

# Utjecaji na okoliš i mjere zaštite okoliša tijekom miniranja na EP "Špica", Ljubeščica

---

Vusilović, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:693035>

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

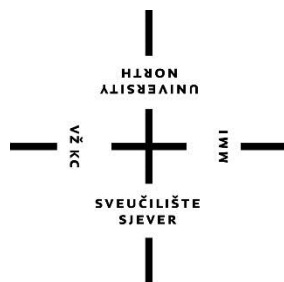
Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

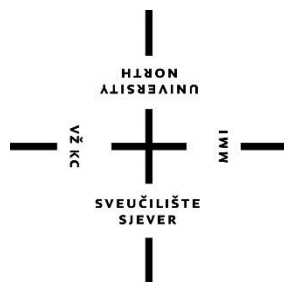
Završni rad br. 246/GR/2015

## Utjecaji na okoliš i mjere zaštite okoliša tijekom miniranja na EP „Špica“, Ljubešćica

Tomislav Vusilović, 4336/6014

25. rujan 2015. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 246/GR/2015

## Utjecaji na okoliš i mjere zaštite okoliša tijekom miniranja na EP „Špica“, Ljubešćica

**Student**

Tomislav Vusilović, 4336/6014

**Mentorica**

dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrović, pred.

Varaždin, 25. rujan 2015. godine

## **ZAHVALA**

Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem mentorici dr.sc. Lovorki Gotal Dmitrović koja mi je pomogla svojim savjetima pri izradi ovog završnog rada, i što je imala strpljenja i vremena za moje brojne upite.

Također se zahvaljujem svim svojim prijateljima, koji su bili uz mene i bez kojih cijeli ovaj tijek studiranja ne bi prošao tako lako i zabavno.

Zahvaljujem se direktoru Kaming-a d.d. Zlatku Korparu te voditeljima proizvodnje Marijanu Buniću i Tomislavu Nemčeviću što su mi odgovorili na mnoga pitanja i dali svu potrebnu opremu za pisanje ovog Završnog rada.

I na kraju, najveću zaslugu za ono što sam postigao pripisujem svojoj obitelji, također i zaručnici, jer su uvijek bili TU, uz mene, bez obzira radilo se o teškim ili sretnim trenucima i bez kojih sve ovo što sam dosad postigao nebi bilo moguće!

Veliko HVALA svima!

## SAŽETAK

U ovom radu obrađene su vrste, količine i kvalitete mineralnih sirovina te karakteristike ležišta EP „Špica“ kao i detaljan prikaz utjecaja rada eksploatacijskog polja na okoliš te važnost provođenja mjera zaštite okoliša. Poseban naglasak je na načinu eksploatacije, miniranju. Poštujući propisane mjere zaštite negativni utjecaji cjelokupnog rada eksploatacijskog polja na okoliš smanjuju se na najmanju moguću mjeru. Iako miniranje značajno utječe na okoliš, prvenstveno na sastavnice okoliša: zrak, voda, biljne i životinjske svojte, tlo, krajobraz, ti utjecaji mogu se ublažiti te svesti na prihvatljive. Samo miniranje najjači utjecaj na okoliš ima zbog emisije buke te zbog seizmičkog djelovanja koje se manifestira u vidu oscilacija i elastičnih deformacija stijene, te predstavlja umjetni potres, pri kojem je mjesto eksplozije njegov epicentar. Radi zaštite okoliša od razbacivanja mase važno je pridržavati se pravilne geometrije morskog polja, dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja, korištenje milisekundnih usporivača i dr.

**Ključne riječi:** miniranje, utjecaj miniranja na okoliš, mjere zaštite okoliša

## **SUMMARY:**

This thesis discusses the type, quantity and quality of mineral resources and the characteristics of the area EP "Špica" as well as a detailed overview of the impact of the exploitation field on the environment and the importance of the implementation of environmental protection measures. Special emphasis is on the method of exploitation, mining. By respecting the prescribed safety measures, negative effects of the functioning of the exploitation field on the environment are reduced to a minimum. While mining has a significant impact on the environment, primarily in the environmental media: air, water, vegetation, animal species, soil, landscape, these impacts can be mitigated and reduced to acceptable level. Mining itself has the strongest impact on the environment because of high noise and because of seismic activity that manifests itself in the form of vibrations and elastic deformations of the rocks; and it can be foreseen as an artificial earthquake, at which the explosion position represents its epicenter. To protect the environment against sputtering of the mass, it is important to stick to the correct geometry of the minefield, the permitted amount of explosives per stage of ignition, the use of millisecond retarders and others.

**Keywords:** mining, the impact of mining on the environment, environmental protection measures

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OPĆI DIO .....	2
2.1. Eksploatacijsko polje Špica .....	2
2.2. Zemljopisni položaj .....	3
2.3. Ugroženi okoliš Eksploatacijskog polja „Špica“ .....	3
2.4. Klimatske prilike .....	4
2.5. Klasifikacija stijenske mase .....	4
2.4. Podaci o vrsti, količini i kvaliteti mineralne sirovine te karakteristike ležišta .....	7
2.4.1. Vrsta, kvaliteta i količina kamena .....	7
2.4.2. Rudarsko geološke, tektonske i hidrološke prilike u ležištu .....	8
3. UTJECAJ NA OKOLIŠ .....	9
3.1. Utjecaj detonacije eksplozivnog naboja na okoliš .....	9
3.2. Utjecaji detonacije eksplozivnog naboja na ljude i objekte u neposrednom okruženju minskog polja .....	12
3.2. Seizmičko štetno djelovanje miniranja .....	13
3.3. Norme općenito .....	14
4. MAKSIMALNO DOZVOLJENA KOLIČINA EKSPLOZIVA PO STUPNJU PALJENJA $Q_{dozv}$ .....	18
5. PRORAČUN VELIČINA BUŠENJA I MINIRANJA .....	22
5.1. Određivanje parametara bušenja i miniranja .....	22
5.2. Empirijsko određivanje ostalih parametara miniranja .....	23
6. POVEZIVANJE I OTPUCAVANJE MINSKOG POLJA .....	30
7. ORGANIZACIJA ISKOPA MINIRANJEM .....	33
8. MJERE ZAŠTITE TIJEKOM I NAKON RADA NA EP .....	34
9. ZAKLJUČAK .....	39
10. LITERATURA .....	41



## **POPIS SLIKA**

*Slika 1.* Eksploatacijsko polje „Špica“

*Slika 2.* Područja djelovanja eksplozije u stijeni

*Slika 3.* Uzdužni ili longitudinalni val

*Slika 4.* Poprečni ili transverzalni val

*Slika 5.* Grafički prikaz graničnih brzina oscilacija po DIN 4150 standardu

*Slika 6.* Granične brzine oscilacije u funkciji frekvencije (USBM RI8507 i OSM standard)

*Slika 7.* Dijagram utvrđivanja dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja u ovisnosti o udaljenosti ugroženog objekta od minskog polja

*Slika 8.* Konstrukcija minske bušotine

## **POPISA TABLICA**

*Tablica 1.* Q klasifikacija

*Tablica 2.* Usporedba RMR i Q klasifikacije

*Tablica 3.* GSI

*Tablica 4.* Kemijski sastav kamena

*Tablica 5.* Granične brzine oscilacija čestica stijena po DIN standardu 4150

*Tablica 6.* MCS (Mercali – Cancani, Sieberg) ljestvica za procjenu učinka potresa

*Tablica 7.* Tablica dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja ovisno o udaljenosti od ugroženog objekta

*Tablica 8.* Značajke eksploziva i izračunate vrijednosti za relativnu potisnu snagu eksploziva

## 1. UVOD

Eksplotacija i uporaba kamena kao prirodne sirovine jedna je od najdugotrajnijih čovjekovih gospodarskih djelatnosti. Činjenica je da je ta stoljetna čovjekova aktivnost pridonijela kulturnom i industrijskom napretku čovječanstva, ali je isto tako činjenica da je to jedna od aktivnosti kojom se razorno djeluje na tlo, na reljef, biljni i životinjski svijet i posredno se mijenja izvorna cjelovita i prepoznatljiva slika krajolika.

**Kamen je sirovina iz grupe „neruda“ koju možemo svrstati u neobnovljiva prirodna bogatstva, a koja je izuzetno važna u graditeljstvu. U prošlosti, danas i u budućnosti građevinarima je kamen jedan od osnovnih građevinskih materijala koji se uveliko upotrebljava u niskogradnji i visokogradnji. Tako je, primjerice, udio kamena u betonu 70-80%, a u niskogradnji čak više od 90%. Koristi se na dva osnovna načina: kao arhitektonsko-građevni kamen te tehničko-građevni kamen. Arhitektonsko-građevni kamen se dobiva pažljivijom obradom i koristi se za oblaganje zidova, popločavanje, za izradu spomenika i slično. Tehničko-građevni kamen koristi se za razne vrste nasipavanja, kao agregat za betone i asfalte, kao mineralna sirovina u proizvodnji nekih drugih materijala i slično. Dobiva se strojnim iskopavanjima i miniranjem.**

Općenito, miniranje obuhvaća postupak razaranja neke razmjerno krute tvari pomoću neke druge eksplozivne tvari (eksploziva). Miniranje stijene u užem smislu obuhvaća postupak izvedbe bušotina u stijeni koje se pune s određenom vrstom eksploziva čije aktiviranje i djelovanje razara (lomi, drobi, usitnjava) stijenu pretvarajući je u sipki materijal pogodan u logističkom i tehnološkom smislu za daljnje građenje ili za proizvodnju mineralnih gradiva. Budući da je detonacija eksploziva vrlo brza reakcija kod koje se razvija visoki tlak, toplina i plinovi, vrijeme u kojemu je moguća nesreća je vrlo kratko pa je stoga potrebno provesti određene mjere sigurnosti, odnosno zaštite.

Ovim radom opisano je eksploatacijsko polje Špica u Ljubešćici te izvođenje minerskih radova u kamenolomu na siguran način, kojima se štetni utjecaji miniranja po okoliš svode u dozvoljene granice.

## 2. OPĆI DIO

### 2.1. Eksploatacijsko polje Špica

Eksploatacijsko polje Špica otvoreo je 1959. godine nakon prestanka rada ugljenokopa „Ivanopolje“. Tučenac za održavanje pruga i cesta, lomljeni kamen za obalu utvrde koji su tada proizvedeni, transportirani su industrijskim kolosijekom do žičare bivšeg ugljenokopa i njome dalje do željezničke stanice Novi Marof.

Rad u kamenolomu odvijao se zastarjelom opremom, s niskom produktivnošću, što je uz otežani plasman kamena za potrebe građevinarstva dovelo do zatvaranja kamenoloma 1968. godine. Likvidacijom privatnih kamenoloma na području Novog Marofa te potražnja za potrebe građevinarstva i cestogradnje uvjetovala je nastavak eksploatacije u 1976. godini, sa proizvodnjom cca 50 000 m<sup>3</sup>/g. Od te godine pa nadalje raste potražnja na tržištu za proizvodima kamenoloma Špica, koja je veća od kapaciteta tadašnje separacije te je 1989. godine izrađeno novo separacijsko postrojenje kapaciteta 500 000 m<sup>3</sup>/g finalnih proizvoda.

