neto dobiti, razdoblja povrata i internom stopom rentabilnosti, donijet će se odluka o optimalnom modelu za iskorištenje kamenog ostatka na eksploatacijskom polju „Ljut“.

6.1. Usporedba visine investicijskih ulaganja

U modelu A, investicijska ulaganja su slijedeća:

Ulaganja u strojeve za utovar i transport kamenog ostatka:	324 000 €
Ulaganja u drobilično potrojenje, strojeve za utovar i opremu:	1 113 200 €
UKUPNO	**1 437 200 €**

U modelu B, investicijska ulaganja su slijedeća:

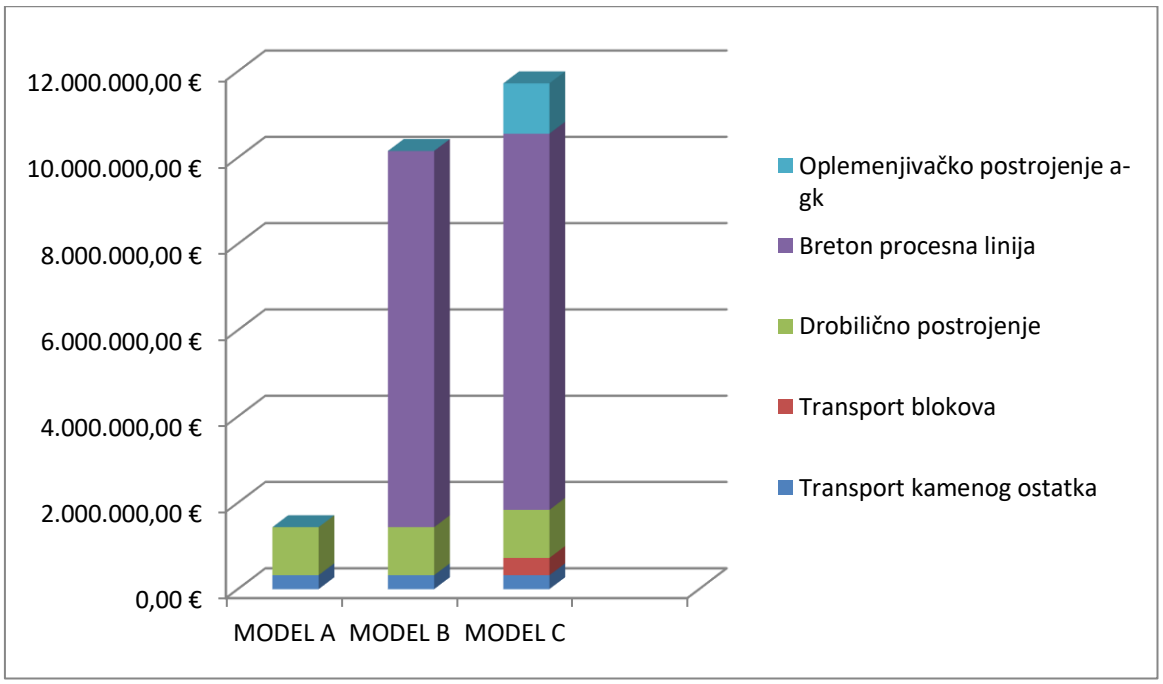
Ulaganja u strojeve za utovar i transport kamenog ostatka:	324 000 €
Ulaganja u drobilično postrojenje, strojeve za utovar i opremu:	1 113 200 €
Ulaganja u kompletni pogon za proizvodnju ploča od umjetnog kamena	8 720 000 €
UKUPNO	**10 157 200 €**

U modelu C, investicijska ulaganja su slijedeća:

Ulaganja u utovar transport kamenog ostatka:	324 000 €
Ulaganja u drobilično postrojenje, strojeve za utovar i opremu:	1 113 200 €
Ulaganja u kompletni pogon za proizvodnju ploča od umjetnog kamena	8 720 000 €
Ulaganja u strojeve za utovar i transport blokova a-gk	400 000 €
Oplemenjivačko postrojenje za proizvodnju ploča od prirodnog kamena	1 166 500 €
UKUPNO	**11 723 700 €**

Važno je napomenuti da je model B u ovisnosti od modela A, te da je model C u ovisnosti od modela A i B. To znači da se mogućnosti prerade vežu na model ranije te ne bi bila moguća bez prikazanog investicijskog ulaganja iz modela ranije. Model A ne ovisi o modelu B niti modelu C.

