

# Eksploatacija dolomita na kamenolomu "Gradna"

---

**Kassabji, Mario**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:521315>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Rudarstvo Opće rudarstvo

**EKSPLOATACIJA DOLOMITA NA KAMENOLOMU „GRADNA“**

Diplomski rad

Mario Kassabji

R 183

Zagreb, 2018

EKSPLOATACIJA DOLOMITA NA KAMENOLOMU „GRADNA“

Mario Kassabji

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

Sažetak

U radu je prikazana eksploatacija dolomita na primjeru kamenoloma „Gradna“ pokraj Samobora. Eksploatacija se izvodi u skladu s glavnim rudarskim projektom izrađenim 1993. godine. Stijenska masa se koristi uglavnom kao sirovina u proizvodnji žbuka i premaza te betonskih konstrukcija i galanterije. Pored prikaza tehnološkog procesa eksploatacije u radu je dan prikaz projektnog rješenja tehničke i biološke rekultivacije kamenoloma.

Ključne riječi: kamenolom Gradna, eksploatacija, dolomit,  
Završni rad sadrži: 44 stranice, 9 tablica, 12 slika, 1 prilog i 16 referenci.  
Jezik izvornika: Hrvatski  
Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb  
Mentori: Dr.sc. Vječislav Bohanek, docent RGNF

Pomagao pri izradi:

Ocjenjivači: Dr.sc. Vječislav Bohanek, docent RGNF  
Dr.sc. Ana Maričić, docent RGNF  
Dr.sc. Mario Klanfar, docent RGNF

EXPLOITATION OF DOLOMITIS ON "GRADNA" QUARRY

Mario Kassabji

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

Abstract

The paper presents the exploitation of dolomite on the quarry "Gradna" near Samobor. The exploitation is carried out in accordance with the main mining project created in 1993. Dolomite is mainly used as a raw material in the manufacture of plaster and coatings as well as concrete structures and accessories. In addition to the presentation of the technological process of exploitation in the work, a presentation of plan for technical and biological recultivation of quarrie is given.

Keywords: quarry Gradna, exploitation, dolomite

Thesis contains: 44 pages, 9 tables, 12 figures, 1 appendix and 16 references.

Original in: Croatian

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

Supervisors: Assistant Professor Vječislav Bohanek, PhD

Tech. assistance:

Reviewers: Assistant Professor Vječislav Bohanek, PhD  
Assistant Professor Ana Maričić, PhD  
Assistant Professor Mario Klanfar, PhD

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

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OPĆI PODACI O RAZVOJU POGONA I PODRUČJU EKSPLOATACIJSKOG POLJA .....	2
2.1. Opći podaci o razvoju pogona .....	2
2.2. Geografski položaj ležišta.....	3
2.3. Hidrografske i klimatske prilike .....	4
2.4. Geološka obilježja područja .....	5
2.5. Tektonska obilježja ležišta.....	9
2.6. Geomehaničke osobine ležišta.....	9
2.7. Namjena sirovine i kvaliteta .....	10
2.8. Usporedba kvalitete sirovine na kamenolomu Gradna s kamenolomima Podsusedsko Dolje i Ivanec kraj Zaprešića .....	12
3. PROJEKTNJA RJEŠENJA EKSPLOTACIJE .....	15
3.1. Tehnologija izvođenja radova.....	16
3.1.1. Faze tehnološkog procesa .....	17
3.1.1.1. Bušenje i miniranje.....	17
3.1.1.2. Potiskivanje odminiranog materijala.....	17
3.1.1.3. Utovar i odvoz odminiranog materijala .....	18
4. TEHNOLOŠKI PROCES EKSPLOATACIJE DOLOMITA .....	20
4.1. Dolomit .....	20
4.2. Skidanje jalovog pokrova .....	21
4.3. Bušenje i miniranje .....	21
4.4. Prebacivanje odminirane mase .....	26
4.4.1. Proračun kapaciteta bagera .....	26
4.5. Utovar i transport .....	27
4.5.1. Proračun utovara minirane mase.....	29
4.5.2. Proračun veličina transporta .....	31
4.6. Popis opreme i produktivnost rada na kamenolomu.....	33
4.7. Utjecaj kamenoloma Gradna na okoliš.....	35
5. TEHNIČKA I BIOLOŠKA SANACIJA KAMENOLOMA .....	36
5.1. Tehnička sanacija.....	36
5.2. Biološka rekultivacija .....	37

6.	MJERE ZAŠTITE NA RADU .....	38
6.1.	Radovi na skidanju jalovinskog pokrova.....	38
6.2.	Radovi na bušenju.....	38
6.3.	Radovi na miniranju .....	39
6.4.	Radovi na prebacivanju stijenske mase .....	40
6.5.	Radovi na utovaru i transportu .....	41
6.6.	Osobna zaštitna sredstva.....	42
7.	ZAKLJUČAK .....	43
8.	POPIS LITERATURE .....	44

## POPIS SLIKA

Slika 2-1 Eksploatacijsko polje Gradna.....	3
Slika 2-2 Geografski položaj kamenoloma Gradna (crvena strelica) (Google , 2018) .....	4
Slika 2-3 Osnovna geološka karta 1:100 000, list Zagreb, s označenom lokacijom kamenoloma Gradna (crna strelica) (preuzeto iz OGK Zagreb, L 38-80; Šikić i dr., 1972). 7	
Slika 2-4 Legenda kartiranih jedinica Osnovne geološke karte 1: 100 000, list Zagreb (Šikić i dr., 1972).....	8
Slika 3-1 Klasa 0/4 .....	18
Slika 3-2 Klasa 4/8 .....	19
Slika 3-3 Klasa 8/16 (Jakšić, 2018.).....	19
Slika 4-1 Shema bušenja minskih bušotina kod bočnog probijanja etaža (Vrkljan i dr., 1993).....	22
Slika 4-2 Shema bušenja dubokih minskih bušotina (Vrkljan i dr., 1993).....	23
Slika 4-3 Sheme povezivanja usporenja i paljenja minskog polja: a) frontalno, b) bočno (Vrkljan i dr., 1993).....	25
Slika 4-4 Shema utovara mineralne sirovine i otkrivke (Vrkljan i dr., 1993).....	28
Slika 4-5 Utovar u kamion .....	32

## **POPIS TABLICA**

Tablica 2-1 Fizičko – mehanička svojstva stijenskog masiva (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993).....	10
Tablica 2-2 Rezultati laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava odminirane stijenske mase (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993).....	11
Tablica 2-3 Obračunate rezerve na eksploatacijskom polju „Gradna“ (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993) .....	12
Tablica 2-4 Vrijednosti fizičko-mehaničkih svojstava iz kamenoloma Ivanec (IB), Dolje (D) i Gradna (G). RD- ranodijagenetski dolomit; KD-kasnodijagenetski dolomit; PD prijelazni dolomit (preuzeto iz Starčević, 2017.) .....	13
Tablica 4-1 Elementi minskih bušotina kod bočnog probijanja etaže (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993) .....	21
Tablica 4-2 Konstruktivni elementi minskih bušotina i eksplozivnog punjenja kod frontalnog miniranja (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993) .....	24
Tablica 4-3 Konstruktivni elementi minskih bušotina i eksplozivnog punjenja kod bočnog miniranja (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993).....	24
Tablica 4-4 Popis mehanizacije na kamenolomu Gradna .....	33
Tablica 4-5 Potrebna radna snaga na kamenolomu „Gradna“ (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993).....	34

## **POPIS PRILOGA**

Prilog 1 Tehnička i biološka rekultivacija



## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
$P$	Pa	tlak
$L$	m	duljina
$\rho$	$\text{kg/m}^3$	gustoća
$A$	$\text{m}^2$	površina
$V$	$\text{m}^3$	volumen
$Q$	$\text{m}^3/\text{h}$	kapacitet
$T$	s	vrijeme
$H$	h/god	godišnji radni sati
$v$	m/s	brzina

## 1. UVOD

U diplomskom radu obrađena su svojstva dolomita i postupci eksploatacije dolomita koji se eksploatira na kamenolomu „Gradna“. Cilj ovog diplomskog rada je prikazati projektirana rješenja eksploatacije dolomita na kamenolomu „Gradna“ u Samoboru. Koncesiju za eksploataciju na kamenolomu „Gradna“ posjeduje tvrtka Samoborka d.d. Tvrtka „Samoborka“ je osnovana 1906 godine te je kroz različite organizacijske oblike, ali uvijek pod istim nazivom „Samoborka“ poslovala do pretvorbe i privatizacije 1993. godine kada je registrirana kao dioničko društvo (Jakšić, 2018.). Kamenolom dolomita „Gradna“ posluje u sklopu Industrije Građevnog Materijala „Samoborka“ u Samoboru. Kamenolom se nalazi u Smerovišću, zapadno od Samobora. Elaboratom o rezervama utvrđene su eksploatacijske rezerve dolomita B i C1 kategorije u količini od 3 794 808 m<sup>3</sup> u sraslom stanju, a predviđena godišnja proizvodnja definirana je projektnim zadatkom (Vrkljan i dr., 1993) i iznosi 75 000 m<sup>3</sup>. Eksploatacija dolomita u kamenolomu „Gradna“ započela je 1968. godine, ali bez glavnog projekta koji je izrađen kasnije, 1993. godine. Stijenska masa se koristi uglavnom kao sirovina u proizvodnji žbuka i premaza te betonskih konstrukcija i galanterije. Kamenolom karakterizira strmi teren i velika visinska razlika zahvaćena otkopavanjem preko 90 m i izuzetna drobljivost stijenske mase. Tehnologija eksploatacije sastoji se od skidanja jalovog humusnog pokrivača s buldozerom i dobivanja mineralne sirovine bušenjem i miniranjem dubokih minskih bušotina. Dolomit se prerađuje u oplemenjivačkom postrojenju unutar kruga kamenoloma.

## 2. OPĆI PODACI O RAZVOJU POGONA I PODRUČJU EKSPLOATACIJSKOG POLJA

### 2.1. Opći podaci o razvoju pogona

Prvi radovi na kamenolomu „Gradna“ (Slika 2-1) počeli su 1965. godine. Postojeći kamenolom otvoren je s osnovne etaže na koti +250,0 m, koja je istovremeno i prihvatni nivo za drobljenje. Masiv se otkopavao s 2 etaže na kotama +270,0 i +280,0 m. Nagib radne kosine je 65° do 75°, a širina zahvata oko 130 m. Otkopavanje je u početku napredovalo prema sjeverozapadu, ali zbog dolaska na tamnije kamene zone krenulo se na otvaranje prema jugozapadu (Tepurić, 1988).

U početku je radove na bušenju i miniranju obavljala R.O. „Geotehnika“ iz Zagreba, a od 1977. godine IGM „Samoborka“ radi samostalno sa svojim stručnim kadrom i opremom (Tepurić, 1988).

Prema glavnom rudarskom projektu predviđena je eksploatacija na slijedeći način:

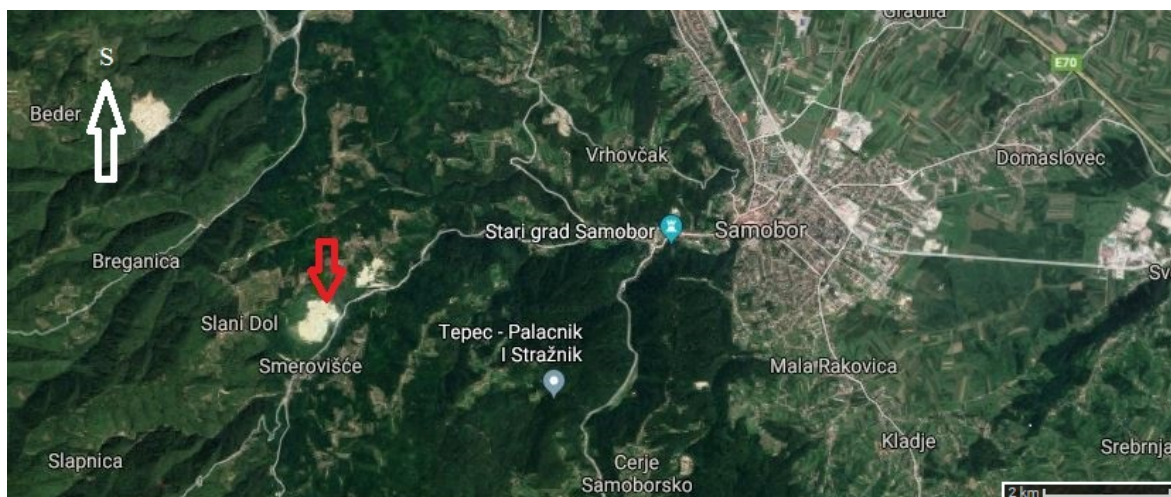
- minske bušotine se izrađuju horizontalne i kose prema gore. Promjer bušotina je 85 mm, a dužina do 10 m,
- u fazi probijanja etaža orijentacija bušotina je bočno u odnosu na smjer napredovanja etaža. Bušenje se izvodi bušilicom Ravne SVG 73 i HGVV-84 koje se pogone kompresorima Fagram (10m<sup>3</sup>/h) i Trudbenik (8m<sup>3</sup>/min),
- miniranje se izvodi eksplozivom amonal obični, a paljenje mrežom detonirajućeg štapina uz primjenu milisekundnih usporivača i rudarske kapice br. 8.,
- utovar i odvoz miniranog materijala odvija se s osnovnog platoa, a primjenjuje se utovarivač ULT 160
- odvoz odminiranog materijala do usipnog bunkera postrojenja za preradu je kamionom-dumperom Mercedes, zapremine sanduka 8,0 m<sup>3</sup>
- skidanje jalovog humusnog pokrivača obavlja se buldozerom koji pregurava humus na niže etaže, sve do utovarnog platoa (Vrkljan i dr., 1993).