Eksploatacijsko polje Špica otvoren je zasjekom u neposrednoj blizini ceste Ljubešćica-Ljubelj. Zasjek je bio usmjeren u pravcu sjever-jug, a čelo radilišta je napredovalo prema sjevero-istoku. Današnji oblik kamenoloma poprima formu usjeka, gdje širina radne fronte iznosi 200 m. Osnovni plato nalazi se na koti 214 n.v. a najviša točka kamenoloma na 369 n.v. Tako je sadašnja visinska razlika između najviše i najniže toče 155 m. Do sada je formirano pet etaža:

1 etaža na koti + 244 m, H=30m

2 etaža na koti + 272 m, H=28m

3 etaža na koti + 302 m, H=30m

4 etaža na koti + 332 m, H=30m

5 etaža na koti + 362 m, H=30m



**Slika 1. Eksploatacijsko polje „Špica“**

(preuzeto: [www.kaming.hr](http://www.kaming.hr), downloaded: 2.10.2015.)

## **2.2. Zemljopisni položaj**

Eksploatacijsko polje Špica nalazi se u Općini Ljubešćica. Općina Ljubešćica je manjim dijelom smještena u dolini Bednje (sjeverozapadni nizinski dio), a većim dijelom na sjevernim padinama Kalnika. Prostorna struktura Općine karakteristična je za Hrvatsko zagorje (gorja, prigorja, pobrđa i dolinske ravni). U nizinskom dijelu apsolutne visinske kote se kreću od 174 do 182 m n.m. s blagim padom prema sjeveroistoku, u smjeru toka rijeke Bednje.

Eksploatacijsko polje „Špica“ nalazi se sjeverno od ceste Ljubešćica-Ljubelj (LC 25148), Kalničkog gorja i potoka Ljuba voda, istočno od ceste Ljubešćica (D24) – Vaga (LC 25147), a udaljen je od središta Ljubešćice cca. 2 km. Ležište je povezano s cestom Novi Marof- Varaždinske Toplice (D24) i autocestom (A4) Zagreb-Goričan, a preko ove s glavnim potrošačkim centrima što omogućava plasman gotovih proizvoda u svim pravcima.

## **2.3. Ugroženi okoliš Eksploatacijskog polja „Špica“**

- Državna cesta Ljubešćica-Ljubelj (LC 25148), potok Ljuba voda udaljen 300 m južno od projektiranih kosina
- Oplemenjivačko postrojenje s južne strane udaljeno 200 m
- Zapadna strana- državna cesta Ljubešćica (D24) – Vaga (LC 25147), naselje uz cestu (Kalnička ulica) 300 m
- Betonara u sastavu Kamenoloma sa zapadne strane udaljena 300 m
- Vinogradi i vikendice u zaleđu sa sjeverno-zapadne strane udaljeni 400 m

## 2.4. Klimatske prilike

Podneblje u kojem se nalazi eksploatacijsko polje Špica je izrazito kontinentalno s najvišim srednjim mjesečnim temperaturama u srpnju (19,5-20,1 °C), a najnižim u siječnju i veljači (-2 °C). Prosječne godišnje količine padalina na Kalniku iznose 1 080 mm, s najvećim intenzitetom od svibnja do listopada. Srednji broj dana s kišom iznosi 13, sa snijegom 28,8 a s mrazom 35,2. Najjači vjetrovi su sjevernog i zapadnog smjera, s maksimumima u proljeće i jesen, a minimumima u ljetu i zimi.

## 2.5. Klasifikacija stijenske mase

Općenito, fizičko-mehanička svojstva stijenskih masa izražena su najčešće klasifikacijskim podacima prema dijelu "RMR" klasifikacije BIENIAWSKOG ili dijelu "Q" klasifikacije BARTON-a, LIENDE-a i LUND-a, do određivanja "**Geološkog indeksa čvrstoće**" ("**Geological Strength Indeks**" - "**GSI**", Hoek, 1995. godina).

„**RMR**”-klasifikaciju stijenskih masa razvio je 1972. Z. T. Bieniawski te je to najprihvaćenija klasifikacija u geotehnici. Napravljena je na temelju 49 pojekata tunela i kasnije verificirana na još 351 različitom izvedbenom projektu. Prvenstveno je napravljena zbog definiranja podgrade u tunelima i drugim podzemnim građevinama. Brojne su modifikacije za različite vrste objekata kao što su tuneli, zasjeci, rudnici u čvrstim stijenama, rudnici ugljena, temeljenje brana itd. (Autor: Librić L, građ. fakultet Zagreb) Temelji se na bodovanju određenih šest parametara, koji se mogu odrediti opažanjima i mjerenjima na izdancima stijena, mjerenjima na jezgri bušotina i jednoaksijalnim i triaksijalnim analizama tlačne čvrstoće. To su:

- jednoaksijalna (triaksijalna) tlačna čvrstoća osnovne stijene,
- indeks kvalitete jezgre (“RQD” - “Rock Quality Design”),
- razmak između diskontinuiteta (pukotina),
- stanje diskontinuiteta (dužina, zijeve, hrapavost, ispuna, rastrošenost stijenki),
- stanje podzemne vode,
- orijentacija diskontinuiteta (položajni elementi tektonskog sklopa stijenskih masa).

„**Q**”-klasifikaciju stijenskih masa, *Tablica 1*, razvili su, u Norveškom geotehničkom institutu, i predložili, 1974., Barton, Lien & Lunde. Temelji se na bodovanju odnosno na analizi sljedećih šest parametara:

- indeks kvalitete jezgre (“**R**ock **Q**uality **D**esign, RQD”),
- broj skupova diskontinuiteta ( $J_n$ ),
- indeks hrapavosti diskontinuiteta ( $J_r$ ),
- indeks alteracije diskontinuiteta ( $J_a$ ),
- faktor redukcije za pukotinsku vodu ( $J_w$ ),
- faktor redukcije napona (SRF).

Ovi se parametri, prema svojim kvalitativnim ili na terenu izmjerenim svojstvima ocjenjuju i boduju, a kvaliteta stijenske mase određuje iz dobivenih bodova za svaki pojedinačni parametar prema formuli:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

Tablica 1. **Q klasifikacija** (izvor: Božić B., 1998.)

Q	KATEGORIJA STIJENSKE MASE
<b>0,001 – 0,01</b>	Krajnje slaba
<b>0,01 – 0,1</b>	Iznimno slaba
<b>0,1 – 1,0</b>	Vrlo slaba
<b>1,0 – 4,0</b>	Slaba
<b>4,0 – 10,0</b>	Povoljna
<b>10,0 – 40,0</b>	Dobra
<b>40,0 – 100,0</b>	Vrlo dobra
<b>100,0 – 400,0</b>	Iznimno dobra
<b>400,0 – 1000,0</b>	Krajnje dobra

Treba spomenuti i modificiranu verziju Q klasifikacije **Q'** koja se koristi u računu za geološki indeks čvrstoće, GSI:

$$Q' = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a}$$

Prilikom projektiranja korisno je primijeniti istovremeno više klasifikacija radi potpunijeg prikaza stijenske mase i izbjegavanje mogućih pogrešaka. RMR i Q klasifikacija se međusobno uspoređuju, *Tablica 2*, i provjeravaju preko izraza:

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

*Tablica 2. Usporedba RMR i Q klasifikacije (izvor: Božić B., 1998.)*

RAZREDI STIJENSKE MASE	RMR	Q
<b>I – Vrlo dobra</b>	100 – 81	503,8 – 54,6
<b>II – Dobra</b>	80 – 61	54,6 – 6,6
<b>III – Pogodna</b>	60 – 41	6,6 – 0,7
<b>IV – Slaba</b>	40 – 21	0,7 – 0,1
<b>V – Vrlo slaba</b>	< 21	< 0,1

Prema „**Geološkom indeksu čvrstoće**“, **GSI**, *Tablica 3*, stijenske mase su općenito podijeljene u 5 skupina, a određuje se pomoću RMR i Q' vrijednosti prema izrazima:

$$GSI = RMR - 5 \text{ za } GSI \geq 18 \text{ ili } RMR \geq 23$$

$$GSI = 9 \cdot \ln Q' + 44 \text{ za } GSI < 18, \text{ gdje je } Q' \text{ modificirana vrijednost } Q \text{ klasifikacije}$$

*Tablica 3. GSI (Preuzeto: www.grad.unizg.hr. 02.10.2015)*

GSI	INŽENJERSKO GEOLOŠKA SVOJSTVA
< 20	Vrlo slabe stijenske mase
20 – 40	Slabe stijenske mase
40-60	Povoljne stijenske mase
60-80	Dobre stijenske mase
>80	Vrlo dobre stijenske mase

## 2.4. Podaci o vrsti, količini i kvaliteti mineralne sirovine te karakteristike ležišta

### 2.4.1. Vrsta, kvaliteta i količina kamena

U ležištu su zastupljena tri glavna varijeteta kamena (Jenkać Z., 1992.):

a) svijetlo sivi varijetet brečaste strukture

- brečasti dolomit

b) svijetlo sivi varijetet homogene teksture sa vidljivim reliktima makrofosila-organogeni

- vapnenac (biosparmikrit, biokalkarenit)

c) tamniji sivi varijetet homogene teksture

- dolomitizirani vapnenac

Tablica 4. **Kemijski sastav kamena** (Preuzeto: Jenkać Z., 1992.)

	<b>biosparmikrit</b>	<b>dolomit vapnenac</b>
<b>Gub. Žarenjem</b>	42,93%	47,73%
<b>SiO<sub>2</sub> + neotopivi</b>	1,07%	0,94%
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,35%	0,5%
<b>SO<sub>3</sub></b>	1,15%	1,13%
<b>CaO</b>	54,23%	50,86%
<b>MgO</b>	0,3%	3,01%
	100,03%	100,17%

Proračunom je dobiveno:

<b>Kalcit</b>	94,5%	81,9%
<b>Dolomit</b>	1,4%	13,8%

Na osnovu analize ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava stijenske mase Špica, stijensku masu glavni projektant rudarskog projekta ocijenio je kao sirovinu povoljnih svojstava za proizvodnju:

- kamene sitneži za izradu vezanih i habajućih slojeva na cestama 3.-5. prometnog razreda



- kamene sitneži za izradu bituminiziranih nosivih slojeva na cestama svih prometnih razreda
- agregata za beton i armirani beton
- lomljenog kamena za zidanje i izradu obaloutvrda i vodopropusta

#### **2.4.2. Rudarsko geološke, tektonske i hidrološke prilike u ležištu**

Najzastupljenije stijene u ležištu Špica su trijaskke starosti, pretežno vapnenci i dolomitizirani vapnenci. Ove stijene okružene su tercijarnim sedimentima (pijesci i pjeskovite gline). U središnjem dijelu ležišta prevladavaju stromatolitski vapnenci, koji su većim dijelom dolomitizirani dok sjeverni dio ležišta tvore sitno zrnasti vapnenci od mikrokristalnog i sitnozrnog kalcita. Na sjeveroistočnoj i južnoj strani ležišta pružaju se dva uzdužna rasjeda usporedna s pružanjem Kalnika. Pravcem jugoistok-sjeverozapad proteže se veliki poprečni rasjed dolinom potoka Ljube vode, a presjeca Kalnik i Topličko gorje. Analizom pukotinskih sistema projektanta rudarskog projekta, utvrđeni su sustavi pružanja  $221/66^0$ ,  $328/85^0$ ,  $131/60^0$ . Po inženjersko geološkim karakteristikama u ležištu Špica mogu se razlikovati slijedeće vrste stijena:

- karbonatna stijena- povoljnih inženjersko-geoloških svojstava, osim uskih tektonskih poremećenih zona,
- tercijarni sedimenti- slabijih inženjersko-geoloških karakteristika zbog sadržaja gline,
- jalov pokrov, odnosno humusno-glinoviti materijal.