U nastavku slijedi grafički prikaz veličine investicijskih ulaganja po modelima A, B i C na Slika **6-1.**



Slika 6-1 Prikaz veličine investicijskih ulaganja po modelima A, B, C

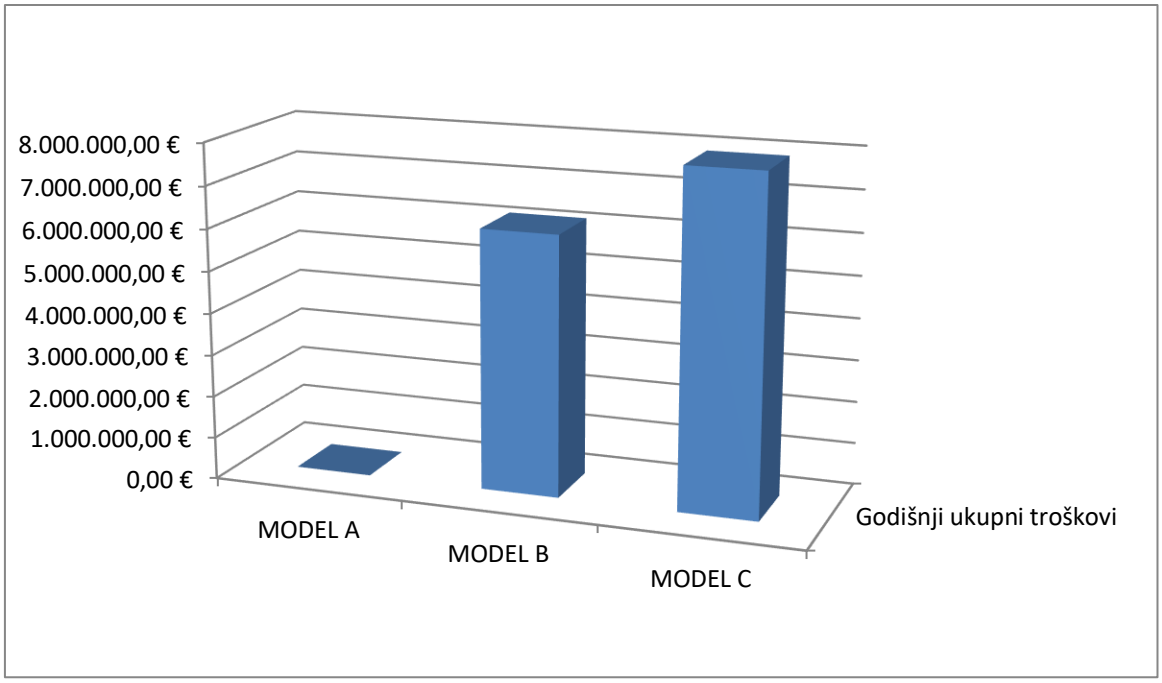
6.2. Usporedba visine godišnjih troškova

Godišnji ukupni troškovi svih procesa, u koje su uključeni utovar, transport, istovar i prerada kamena, predstavljaju ukupnu cijenu proizvodnje pomnoženu s količinom proizvoda.

Ukupni godišnji troškovi po modelima:

MODEL A:	**303 240 €**
MODEL B:	**6 176 827 €**
MODEL C:	**7 926 827 €**

Grafički prikaz visine godišnjih troškova prikazan je na Slika 6-2.