**Slika 2-1** Eksploatacijsko polje Gradna

## **2.2. Geografski položaj ležišta**

Kamenolom „Gradna“ nalazi se zapadno od Samobora na otprilike 6,4 km i sjeverno od mjesta Smerovišće (Slika 2-2). Smješten je na sjeverozapadnoj strani potoka Lipovečka gradna. Asfaltiranom cestom povezan je sa Samoborom. Prema jugu vezan je djelomično asfaltiranom cestom na Sv. Janu i Jastrebarsko. Okolinu kamenoloma karakterizira izraženi reljef, sa kućama i gospodarskim objektima raštrkanim po obližnjim brežuljcima. Cijeli kraj prometno i gospodarski gravitira prema Samoboru (Vrkljan i dr., 1993).



Slika 2-2 Geografski položaj kamenoloma Gradna (crvena strelica) (Google , 2018)

### 2.3. Hidrografske i klimatske prilike

Šire područje Samobora može se razdijeliti u dvije morfološke zone. Istočno od linije Bregana-Samobor-Konščica uz rijeku Savu prostire se nisko zemljište aluvijalne ravnice izgrađene od naslaga šljunka, pijeska i mulja koje prelazi u nekoliko metara višu terasu pogodnu za naseljavanje zbog zaštićenosti od poplave i dobrih drenažnih karakteristika.

Zapadno od linije Bregana-Samobor-Konščica nalazi se brežuljkast prostor Samoborske gore, koji zauzima veći dio samoborskog područja. Prostor Samoborske gore karakteriziran je izraženim reljefom s velikim brojem uskih, duboko usječenih dolina (Vrkljan i dr., 1993).

Geomorfološki oblici Samoborskog gorja, duboke i strme doline, blago zaobljenih površina obradivog tla u predjelu razvodnica, posljedica su najmlađih tektonskih pokreta.

Klima je umjereno kontinentalna s ravnomjerno raspoređenim oborinama tijekom godine. Oborinski maksimumi padaju u jesensko razdoblje, te u prijelazno razdoblje između proljeća i ljeta. Temperature zraka su umjerene tijekom cijele godine. Prosječna temperatura iznosi oko 11°C, s znatnim ekstremima. Samoborska gora obiluje vodotocima koji se hrane podzemnim vodama u karbonatnim stijenama. Klimatske prilike samoborskog kraja uvjetuju razvoj odgovarajućeg biljnog pokrova i tipova tla. U brežuljkastom području uspijeva hrast kitnjak i grab, dok se na većim visinama javlja i bukva. (Vrkljan i dr., 1993)

## 2.4. Geološka obilježja područja

Eksploatacijsko polje pripada gornjem trijasu čiji je najznačajniji litološki član dolomit (Slika 2-3, Slika 2-4). Dolomiti čine 800 m debelu, monotonu seriju bez fosila. Primarno su uslojeni (debljina slojeva od 5 cm do 1 m), vrlo čisti, bez znatnijih primjesa glinovite supstance, svijetlosive do tamnosive boje. Sedimentacija se odvijala kroz duži period u vrlo plitkoj, litoralnoj sredini. Primarne karbonatne naslage vapnenci, procesom dolomitizacije i učestalim tektonskim pokretima, promijenjene su u makro i mikro raspucane dolomite u kojima se samo mjestimice naziru. Svjetlo do tamnosivi dolomit mjestimice žućkaste nijanse i ispresijecan je otvorenim prslinama i žilicama duž kojih se pod pritiskom lagano lomi u poligone oštih ivica. Površine prijeloma su grubo hrapave a vrlo često i pjeskovito hrapave. Na sjecištima žilica vrlo dobro se uočava poroznost u obliku šupljina. Karbonatna supstanca iz žilica i prslina reagira s 10% hladnom HCL (Vrkljan i dr., 1993).

U starijem dijelu dolomitne serije zapažena je zona s proslojcima tamnosivih do crnih šejlova. Najmlađe sedimente na prijelazu u trijas karakterizira izmjena dolomita, vapnenaca i dolomitiziranih vapnenaca.

U široj okolini ležišta dolomita „Gradna“ (Slika 2-1) zastupljene su litostratigrafske jedinice paleozojske (perm), mezozojske (trias, jura, donja kreda), tercijarne i kvartarne starosti. Paleozojski sedimenti, srednjeg i gornjeg perma, su malog rasprostiranja. Litofacijsni sastav je širok; pješčenjaci koji prelaze u konglomerate i brečokonglomerate, unutar kojih se kao proslojci nalaze šejlovi i siltiti. Sedimenti su često impregnirani željezovitom supstancom (hematit, limonit) koja daje različita obojenja klastitima.

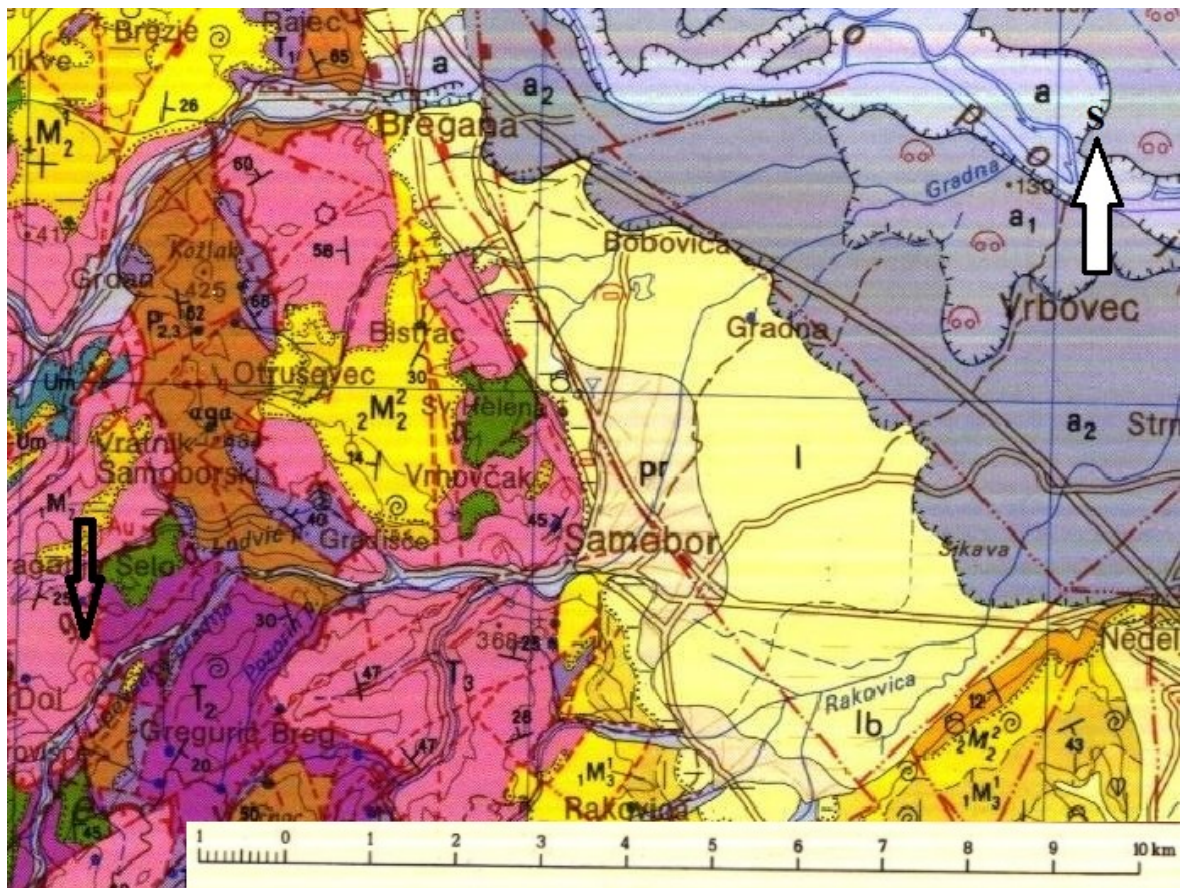
Donji trijas pretpostavljene debljine 250 m zastupljen je pješčenjacima, siltitima, vapnencima, dolomitiziranim vapnencima, dolomitima i vapnovitim laporima. Najizraženiji litološki član su tanko uslojeni tinjčasti pješčenjaci s prijelazom u sitnozrnate tinjčaste siltite.

Srednji trijas debljine oko 500 m, zastupljen je dolomitima, podređeno vapnencima, laporima rožnjacima, tufovima i tufitima. Dolomit je najzastupljeniji član srednjeg trijasa. Unutar dolomita pojavljuju se ulošci i tanje zone fosilifernih vapnenačko-klastičnih sedimenata. Vapnenci su određeni kao mikriti, biomikriti i biokalkareniti.

Gornjo trijaski sedimenti otkriveni su u kontinuiranom slijedu u području istočnog Žumberka i Samoborskog gorja. Dolomiti čine debelu, monotonu seriju bez fosila. Sedimentacija se odvijala kroz duži period u vrlo plitkoj, litoralnoj sredini.

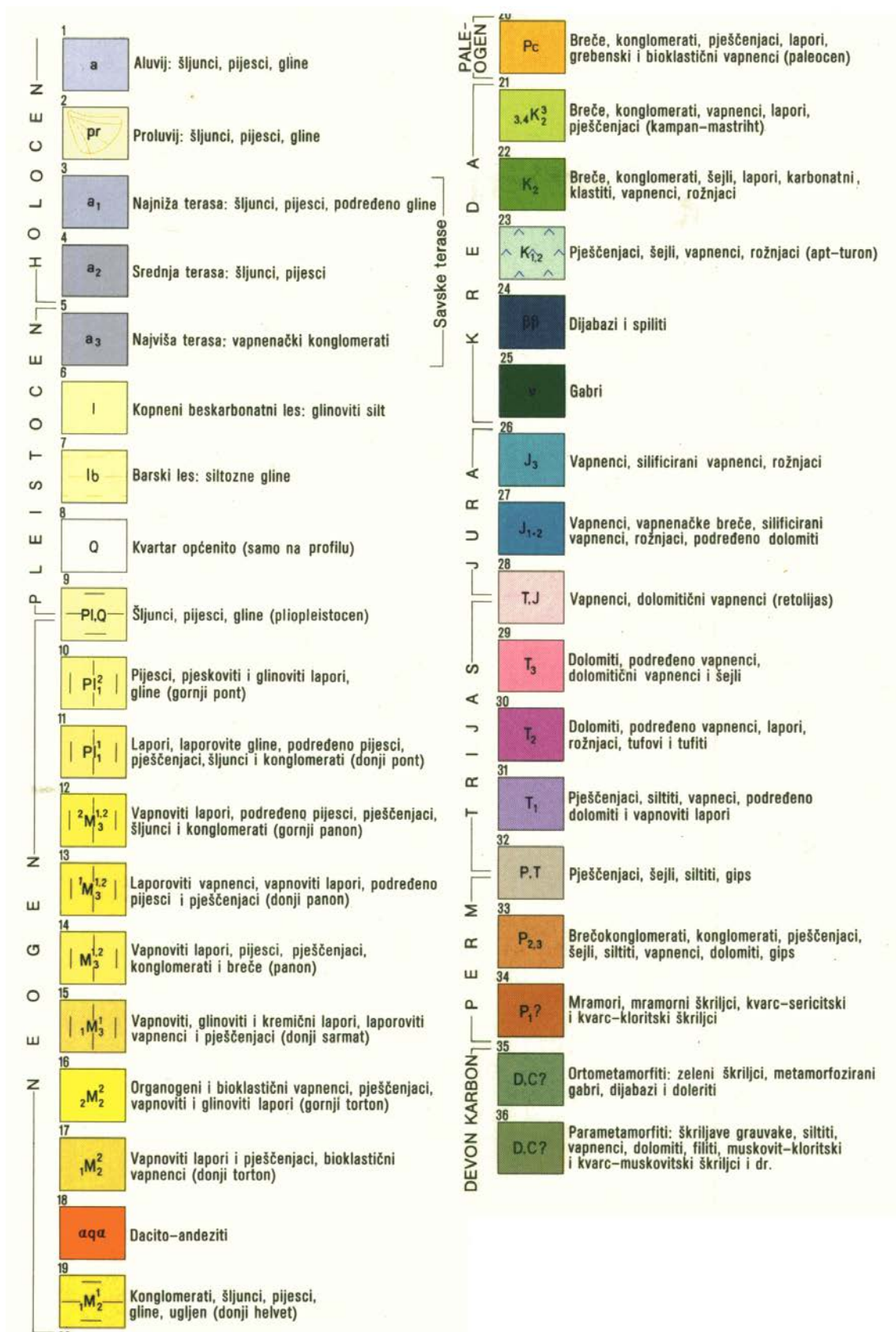
Jurski sedimenti slabo su rasprostranjeni i javljaju se u obliku malih izoliranih izdanaka sjeverno od kamenoloma Gradna , u području Škrobotnik i Breganica gornjo kredni sedimenti u istočnom Žumberku otkriveni su u tektonski stiješnjenom pojasu od doline Krke do doline Lipovečke Gradne, zatim u području Slapnice, Ludvič potoka i Draganjeg Sela. Na bazalne breče i konglomerate slijedi debela serija filšnih naslaga. Slojevi su tektonski i erozijski reducirani, poremećeni i razlomljeni. Sedimenti tercijara su nađeni sjeverno od Lipovečke Gradne kod mjesta Otruševac. Nađen je manji izdanak zeleno-sive efuzivne stijene, determinirane kao dacit do andezit, za koji se pretpostavlja da je produkt najmlađeg tercijarnog vulkanizma u helvetu i donjem tortonu u okviru kojeg su nastali i tufovi efuzivne stijene Hrvatskog Zagorja i Medvednice. Naslage gornjeg tortona, debljine 150-300 m, najviše su rasprostranjene od svih neogenskih naslaga. Leže transgresivno na dolomitima trijasa. Sastoje se od priobalnih i plitkovodnih marinskih sedimenata te brečokonglomerata, vapnenačkih pješčenjaka, litavaca - litotamnijskih vapnenaca i glinovito-pjeskovitih vapnovitih lapora. U blizini kamenoloma pronađeni su na desnoj obali potoka Lipovečka Gradna.