Najniža kota eksploatacije +214 nalazi se znatno iznad nivoa obližnjeg vodotoka, koji izrazito ima bujični karakter.

### 3. UTJECAJ NA OKOLIŠ

Kako bi se zaštitio okoliš kamenoloma Ljubešćica mora se dobro poznavati svaki segment miniranja kao i prirodu samog eksploziva te što je moguće bolje predvidjeti pogreške.

#### 3.1. Utjecaj detonacije eksplozivnog naboja na okoliš

##### Utjecaji na kakvoću zraka

Rad u kamenolomu uzrokuje emisije prašine koje se pojavljuju:

- pri bušenju minskih bušotina
- pri sekundarnom miniranju
- pri utovaru i prijevozu
- na drobilani i klasirnici
- pri presipavanju
- s linije za proizvodnju filera
- s odlagališta gotovih proizvoda.

Udaljenost do koje se prašina može taložiti ovisi o brzini vjetra i o postojanju prepreka poput vegetacije. Količina čestica pada eksponencijalno s porastom udaljenosti. Tako je za aerosolne čestice, koje su mnogo sitnije od čestica kamene prašine te su sposobne prevaliti veće udaljenosti. Najveći dio se istaloži unutar 100 m od izvora bez postojanja fizičkih prepreka.

Samo miniranje utjecaj na okolni zrak ima trenutni utjecaj odnosno isključivo prilikom same detonacije. Radi smanjenja utjecaja na zrak cjelovitog rada na eksplozijskom polju rubovi šuma su pošumljeni odnosno po rubu je posađena visoko raslinje i drveće (većinom crnogorica).

### Utjecaj na živi svijet (floru i faunu okoliša)

Rad u kamenolomu oslobađa određenu količinu kamene prašine. Ta će se prašina taložiti na svim nadzemnim organima biljaka. Najveći utjecaj na vegetaciju prašina ima na listovima, na kojima stvara sloj koji smanjuje fotosintezu, a isto se tako može očekivati da će i određeni broj puči na listovima biti začepljen. Time biva smanjena i izmjena plinova između listova i okolne atmosfere. Sve to zajedno rezultira, svakako, u nekoj mjeri smanjenjem količine sintetizirane organske tvari i smanjenim prirastom biomase i drveća i prizemnog rašća.

Postojanje šumskog pojasa oko kamenoloma svakako je povoljno jer smanjuje područje na koje se prašina iz kamenoloma može taložiti. Vegetacija, posebice jer se sastoji od drveća i grmlja gušćeg sklopa, smanjuje brzinu vjetra. Osim toga, predstavlja fizičku prepreku pa na oba ova načina smanjuje područje na kojem se može taložiti prašina.

U konačnici, ta prašina će uglavnom završiti na tlu i to tako što jedan dio te prašine odmah dospije na tlo, a drugi se dio zadrži u vegetaciji. Kada se radi o prašini koja potječe od vapnenca, kao što je slučaj na eksploatacijskom polju „Špica“, ona redovito djeluje tako da povećava pH tla.

Jedno od najvažnijih svojstava koje utječu na reakcije u tlu je pH – vrijednost tla, odnosno koncentracija slobodnih vodikovih iona u tlu matrice. Plodnost tla je izravno pod utjecajem pH vrijednosti te u slučaju povećanja pH-vrijednosti  $>8$  hranjive tvari postaju netopive i biljke ih ne mogu iskoristiti.

### Utjecaj na površinske i podzemne vode

Eksploatacijom kamena, odnosno otvaranjem ležišta dolazi do propusnosti stijenske mase zbog raspucalosti, ali utjecaj vađenja kamena na kakvoću podzemne vode nije velik. Područje zahvaćeno eksploatacijom zbog svoje ograničenosti ne utječe bitno na režim površinskih i podzemnih voda.

Utjecaj na površinsku vodu mogao bi se utvrditi donošenjem sitnih čestica vapnenca i gline za intenzivnih oborina. Mogući utjecaj na kakvoću podzemne vode može nastati uslijed ispusta otpadnih voda iz mehaničarske radionice, sanitarnog čvora i poslovnih prostora.

Oborinske vode koje ispiru radne i prometne površine također mogu nepovoljno utjecati na postojeće prirodne vodne sustave, na bujicu koja će morati prihvatiti veće količine oborinske vode s područja kamenoloma. Oborinske vode mogu u prijamnik donijeti i veće količine nanosa, što bi također imalo neželjene posljedice u vodotoku.

Zbog sprječavanja zamućenja prijemnika, oborinske vode se prije ispuštanja propuštaju kroz lagunu odnosno kroz pjeskolov.

### Utjecaj odlagališta jalovine

Jalovina koja se odlaže pri otvaranju novih eksploatacijskih polja jest rastresit materijal, koji osim kamena sadrži i određene količine zemlje koja može biti isprana oborinama i donijeti određene količine mulja u bujice i kanale, a može smanjiti njihovu protočnost i izazvati plavljenje okolnoga nizinskog područja.

### Utjecaj promjene iskorištavanja zemljišta

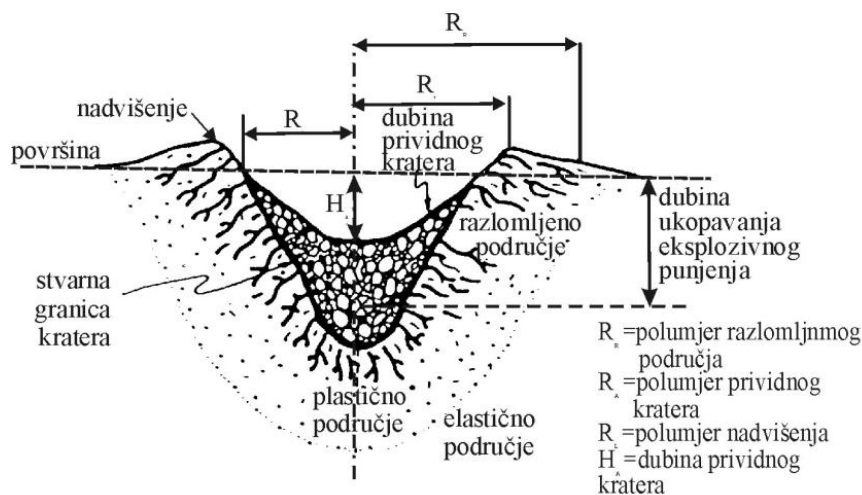
Najznačajnije su promjene u topografiji, nestanku sitnozrnog i humusnog tla i vegetacije. Kamenolomi mogu, između ostalih učinaka, utjecati na oblikovnu kakvoću prostora, koja proizlazi iz vizualnog doživljavanja i raspoznavanja prostora. Iz vizualne degradacije područja proizlaze i ostale negativne pojave na estetiku prostora, što se očituje u sljedećem:

- izmijenjena je cjelovita slika užeg područja i izgled prirodnog okoliša (skladnost s entitetom prirode)
- smanjena je reprezentativnost područja i istovjetnost s identitetom šire pokrajine
- promijenjen je kontinuitet razvoja u odnosu prema postojećoj strukturi prostora
- smanjena je privlačnost, atraktivnost i simbolična vrijednost prostora: kamenolom poistovjećuje se s negativnim.

### 3.2. Utjecaji detonacije eksplozivnog naboja na ljude i objekte u neposrednom okruženju minskog polja

Detonacija eksploziva je, kako je navedeno u uvodu, vrlo brza reakcija kod koje se razvija visok tlak, toplina i plinovi. Od centra eksplozivnog naboja, ili zone eksplozije, u stijeni, (Slika 2):

- područje drobljenja ili usitnjavanja stijene, ili korisni i željeni efekt miniranja,
- područje radijalnih i koncentričnih pukotina, ili trajna i nepoželjna deformacija,
- područje oscilacije i elastične deformacije stijene, ili nepoželjni umjetni potres,



Slika 2. područja djelovanja eksplozije u stijeni (Preuzeto: [www.gradst.unist.hr](http://www.gradst.unist.hr) 02.10.2015)

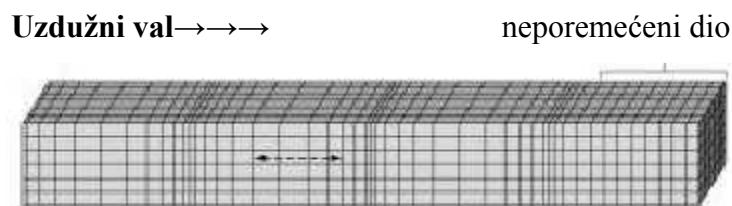
S druge pak strane, neposredni okoliš minskog polja kao posljedica aktiviranja mina, izložen je i razbacivanju komada stijene, te zračnom udaru. Navedeni nepoželjni i štetni utjecaji detonacije eksplozivnog naboja na objekte u neposrednom okruženju minskog polja, definiraju se u minerskoj praksi kao nekontrolirani mehanički rad.

### 3.2. Seizmičko štetno djelovanje miniranja

Seizmičko štetno djelovanje miniranja manifestira se u vidu oscilacija i elastičnih deformacija stijene, te u biti predstavlja umjetni potres, pri kojem je mjesto eksplozije njegov epicentar. To zapravo znači, da se dio oslobođene energije eksplozivnog punjenja pretvorio u kinetičku energiju elastičnih valova, koji se međusobno razlikuju u brzini širenja, intenzitetu i obliku deformacije. Nastanak i širenje seizmičkih valova najegzaktnije se dokazuje teorijom elastičnosti. Postoje dvije vrste osnovnih deformacija koje homogeno izotropno tijelo može pretrpjeti pod djelovanjem vanjskih sila, a to su :

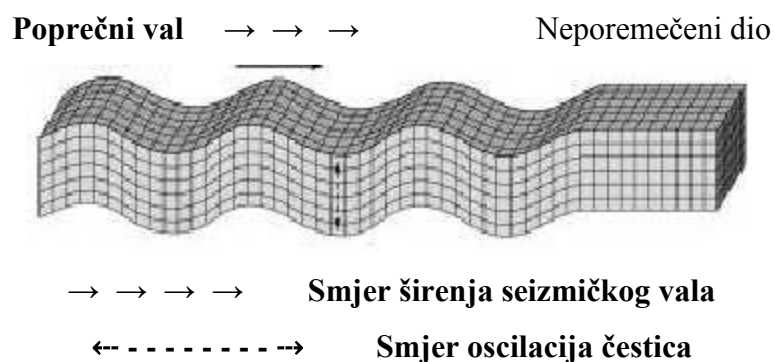
- deformacije volumena,
- deformacije oblika.