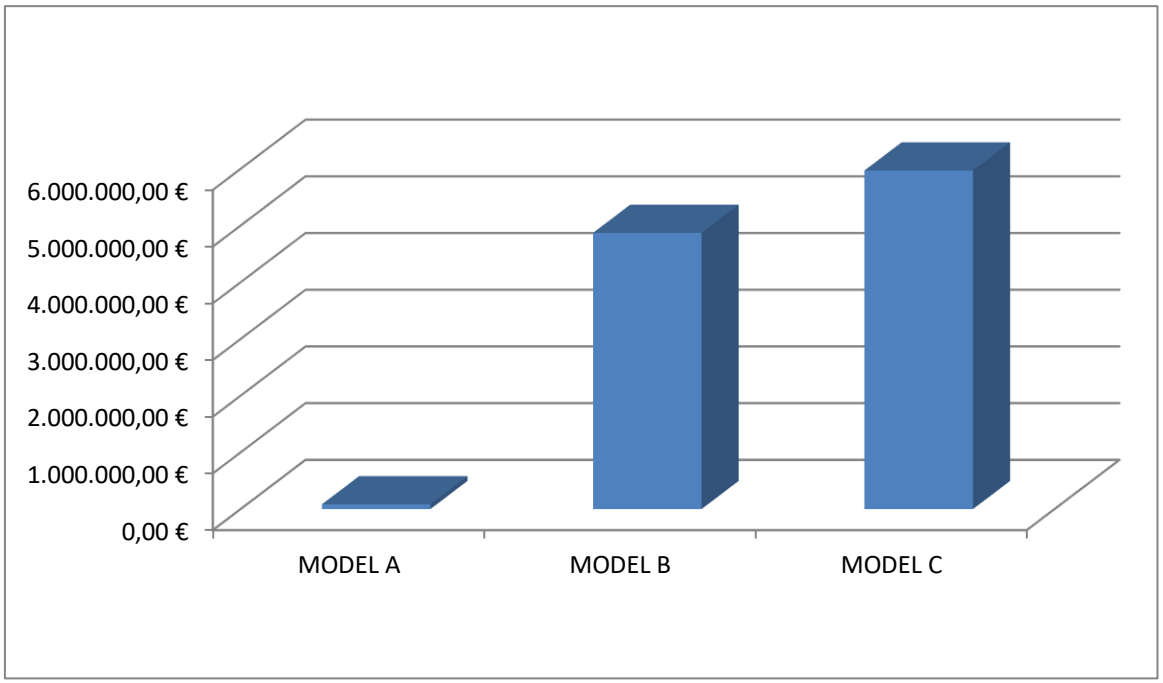
Slika 6-2 Prikaz visine godišnjih troškova po modelima A, B i C

6.3. Usporedba srednje godišnja neto dobiti

Srednja godišnja neto dobit je godišnja bruto dobit umanjena za iznos poreza na dobit (12 %).

MODEL A:	**84 269 €**
MODEL B:	**4 871 058 €**
MODEL C:	**5 971 058 €**

Grafički prikaz visine srednje godišnje neto dobiti prikazan je na Slika 6-3.



Slika 6-3 Prikaz srednje godišnje neto dobiti po modelima A, B, i C

6.4. Usporedba razdoblja povrata investicijskih troškova

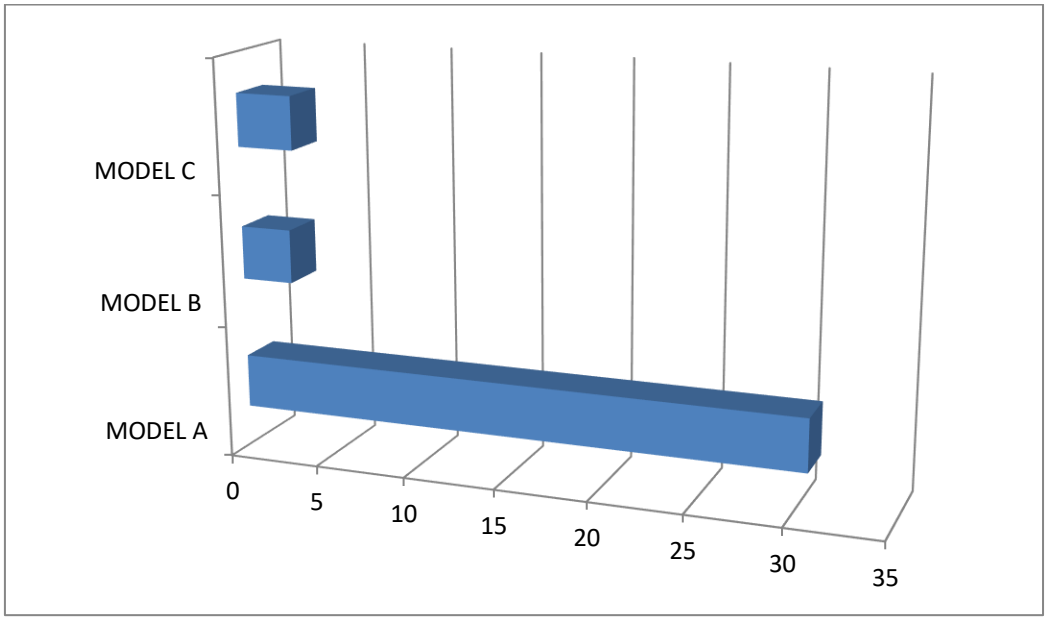
Izračun razdoblja povrata investicijskih troškova jedan je od bitniji kriterija financijskog odlučivanja, jer nam isti govori u kojem će se razdoblju vratiti investicijski trošak.