Od kvartarnih sedimenata izdvojen je samo aluvijalni nanos šljunaka i pijesaka promjenjive granulacije i male debljine, potoka Lipovečka Gradna i Ludvič potoka (Vrkljan i dr., 1993).



**Slika 2-3** Osnovna geološka karta 1:100 000, list Zagreb, s označenom lokacijom kamenoloma Gradna (crna strelica) (preuzeto iz OGK Zagreb, L 38-80; Šikić i dr., 1972)





Slika 2-4 Legenda kartiranih jedinica Osnovne geološke karte 1: 100 000, list Zagreb (Šikić i dr., 1972)

## 2.5. Tektonska obilježja ležišta

Dolomiti „Gradne“ pripadaju tektonskoj jedinici žumberačko-medvedničke naslage. Sjeverno i južno od kamenoloma dolomitni kompleks gornjeg trijasa navučen je na paleozojske naslage, srednjeg trijasa i gornje krede, autohtona Žumberka. Zapadno od kamenoloma, u Smerovišću, trijaski su dolomiti navučeni na kredni fliš autohtona Japetića. Zbog horizontalnog gibanja alohtona stijenska masa u ležištu potpuno je zdrobljena. Kao posljedica makrotektonskih kretanja, na području kamenoloma su nastali rasjedi, pukotine, tektonske breče i smicanje duž nekadašnjih ploha slojevitosti. Značajniji rasjed se proteže jarkom sjeverozapadne strane grebena kamenoloma i to smjerom sjever-sjeverozapad (Vrkljan i dr., 1993).

## 2.6. Geomehaničke osobine ležišta

Dolomit je stijenski masiv srednje do povećane čvrstoće koji je nastao procesom dolomitizacije. Dolomit je uglavnom bijele boje, a u ovisnosti od primjesa može biti smeđ ili siv. Tekstura mu je od jako grube pa do finije. Tvrdoća mu je od 3,5-4, a prostorna masa 2,8 do 2,9 m<sup>3</sup>/t. Razmak između diskontinuiteta podijeljen je na mikrotektonski i makrotektonski sklop. Mikrotektonski sklop ima zijev diskontinuiteta do 1 mm bez ispune, prsline su otvorene, a stijena je samo uz diskontinuitet slabo trošna.

Makrotektonski sklop je velikog zijeva, katkada i preko 20 cm, ispuna je sastavljena od materijala dezintegrirane stijene, stijena je izrazito trošna uz diskontinuitete. Kut unutrašnjeg trenja ispune iznosi između 26 i 28° u suhom stanju, dok je u vlažnom znatno manji, kohezija bi mogla dostizati maksimalno oko 10 kPa.

Umanjenje neželjenih posljedica lokalnih nestabilnosti postiže se tako da se kosine radnih etaža formiraju s nagibom pod kutom 70° m, a maksimalne visine 20 m. Promatrajući srednje razmake između diskontinuiteta koji su mjereni u različitim smjerovima može se zaključiti da su u cijeloj masi srednji razmaci najčešće između 4 i 5 cm, s normalnim vrijednostima najčešće između 3 i 8 cm, i maksimalnim vrijednostima najčešće oko 40 do 50 cm. Taj pokazatelj je jedan od potrebnih da bi se inženjersko-geološki, istraživana sredina mogla promatrati kao izotropna.

Procjena mehaničkih svojstava stijenskog masiva provela se prema ocijenjenoj mogućoj brzini širenja uzdužnih seizmičkih valova što je prikazano u tablici 2-1. (Vrkljan i dr., 1993).

**Tablica 2-1** Fizičko – mehanička svojstva stijenskog masiva (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993)

Procijenjena brzina uzdužnih seizm. valova	$V_p = 2200$ m/s
Prosječna veličina fragmenata	$v_f = 7$ cm
Dinamički Poissonov koeficijent	$m_i = 0,32$
Dinamički modul smicanja	$G_{din} = 3261$ MPa
Dinamički modul elastičnosti	$E_{din} = 8609$ MPa
Dinamički zapreminski modul	$K_{din} = 7971$ MPa
Statički modul elastičnosti	$E_{st} = 1637$ MPa
Modul deformacija	$D = 1300$ MPa
Jednoosna čvrstoća	$q_u = 14$ MPa
Prividni kut trenja	$\phi = 31^\circ$
Prividna kohezija	$c = 0,1$ MPa

## 2.7. Namjena sirovine i kvaliteta

Tijekom eksploatacije u kamenolomu „Gradna“ uzorkovanje kamena za laboratorijska ispitivanja fizičko – mehaničkih svojstava, mineraloško-petrografske determinacije i ocjenu upotrebljivosti stijenske mase provedena su u četiri navrata. Mineraloško-petrografskom analizom kamena iz kamenoloma uzorak je definiran kao mikrokristalastni dolomit (Vrkljan i dr., 1993).

Zbog teksturnih i strukturnih značajki stijenske mase kamenoloma, nije bilo moguće odabrati kompaktan uzorak kamena iz kojeg bi se ispilila probna tijela za laboratorijska ispitivanja. Stoga je uzorkovan odminirani materijal i ispitan kao nevezani kameni materijal. Rezultati laboratorijskih ispitivanja fizičko – mehaničkih svojstava odminirane stijenske mase 1981., 1983., 1988. i 1989. (ukupno 13 uzoraka) prikazani su u tablici 2-2.

**Tablica 2-2** Rezultati laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava odminirane stijenske mase (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993)

Vrsta ispitivanja	Jedinica	Izmjerene vrijednosti		
		Minimum	Maksimum	Srednje
Upijanje vode	Mas. %	0,20	0,71	0,41
Postojanje na mraz	-	Da	Da	Da
Prostorna masa	t/m <sup>3</sup>	2,755	2,813	2,784
Gustoća	t/m <sup>3</sup>	2,842	2,870	2,857
Poroznost	Vol. %	1,5	3,87	3,29
Otpornost na drobljenje i habanje metodom „Los Angeles“	Mas. %	18,0	23,0	20,9
Otpornost na djelovanje otopine Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Gubitak mase %	0,24	1,16	0,59

Na osnovi rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih i mineraloško-petrografskih svojstava stijenska masa zadovoljava uvjete za proizvodnju:

- Drobljenog kamena za izradu donjih nosivih, tamponskih slojeva na cestama svih prometnih razreda (JUS U.E9.020);
- Kamene sitneži za izradu bitumeniziranih nosivih slojeva na cestama svih prometnih razreda (JUS U.E9.021 i U.E9.028);
- Drobljenog kamena agregata za izradu betona i armiranog betona (JUS B.B2.009, B.B2.010 i PBAB);
- Drobljenog pijeska za žbukanje i zidanje (JUS U.M2.010 i U.M2.010).

Geološke rezerve dolomita u ležištu „Gradna“, obzirom na gustoću istražnih radova i otvorenost stijenske mase duž otkopnih fronti, obračunate su i svrstane prema Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (SL 53/79) u B i C1 kategoriju. Ležište se ubraja u 1. grupu i 1. podgrupu ležišta. Rezerve su obračunate metodom paralelnih vertikalnih profila (ukupno šest profila promjenjivog međusobnog razmaka 40-93m, azimuta 90°), do donjeg nivoa +240m.

Sve obračunate rezerve su bilančne.

Odnos dolomita i jalovine je vrlo povoljan i iznosi 66:1 (m<sup>3</sup> u sraslom stanju).

Eksploatacijski gubitak u ležištu procijenjen je na 5% (Vrkljan i dr., 1993).

Obračunate rezerve prikazane su u tablici 2-3.

**Tablica 2-3** Obračunate rezerve na eksploatacijskom polju „Gradna“ (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993)

Kategorija	m <sup>3</sup>	Kategorija	m <sup>3</sup>
B	3 707 584	B+C1	3 794 808
C1	87 224	ekspl. B+C1	3 605 068
C1	31 898	jalovina	57 106

## **2.8. Usporedba kvalitete sirovine na kamenolomu Gradna s kamenolomima Podsusedsko Dolje i Ivanec kraj Zaprešića**

Ispitivanje mineraloško-petrografskih i fizikalno-mehaničkih svojstava iz tri kamenoloma Ivanec, Gradna i Podsusedsko Dolje provedeno je na 32 uzorka.

Mineraloško-petrografskom analizom uzorci iz kamenoloma Ivanec determinirani su kao ranodijagenetski (RD), kasnodijagenetski (KD) i prijelazni dolomiti (PD), kod uzoraka iz kamenoloma Dolje razlikuju se ranodijagenetski i kasnodijagenetski dolomite, dok je kod uzoraka iz kamenoloma Gradna determiniran samo kasnodijagenetski tip.

Uzorci su bili podvrgnuti ispitivanju fizikalno mehaničkih svojstava: gustoće, upijanja vode, otvorene poroznosti i indeksa čvrstoće opterećenjem u točki (Starčević, 2017.). Rezultati mjerenja navedeni su u Tablici (2-4).

**Tablica 2-4** Vrijednosti fizičko-mehaničkih svojstava iz kamenoloma Ivanec (IB), Dolje (D) i Gradna (G). RD- ranodijagenetski dolomit; KD-kasnodijagenetski dolomit; PD prijelazni dolomit (preuzeto iz Starčević, 2017.)

Oznaka uzorka	Gustoća (g/cm <sup>3</sup> )	Upijanje vode (mas. %)	Otvorena poroznost (%)	Indeks čvrstoće (MPa)
IB-1-A (RD)	2,77	0,8	2,55	2,99
IB-1-B (RD)	2,73	0,79	2,25	3,47
IB-1-C (RD)	2,7	0,79	2,18	3,09
IB-2 (RD)	2,74	0,78	2,2	3,2
IB-3-A (RD)	2,83	0,55	1,55	1,14
IB-3-B (RD)	2,76	0,46	1,29	2,14
IB-5-A (PD)	2,71	1,48	4,21	1,59
IB-5-B (PD)	2,68	1,1	3,64	3,38
IB-5-C (PD)	2,64	1,23	3,5	
IB-10-A (PD)	2,68	0,55	1,56	1,92
IB-10-C (PD)	2,71	0,6	1,72	0,98
IB-10-D (PD)	2,73	0,48	1,36	2,76
IB-11-A (KD)	2,69	0,89	2,52	4,97
IB-11-B (KD)	2,74	1	2,86	5,19
IB-12-C (KD)	2,78	0,36	1,04	1,15
IB-14-B (KD)	2,75	0,17	0,5	4,69
IB-14-C (KD)	2,83	0,31	0,88	1,31
D1 (RD)	2,78	0,64	1,79	2,43
D-2 (RD)	2,72	0,33	0,93	5,47
D-6-B (RD)	2,81	0,64	1,79	0,99
D-8 (RD)	2,8	0,56	1,57	5,81
D-9-A (KD)	2,73	0,15	0,44	5,78
D-9-B (KD)	2,74	0,1	0,29	3,14
D-11 (KD)	2,78	0,13	0,36	1,62
D-13-A (KD)	2,8	0,08	0,24	6,19
D-14 (KD)	2,71	0,04	0,11	6,71
G-1 (KD)	2,71			2
G-2 (KD)	2,76	0,18	0,51	1,41
G-4-A (KD)	2,71	0,35	0,98	
G-4-B (KD)	2,69	0,39	1,08	
G-5 (KD)	2,7	0,35	0,99	
G-6 (KD)	2,7	0,32	0,87	3,34

Iz rezultata je vidljivo kako prosječna gustoća dolomita iz tri kamenoloma iznosi  $2,75 \text{ g/cm}^3$ , dok, prema literaturi, vrijednost gustoće dolomita iznosi  $2,85 \text{ g/cm}^3$ , a gustoća kalcita iznosi  $2,71 \text{ g/cm}^3$ . Razlog nižih vrijednosti gustoća u uzorcima s tri kamenoloma može biti prisutnost kalcita, pukotine u uzorcima, greške u mjerenjima ili neki drugi uzrok. Gustoća dolomita iz kamenoloma Gradna ima najmanju vrijednost, koja iznosi  $2,72 \text{ g/cm}^3$ . Gustoća uzoraka ranodijagenetskog litotipa iz kamenoloma Ivanec iznosi  $2,76 \text{ g/cm}^3$ , a kasnodijagenetskom litotipu iznosi  $2,77 \text{ g/cm}^3$ , dok gustoća kod uzoraka iz kamenoloma Dolje u ranodijagenetskom litotipu iznosi  $2,77 \text{ g/cm}^3$ , a u kasnodijagenetskom litotipu  $2,75 \text{ g/cm}^3$  (Starčević, 2017).