Deformacije volumena i oblika prenose se u sredstvu odvojeno i različitom brzinom. Pri tomu se deformacije volumena prenose većom brzinom. Ta brzina se obično označava sa  $v_p$ , a valovi se zovu uzdužni, ili longitudinalni (*Slika 3*).



*Slika 3. Uzdužni ili longitudinalni val* (preuzeto: [www.rudar.rgn.hr](http://www.rudar.rgn.hr) 02.10.2015)

Valovi kojima se prenose deformacije oblika, šire se u sredstvu manjom brzinom, i označavaju se obično sa  $v_s$ . Zovu se transverzalni ili poprečni, pri čemu su oni horizontalni i vertikalni seizmički valovi (*Slika 4*).



*Slika 4. Poprečni ili transverzalni val* (preuzeto: [www.rudar.rgn.hr](http://www.rudar.rgn.hr) 02.10.2015)

Nadalje, treba razlikovati gore opisane brzine širenja uzdužnih i poprečnih seizmičkih valova od oscilacija koje oni pri svom prolasku kroz tlo ili stijenu uzrokuju. Te oscilacije mogu prouzročiti oštećenja ili rušenje različitih stambenih zgrada ili gospodarskih objekata. Intenzitet oscilacija, pri miniranjima ovisi o količini i vrsti eksplozivnog punjenja, udaljenosti od mjesta miniranja, te mediju kroz koji se valovi šire, a izražava se:

- maksimalnim pomakom,  $S = A$
- maksimalnom brzinom,  $v = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot A$
- maksimalnim ubrzanjem  $a = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A$

gdje su:

- A – maksimalna amplituda [cm]
- f – frekvencija oscilacija [cm/s]
- T – trajanje titraja [s]

Zaštita okoliša prilikom izvođenja masovnih miniranja u kamenolomu Špica treba biti dvojaka:

- zaštita od prevelikih seizmičkih oscilacija, odnosno umjetnih potresa koji mogu uzrokovati štete u vidu stvaranja pukotina na objektima okoliša,
- zaštita od razbacivanja miniranog materijala u okoliš.

Opasnost od zračnog udara prilikom masovnih miniranja ne postoji jer će se povezivanje minskih polja izvoditi sigurnim neelektričnim – NONEL detonatorima. Brzine oscilacija svode se u dozvoljene granice određivanjem dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja, a razbacivanje miniranog materijala u okoliš sprječava se pravilnim odabirom geometrije i/ili pokrivanjem minskih polja.

### 3.3. Norme općenito

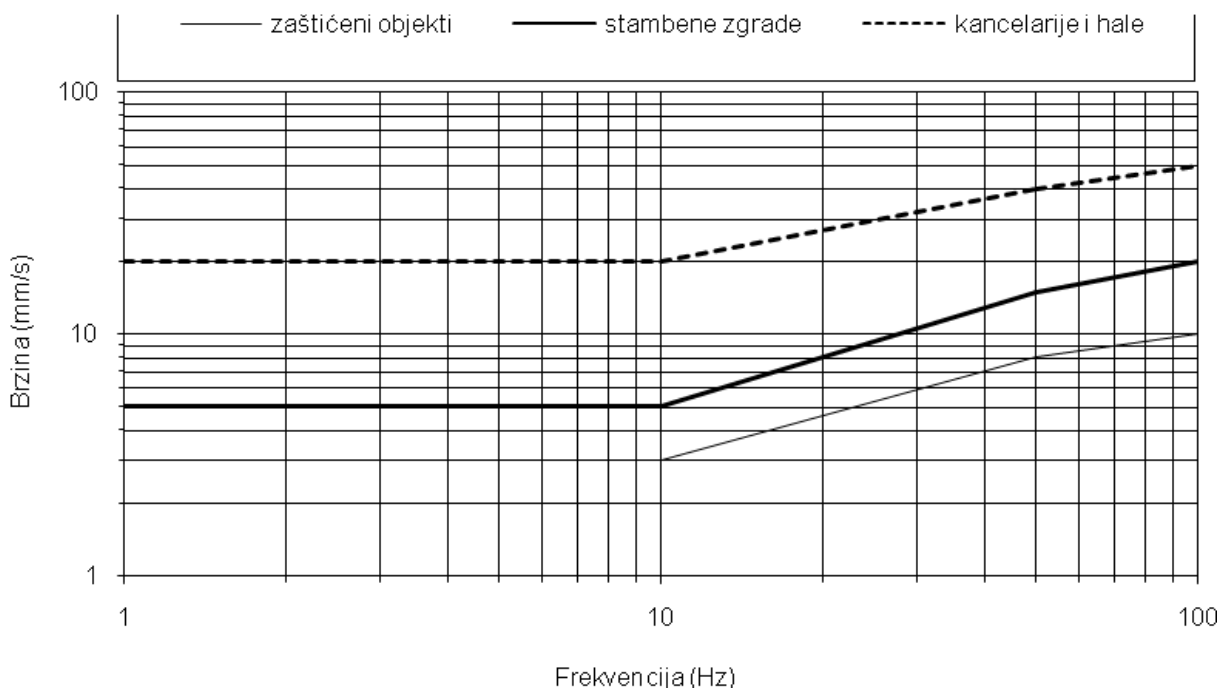
Brzina oscilacije čestica tla ili stijena izazvanih detonacijama eksploziva u minskoj bušotini ključni je kriterij temeljem kojeg se ocjenjuje ugroženost pojedinog objekta od seizmičkog djelovanja. Brzina oscilacija tla izazvanih miniranjem u izravnoj je vezi sa količinom eksplozivnog punjenja koji detonira u pojedinom intervalu paljenja, udaljenošću mjesta opažanja od minskog polja, te značajkama osnovnog tektonskog sklopa, ili općenito inženjersko-geološkim i fizičko-mehaničkim karakteristikama stijenskih masa. U posljednjih desetak i više godina u Hrvatskoj je sazrijela svijest o potrebi seizmičkih opažanja prilikom

miniranja kada se ona izvode u blizini ugroženih objekata. Dozvoljene brzine oscilacija čestica tla ili stijenskih masa za određene objekte nisu normirane hrvatskim propisima, te se u praksi koriste međunarodne norme DIN, BS, USBM i drugi. U Njemačkoj su standardom DIN 4150 klasificirani objekti po kategorijama i za njih pripadajuće dopuštene brzine oscilacija čestica stijena u zavisnosti o frekvenciji oscilacija. Taj standard je prihvaćen i u našoj zemlji (Tablica 5., Slika 5).

Tablica 5. Granične brzine oscilacija čestica stijena po DIN standardu 4150 (preuzeto: Strelec, S., 2007.)

Frekvencija oscilacija	< 10 Hz	10 - 50 Hz	50 - 100 Hz
<b>Kategorija objekta</b>	Granične vrijednosti brzina oscilacija [mm/s]		
<b>1. Kancelarije i tvorničke zgrade</b>	20	20-40	40-50
<b>2. Stambene zgrade</b>	5	5-15	15-20
<b>3. Povijesni i drugi zaštićeni objekti</b>	3	3-8	8-10

**Za frekvencije > 100 Hz mogu se uzeti veće vrijednosti brzina oscilacija**



Slika 5. Grafički prikaz graničnih brzina oscilacija po DIN 4150 standardu (preuzeto: Strelec S., 2007)



Klasifikacija potresa po kriteriju S. V. Medvedeva usvojena je 1963.god. u San Franciscu, a temelji se na količini i vrsti oštećenja na objektima prema pripadajućim vrijednostima rezultantne brzine oscilacija tla. Ona se podudara s međunarodnom konvencionalnom skalom za procjenu učinka potresa **MCS** (Mercali-Cancani, Sieberg) (Tablica 6.), prikaz određivanja intenziteta stupnja potresa na osnovi izračunatih rezultantnih brzina na mjestima opažanja po skali S.V. Medvedeva.

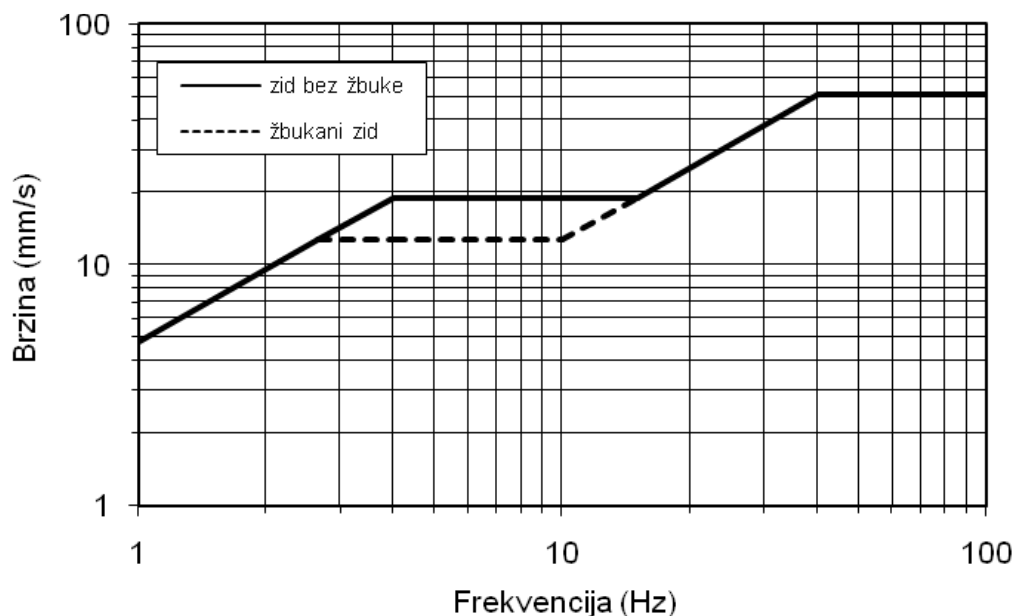
**Tablica 6. MCS (Mercali – Cancani, Sieberg) ljestvica za procjenu učinka potresa**  
(Strelec S., 2007)

Stupanj potresa	Brzina oscilacija cm/s	Karakteristika potresa
1.	< 0.2	Oscilacije mogu registrirati samo instrumenti
2.	0.2 - 0.4	Oscilacije se mogu osjetiti samo u potpunoj tišini
3.	0.4 - 0.8	Oscilacije mogu osjetiti osobe koje su obaviještene o miniranju
4.	0.8 - 1.5	Oscilacije osjećaju mnogi ljudi i pojavljuje se zveckanje
5.	3.0 - 6.0	Pojavljuju se veće pukotine u žbuci, oštećenja zgrada su lako uočljiva
7.	6.0 – 12,0	Pojavljuju se oštećenja na solidnijim zgradama; otpadaju komadi žbuke; nastaju tanke pukotine u zidovima i dimnjacima; počinje klizanje vodom zasićenog pjeskovitog tla; otpadanje nestabilnih blokova na strmim nagibima
8.	12 -24	Nastaju znatna oštećenja zgrada; pojavljuju se velike pukotine u zidovima i konstrukcijama; dimnjaci se ruše; odvaljuje se žbuka; počinje obrušavanje kosina uz rub tektonskih pukotina; u slabo vezanim stijenama nastaju trajne deformacije
9.	24 - 48	Zgrade se ruše; pojavljuju se velike pukotine u zidovima i stijenama; odronjavanje čvrstih kosina; obrušavanje rubnih dijelova slabo vezanih stijena i tla sa sistemom pukotina nepovoljno orijentiranih
10.	48 - 96	Nastaju velika razaranja i rušenja zgrada; pojavljuju se pukotine
11.	> 96	Znatna obrušavanja kosina u čvrstim stijenama

Za reduciranje vibracija tla, poznate su slijedeće metode i tehnike:

- smanjenje količine eksploziva po stupnju paljenja, čime se smanjuje amplituda,
- smanjenjem količine eksploziva po stupnju opaljenja,
- smanjenjem promjera bušotine, visine punjenja eksploziva i čepa, smanjiti će mogućnost štete,
- smanjenje čepa, ali ne do stupnja povećanja zvučnog efekta i/ili odbacivanja materijala,
- smanjenje dubine bušotina,
- smanjenje podbušenja,
- korištenje većeg intervala otpucavanja među bušotinama ili redova bušotina,
- miniranjem prema otvorenoj fronti (izbojnici bez uklještenja),
- planirati minska polja sa smjerom napredovanja paljenja bušotina od objekta, gdje je moguće, držati ukupno vrijeme cjelokupnog miniranja ispod jedne sekunde.