t_p, za MODEL A: **22 godine**

t_p, za MODEL B: **7 godina**

t_p, za MODEL C: **7 godina**

Grafički prikaz razdoblja povrata investicijskih troškova prikazan je na **Slika** 6-4.



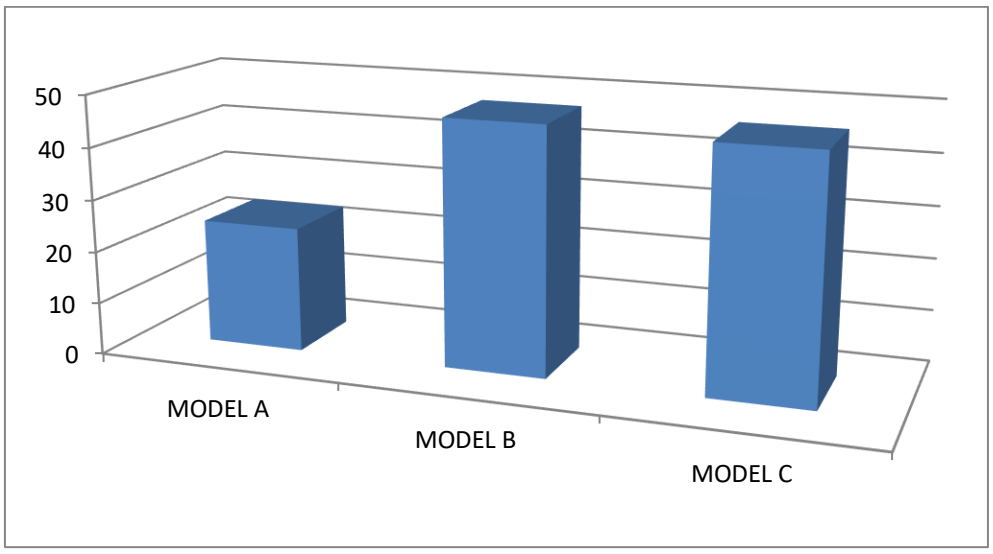
Slika 6-4 Trajanje povrata investicijskih troškova u godinama za model A, B i C

6.5. Usporedba interne stope rentabilnosti

Kao što je ranije spomenuto, interna stopa rentabilnosti je diskontna stopa pri kojoj je razlika između neto sadašnje vrijednosti novčanih prihoda (priljeva) i troškova (odljeva) jednaka nuli.

IRR za model A:	**24,00 %**
IRR za model B:	**47,26 %**
IRR za model C:	**46,12 %**

Grafički prikaz interne stope rentabilnosti (IRR, %) prikazan je na Slika **6-5.**



Slika 6-5 Visina interne tope rentabilnosti prema modelima A, B i C

6.6. Odabir najprihvatljivijeg modela iskorištenja kamenog ostatka

Uspoređeni su modeli iskorištenja kamenog ostatka.

Model A uvjerljivo ima najniža investicijska ulaganja (1 437 200 €) i najniže godišnje troškove (303 240 €), no nepovoljnu stopu rentabilnosti od svega 24,00 %, te dugi period povrata investicije (22 godine).

Iz tog razloga model A se eliminira iz daljnjeg razmatranja.

Model B i C imaju visoke investicijske troškove (10 157 200 € i 11 723 700 €), no razumno kratak period povrata investicijskog ulaganja (7 godina).

No, interne stope rentabilnosti se razlikuju, gdje model B ima internu stopu rentabilnosti 47, 26 %, dok model C ima nižu internu stopu rentabilnosti od 46,12 %.

Razlika rezultata između modela B i modela C je minimalna, no postoji i to u korist modela B.

Odabire se i predlaže model B, kao mogućnost iskorištenja kamenog ostatka na podzemnom kopu „Ljut“ na način da se proizvode ploče od umjetnog kamena sa popratnom proizvodnjom tehničko – građevnog kamena.