Najmanje vrijednosti upijanja vode i otvorene poroznosti imaju kasnodijagenetski uzorci iz kamenoloma Dolje, kasnodijagenetski uzorci iz kamenoloma Gradna, ranodijagenetski uzorci iz kamenoloma Dolje, te dio ranodijagenetskih uzoraka iz kamenoloma Ivanec. Prijelazni uzorci iz kamenoloma Ivanec pokazuju najniži stupanj kvalitete od svih navedenih varijeteta (Starčević, 2017).

Najveće vrijednosti indeksa čvrstoće pokazuju kasnodijagenetski uzorci iz kamenoloma Dolje, čija prosječna vrijednost iznosi  $4,69 \text{ MPa}$ . Najmanje vrijednosti indeksa čvrstoće pokazuju prijelazni uzorci iz kamenoloma Ivanec, čija prosječna vrijednost iznosi  $2,13 \text{ MPa}$  (Starčević, 2017).

Sukladno svemu navedenom, najveću kvalitetu pokazuju kasnodijagenetski dolomiti iz kamenoloma Dolje. Zbog svoje male poroznosti i upijanja vode podatni su za korištenje u vlažnim područjima i u područjima s niskom temperaturom, jer bi se vrlo vjerojatno pokazali kao najotpornijima na djelovanje smrzavanja i kristalizaciju soli. Isto tako, zbog visokog indeksa čvrstoće opterećenjem u točki, koji se može usporediti s tlačnom čvrstoćom, podatni su za korištenje na mjestima koji zahtijevaju kamen otporan na mehaničko trošenje (Starčević, 2017).

### 3. PROJEKTNA RJEŠENJA EKSPLOTACIJE

Površinski kop je isključivo visinski, što ima svoje prednosti u odnosu na dubinski tip, a ogledava se u povoljnijem i ekonomičnijem načinu eksploatacije. Pristup ležištu je jednostavniji, nema problema s vodom, a sve mase otkrivke i mineralne sirovine se spuštaju prema vanjskom odlagalištu, odnosno postoji mogućnost korištenja gravitacijskog transporta. Projektnim zadatkom predviđeno je 200 radnih dana godišnje, u dvije smjene dnevno po 8 sati i pet radnih dana u tjednu. Dobivanje mineralne sirovine je etažnim sistemom odozgo prema dolje.

Najniža kota zahvaćena eksploatacijom po glavnom rudarskom projektu (Vrkljan i dr., 1993.) je kota osnovnog platoa +245. Najviša kota je kota osnovnog terena +432 otvorena zasijecanjem pristupnog puta na kotu 425 i osnovnog terena.

Najveća visinska razlika tijekom eksploatacije kamenoloma iznosi 187 m.

Ukupno je u eksploatacijskom dijelu razvijeno trinaest etaža visine po 15 m:

- 1. Etaža- kota +245, osnovni plato
- 2. Etaža- kota +260, utovarni plato
- 3. Etaža- kota +275, utovarni plato
- 4. Etaža- kota +290, utovarni plato
- 5. Etaža- kota +305, glavni utovarni plato
- 6. Etaža- kota +320,
- 7. Etaža- kota +335,
- 8. Etaža- kota +350,
- 9. Etaža- kota +365, međuplato
- 10. Etaža- kota + 380,
- 11. Etaža- kota +395,
- 12. Etaža- kota +410,
- 13. Etaža- kota +425

Parametri radnih etaža:

- Visina etaže: 15 m
- Širina etažne ravnine: minimalno 7 m
- Širina utovarnog platoa: minimalno 12 m, okretno 25 m
- Kut nagiba etaže: 60°.

Geometrija radnih etaža usvojena je uvažavajući preporuke analize stabilnosti, uvjete uređenja prostora i postojeće stanje, opremljenost i praksu u kamenolomu.



Parametri završnih kosina kopa:

- Visina etaže: 15 m
- Širina berme: minimalno 7 m
- Širina međuplatoa +365: 20 m
- Širina međuplatoa +305: 40 m
- Kut nagiba etaže: 60°
- Završni kut kopa: maksimalno 36°
- Najveća visina kopa: 187 m

Etaže se otkopavaju odozgo prema dolje u četiri odvojene faze.

U 1.fazi otkopavaju se četiri etaže; etaža +290, etaža +305, etaža +320 i etaža +335 koja je otvorena osnovnim terenom +353. Visinska razlika u toj fazi između osnovnog platoa +245 i osnovnog terena +353 iznosi 108 m.

U 2. fazi eksploatacije po visini razvijaju se etaže +350, +365 i etaža +380. Najviša otvorena kota etaža +380/osnovni teren je kota +395. Visinska razlika u kamenolomu je povećana na 150 m.

U 3. fazi zahvaćaju se po visini etaže +395 i +410 a najviša otvorena kota osnovnog terena je +423. Ukupna visinska razlika u kamenolomu je 178 m.

Završnom fazom eksploatacije zahvaća se po visini i etaža +425 i dobije se visinska razlika osnovni plato +245-osnovni teren +432 od 187 m (Vrkljan i dr., 1993).

### 3.1. Tehnologija izvođenja radova

Ležište dolomita prekriveno je tankim slojem humusa debljine do 1 m. Skidanje humusnog pokrivača odvija se buldozerom u kratkim stepenicama odozgo na dolje (Ljevar, 1993).

Projektom su predviđene slijedeće tehnološke faze radova:

1. Bušenje se vrši rotacijskom bušilicom, usponski s ravnine etaže, pri čemu se formira trokutni raspored bušotina.
2. Miniranje se obavlja eksplozivom Riohit, pri čemu se koriste usporivači, da bi se redoslijedom paljenja postiglo što bolje odbacivanje materijala niz kosinu.
3. Stijenska masa dobivena miniranjem se buldozerom potiskuje na osnovni plato. Formira se jedna zajednička klizna ploha pod kutom od 60° koja olakšava gravitacijsko spuštanje odminiranog materijala s pojedinih etaža na osnovni plato.
4. Utovar se odvija diskontinuirano na utovarnim platoima. Glavni utovarni plato je etaža +305 na kojoj će se utovar izvoditi tijekom 2. 3. i 4. faze eksploatacije. Ostali utovarni

platoi tijekom eksploatacije su etaža +290 (1. i 2. faza eksploatacije), etaža +275 (1. 2. i 3. faza eksploatacije), etaža +260 (3. i 4. faza eksploatacije) i osnovni plato + 245 (u sve četiri faze). Utovar se obavlja utovarivačem.

5. Transport je isključivo kamionski do drobilišnog postrojenja, s prosječnom udaljenošću utovarnih platoa do usipnog bunkera postrojenja od 400 m (Vrkljan i dr., 1993).

Ovakav sustav eksploatacije je povoljan u pogledu količine, svojstva dolomita i kapaciteta proizvodnje.

Opća posebnost ovakve eksploatacije je diskontinuiranost, pri čemu se bušenje vremenski može poklapati s utovarom i transportom. Dinamika radova se prilagođava proizvodnom programu tako da se završetkom otkopavanja u jednom otkopnom pojasu može odmah pristupiti otkopavanju sljedećeg (Ljevar, 1993).

### 3.1.1. Faze tehnološkog procesa

#### 3.1.1.1. *Bušenje i miniranje*

Na kamenolomu „Gradna“ su predviđena dva načina miniranja s dubokim minskim bušotinama. Duboke minske bušotine izrađivati će se s etažne ravnine blago otklonjene od horizontale prema dolje, odnosno prema gore. U fazi probijanja etaže orijentacija bušotina je bočno u odnosu na smjer napredovanja etaža.

Za bušenje se po projektu planirala udarno rotacijska bušilica Ravne SVG-730 i HGVV-84 s dubinskim čekićem, promjera krune 85 mm. Danas se na kamenolomu koristi bušaća garnitura proizvođača BPI 115 MC. Bušilice se prema projektu pogone komprimiranim zrakom tlaka 68 kPa iz kompresora Fagram ( $10 \text{ m}^3/\text{min}$ ) i Trudbenik ( $8 \text{ m}^3/\text{min}$ ) (Vrkljan i dr., 1993).

#### 3.1.1.2. *Potiskivanje odminiranog materijala*

Projektirano je da se odminirani materijal prebacuje bagerom tipa Poclain 125K, danas JCB JS 330L na niže ležeće etaže do glavnog utovarnog platoa +305.

Za prebacivanje minirane mase na osnovni utovarno-transportni plato bager mora raditi ukupno 75 dana (uzimajući u obzir potrebno vrijeme za transport bagera s etaže na etažu).

Preostalo vrijeme bager se može angažirati na prebacivanju sanacijskih masa (Vrkljan i dr., 1993).

### 3.1.1.3. *Utovar i odvoz odminiranog materijala*

Utovar je projektiran da se odvija na onom dijelu etaže na kojem se ne odvija prebacivanje odminiranog materijala (Ljevar, 1993).

Na nivou etaže glavnog utovarnog platoa +305 m, po projektu, utovar će se vršiti utovarivačem tipa ULT-150, volumena utovarne lopate 2 m<sup>3</sup> (Vrkljan i dr., 1993).

Transport materijala je predviđen kamionima istresaćima volumena sanduka 10,3 m<sup>3</sup> i nosivosti 15 t. Transportirani materijal se istresa u bunker drobilnog postrojenja, a srednja udaljenost bunkera od mjesta utovara je oko 400 m.

Klasirnica izdvaja tri vrste granulata i to:

- 0/4 mm (Slika 3-1)
- 4/8 mm (Slika 3-2)
- +8 mm (Slika 3-3)

Klasirani materijal kamioni odvoze u svoje pogone u Samobor na daljnju preradu. Dolomit se s kamenoloma također direktno isporučuje vanjskim kupcima. (Ljevar, 1993)



**Slika 3-1** Klasa 0/4



**Slika 3-2** Klasa 4/8



**Slika 3-3** Klasa 8/16 (Jakšić, 2018.)

## 4. TEHNOLOŠKI PROCES EKSPLOATACIJE DOLOMITA

### 4.1. Dolomit

Termin „dolomit“ podrazumijeva i mineral i stijenu koja je dominantno izgrađena od istoimenog minerala. Mineral dolomit (formula  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) je bezvodni karbonat bez dodatnih aniona. Kristali su obično romboedri. Tvrdoća dolomita po Mohsovoj ljestvici je 3,5-4, a gustoća mu iznosi  $2,85 \text{ g/cm}^3$ . Bezbojan je ili bijel, a od primjesa može biti siv do tamnosiv (Slovenec, 2002, preuzeto iz diplomskog rada Starčević, 2017).

Mineral dolomit romboedarski je karbonat koji pripada trigonsko/heksagonskom kristalnom sustavu. U idealnom slučaju sastoji se od jednakog broj  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  iona raspoređenih unutar zasebnih ravnina razdvojenih ravninama  $\text{CO}_3^{2-}$  aniona. Većina recentnih dolomita ima nizak stupanj uređenosti u usporedbi sa starijim dolomitima. Ni mnogi prirodni dolomiti nemaju stehiometrijski sastav ( $\text{Ca:Mg} = 50:50$ ), nego imaju višak  $\text{Ca}^{2+}$  iona zbog čega omjer  $\text{Ca:Mg}$  može biti 58:42 (Tucker, 2001, preuzeto iz diplomskog rada Starčević, 2017).

Mineral dolomit vrlo se teško ili se uopće ne izlučuje izravno iz morske vode kao primarni mineral, već nastaje potiskivanjem aragonita, Mg-kalcita i kalcita. Do takva potiskivanja može doći neposredno nakon izlučivanja i taloženja tih minerala, pa nastaju ranodijagenetski dolomiti (sinsedimentacijski ili primarni dolomiti). Ako se potiskivanje zbiva u već očvrnutim stijenama, vapnencima, tada su to kasnodijagenetski dolomiti (postsedimentacijski ili sekundarni dolomiti) (Tišjar, 2001, preuzeto iz Starčević, 2017).

Ranodijagenetski procesi dolomitizacije zbivaju se u površinskim ili neposredno potpovršinskim uvjetima, a kasnodijagenetski na većoj dubini prekrivanja. Smatra se da je najviše dolomita nastalo blizu površine ili plitko pod površinom, ali da su oni tijekom dijageneze na većoj dubini prekrivanja bez rekristalizacije pretrpjeli značajne strukturno teksturne i kemijske promjene zbog kojih se nisu očuvali jasni pokazatelji tipični za takve tipove dolomita (Tišjar, 2001, preuzeto iz diplomskog rada, Starčević, 2017).

#### 4.2. Skidanje jalovog pokrova

Jalovinu na površini dolomitnog masiva čini tanki humusni sloj debljine 0,5-1 m, koji je potrebno odstraniti prije izvođenja radova na eksploataciji.

Skidanje se izvodi zasijecanjem buldozerom u uskim 3 m širokim stepenicama, odozgo na dolje. Buldozer radi u kontinuitetu na terenu do 30% bočnog nagiba, te pri potrebnim uvjetima sigurnosti. Otkrivanje se izvodi tako da se buldozer po padini terena spušta do najdonje točke otkrivajući etaže skupno do nivoa najviše otvorene etaže, odakle se dalje prebacuje guranjem buldozerom preko niželežećih etaža do utovarnog platoa na koti +305. Na utovarnom platou jalova masa se utovaruje na kamion-damper i prevozi do privremenog jalovišta ispod glavnog utovarnog puta (Vrkljan i dr., 1993).

#### 4.3. Bušenje i miniranje

Na kamenolomu „Gradna“ projektirana su dva načina miniranja s dubokim minskim bušotinama.