U SAD – u je kriterij štete utvrđen preko odnosa brzina i frekvencija oscilacija (Siskind at all., USBM RI8507, 1980). Na *Slici 6* dan je grafički prikaz graničnih brzina oscilacija tla za građevine koje propisuje United States Bureau of Mines (USBM RI8507 i OSM standard).



**Slika 6. Granične brzine oscilacije u funkciji frekvencije (USBM RI8507 i OSM standard) (preuzeto: Strelec S., 2007)**

## 4. MAKSIMALNO DOZVOLJENA KOLIČINA EKSPLOZIVA PO STUPNJU PALJENJA $Q_{dozv}$ .

Kod miniranja u blizini objekata, potrebno je prije miniranja izvesti snimanje (fotografiranje) objekata u ugroženoj zoni, te sačinjavanje očevidnika o stanju objekta prije izvođenja radova miniranja.

Za određivanje radijusa ugrožene zone pri miniranju, prema Langeforsu, koristi se slijedeća formula:

$$V = K \sqrt{\frac{Q}{R^3}} \quad (\text{mm/s})$$

odnosno navedena zavisnost brzine oscilacije tla i ostalih parametara prema USBM standardu, a koja je izražena slijedećom formulom:

$$V_R = K \cdot \left[ \frac{R}{\sqrt{Q}} \right]^{-1,6} \quad (\text{mm/s})$$

gdje je:

$V_R$  – rezultatna brzina oscilacije tla (mm/s),

$R$  – udaljenost mjesta opažanja od minskog polja (m),

$Q$  – količina eksplozivnog punjenja koje detonira trenutno (kg),

$K$  – koeficijent transmisije i načina miniranja.

### Ulazni podaci

Eksplozivno punjenje  $Q= 220,00\text{kg}$

Udaljenost MP od MO-1  $R_1= 510,00\text{m}$

Udaljenost MP od MO-2  $R_2= 540,00\text{m}$

Dominantna frekvencija  $f= 10,00\text{Hz}$

MP-minsko polje, MO- mjesto opažanja

**Izlazni podaci**Maksimalna brzina oscilacije u MO-1  $V_1 = 0,147 \text{ cm/s}$ Maksimalna brzina oscilacije u MO-2  $V_2 = 0,178 \text{ cm/s}$ 

Faktori ovisni o miniranju i prigušenju:	Langefors	USBM-1	USBM-2	USBM	<i>usvojen</i>
Koeficijent prigušenja, n:	-	-1,60	-1,60	-1,60	
Koef. načina miniranja, K (izračunat):	13,44	59,10	78,41	<b>80,00</b>	
Koeficijent načina miniranja, K (usvojen, Langefors):	<b>18,00</b>				

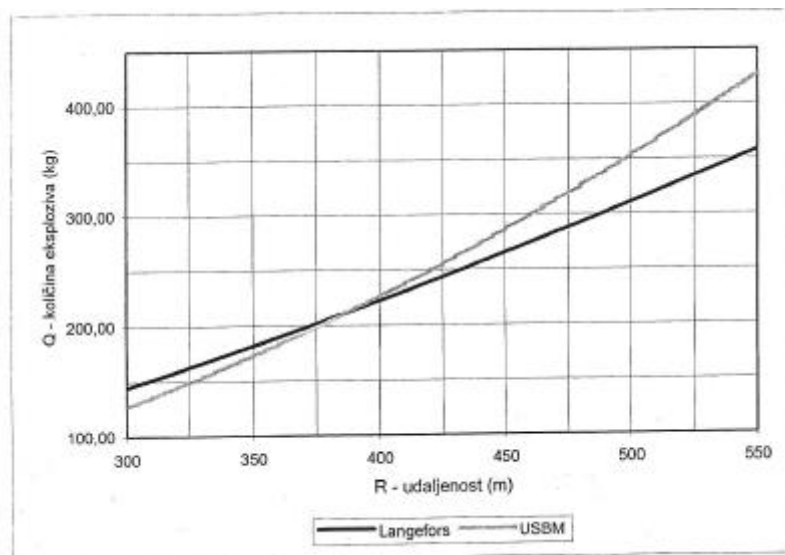
Za izmjerenu brzinu oscilacije čestice tla u mjestu opažanja (MO), poznatu udaljenost (R) od minskog polja (MP) i maksimalne količine eksploziva po stupnju paljenja (Q) izračunata je vrijednost za koeficijent transmisije (K) prema Langeforsu i USBM-u.

Kada nam je poznata vrijednost K i dopuštena brzina oscilacije čestica tla možemo izračunati dopuštenu količinu eksplozivnog punjenja po stupnju paljenja za različite udaljenosti od minskog polja.

**Tablica 7. Tablica dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja ovisno o udaljenosti od ugroženog objekta.** (preuzeto: Strelec S., 2007)

Dopuštena brzina oscilacije 0,30 cm/s		
Udaljenost od MP R(m)	Količina eksploziva Q (kg)	
	Langefors	USBM
300	144,34	127,17
310	151,61	135,79
320	159,01	144,69
330	166,52	153,87
340	174,15	163,34
350	181,89	173,09
360	181,74	183,12
370	197,70	193,43
380	205,77	204,03

390	213,94	214,91
400	222,22	226,07
410	230,61	237,52
420	239,10	249,25
430	247,69	261,26
440	256,38	273,55
450	265,17	286,12
460	274,05	298,98
470	283,04	312,12
480	292,12	325,54
490	301,29	339,25
500	310,56	353,24
510	319,93	367,51
520	329,38	382,06
530	338,93	396,90
550	358,30	427,42



**Slika 7. Dijagram utvrđivanja dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja u ovisnosti o udaljenosti ugroženog objekta od minskog polja (preuzeto: Strelec S., 2007)**

Iz tog razloga je prije početka izvođenja radova bušenja i miniranja potrebno izvršiti prethodno mjerenje intenziteta potresa, a radi utvrđivanja vrijednosti koeficijenta K. U praksi se često rabi pojednostavljen izraz za određivanje sigurne udaljenosti miniranja za objekte:

$$R = K \cdot \sqrt{Q} \quad (\text{m})$$

gdje je:

R – sigurna udaljenost (m),

Q – količina eksplozivnog punjenja koje detonira trenutno (kg),

K – koeficijent ovisan o načinu miniranja,

K = 100-150 – za sigurno miniranje ako je eksploziv na površini,

K = 5-10 – za sigurno miniranje ako je eksploziv u bušotini.

U slučaju da su objekti oštećeni te ovisno o tipu i stanju objekta, potrebno je napraviti plan miniranja uz proračun maksimalne količine eksploziva, na temelju izmjerenih veličina pomaka, brzine i ubrzanja oscilacije tla.

## 5. PRORAČUN VELIČINA BUŠENJA I MINIRANJA

S obzirom na različitosti u kvaliteti stijenske mase te lokaciju minskog polja, mijenjat će se geometrija minskih polja kao i tehnologija izvođenja miniranja. O svakom minskom polju, mora se izraditi elaborate s točno ucrtanim lokacijama bušotina, njihovim dubinama te količinama eksplozivnog punjenja po bušotini i načinu aktiviranja, kako bi se izbjegla nepoželjna djelovanja kao što su seizmički efekti, djelovanje zračnog udarnog vala i odbacivanje odminiranog materijala. Kod odabira metode miniranja postavljaju se slijedeći uvjeti:

1. Geometrija, širina i dubina usjeka, nagib kosine, visina etaže. Svi navedeni parametri su određeni građevinskim i geomehaničkim projektom,
2. Raspoloživa oprema za bušenje i miniranje, uz korištenje samohodnih bušaćih garnitura s vanjskim čekićem sa krunama promjera 76 i 89 mm.

### 5.1. Određivanje parametara bušenja i miniranja

Parametri bušenja i miniranja se često prilagođavaju uvjetima tijekom izvođenja miniranja ovisno o geometriji trase te kvaliteti stijenske mase. Parametri bušenja i miniranja uvjetovani su visinom etaže te pozicijom minskog polja.

#### 5.1.1. Određivanje linije najmanjeg otpora “w”

Za proračun linije najmanjeg otpora utjecajni faktori su: karakteristika stijenske mase, tražena granulacija, vrsta eksploziva, promjer bušotina kao i dubina bušotina (Krsnik, 1989). Za izračun koristimo formulu koja glasi:

$$w = \sqrt{\frac{Q_m}{q}} \quad (\text{m})$$

gdje je:

$$Q_m = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot \Theta e = \frac{0,065^2 \pi}{4} \cdot 1170 = 3,88 \quad \text{kg/m'}$$

$Q_m$  – koncentracija eksplozivnog punjenja (kg/m'),

$d$  – promjer patrone eksploziva (m), (koristi se Riogel Troner te je  $d = 65$  mm)

$q$  – specifična potrošnja eksploziva ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $q = 0,7 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,

$\Theta_e$  – gustoća eksploziva ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $\Theta_e = 1170 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

Tada je:

$$w = \sqrt{\frac{3,88}{0,7}} = 2,35 \text{ m.}$$

Usvaja se da je za bušotine duljine manje od 6m, maksimalna vrijednost izbojnice  $w = 2,3 \text{ m}$ .

### **Određivanje razmaka između minskih bušotina “a”**

$$a = m \cdot w \quad (\text{m})$$

gdje je:

$m$  – koeficijent gustoće minskih bušotina (0,8 – 1,6),

$w$  – izbojnica (m).

Odabrana je vrijednost  $m=1$  te je:

$$a = 1 \cdot 2,3 = 2,3 \quad (\text{m}).$$

Usvaja se da je za bušotine duljine manje od 6m  $a = 2,3 \text{ m}$ .