7. ZAKLJUČAK

Prilikom eksploatacije vapnenaca i dolomita kao arhitektonsko – građevnog kamena iskoristivost stijenske mase je 10 – 20%. To znači da preostali (veći) dio predstavlja kameni ostatak koji je poželjno iskoristiti. Primjeri iz prakse pokazuju da je najčešće rješenje, prerada kamenog ostatka u tehničko – građevni kamen. U ovom se radu nije odbacila ta teza, ali su se sagledale i ostale mogućnosti. Proizvodnja tehničko – građevnog kamena, obično je rješenje, ali u odabranom modelu iskorištenja kamenog ostatka, pokazala se kao alat. Naime, potrebna su investicijska ulaganja u iznosu od **10 157 200 €** za nabavu kompletnog pogona za proizvodnju ploča od umjetnog kamena, a popratno s njim i mobilno drobilično postrojenje, za pripremu sirovine i proizvodnju t-g kamena. Također potrebna je i nabava mehanizacije za utovar i transport kamenog ostatka do pogona „Sreser“. Prednosti u odnosu na model A, u kojem je predstavljena opcija proizvodnje t-g kamena su veća financijska dobit (godišnja i ukupna), sigurnije i šire tržište, potencijalni benefiti koje je moguće ostvariti na temelju razvijanja zemljišta za smještaj pogona. Ovakvim modelom, otvorilo bi se 20 novih radnih mjesta, a izgledni su i poticaji za zaposlenje domicilnog stanovništva. Ovakav model, u potpunosti odgovara modelu kružnog gospodarstva kojeg je Europska komisija predložila u sklopu Zelenog plana, sa posebnim naglaskom na resursno intenzivnim sektorima. To otvara mogućnost i za realizaciju europskih poticaja u vidu sufinanciranja ili bespovratnih sredstava.

Financijska analiza pokazuje izvrsne rezultate, s obzirom na statičku ekonomsku analizu, ali potrebna je i dinamička analiza kako bi rezultati bili realniji.

Što se tiče tržišta, prijetnja su Kina i Indija, kao lideri na tržištu. Rast kineske ekonomije postavio je Kinu kao lidera u opskrbi umjetnoga kamena ne samo azijskom, već i na europskom tržištu. Procjenjuje se da samo u Kini ima više od 100 proizvođača umjetnog kamena. Uz nju nalazi se Indija s otprilike 40 postrojenja.

No, prema trenutnim okvirima ponude i potražnje ovaj prijedlog je i više no opravdan.

Prema odabranom modelu B, povrat investicijskih ulaganja ustupit će nakon 7 godina, nakon čega slijedi godišnja neto dobit od **4 871 058 €.**

8. LITERATURA

Dunda, S., Kujundžić, T., Globan, M., Matošin, V. (2003): Eksploatacija arhitektonsko – građevnog – kamena. Udžbenik u elektroničkom obliku. Rudarsko – geološko – naftni fakulet Zagreb.

Galić, I., Dragičević I., Pavelić, D., Pavičić, I., Hajsek, D., Farkaš, B., Kujundžić, T., Korman, T., Klanfar, M., Herceg, V. (2020): Idejni rudarski projekt eksploatacije arhitektonsko - građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Ljut“. Rudarsko – geološko – naftni fakultet Zagreb

Lee, M., Ko, C., Chang, F., Lo, S., Lin, J., Shan, M., Lee, J. (2008): Artificial stone slab production using waste glass,stone fragments and vacuum vibratory compaction. National Central University, Taiwan.

Narodne novine (2013): Zakon o prostornom uređenju, Zaštićeno obalno područje, Članak 45.

Orbanić, M. (2021): Analiza procesa pridobivanja i oplemenjivanja mineralne sirovine na primjeru površinskog kopa „Tambura“. Diplomski rad. Rudarsko – geološko – naftni fakulet Zagreb.

Pavelić, D., Galić, I., Pavičić, I. (2020.): Elaborat o rezervama arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena u istražnom prostoru "Ljut". Rudarsko-geološko-naftni fakultet u Zagrebu.

Suta, S., Wattanasiriwech, S., Wattanasiriwech, D., Duangphet, S., Thanomsilp, C. (2019): Preparation of engineered stones. IOP Conference series materials science and engineering. Tokyo University of science.