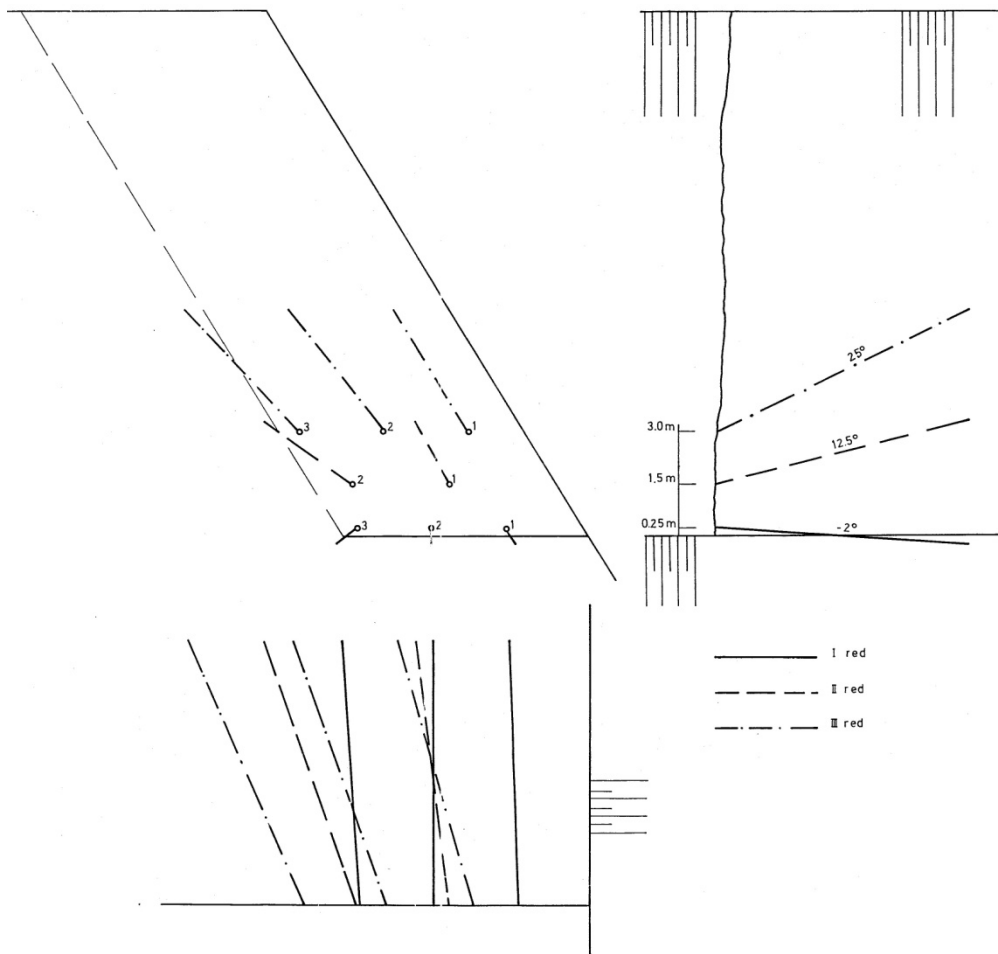
U fazi probijanja etaža orijentacija bušotina je bočno u odnosu na smjer napredovanja etaža (Slika 4-1) (Vrkljan i dr., 1993).

Za jedno miniranje ukupno se buši 8 bočnih bušotina dužine od 7,5 do 8,9 m čiji su elementi prikazani u tablici 4-1.

Širina etažne ravnine radne etaže tijekom eksploatacije je 7 m, čime je određena širina napadne fronte za bušenje. Ukupna dužina bušotina je 64,2m (Vrkljan i dr., 1993).

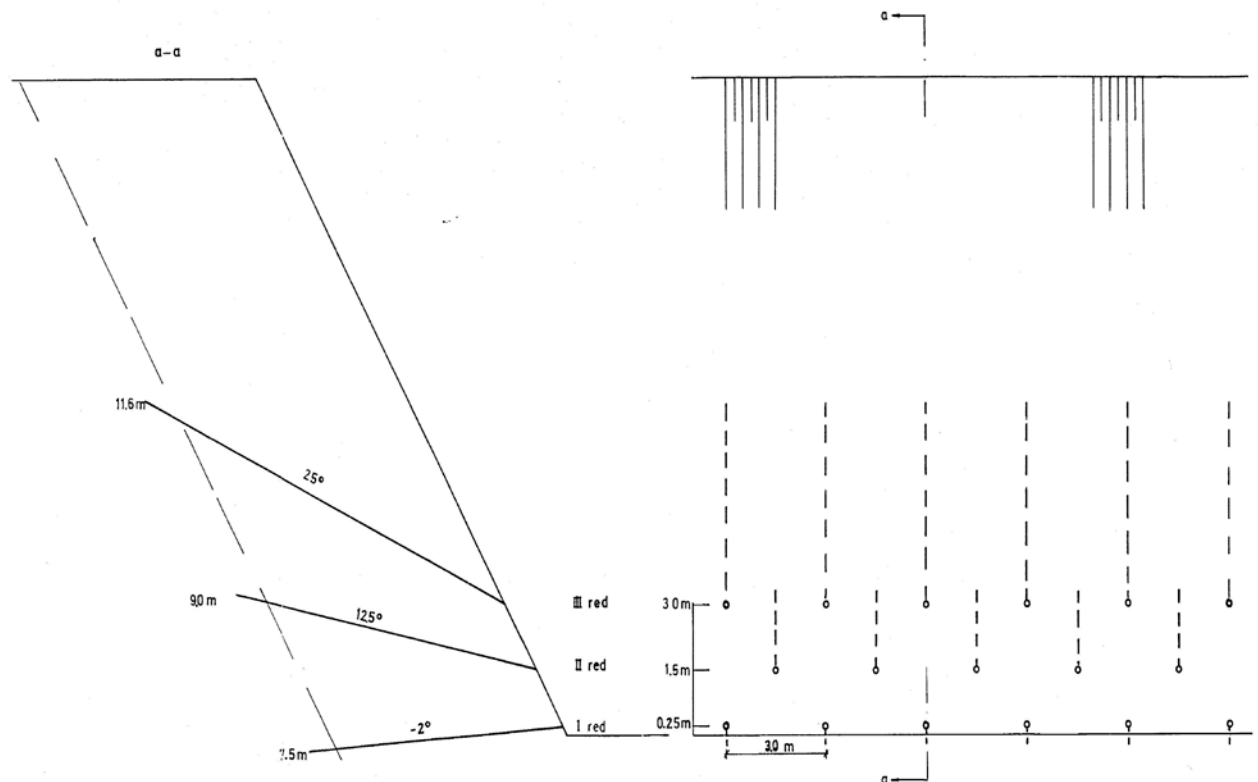
**Tablica 4-1** Elementi minskih bušotina kod bočnog probijanja etaže (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993)

Red	Broj	Duljina (m)	Vertikalni kut (°)	Horizontalni kut (°)
I	1.	7,5	-2,0	1,0
	2.	7,5	-2,0	0
	3.	7,5	-2,0	-3,0
II	1.	7,7	12,5	-6,0
	2.	8,0	12,5	-18,0
III	1.	8,4	25,0	-15,0
	2.	7,7	25,0	17,5
	3.	8,9	25,0	22,0



**Slika 4-1** Shema bušenja minskih bušotina kod bočnog probijanja etaža (Vrkljan i dr., 1993)

Duboke minske bušotine izrađivati će se sa etažne ravnine blago nagnute prema dolje, odnosno prema gore. Bušotine se izrađuju u smjeru napredovanja etaže što je prikazano na slici 4-2. Duboke minske bušotine bušiti će se u 3 reda. Dužina bušotina u I redu iznositi će 7,5 m, u II 9,0 m i 11,6 m u III redu. Spojnica dna bušotina daje kud od  $60^\circ$  prema horizontali. Bušenje se izvodi bušačom garniturom HGVV-84 i SGV-73 proizvodnje Ravne, što je tokom godina promijenjeno, te se danas koristi nova garnitura proizvođača BPI tip 115 MC. Bušaće garniture opremljene su dubinskim čekićem sa spiralnim cijevima promjera 80 mm. Bušaće garniture, prema projektu, pogonjene su kompresorima Fagram ( $10\text{m}^3/\text{min}$ ) i Trudbenik ( $8\text{m}^3/\text{min}$ ). Procijenjeni godišnji kapacitet iznosi oko  $75\,000\text{ m}^3$ , što znači da će se mjesečno obavljati 2 miniranja. Mjesečni kapacitet iznosi oko  $8330\text{ m}^3$  pri čemu je uzeto u obzir da se tri zimska mjeseca ne minira.



**Slika 4-2** Shema bušenja dubokih minskih bušotina (Vrkljan i dr., 1993)

Minerski radovi prilikom masovnog miniranja dubokih minskih bušotina specificiraju se na:

- kontrolu i pročišćavanje bušotina,
- punjenje bušotina i začepljivanje
- povezivanje minskih bušotina
- postavljanje usporivača
- paljenje minskog polja
- pregled minirane mase i
- uništavanje nedetoniranog eksploziva.

Prije punjenja minskih bušotina potrebno je provjeriti prohodnost i dubinu bušotina. U slučaju zarušenja ili začepljenja minske bušotine treba pročistiti. Ukoliko se voda nakupi u bušotini, ona se mora ispuhati komprimiranim zrakom. Bušotine koje se ne daju pročistiti treba nanovo izbušiti. Duboke minske bušotine promjera 85 mm pune se patronama promjera 60 mm. Za eksplozivno punjenje koristi se emulzijski eksploziv Riohit ST koji je osjetljiv na detonirajući štapin Riocord PV-12. Duljina i količina eksplozivnog punjenja varira ovisno o duljini minske bušotine. Minimalna dužina čepa je 2.5 m. Punjenje minskih



bušotina kod frontalnog miniranja prikazani su u tablici 4-2, a kod bočnog miniranja u tablici 4-3 (Vrkljan i dr., 1993).

**Tablica 4-2** Konstruktivni elementi minskih bušotina i eksplozivnog punjenja kod frontalnog miniranja (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993)

Red	Bušotina		Eksplozivno punjenje	
	Duljina (m)	Čep (m)	Duljina (m)	Masa (kg)
I	7,5	2,7	4,8	18,0
II	9,0	3,0	6,0	22,5
III	11,6	3,2	8,4	31,5

**Tablica 4-3** Konstruktivni elementi minskih bušotina i eksplozivnog punjenja kod bočnog miniranja (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993)

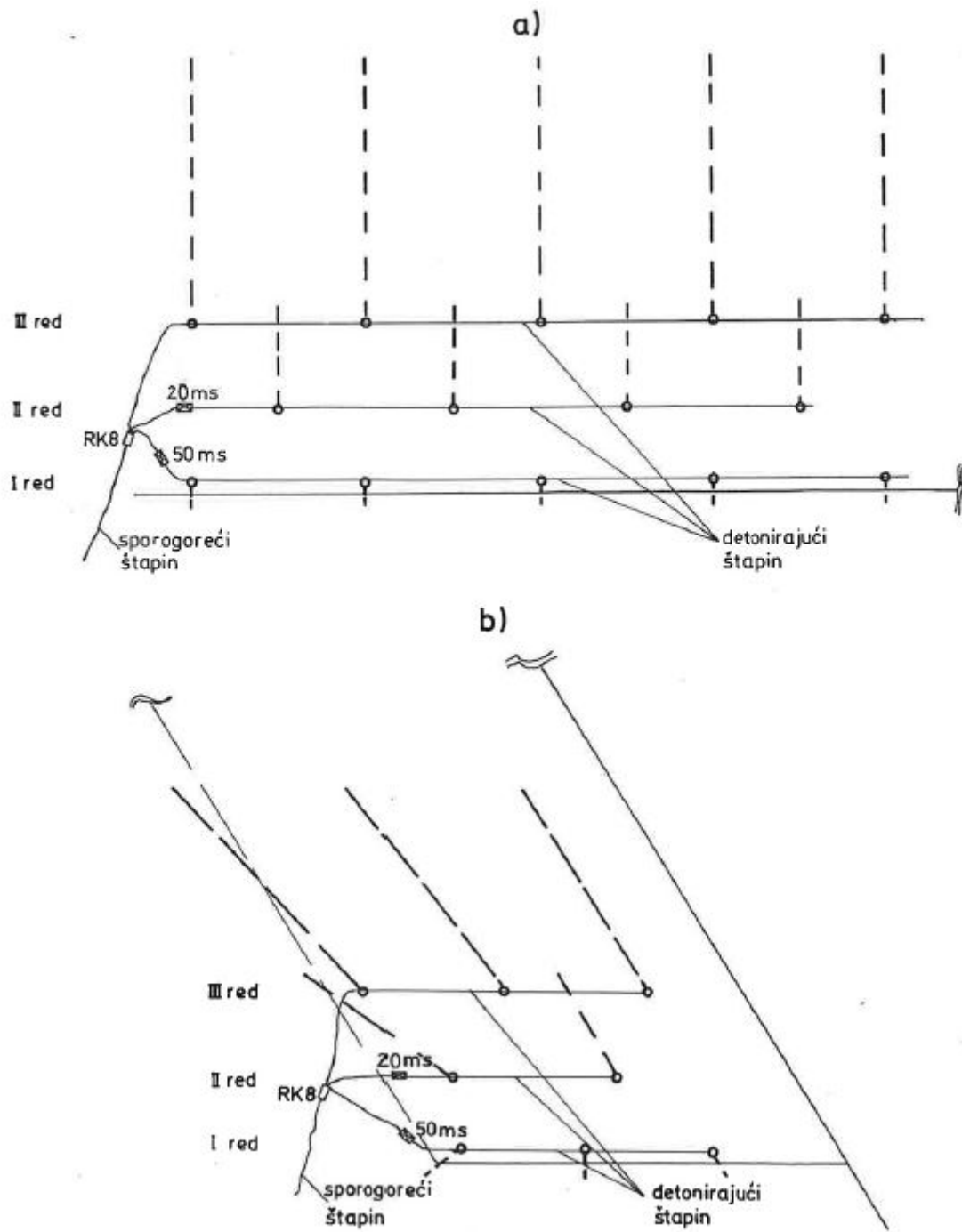
Red	Oznaka bušotina	Bušotina		Eksplozivno punjenje	
	Broj	Duljina (m)	Čep (m)	Duljina (m)	Masa (kg)
I	1,2,3	7,5	2,7	4,8	18,0
II	1	7,7	2,9	4,8	18,0
	2	8,0	2,8	5,2	19,5
III	1	8,4	3,2	5,2	19,5
	2	8,7	3,1	5,6	21,0
	3	8,9	3,3	5,6	21,0

Materijal za čepove je granulirani materijal, humus i glina ili nabušeni materijal. Povezivanje minskih bušotina je detonirajućim štapinom. Radi bolje uspješnosti miniranja redovi bušotina se odvajaju usporivačima 15 i 25 ms. Paljenje minskog polja izvodi se rudarskom kopicom br. 8 i sporogorećim štapinom. Shema minskog polja s načinom povezivanja, paljenja i usporenja prikazana je na slici 4-3.