## **5.2. Empirijsko određivanje ostalih parametara miniranja**

### **Određivanje duljine minske bušotine “L”**

$$L = \frac{H}{\sin \alpha} + h_p \quad (\text{m})$$

gdje je:

$H$  – visina etaže ili željena dubina iskopa (m),

$h_p$  – duljina probušenja (m)

$\alpha$  - kut nagiba minske bušotine prema horizontali ( $^\circ$ ),  $\alpha=90^\circ$ .



Za svaki profil i bušotinu potrebno je odrediti točnu dubinu ovisno o zahtijevanoj visini etaže, dodajući na tu dubinu još 0,5 m probušenja.

### **Određivanje volumena odloma minske bušotine “V”**

Za određivanje volumena koji se dobije miniranjem jednom minskom bušotinom korištena je slijedeća jednadžba:

$$V = a \cdot w \cdot \frac{H}{\sin \alpha} \quad (\text{m}^3)$$

gdje je:

a – razmak između minskih bušotina (m),

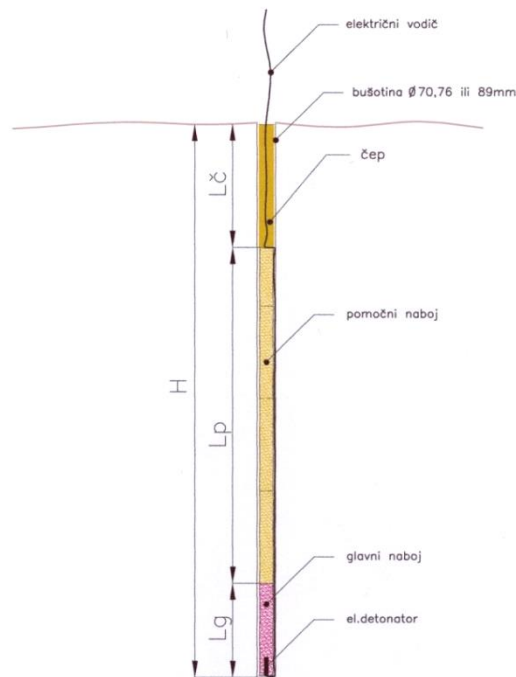
w – izbojnica (m),

H – visina etaže (m),

$\alpha$  - kut nagiba minske bušotine prema horizontali ( $^{\circ}$ ).

### **Određivanje eksplozivnog punjenja u bušotini**

Aktiviranje minskih bušotina vrši se pomoću električnih milisekundnih detonatora, neelektričnih detonatora ili detonirajućeg štapina. Na osnovi toga se određuje konstrukcija minskih bušotina (*Slika 8*).



Slika 8. **Konstrukcija minske bušotine** (Preuzeto: [www.info.grad.hr](http://www.info.grad.hr), 02.10.2015)

Volumen izbijanja minske bušotine, V:

$$V = \frac{a \cdot w \cdot H}{\sin \alpha} = \frac{3,0 \cdot 5,0 \cdot 10}{0,94} = 111,70 \approx 112 \text{ m}^3$$

### Glavni naboj minske bušotine (inicijalno punjenje)

Količina eksploziva za glavni naboj ( $Q_g$ ), prema U. Langeforsu se računa pomoću izraza:

$$Q_g = 1,04 \cdot \frac{V}{E_g} \cdot a \cdot s \cdot w^2 \quad (\text{kg})$$

gdje je:

V – volumen odloma minske bušotine ( $\text{m}^3$ ),

w – linija najmanjeg otpora (m),

a – udaljenost između bušotina (m),

s – pokazatelj minirljivosti stijene

B – izbojnica (m).

Iz navedenih razloga, za glavni naboj često se koristi plastični eksploziv tip RIOGEL 2 ECO, promjera  $\phi 50$  mm. U svaku bušotinu se stavlja jedna patrona s električnim ili nonel detonatorom.

Prema tomu, količina eksploziva za glavni naboj se određuje pomoću izraza:

$$Q_g = L_g \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot \rho_g \quad (\text{kg})$$

gdje je:

$L_g$  – duljina glavnog naboja (m),

$d$  – promjer patrone (m),

$\rho_g$  – gustoća eksploziva glavnog punjenja ( $\text{t/m}^3$ ).

### Duljina začepljenja minske bušotine

Duljina čepa minske bušotine ovisi o promjeru minske bušotine i liniji najmanjeg otpora. Određuje se prema relaciji:

$$L_{\check{c}} = (0,75 - 1,0) \cdot w \quad (\text{m})$$

### Pomoćni naboj minske bušotine

Količina eksploziva za pomoćni naboj ( $Q_p$ ), prema U Langeforsu se računa pomoću izraza:

$$Q_p = q_p \cdot (V - 1,3 \cdot a \cdot w^2) \quad (\text{kg})$$

gdje je:

$q_p$  – specifična potrošnja eksploziva za pomoćni naboj ( $\text{kg/m}^3$ ),

$V$  – volumen odloma minske bušotine ( $\text{m}^3$ ),

$a$  – udaljenost između bušotina (m),

$w$  – izbojnica (m).

Za pomoćni naboj obično se koristi AN-FO eksploziv pakiran u vreće od 25kg. U minske bušotine se ugrađuje sipanjem, nakon spuštanja glavnog naboja i detonatora ili štapina. Pomoćnim nabojem (AN-FO eksplozivom) popunjava se bušotina od patrone glavnog

naboja do dubine čepa, od ušća bušotine. Pri tome je bitno voditi računa o maksimalno dozvoljenoj količini eksploziva po stupnju opaljenja. Prema tome duljina pomoćnog naboja ( $L_p$ ) računa se prema izrazu:

$$L_p = L - L_g - L_{\check{c}} \quad (\text{m})$$

gdje je:

$L$  – duljina minske bušotine sa probušenjem (m),

$L_g$  – duljina glavnog naboja (m),

$L_{\check{c}}$  – duljina čepa (m).

Količina eksploziva za pomoćni naboj se određuje pomoću izraza:

$$Q_p = L_p \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot \rho_g \quad (\text{kg})$$

gdje je:

$L_p$  – duljina pomoćnog naboja (m),

$d$  – promjer pomoćnog naboja (m),  $d = 0,076$  m,

$\rho_p$  – gustoća eksploziva pomoćnog naboja ( $\text{t/m}^3$ ),  $\rho_g = 0,83$   $\text{t/m}^3$ .

*Napomena:* U slučaju da su minske bušotine ispunjene vodom, potrebno je umjesto praškastih eksploziva koristiti emulzijske eksplozive. Za te situacije često se koriste eksplozivi kao što je Riogel Troner ili Riohit.

### **Ukupna duljina eksplozivnog punjenja minske bušotine**

$$L_e = L_g + L_p \quad (\text{m})$$

gdje je:

$L_g$  – duljina glavnog naboja (m),

$L_p$  – duljina pomoćnog naboja (m),

### **Ukupna količina eksplozivnog punjenja minske bušotine**

$$Q_b = Q_g + Q_p \quad (\text{kg})$$

gdje je:

$Q_b$  - količina eksploziva u bušotini (kg),

$Q_g$  - količina eksploziva za glavno punjenje (kg),

$Q_d$  - količina eksploziva za dopunsko punjenje (kg).

### **Specifična potrošnja eksploziva ( $q$ )**

$$q = \frac{Q_b}{V_b} \quad (\text{kg/m}^3)$$

gdje je:

$Q_b$  – količina eksploziva u minskoj bušotini (kg),

$V_b$  – volumen odloma minske bušotine ( $\text{m}^3$ ).

### **Koncentracija eksplozivnog punjenja za glavni naboj ( $P_g$ )**

$$P_g = \frac{Q_g}{L_g} \quad (\text{kg/m}')$$

gdje je:

$Q_g$  - količina eksploziva za glavno punjenje (kg),

$L_g$  – duljina glavnog naboja (m).

### **Koncentracija eksplozivnog punjenja za pomoćni naboj ( $P_p$ )**

$$P_p = \frac{Q_p}{L_p} \quad (\text{kg/m}')$$

gdje je:

$Q_p$  - količina eksploziva za pomoćni naboj (kg),

$L_p$  – duljina pomoćnog naboja (m).

**Učinek miniranja (u)**

$$u = \frac{V}{L} \quad (\text{m}^3/\text{m}')$$

gdje je:

V – volumen odloma minske bušotine (m<sup>3</sup>),

L – duljina minske bušotine s probušenjem (m).

Potrebno je odrediti optimalnu duljinu čepa, radi što bolje fragmentacije u zoni čepa, uz sigurnosne uvjete neželjenih efekata od razbacivanja materijala.

## 6. POVEZIVANJE I OTPUCAVANJE MINSKOG POLJA

S obzirom na različitosti u kvaliteti stijenske mase, često se mijenja geometrija minskih polja te tako i sheme povezivanja minskih polja. Ovisno o uvjetima za izvođenje bušenja i miniranja bira se najefikasnija metoda povezivanja i otpucavanja. Pri tomu se mora voditi računa da ne dođe do štetnih posljedica miniranja na okoliš, odnosno ugrožavanja opreme i ljudi (potres, buka, odbacivanje i slično). Značajke eksploziva i izračunate vrijednosti za relativnu potisnu snagu eksploziva prikazane su u *Tablici 8*.

*Tablica 8. Značajke eksploziva i izračunate vrijednosti za relativnu potisnu snagu eksploziva (Preuzeto: [www.info@grad.hr](mailto:www.info@grad.hr) 02.10.2015)*

Red. broj	EKSPLOZIV	Gustoća (t/m <sup>3</sup> )	Detonac brzina (m/s)	Toplina eksplozije (kJ/kg)	Volumen plinova (dm <sup>3</sup> /kg)	Trauzl proba (cm <sup>3</sup> )	Relativna potisna snaga
1.	ANFO – ANFEX	0,800	3 000	3 726	1 038	300	100
2.	GOMA 2 ECO	1,480	5 300	4 090	891		193
3.	RIOGEL	1,170	4 500	3 410	932	420	127
4.	ANFO 1	0,920	3 298	3 706	1 040	290	103
5.	DANUBIT 2	1,350	5 000	4 550		380	
6.	ELMULEX AL	1,200	5 350	3 520	890	347	125
7.	GEOEX 1	0,925	2 800	3 529	1 067	300	100
8.	AMONAL OJAČ.	1,060	4 300	4 106	965	360	123
9.	NITROL 1	1,000	3 300	3 958	1 024	300	108
10.	KAMNITIT 2	0,990	3 400	3 766	1 000	320	109
11.	CROEX A1	0,830	2 500	3 719	1 043	310	99
12.	DETONAL	1,100	4 100	5 200	875	425	139
13.	VITEZIT 20	1,500	6 000	4 157	856	390	145
14.	VITEZIT 30	1,500	6 200	4 570	897	420	153
15.	VITEZIT 40	1,500	6 400	5 104	906	460	164
16.	GEL. DONARIT 1	1,500	6 000	5 104	906	460	164
17.	GEL. DONARIT 2	1,500	6 200	4 597	948	400	151
18.	LAMBRIT	0,800	3 000	3 835	1 068	300	101
19.	POLONIT V	1,000	4 025	5 392	883	370	133
20.	LAMBEX	1,200	5 400		871	380	
21.	AUSTROGEL	1,500	6 000		891	380	

Primjena neelektričnih detonatora nužna je na svim mjestima gdje postoji rizik od pojave lutajućih struja, kao što su dalekovodi, blizina trafo stanica, telefonskih provodnika, telefonskih i RTV predajnika, agregata za proizvodnju el. energije i slično.

### Električno aktiviranje

Kod električnog aktiviranja minskog polja, mreža se sastoji iz slijedećih dijelova:

- električni detonatori (mili sekundnih),
- glavni vodič,
- krajnji vodiči- vodiči od detonatora do ušća bušotine,
- vodiči za spajanje krajnjih vodiča između bušotina,
- spojni vodiči- koji spajaju krajnje i glavni vodič.

Kod aktiviranja minskih polja predviđeno je korištenje sekvencijalnog stroja, pomoću kojeg se, uz primjenu mili sekundnih električnih detonatora, može postići bolja granulacija i kontrola aktiviranja minskog polja. Sekvencijalni stroj je s 10 strujnih krugova. Kod korištenja sekvencijalnog stroja dopušteno je serijsko povezivanje vodiča električnih detonatora.

Nakon povezivanja električnih detonatora s glavnim vodičem potrebno je izvršiti provjeru vanjskog otpora serijske mreže, potrebnu jakost struje za paljenje te da li stroj može proizvesti dovoljnu struju za paljenje. Kod određivanja parametara miniranja mora se proračunati vanjski otpor te potrebna jačina struje kako bi se osiguralo da kroz svaki detonator prođe struja dovoljna za njegovo aktiviranje.

Proračun vanjskog otpora (otpora svih vodiča i el. detonatora), može se računati prema jednadžbi:

$$R = m \cdot R_{ed} + L_r \cdot r_r + 2L_g \cdot r_g \quad (\Omega)$$

gdje je:

$m$  – broj električnih detonatora u seriji (mreži),

$R_{ed}$  – otpor jednog električnog detonatora ( $\Omega$ ),

$L_r$  – duljina vodiča u mreži (m),

$L_g$  – duljina glavnih vodiča(m),

$r_r$  - otpor jednog dužnog metra u mreži ( $\Omega/m'$ ),



$r_g$  - otpor jednog dužnog metra glavnog vodiča ( $\Omega/m'$ ),

Otpor jednog dužnog metra vodiča ( $r_r$ ) određuje se iz odnosa:

$$r_r = \frac{\rho \cdot l}{s} \quad (\Omega/m')$$

gdje je:

$\rho$  – specifični otpor materijala vodiča ( $\Omega mm^2/m$ ),

$L$  – duljina vodiča (m),

$s$  – poprečni presjek vodiča ( $m^2$ ).

Jakost struje ( $I$ ) kod serijskog povezivanja el. detonatora računa se prema jednadžbi:

$$I = \frac{U}{R} \quad (A)$$

gdje je:

$U$  – napon električne struje koja se proizvodi strojem za paljenje (V),

$R$  – ukupni otpor električne mreže ( $\Omega$ ),

ili:

$$I = \frac{U}{R_v + m \cdot R_{ed}} \quad (A)$$

gdje je:

$U$  – napon električne struje koja se proizvodi strojem za paljenje (V),

$R_v$  – otpor električnih vodiča ( $\Omega$ ),

$R_{ed}$  – otpor električnog detonatora ( $\Omega$ ),

$m$  – broj električnih detonatora u mreži.

## 7. ORGANIZACIJA ISKOPA MINIRANJEM

Svi radovi na miniranju moraju biti podređeni osiguranju dinamike. Svi radovi miniranja moraju se izvoditi tako da ne dođe do oštećenja okolnih objekata, te ljudi i strojeva koji rade na EP polju. Ovi uvjeti zahtijevaju izvođenja miniranja prema unaprijed određenim parametrima kako dubine zahvata, geometrije bušenja tako i načina povezivanja i aktiviranja minskih bušotina. Za svako miniranje potrebno je izraditi „Plan miniranja“ te nakon miniranja „Elaborat o miniranju“. Prije izrade plana miniranja potrebno je utvrditi stanje objekata u ugroženoj zoni te sačiniti izvješće s fotografijama. U slučaju vode u bušotinama puni se emulzijskim eksplozivom. Količina punjenja pojedine minske bušotine dobiva se temeljem proračuna. Proračunate količine eksploziva, nakon prvih miniranja, treba eventualno korigirati u cilju postizanja zadovoljavajuće fragmentacije odminirane stijenske mase, kao i intenziteta potresa.

Eksploziv u bušotini inicira se: električnim, neelektričnim detonatorom ili detonirajućim štapinom, koji je uveden u bušotinu i udarnu patronu. Minske bušotine međusobno se povezuju u redove, a redovi se povezuju na trenutni električni detonator ili sekvencijalni stroj. Nakon što je bušotina napunjena eksplozivom prema proračunu, bušotina se do vrha puni („čepi“) odgovarajućim materijalom. Dužina čepa mora biti minimalno jednaka je duljini izbojnice ( $w$ ). Punjenje, povezivanje i usporavanje minskih bušotina izvodi isključivo palioc mina, uz asistenciju svojih pomoćnika, osposobljenih za siguran rad s eksplozivom. Nakon što su izvedene sve mjere zaštite, odgovorna osoba daje znak za aktiviranje minskog polja. Mjestu miniranja biti će dozvoljen pristup kad palitelj mina:

- pregleda minsko polje,
- utvrdi da su sve napunjene minske bušotine aktivirane i
- da ugovoreni znak za prestanak opasnosti i nastavak rada.

## **8. MJERE ZAŠTITE TIJEKOM I NAKON RADA NA EP**

### **8.1. Zaštita od nekontroliranog aktiviranja eksploziva i eksplozivnih sredstava**

Zaštita od nekontroliranog aktiviranja eksploziva i eksplozivnih sredstava tijekom skladištenja, manipulacije, transporta, punjenja minskih bušotina i nakon izvedenog paljenja minskog polja zahtjeva:

- pažljivo rukovanje eksplozivom i eksplozivnim sredstvima
- zabranu prilaza otvorenim plamenom i pušenje
- prilikom punjenja minskih bušotina patrone eksploziva ne smiju se gnječiti i silom utiskivati u bušotine
- nabijanje eksploziva i čepa minske bušotine izvoditi pažljivo drvenim zaobljenim letvama
- bušaću garnituru i ostalu opremu, te radnike koji nisu zaposleni na miniranju odstraniti s minskog polja na sigurnu udaljenost
- ne izvoditi i obustaviti minerske radove pri atmosferskim pražnjenjima
- nakon miniranja palitelj mina obavlja pregled (najranije 20 minuta po otpucavanju) odminirane stijenske mase. Kada se palitelj uvjeri da nema nedetoniranog eksploziva u odminiranoj masi, obavještava tehničkog rukovoditelja kopa koji potom može dopustiti pristup zaposlenima na minsko polje.

### **8.2. Postupak s neeksplodiranim minama**

Neeksplodirane mine i ostatak mina u bušotinama treba odstraniti novim miniranjem. Razmak nove mine od neeksplodirane ne smije biti manji od osmerostruke vrijednosti promjera minske bušotine čije punjenje nije eksplodiralo. Zabranjeno je na bilo koji način vaditi eksploziv iz mina koje nisu eksplodirale.

O neeksplodiranim minama i ostacima eksploziva poslovođa (miner) mora obavijestiti ljudstvo i odrediti postupak za uklanjanje neeksplodiranih mina. Ako neeksplodirane mine ili ostaci eksploziva u bušotinama nisu mogli biti na vrijeme odstranjeni ili se minirani materijal nije mogao pregledati u smjeni u kojoj se miniralo, dužan je rukovodioc smjene upoznati rukovoditelja dolazeće smjene o stanju na radilištu i koji radovi nisu do kraja smjene obavljani, a treba ih prije nastavka radova obaviti.

Neeksplodirane mine ili ostaci mina moraju se vidno obilježiti. O tome se mora voditi pismena evidencija u smjenskoj izvještajnoj knjizi sve dok se ne upiše i ne javi od narednih smjena da je neeksplodirana mina uništena uz naznaku vremena (sata) kad je uništena, što mora biti ovjereno potpisom palitelja mina.

#### Zaštita od zatajenih mina i nedetoniranog eksploziva i eksplozivnih sredstava:

- Uočene nedetonirane mine treba vidljivo označiti i zabraniti radove i pristup u ugroženu zonu dok se mine ne unište.
- Ukoliko je do zatajenja mina došlo uslijed prekida neelektričnog upaljača ili konektora ako se on koristi, mina se može uništiti iniciranjem pomoću sporogorećeg štapina i rudarske kapsule br.8, dajući propisane zvučne signale i provodeći mjere osiguranja i zabrane pristupa u ugroženu zonu kao i prilikom masovnog ili sekundarnog miniranja.
- U slučaju da prilikom aktiviranja zatajene mine dođe do razbacivanja materijala, nedetoniranu minu treba uništiti novom minom postavljenom u minsku bušotinu paralelno zatajenoj mini.
- Udaljenost paralelne minske bušotine za uništenje zatajene mine ne smije biti manja od 1,0 m, za bušotine dubine do 10 m, odnosno 3,0 m za bušotine dublje od 10 m.
- Nova minska bušotina ne smije sjeći pravac zatajene mine.

### **8.3. Zaštita od razbacivanja stijenskih komada prilikom miniranja**

Zaštita od razbacivanja stijenskih komada prilikom miniranja provodi se:

- izvođenjem bušačkih radova po skici bušenja minskog polja
- izvođenjem konstrukcije eksplozivnog punjenja po projektu
- izvesti čep minske bušotine u projektiranoj dubini od propisanog ispušnog materijala preostalog nakon izrade minske bušotine. U čep se ne smiju stavljati krupniji komadi stijene.
- sklanjanjem zaposlenih i pokretne opreme na sigurnu udaljenost i sigurne zaklone pokretnu opremu i objekte a posebice lako lomljive i vitalne dijelove koji se nalaze u zoni razbacivanja zaštititi daskama i ostalim provizornim materijalom, to se odnosi i na spremnik goriva
- prije paljenja minskog polja zabraniti pristup i prolaz te osigurati pristupne putove na radilište postavljanjem straža radi spriječavanja nekontroliranog ulaska ljudi, životinja i materijalnih sredstava u ugroženu zonu.

## 8.4. Zaštita od seizmičkog djelovanja

- izvođenje punjenja minskih bušotina prema projektiranim veličinama
- kontrolna mjerenja brzina oscilacija tla na potencijalno ugroženim objektima, pri pokusnim miniranjima i pri svakom proizvodnom miniranju.