U miniranoj stijenskoj masi pojaviti će se negabaritni komadi veći od 150 mm\*-150 mm kolika je veličina ulaznog otvora mlina postrojenja za preradu.

Negabaritni blokovi usitnjavati će se hidrauličnim čekićem montiranim na bager.

Projektom je predviđeno dva masovna miniranja mjesečno čime se zadovoljavaju potrebe projektirane proizvodnje (Vrkljan i dr., 1993).



Slika 4-3 Sheme povezivanja uspenja i paljenja minskog polja: a) frontalno, b) bočno (Vrkljan i dr., 1993)

#### 4.4. Prebacivanje odminirane mase

Odminirana masa prebacuje se bagerom na nižežeće etaže do utovarnog platoa +305. Iznad kote +305 izvedba transportnih puteva do etažnih ravnina zahtijevala bi izlaženje trase van granice eksploatacijskog polja. Dužina transportnog puta povećala bi se na preko 1000 m. Iz tih razloga projektnim je rješenjem predviđeno prebacivanje odminirane stijenske mase s etaža iznad glavnog utovarnog platoa +305 i njihovo spuštanje na nivo glavnog utovarnog platoa. Proračun kapaciteta bagera prikazan je izrazima 4-1 do 4-7 (Vrkljan i dr., 1993).

##### 4.4.1. Proračun kapaciteta bagera

Eksploatacijski satni kapacitet bagera  $Q_{bh}$ :

Volumen odminiranog materijala u lopati bagera  $V_l$ :

$$V_l = V * k_r = 1,5 * 0,86 = 1,3 \text{ m}^3, \quad (3-1)$$

Gdje je:

$V = 1,5 \text{ m}^3$  - volumen lopate

$k_r = 0,86$  - koeficijent punjenja lopate bagera

Težina materijala u lopati bagera  $G$  :

$$G = V_l * r_{o_r} = 1,3 * 2,3 = 3,0 \text{ t}, \quad (3-2)$$

Gdje je:

$r_{o_r} = 2,32 \text{ t/m}^3$  - gustoća dolomita u rastresitom stanju

$$r_{o_r} = \frac{r_o}{k_r} = \frac{2,784}{1,2} = 2,3 \text{ t/m}^3$$

$r_o = 2,784 \text{ t/m}^3$  - srednja vrijednost prostorne mase dolomita (tablica 2-2)

$k_r = 1,2$  – koeficijent rastresitosti dolomita

Satni kapacitet bagera  $Q_{bh}$ :

$$Q_{bh} = \frac{3600 * V_l * k_v}{t_b} = \frac{3600 * 1,3 * 0,9}{20} = 211 \text{ m}^3/\text{h}, \quad (3-3)$$

Gdje je:

$k_v = 0,9$  - koeficijent vremenskog iskorištenja

$t_b = 20 \text{ s}$  - ciklus bagera na prebacivanju minirane mase

Smjenski kapacitet bagera  $Q_{bs}$ :

$$Q_{bs} = Q_{bh} * T = 211 * 6,0 = 1266 \text{ m}^3/\text{smjeni}, \quad (3-4)$$

Gdje je:

$T = 6,0$  sati- efektivni radni sati u smjeni

Efektivni sati potrebni za prebacivanje minirane mase  $t$ :

$$t = \frac{Q_s}{Q_{bh}} = \frac{450}{211} = 2,13 \text{ sat/smjeni}, \quad (3-5)$$

Gdje je:

$$Q_s = \frac{n*Q}{2} = \frac{4*225}{2} = 450 \text{ m}^3$$

$Q_s$ - stvarne količine koje je potrebno pregurati u smjeni na osnovni plato, za mjesečno potrebna dva preguravanja

$Q = 225 \text{ m}^3$ - smjenska proizvodnja stijenske mase u rastresitom stanju

$n = 4$ - prosječni broj prebacivanja

Sati rada bagera godišnje  $H$ :

$$H = t * S = 2,13 * 400 = 853 \text{ sati godišnje}, \quad (3-6)$$

Gdje je:

$S$ - broj smjena godišnje

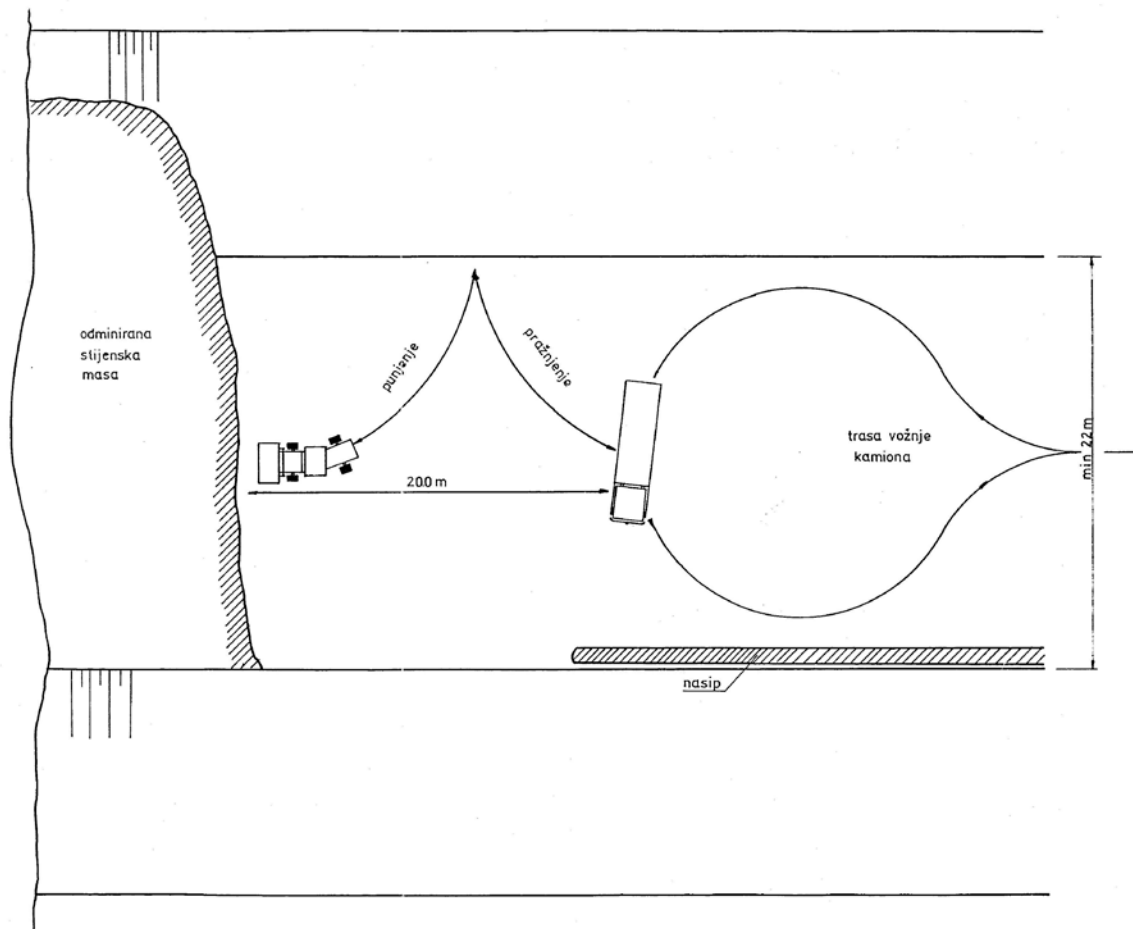
Iskoristivost bagera  $I$ :

$$I = \frac{t}{T} = \frac{2,13}{6,0} = 0,36 = 36\%, \quad (3-7)$$

#### 4.5. Utovar i transport

Glavni utovarni plato je etaža +305. Utovar na etaži +305 izvoditi će se tijekom II, III i IV faze eksploatacije. Transportna udaljenost s etaže +305 do prihvatnog bunkera iznosi oko 600 m. Slikom 4-4 je prikazana projektirana tehnološka shema utovara u kamion.

Ostali utovarni platoi tijekom eksploatacije su etaža +290, etaža +275, etaža +260 i osnovni plato +245.



**Slika 4-4** Shema utovara mineralne sirovine i otkrivke (Vrkljan i dr., 1993)

Prosječna transportna udaljenost od utovarnih platoa do usipnog bunkera iznosi oko 400 m.

Dužine transportnih puteva do prihvatnog bunkera s pojedinih utovarnih platoa su:

- Utovarni plato etaža +245 = 80 m
- Utovarni plato etaža +260 = 250 m
- Utovarni plato etaža +275 = 320 m
- Utovarni plato etaža +290 = 460 m

Utovar minirane stijenske mase obavljati će se utovarivačem zapremine lopate  $2,3 \text{ m}^3$  i koeficijenta punjenja lopate  $k_p$  od 0,87 (Slika 4-5). Transport materijala se obavlja s 2 kamiona dampera zapremine sanduka  $8,0 \text{ m}^3$  i nosivosti 15,5 t. Proračun utovara je dan izrazima (4-8) do (4-21), a transporta izrazima (4-22) do 4-26).

#### 4.5.1. Proračun utovara minirane mase

Volumen odminiranog materijala u lopati utovarivača  $V_l$ :

$$V_l = V * k_p = 2,3 * 0,87 = 2,0 m^3, \quad (3-8)$$

Gdje je:

$V = 2,3 m^3$  - volumen lopate

$k_p = 0,87$  - koeficijent punjenja lopate utovativača

Težina materijala u lopati utovarivača  $G$ :

$$G = V_l * \rho_r = 2,0 * 2,3 = 4,6 t, \quad (3-9)$$

Broj lopata utovarivača potrebnih za punjenje kamiona-dampera po zapremini sanduka  $n_z$ :

$$n_z = \frac{V_k}{V_l} = \frac{8,0}{2,0} = 4,0, \quad (3-10)$$

Gdje je:

$V_k = 8,0 m^3$  - poravnati volumen sanduka kamiona-dampera

Broj lopata utovarivača potrebnih za punjenje po nosivosti  $n_n$ :

$$n_n = \frac{G_d}{G} = \frac{15,5}{4,6} = 3,4 \text{ lopate}, \quad (3-11)$$

Gdje je:

$G_d = 15,5 t$  - nosivost kamiona-dampera

Usvaja se  $n = 3 \text{ lopate}$

Stvarni volumen materijala u kamionu  $V_{ks}$ :

$$V_{ks} = n * V_l = 3 * 2,0 = 6,0 m^3, \quad (3-12)$$

Stvarna težina materijala u kamionu  $G_{ds}$ :

$$G_{ds} = n * G = 3 * 4,6 = 13,8 t, \quad (3-13)$$

Koeficijent iskorištenja zapremine sanduka  $k_z$ :

$$k_z = \frac{V_{ks}}{V_k} = \frac{6,0}{8,0} = 0,75 = 75\%, \quad (3-14)$$

Koeficijent iskorištenja nosivosti  $k_n$ :

$$k_n = \frac{G_{ds}}{G_d} = \frac{13,8}{15,5} = 0,89 = 89\%, \quad (3-15)$$

Vrijeme utovara  $t_d$ :

$$t_d = \frac{t_u * n + t_p}{60} = \frac{50 * 3 + 40}{60} = 3,2 \text{ minute}, \quad (3-16)$$

Gdje je:

$t_u = 50$  s- vremenski ciklus utovarivača

$t_p = 40$  s- vremenski ciklus kamiona-dampera

Satni kapacitet utovarivača  $Q_{uh}$ :

$$Q_{uh} = \frac{3600 * G * k_v}{t_u} = \frac{3600 * 4,6 * 0,9}{50} = 290 \text{ t/h}, \quad (3-17)$$

Gdje je:

$k_v = 0,9$ - koeficijent vremenskog iskorištenja

Smjenski kapacitet utovarivača  $Q_{us}$ :

$$Q_{us} = Q_{uh} * T = 290 * 6 = 1740 \text{ t/smjeni}, \quad (3-18)$$

Potreban broj utovarivača za utovar minirane mase  $n_u$ :

$$n_u = \frac{A_s * k_n}{Q_{us}} = \frac{1,3 * 522}{1740} = 0,39 = 1 \text{ utovarivač}, \quad (3-19)$$

Gdje je:

$A_s = 522$  t- potrebno utovariti dolomita u smjeni

$A_s = Q * r_o = 187,5 * 2,784 = 522$  tona

$k_n = 1,3$ - koeficijent neravnomjernosti proizvodnje

Ukupno vrijeme utovara u smjeni  $T_u$ :

$$T_u = t_d * r_k = 3,2 * 50 = 160 \text{ minuta}, \quad (3-20)$$

Gdje je:

$r_k = 50$  vožnji- potreban broj vožnji u smjeni za odvoz dolomita

$$r_k = \frac{A_s * k_n}{G_{ks}} = \frac{522 * 1,3}{13,8} = 50 \text{ vožnji}$$

Sati rada utovarivača godišnje  $H$ :

$$H = \frac{T_u * S}{60} = \frac{160 * 400}{60} = 1067 \text{ sati godišnje}, \quad (3-21)$$

#### 4.5.2. Proračun veličina transporta

Eksploatacijski satni kapacitet kamiona-dampera  $Q_{hk}$ :

$$Q_{hk} = \frac{60 * G_d * k_n * k_v}{t_c} = \frac{60 * 15,5 * 0,89 * 0,9}{11,2} = 69,5 \text{ t}, \quad (3-22)$$

Gdje je:

$t_c = 11,2$  – vrijeme ciklusa dampera

$$t_c = t_k + t_v + t_p + t_m + t_{\check{c}} + t_z = 3,2 + 4,0 + 1,0 + 1,0 + 1,0 + 1,0 = 11,2 \text{ min}$$

$t_k = 3,2 \text{ min}$  - vrijeme utovara dampera

$t_v = 4,0 \text{ min}$ - vrijeme vožnje punog i praznog dampera

$$t_v = \frac{2 * L * 60}{v} = \frac{2 * 0,4 * 60}{12} = 4 \text{ minute}$$

$L = 0,4 \text{ km}$  - srednja dužina transporta

$v = 12 \text{ km/h}$ - prosječna brzina vožnje dampera

$t_p = 1,0 \text{ min}$ - vrijeme pražnjenja dampera

$t_m = 1,0 \text{ min}$ - vrijeme manevriranja dampera

$t_{\check{c}} = 1,0 \text{ min}$ - vrijeme čekanja na utovar i pražnjenje

$t_z = 1,0 \text{ min}$ - vrijeme nepredviđenih zastoja

Smjenski kapacitet  $Q_{sk}$ :

$$Q_{sk} = Q_{hk} * T = 69,5 * 6 = 417 \text{ t/smjeni}, \quad (3-23)$$

Ukupno vrijeme transporta u smjeni  $T_t$ :

$$T_t = t_c * r_k = 11,2 * 50 = 560 \text{ minuta}, \quad (3-24)$$

Sati rada dampera godišnje  $H_d$ :

$$H_d = \frac{T_t * S}{60} = \frac{560 * 400}{60} = 3734 \text{ h/godišnje}, \quad (3-25)$$

Potreban broj kamiona-dampera za prijevoz odminirane mase  $n_k$ :

$$n_k = \frac{A_s}{Q_{sk}} = \frac{522}{417} = 1,25, \quad (3-26)$$

Uzima se potreban broj dampera  $n_d = 2$





**Slika 4-5** Utovar u kamion

#### 4.6. Popis opreme i produktivnost rada na kamenolomu

Na kamenolomu Gradna projektirana je slijedeća mehanizacija:

- Buldozer tip TG-100, 1 kom
  - o Volumen materijala pod raonikom buldozera:  $q = 1,21 \text{ m}^3$
- Utovarivač tip ULF 160, 1 kom
  - o Volumen utovarne lopate utovarivača  $V = 2,3 \text{ m}^3$
- Bager tip Poclain 125 K, 1 kom
  - o Volumen utovarne lopate,  $V = 1,5 \text{ m}^3$
- Bušaća garnitura Ravne SVG 73, HGVV 84, 2 kom
- Kamion, tip Mercedes, 2 kom
  - o Volumen sanduka:  $10,0 \text{ m}^3$
  - o Nosivost: 15 t

Tijekom godina, radi zastarjelosti i kvarova, mehanizacija je promijenjena i modernizirana.

Danas se na kamenolomu koristi mehanizacija koja je prikazana u Tablici 4-4.

**Tablica 4-4** Popis mehanizacije na kamenolomu Gradna

Naziv stroja	Proizvođač	Tip
Samohodni stroj za bušenje	BPI	115 MC
Bager	JCB	JS 330L
Utovarivač	Komatsu	WA 480-SH
Utovarivač	Komatsu	WA 470-6
Utovarivač	Renders – Đuro Đaković	RL250
Damper	Volvo	A25D
Teretno vozilo za prijevoz silosa	Mercedes-Benz	

Radna snaga potrebna za provođenje tehnološkog procesa eksploatacije u kamenolomu „Gradna“ prema projektu prikazana je u tablici 4-5 (Vrkljan i dr., 1993).

**Tablica 4-5** Potrebna radna snaga na kamenolomu „Gradna“ (preuzeto iz Vrkljan i dr., 1993)

Vrsta posla i radno mjesto	Stručna sprema i kvalifikacije	Nadnica dnevno	Nadnica godišnje
A- Upravno osoblje			
1. Rukovoditelj kamenoloma	VSS, SSS	1	200
2. Poslovođa	SSS	2	400
B- Tehničko administrativno osoblje			
3. Vozač dostavnog vozila	KV	1	200
4. Skladištar	KV,SSS	1	200
5. Čuvar	NKV	2	400
6. Administrator	SSS	1	400
C- Bušenje i miniranje			
7. Bušač-palioc mina	VKV	2	400
8. Bušač-miner	PKV	2	400
9. Kompresionist	PKV	2	400
D- Utovar i transport E- Radovi na otkrivci F- Prebacivanje masa G- Popravak ceste i dr.			
10. Vozači dampera	KV	4	800
11. Rukovatelj utovarivača	VKV, KV	2	400
12. Rukovatelj bagera	KV	2	400
13. Rukovatelj buldozera	KV	1	200
Ukupno zaposlenih i nadnica		23	4600

#### 4.7. Utjecaj kamenoloma Gradna na okoliš

Utjecaj kamenoloma na okoliš je višestruk, a ogledava se u utjecaju na zrak i vodu, te u stvaranju vibracija i buke (Ljevar, 1993).

##### *Utjecaj na zrak.*

Dosadašnja ispitivanja su pokazala da je prašina, koja se stvara u procesu dobivanja, transporta i prerade, neopasna za okolinu, kako po sadržaju tako i po količini.

Štetni plinovi Diesel pogona su zanemarivi (Ljevar, 1993).

##### *Utjecaj na vodu*

Za vrijeme eksploatacije velike količine prašine padaju u potok Gradna.

Opsežnim laboratorijskim i hidrogeološkim ispitivanjima dokazan je nebitan utjecaj kamenoloma na potok.

Pijesak u potoku ima samo filtracijsku ulogu (Ljevar, 1993).

##### *Vibracije i buka*

Masovno miniranje na kamenolomu je redovit izvor nedopuštenih razina vibracija i buke.

Kontrolom seizmičkog djelovanja miniranja, utvrđivanjem dozvoljene količine i vrste eksplozivnog punjenja, te primjenom milisekundnih usporivača, otklonjene su mogućnosti štetnog djelovanja miniranja na ljude i objekte u okolici kamenoloma (Ljevar, 1993).

##### *Utjecaj na promet*

Utjecaj kamenoloma na promet obližnjom cestom je periodički, odnosno samo za vrijeme miniranja kada se strojevi postavljaju na svaku stranu ceste ispod kamenoloma, te zaustavljaju promet dok ne prođe opasnost od miniranja (Ljevar, 1993).

## 5. TEHNIČKA I BIOLOŠKA SANACIJA KAMENOLOMA

Nakon završene eksploatacije završne kosine i etažne ravnine rekultiviraju se u skladu s čl. 101 Zakona o rudarstvu (NN 56/13, 14/14, 52/18). Površina devastiranog terena nakon završene eksploatacije iznositi će cca 14 ha. Izuzev radno-manipulativnog platoa u površini cca 4 ha, ostali dio površina od 10 ha mora se biološki rekultivirati sadnjom vegetacije (Prilog 1). Tehnička i biološka sanacija i rekultivacija zahvatiti će eksploatacijski-južni dio kamenoloma, zapušteni sjeverni dio kamenoloma, te jalovišta .

Rekultivaciju etažnih kosina i ravnina te jalovinskih platoa i kosina sjevernog dijela kamenoloma započeti će odmah po njihovom konačnom uređenju tijekom III faze eksploatacije (Vrkljan i dr., 1993).

### 5.1. Tehnička sanacija

Tehničko rješenje sanacije kamenoloma dato je rješenjem završnih kontura kamenoloma i na karakterističnom poprečnom profilu završnih kosina kamenoloma u glavnom rudarskom projektu (Vrkljan i dr., 1993).

Tehnički elementi završnih etažnih ravnina i kosina u eksploatacijskom dijelu kopa:

- Završni nagib kopa: 36°
- Nagib kosina etaža: 60°
- Širina berme: 7 m
- Širina međuplatoa +365: 20 m
- Širina međuplatoa +305
- Visina etaža: 15 m
- Pad etažnih ravnina: 5%
- Ukupna visina kopa: 187m

Tehnička sanacija zahtijeva navoženje humusa na etažne ravnine i platoe u debljine 5-45 cm. Humus za ove potrebe je deponirani humus otkrivke kamenoloma privremeno deponiran tijekom eksploatacije na privremenu deponiju jalove otkrivke. Humus se sa deponija utovaruje na prikolicu i pristupnim se putevima izvlači na etažne ravnine. Nakon dovoza na etažne ravnine humus se rasplanira buldozerom i slično.

Melioracija i agrotehnička obrada etažne ravnine obavljena je rudarskim radovima (Vrkljan i dr., 1993).

## 5.2. Biološka rekultivacija

Na dolomitnoj podlozi u kamenolomu razvijaju se smeđa tla i rendzine. Takve vrste tla su pogodne za rast hrasta i graba, te mjestimično šumskog bora. Sadnja se izvodi na etažnim ravninama uz prethodno humiziranje. Kosine etaža se ne humiziraju jer je to teško izvesti, već se te površine zatravljaju postupkom hidrosjetve. Pošumljavanje nižih etaža i jalovišta izvoditi će se crnim borom.

Na međuplato +365 i +305 kao i na ostale šire platoe nasađuju se vrste javora- acer, jasena- fraxinus, hrasta- quercus, bagrem- robinia, grab- carpinus. Te vrste dovoljno su vitalne za održavanje u oskudnim uvjetima i da sa niskim grmljem tvore šumski sklop.

Usporedno sa zaravnjenjem kosina etaža, zatravljaju se površine etažnih ravnina i jalovinskih platoa i kosina. Hidrosjetva se izvodi mješavinom trave i djeteline.

Područje uz prirodni botanički rezervat sustavno se ozelenjava, sadnjom arboretuma najpoznatijih bjelogoričnih stablašica tako da se nakon sanacije uklopi u park prirode Samobor-Šoićeva kuća-Japetič.

Radno manipulativni plato može poslužiti za sportsko-rekreacijski centar. Unutar centra može se urediti hranilište za divljač. Asortiman biljnog materijala predviđenog za rekultivaciju orijentiran je na vrste skromne u pogledu ishrane i održavanje na najtežim staništima. Takve vrste imaju izvanrednu vitalnost, korijenje kojih se probija kroz najmanje prsline do finih čestica tla i vlage.

Od ukupne površine koju je potrebno rekultivirati od 10 ha, površina pod raslinjem (stablašice i grmlje) iznosi 2 ha, a površina pod travom 8 ha (Vrkljan i dr.,1993).

## 6. MJERE ZAŠTITE NA RADU

Da bi se ispunili svi uvjeti za rad bez opasnosti, potrebno je sve radnje na kamenolomu izvoditi u skladu s važećim zakonima, propisima, odredbama i samoupravnom sporazumu. Za efikasnu zaštitu na radu potrebno je da se propisane mjere zaštite na radu provode organizirano i stručno pod stalnom kontrolom Službe za zaštitu na radu (Vrkljan i dr., 1993).

Za provođenje efikasne zaštite na radu potrebno je pridržavanje odredaba:

- Zakon o zaštiti na radu NN 94/18
- Zakon o Rudarstvu NN 52/18
- Zakon o zaštiti od požara NN 92/10
- Pravilnika o tehničkim normativima pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu NN 53/91
- Pravilnika o tehničkim normativima za površinsku eksploataciju ležišta mineralnih sirovina NN 53/91
- Pravilnika o pružanju prve pomoći radnicima na radu. NN 56/83

### 6.1. Radovi na skidanju jalovinskog pokrova

Jalovinski pokrov skidati će se radom buldozera. Na nepristupačnim mjestima buldozeru uklanjanje raslinja i humusa obavljati će se ručno.

Buldozer zasijeca jalovi pokrov kratkim stepenicama odozgo na dolje, gurajući jalovi materijal po slojnici ili dijagonalno po padu do maksimalno 35%. Osnovne mjere zaštite u ovoj tehnološkoj fazi obuhvaćaju:

- Siguran rad buldozera
- Siguran rad na proizvodnim etažama od padanja materijala iz otkrivke
- Sigurnost radnika na ručnom uklanjanju raslinja i otkrivke.

(Vrkljan i dr.,1993)

### 6.2. Radovi na bušenju

Pri izvođenju radova na bušenju osnovna vrsta zaštite obuhvaća:

- Zaštita bušača od obrušavanja i pada materijala s više etaže
- Zaštita bušača od pada s etaže

Zaštita bušača od obrušavanja i pada materijala s više etaže postiže se zabranom preguravanja minirane stijenske mase na svim etažama iznad etaže na kojoj se izvode bušaći radovi. Također je prije započinjanja bušaćih radova potrebno očistiti radnu kosinu

iznad lokacije bušenja. Ukoliko se pojavi potreba za čišćenje tijekom bušenja prethodno treba obustaviti radove i skloniti radnike i opremu na sigurno mjesto.

Bušaći radovi neposredno pod kosinom etaže ne smiju se obavljati za kišovito vremena.

Bušaći radovi ne smiju se obavljati za vrijeme atmosferskih pražnjenja.

Prije započinjanja radova na bušenju minskog polja potrebno je postaviti zaštitnu ogradu uz rub etaže da se spriječi pad bušaća niz etažu. Po završetku priprema za masovno miniranje zaštitna oграда se uklanja (Vrkljan i dr.,1993).

### 6.3. Radovi na miniranju

Masovna miniranja ne smiju se izvoditi u sumrak i noću, pri smanjenoj i slaboj vidljivosti kao i za vrijeme atmosferskih pražnjenja.

Prilikom minerskih radova treba osigurati slijedeću zaštitu:

- Zaštita od nekontroliranog aktiviranja eksploziva i eksplozivnih sredstava
- Zaštita od razbacivanja komada stijene
- Zaštita od zračnog udara
- Zaštita od seizmičkog djelovanja
- Zaštita od nekontroliranog aktiviranja eksploziva i eksplozivnih sredstava tijekom skladištenja, manipulacije, transporta, punjenja minskih bušotina i nakon izvedenog paljenja minskog polja zahtijeva:
  - Pažljivo rukovanje s eksplozivom i eksplozivnim sredstvima
  - Zabraniti prilaz otvorenim plamenom i pušenje
  - Prilikom punjenja minskih bušotina patrone eksploziva ne smiju se gnječiti i silom uguravati u bušotinu
  - Nabijanje eksploziva u minskoj bušotini izvoditi pažljivo drvenim zaobljenim letvama posebno pazeći pri tome da se ne ošteti detonirajući štapin
- Bušaću garnituru i ostalu opremu, te ljude koji nisu zaposleni na miniranju udaljiti sa minskog polja na sigurnu udaljenost
- Ne izvoditi i obustaviti minerske radove pri atmosferskim pražnjenjima
- Nakon izvedenog miniranja palioc mina obavlja pregled (najranije 15 minuta po otpucavanju) odminirane stijenske mase. Kada se palioc mina uvjeri da nema detoniranog eksploziva u miniranoj masi, tehnički rukovoditelj miniranja može dopustiti pristup na minsko polje utovarno-transportnoj mehanizaciji i ostalim zaposlenima.



Zaštita od razbacivanja stijenskih komada prilikom miniranja provodi se:

- Izvesti bušaće radove po skici bušenja minskog polja,
- Izvesti konstrukciju eksplozivnog punjenja po projektu
- Izvesti čep minske bušotine u dovoljnoj duljini i od propisanog materijala
- Udaljavanjem zaposlenih u kamenolomu i pokretne opreme na sigurnu udaljenost i sigurne zaklone
- Nepokretnu opremu i objekte koji se nalaze u zoni razbacivanja zaštititi daskama i ostalim provizornim materijalom posebno lako lomljive i vitalne dijelove
- Prije paljenja minskog polja osigurati pristupne puteve u kamenolom postavljanjem straža da se spriječi nekontrolirani prilaz u ugroženu zonu (Vrkljan i dr., 1993).

Zaštita od udarnog zračnog vala:

- Staklena okna, vrata i ostale staklene plohe ostaviti otvorenim da ne dođe do pucanja
- Kod povezivanja minskog polja utrošiti što manje detonirajućeg štapina
- Razdijeliti minske bušotine na stupnjeve paljenja usporivačima

Zaštita od seizmičkog djelovanja:

- Izvođenje bušenja i punjenja minske bušotine po projektiranim veličinama
- Odvajanje minskih bušotina u stupnjeve paljenja usporivačima.
- Prije i nakon paljenja minskog polja treba davati zvučne signale najave miniranja i prestanka opasnosti mina.
- Rukovanje, transport, skladištenje eksploziva i eksplozivnih sredstava te izvođenje minerskih radova potrebno je regulirati internim Pravilnikom o zaštiti na radu za specifične uvjete kamenoloma (Vrkljan i dr., 1993)

#### **6.4. Radovi na prebacivanju stijenske mase**

Na preguravanju minirane mase na niže etaže i utovarne platee raditi će bager.

Zaštita rukovatelja bagera i strojne jedinice provodi se kroz:

- Zaštitu od pada materijala sa viših etaža
- Zaštita od pada bagera na nižu etažu
- Zaštita radnika i strojeva na nižim etažama od padanja materijala s viših etaža

U svakoj smjeni potrebno je pregledati kosine radnih etaža i okalati labave komade stijena. Kod rada stroja na etaži sigurnost se postiže tehničkom ispravnošću stroja i načinom rada. Bager se prilikom prebacivanja materijala postavlja paralelno gusjenicama uz ivicu ruba etaže, s minimalnom udaljenošću gusjenica od ruba etaže od 1,5 m.

Signalist označava dozvoljenu granicu kretanja bagera i upozorava rukovatelja bagera.

Radi potpune sigurnosti od pada komada s gornje etaže, kao i od obaranja stvorenih kupa materijala, nije dozvoljen istovremeni rad na nižoj etaži (Vrkljan i dr., 1993).

### 6.5. Radovi na utovaru i transportu

Utovar u kamione-depmere izvodi se preko bočne ili zadnje strane kamiona.

Zabranjen je utovar preko prednje strane kamiona. Kamion mora imati pouzdanu zaštitu iznad kabine vozača. U slučaju utovara u kamion kojem kabina nije zaštićena zabranjeno je zadržavanje vozača u kabini tijekom utovara.

Vozač nakon postavljanja kamiona za utovar daje zvučni signal rukovatelja utovarivača da je spreman za utovar. Nakon obavljenog utovara kamiona rukovatelj utovarivača daje zvučni signal. Brzina vožnje po radilištu propisana je po uputama upravitelja kamenoloma. Uputama tehničkog rukovoditelja kamenoloma rukovateljima kamiona i utovarivača treba regulirati slijedeće:

- Rukovati strojem može samo osoba koja je kvalificirana i zadužena za stroj, odnosno osoba koja je upućena u rukovanje i održavanje stroja, te na način rada i sigurnosne mjere pri radu u kamenolomu
- Stroj se može staviti u pogon nakon provjere da su zaštitne naprave na mjestu i ispravno postavljene, da je ispravan uređaj za upravljanje i da je prostor oko stroja čist od alata i materijala
- Prije stavljanja stroja u pogon treba provjeriti prisutnost radnika ispod i oko stroja
- Prostor kabine mora biti očišćen od masti i prljavštine i ne smije biti stranih predmeta u kabini
- Prije napuštanja stroja treba spustiti nož ili lopatu stroja, ugasiti motor i izvući kontrolni ključ
- Kod zaustavljanja na duže vrijeme stroj treba parkirati na čvrstom terenu, a ako se nalazi na etaži najmanje 4 m od ruba etaže
- Za vrijeme rada stroja zabranjeno je podmazivanje, punjenje goriva i pritezanje pojedinih dijelova
- Za vrijeme rada stroja zabranjen je pristup u blizinu stroja
- Rukovatelj stroja mora prijaviti pretpostavljenima sve nedostatke na stroju koji mogu utjecati na siguran rad
- Otklanjanje kvarova mora izvesti stručna osoba

- Po završetku popravka stroj se može staviti u pogon, ukoliko su sigurnosni uređaji postavljeni na svoja mjesta i kada se rukovatelj stroja pokusnom vožnjom uvjeri u ispravnost stroja.
- Rukovatelj stroja mora prijaviti pretpostavljenom svaku nezgodu na radu ili u vezi s radom
- Rukovatelj stroja mora biti trijezan, odmoran i za vrijeme rada ne smije konzumirati alkohol
- Rukovatelj stroja mora upoznati pretpostavljenog ukoliko zbog fizičkog ili psihičkog stanja ili drugih okolnosti nije sposoban sigurno raditi sa strojem
- Za sve radnje na stroju treba poštivati upute proizvođača
- U slučaju noćnog rada mora biti osigurana dovoljna rasvjeta utovarnog mjesta i transportnih puteva.

Transportni putevi i utovarno-transportne etažne ravnine osiguravaju se od pada u dubinu nasipavanjem minimalno 1 m i 1 m visokog nasipa uz rub etaže. Minimalna širina utovarno-transportnih platoa tijekom eksploatacije ne smije biti manja od 12 m sa uređenim okretištima minimalne širine 22m (Vrkljan i dr., 1993).

#### 6.6. Osobna zaštitna sredstva

Poduzeće je dužno osigurati radnicima osobna zaštitna sredstva:

- zaštitni šljem- svim zaposlenima u kamenolomu
- cipele s čeličnom kapicom- svim zaposlenima u kamenolomu
- zaštitne pojaseve i odgovarajuću užad- radnicima na ručnom skidanju otkrivke i raslinja
- radno odijelo- svim zaposlenima i
- zaštitne rukavice- radnicima na bušenju i miniranju, te na održavanju.

Internim Pravilnikom detaljno se određuju radna mjesta na kojima radnik treba imati određena radna sredstva kao i rok njihove upotrebe.

Za zaštitu od prašine predviđena su osobna zaštitna sredstva na bušenju, gdje se pretpostavlja najveća izloženost pnemukonioznim prašinama. Za ocjenu ugroženosti radnika od prašine treba ispitati agresivnost mineralne prašine i koncentraciju prašine na ugroženim radnim mjestima (Vrkljan i dr., 1993).

## 7. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana eksploatacija dolomita na kamenolomu „Gradna“ pokraj Samobora. Pored prikaza tehnološkog procesa eksploatacije u radu je dan prikaz projektnog rješenja tehničke i biološke rekultivacije kamenoloma. Eksploatacija se izvodi u skladu s glavnim rudarskim projektom izrađenim 1993. godine. Dobivanje mineralne sirovine se izvodi bušenjem i miniranjem nakon čega se mineralna sirovina pregurava na osnovni plato. S osnovnog plato se prevozi kamionskim transportom do oplemenjivačkog postrojenja. Dobiveni dolomit je visoke kvalitete te se uglavnom koristi za daljnju tvorničku preradu, odnosno kao sirovina u proizvodnji žbuka i premaza te betonskih konstrukcija i galanterije. Pravilnim projektnim rješenjem, usklađivanjem bušačo-minerski parametara s fizičko-mehaničkim svojstvima stijene te pažljivim odabirom i optimiranjem mehanizacije na površinskom kopu osigurano je isplativo i dugoročno eksploatiranje dolomita na kamenolomu „Gradna“.

## 8. POPIS LITERATURE

- GOOGLE KARTE. 2018. *Kamenolom „Gradna“ (satelit)*. (Datum pristupa 06.12.2018). Dostupno na: <https://www.google.hr/maps>
- JAKŠIĆ, L., 2018. *Eksploatacija tehničko-građevnog kamena na kamenolomu „Škrobarnik“*. Završni rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- LJEVAR, M., 1993. *Projektantski i tehnološki razvoj u kamenolomu dolomita Gradna u Samoboru u ovisnosti od prirodnih i ekoloških uvjeta*. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- NARODNE NOVINE br 56/83. *Pravilnik o pružanju prve pomoći radnicima na radu*: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br 53/91 *Pravilnik o tehničkim normativima pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu*: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br 53/91. *Pravilnik o tehničkim normativima za površinsku eksploataciju ležišta mineralnih sirovina*: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br. 92/10. *Zakon o zaštiti od požara*: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br. 52/18. *Zakon o Rudarstvu*: Narodne novine d.d.
- NARODNE NOVINE br. 98/18. *Zakon o zaštiti na radu*: Narodne novine d.d.
- SLOVENEK, D., 2002. *Sistematska mineralogija*. Zagreb. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- SLUŽBENI LIST SFRJ br. 53/79. *Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima*: Službeni list SFRJ
- STARČEVIĆ, K., 2017. *Osnovne karakteristike tehničko-građevnog kamena dolomitnog sastava važne prilikom određivanja njihove upotrebe*. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- ŠIKIĆ, K., Basch, O., ŠIMUNIĆ, A., 1977. *Osnovna geološka karta SFRJ list Zagreb*. Zagreb: Institut za geološka istraživanja.
- TEPURIĆ, Z., 1988. *Tehnologija eksploatacije dolomita na kamenolomu „Gradna“ Industrije građevinskog materijala „Samoborka“*. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet..
- TUCKER, M. E., 2001. *Sedimentary petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*. Oxford. Blackwell Science Ltd, 262 str.
- VRKLJAN, D., MESEC, J., 1993. *Glavni rudarski projekt eksploatacije dolomita na eksploatacijskoj polju „Gradna“*. Zagreb