Seizmografe treba postaviti uz:

- temelj stambenih objekata koji su locirani sa jugozapadne strane na udaljenostima minimalno 190 m od ruba kamenoloma
- temelj stambenih objekata koji su locirani sa zapadne strane na udaljenostima od oko 330 metara od ruba kamenoloma
- oplemenjivačko postrojenje sa južne strane kamenoloma

## 8.5. Mjere zaštite bioraznolikosti

- 1) Sve površine planiranog zahvata eksploatacijskog polja, koje neće biti neposredno zahvaćene eksploatacijom moraju zadržati postojeću vegetaciju.
- 2) Neophodno uklanjanje vegetacijskog pokrova izvoditi izvan razdoblja gniježđenja ptica, odnosno poslije rujna i prije veljače.
- 3) Za biološku obnovu površina u kamenolomu koristiti tlo prikupljeno s lokacije zahvata.
- 4) Organizirati stručni nadzor biologa kod izvođenja radova na biološkoj obnovi područja zahvata.
- 5) Zabranjen je unos stranih organizama (među njima su i invazivne biljke) te genetički modificiranih organizama tijekom eksploatacije, sanacije i daljnjeg gospodarenja prostorom.

## 8.6. Mjere zaštite georaznolikosti

O nalazu fosila i minerala koji bi mogli predstavljati zaštićenu prirodnu vrijednost obavezno treba izvijestiti tijelo državne uprave nadležno za zaštitu prirode te poduzeti nužne mjere zaštite od uništenja, oštećenja ili krađe.

U slučaju otkrića speleološkog objekta potrebno je obustaviti daljnje radove, a otkriće prijaviti tijelu državne uprave nadležnom za zaštitu prirode u roku od 15 dana. Daljnje aktivnosti ili radnje vezane uz speleološki objekt obavljati jedino uz prethodno dopuštenje tijela državne uprave nadležnog za zaštitu prirode.

### **8.7. Mjere zaštite zraka**

- 1) Pokretno drobilišno postrojenje opremiti sustavom za otprašivanje.
- 2) Najsitniju frakciju kamenih agregata izolirati s tri strane (posebice iz smjera sjeveroistok) da bi se u najvećoj mogućoj mjeri spriječiti raznošenje prašine.
- 3) Stroj za bušenje minskih bušotina mora posjedovati uređaj za otprašivanje.
- 4) Za vrijeme jačih vjetrova obustaviti radove koji emitiraju prašinu.
- 5) Miniranje izvoditi za vrijeme slabog vjetra (tišine) da se uzvitlana prašina od minerskog udara što prije i na licu mjesta obori.
- 6) Transportne puteve unutar eksploatacijskog polja i pristupni put do županijske ceste te mjesta utovara po potrebi polijevati vodom (posebno u sušnom dijelu godine) radi smanjenja razine zaprašivanja.

### **8.8. Mjere zaštite od buke**

- 1) Ograničiti brzine kretanja vozila na 10 km/h unutar kamenoloma.
- 2) Radne strojeve, postrojenja i vozila redovito kontrolirati i održavati kako u radu ne bi došlo do povećane emisije buke.
- 3) Prilikom nabavke novih strojeva / postrojenja, kao jedan od bitnih odrednica u nabavi treba uzeti u obzir podatke o buci, te nabavljati malo bućnu opremu u skladu s Pravilnikom o mjerama zaštite od buke izvora na otvorenom prostoru (NN 156/08)

### **8.9. Mjere zaštite okoliša nakon prestanka eksploatacije**

Nakon okončanja eksploatacije i zatvaranja dijelova kamenoloma ili cjelokupnog kamenoloma na predmetnoj lokaciji, neophodno je izvršiti sanaciju eksploatacijskog polja ili njegovog dijela i svih napuštenih radnih površina korištenjem prethodno deponirane jalovine i drugog materijala i zemlje, sukladno odredbama Zakona o rudarstvu i okolišnim propisima.

Rekultivacija zemljišta predstavlja obaveznu mjeru uređenja oštećenog zemljišta i njegovog privođenja određenoj namjeni.

U tom smislu, potrebno je provesti tehničku rekultivaciju (tehničko uređenje površina) i biološku rekultivaciju (pošumljavanje sa vrstama dendroflora koje po idioekološkim i sinekološkim osobinama odgovaraju ovom području), radi uklapanja u prirodni ambijent krajolika. Pod tehničkom rekultivacijom se podrazumijeva dovođenje završnih kosina kamenoloma u trajno stabilno i sigurno stanje u cilju stvaranja uvjeta za provođenje biološke rekultivacije.

Biološka rekultivacija podrazumijeva provođenje sadnje određenih vrsta drveća i grmlja. Prema iskustvenim podacima, smatra se da je najbolje koristiti autohtone vrste drveća i grmlja, zbog idioekoloških i sinekoloških uvjeta koji vladaju na ovom području. Investitor je dužan osigurati provođenje rekultivacije u skladu sa projektnim rješenjem.

## 9. ZAKLJUČAK

Ovim radom opisano je eksploatacijsko polje Špica koje se nalazi sjeverno od ceste Ljubeščica-Ljubelj (LC 25148), Kalničkog gorja i potoka Ljuba voda, istočno od ceste Ljubeščica (D24) – Vaga (LC 25147), a udaljen je od središta Ljubeščice cca. 2 km. Tri glavna varijeteta kamena koja su zastupljena u ležištu su svijetlo sivi varijetet brečaste strukture (brečasti dolomit), svijetlo sivi varijetet homogene teksture sa vidljivim reliktima makrofosila-organogeni (vapnenac- biosparmikrit, biokalkarenit) i tamniji sivi varijetet homogene teksture (dolomitizirani vapnenac).

Na osnovu analize ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava stijenske mase Špica, stijenska masa ocijenjena je kao sirovina povoljnih svojstava za proizvodnju kamene sitneži za izradu vezanih i habajućih slojeva na cestama 3.-5. prometnog razreda, kamene sitneži za izradu bituminiziranih nosivih slojeva na cestama svih prometnih razreda, agregata za beton i armirani beton te lomljenog kamena za zidanje i izradu obaloutvrda i vodopropusta.

Iako se na eksploatacijskom polje Špica u Ljubeščici izvode minerski radovi na siguran način, u ovome radu detaljno se razrađuju i objašnjavaju mogući utjecaji miniranja na okoliš te važnost provođenja mjera zaštite kojima se štetni utjecaji rada svode u dozvoljene granice. Zaključuje se kako miniranje utječe na okoliš, prvenstveno na kakvoću zraka. No osim kod bušenja minskih bušutina i sekundarnog miniranja, emisije prašine se pojavljuju i pri utovaru i prijevozu, na drobilani i klasirnici, pri presipavanju i sl.

Rad u kamenolomu oslobađa određenu količinu kamene prašine. Ta se prašina taloži na svim nadzemnim organima biljaka. Najveći utjecaj na vegetaciju prašina ima na listovima, na kojima stvara sloj koji smanjuje fotosintezu. S druge strane, postojanje šumskog pojasa oko eksploatacijskog polja Špica svakako je povoljno jer smanjuje područje na koje se prašina iz kamenoloma taloži. Također, radi se o prašini koja potječe od vapnenca pa djeluje tako da povećava pH tla.

Nadalje, eksploatacijom kamena, odnosno otvaranjem ležišta dolazi do propusnosti stijenske mase zbog raspucalosti, ali utjecaj vađenja kamena na kakvoću podzemne vode nije velik. Područje zahvaćeno eksploatacijom, zbog svoje ograničenosti, ne utječe bitno na režim površinskih i podzemnih voda.

Najznačajnije su promjene u topografiji, nestanku sitnozrnog i humusnog tla i vegetacije. Eksploatacijsko polje Špica utječe na oblikovnu kakvoću prostora, koja proizlazi iz vizualnog doživljavanja i raspoznavanja prostora.



Iz vizualne degradacije područja proizlaze i ostale negativne pojave na estetiku prostora, što se očituje u sljedećem: izmijenjena je cjelovita slika užeg područja i izgled prirodnog okoliša, smanjena je reprezentativnost područja i istovjetnost s identitetom šire pokrajine, promijenjen je kontinuitet razvoja u odnosu prema postojećoj strukturi prostora te je smanjena privlačnost, atraktivnost i simbolična vrijednost prostora.

Najštetnije djelovanje na okoliš prilikom miniranja je seizmičko djelovanje. Ono se manifestira u vidu oscilacija i elastičnih deformacija stijene, te u biti predstavlja umjetni potres, pri kojem je mjesto eksplozije njegov epicentar. To zapravo znači, da se dio oslobođene energije eksplozivnog punjenja pretvorio u kinetičku energiju elastičnih valova. Zbog takvog djelovanja mogu nastati oštećenja na kućama u blizini kamenoloma.

Osim od potresa, kuće su također ugrožene ukoliko dođe do razbacivanja kamene mase prilikom detonacije. Da bi se zaštitili od razbacivanja mase treba se pridržavati pravilne geometrije minskog polja, dozvoljene količine eksploziva po stupnju paljenja, korištenje milisekundnih usporivača i dr. Osim navedenih mjera zaštite treba se pridržavati i mjera zaštite na radu, zaštite kod bušenja, zaštita od požara, pravilno rukovanje eksplozivom kao i poduzeti sve mjere sigurnosti prije miniranja.

Nakon analize tehničke dokumentacije, prethodne procjene o utjecaju na okoliš, opservacije lokacije i njene okoline, te analize mogućih utjecaja na okoliš i mjera za sprečavanje i ublažavanje utjecaja na pojedine komponente okoliša, utvrđeno je da eksploatacija i prerada tehničko - građevinskog kamena na predmetnom kamenolomu na lokalitetu „Špica“ u općini Ljubešćica ne može imati značajnije negativne utjecaje na okoliš, uz poštivanje i provođenje mjera zaštite okoliša navedenih u studiji o utjecaju na okoliš i projektnoj dokumentaciji. U ovom slučaju mogu se očekivati manji ili umjereni negativni utjecaji na pojedine komponente okoliša u neposrednoj blizini eksploatacijskog polja.

## 10. LITERATURA

1. Božić, B., Miniranje u rudarstvu, graditeljstvu i geotehnici, Geotehnički fakultet, Varaždin, 1998.
2. Dusper, V.: Projekt miniranja za vijadukte Dračevac 2 I Vrila, Trg d.o.o. , Zbelava, 2007.
3. Institut za istraživanje i razvoj održivih eko sustava. Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije tehničko - građevnog kamena na budućem eksploatacijskom polju "kolevrat", 2013.
4. Jenkač, Z., Glavni rudarski projekt eksploatacije vapnenenca na kamenoloma Špica, Kaming d.d. Ljubešćica, 1992.
5. Krsnik J. Miniranje RGN – fakultet, Zagreb, 1990.
6. Krsnik, J.: Miniranje, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 1989.
7. Mesec J. Mineralne sirovine vrste i način dobivanja Geotehnički fakultet, Varaždin, 2009.
8. Rabljek V. Površinska eksploatacija mineralnih sirovina Institut za rudarska i kemijsko – tehnološka istraživanja Tuzla, 1970.
9. Strelec, S. et all., Izvještaj o mjerenju seizmičkih efekata miniranja na lokaciji kamenoloma Ljubešćica- Špica, SPP d.o.o., 2007.
10. Tušar, B., Kamenolomi i okoliš, Građevinar 54/01 356-364
11. xxx Zakon o rudarstvu (NN 56/2013)
12. xxx Zakon o eksplozivnim tvarima (NN, br, 178/04., 109/07. i 67/08.)
13. xxx Zakon o zaštiti okoliša (NN 78/15)