

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica - Zenica Sjever

### Ekrem Bektašević

„PPG“ d.o.o. Sarajevo, dr. sc., bektasevic.ekrem@gmail.com

### Reuf Kadrić

JP Autoceste FBiH Mostar, dipl. ing. rud., k.reuf@jpautoceste.ba

### Marin Nikolić

„Trasa“ d.o.o. Sarajevo, dr. sc., marinnik9@gmail.com

### Kemal Gutić

Univerzitet u Tuzli, Rudarsko geološko građevinski fakultet, dr. sc., kemal.gutic@untz.ba

### Sead Kadrić

FM INŽENJERING d.o.o. Sarajevo, dipl. ing. rud., sead.kadric@gmail.com

**Sažetak:** Most Vranduk-I nalazi se na trasi autoputa na dijelu poddionice: sjeverna administrativna granica općine Zenica - Zenica Sjever. Most se sastoji od dva usporedna objekta za lijevu i desnu stranu autoputa. Most Vranduk-I se oslanja na tri stupa. U radu je obrađen iskop stupnog mjesta S1D i S1L mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem. Pravilnim odabirom opreme za bušenje minskih bušotina, definiranjem bušačko-minerskih parametara i koraka iskopa postignuta je minimalna zona oštećenja okolne stijene van linije iskopa stupnih mjesta S1D i S1L, koja je neminovna pri iskopu miniranjem, što ima za posljedicu očuvanje nosivosti stijenske mase kao najvažnijeg „podgradnog“ elementa.

**Ključne riječi:** iskop, stupno mjesto, geometrija bušenja, miniranje, eksploziv

## Excavation of the foundation of piers S1L and S1R of the Vranduk I bridge by controlled blasting on the motorway route: Zenica Municipality Northern Administrative Boundary - Zenica North

**Abstract:** The Vranduk I bridge is located on the motorway route, on the part of the subsection: Zenica Municipality Northern Administrative Boundary - Zenica North. The bridge consists of two parallel structures, one for the left side, and the other for the right side of the motorway. The Vranduk I bridge rests on three piers. The paper deals with the excavation of the pier site S1R and S1L by controlled blasting. By correctly choosing the equipment for drilling blast holes, defining the drilling and blasting parameters and excavation steps, a minimal zone of damage to the surrounding rock outside the line of excavation of pier sites S1R and S1L, which is inevitable during blasting excavation, has been achieved, which has the effect of preserving the bearing capacity of the rock mass as the most important supporting element.

**Key words:** excavation, piers, drilling pattern, blasting, explosives

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

### 1. UVOD

Koridor Vc kao jedan od odvojaka koridora „V“ počinje u Mađarskoj (Budimpešta), nastavlja se kroz Hrvatsku (Osijek), te Bosnu i Hercegovinu (Zenica, Sarajevo, Mostar) i završava u Hrvatskoj, na obali Jadranskog mora u luci Ploče.

Za Bosnu i Hercegovinu realizacija izgradnje koridora Vc ima višestruki značaj. Prvenstveno, zbog toga što bi to bio prvi međunarodni pravac koji bi prolazio kroz njeno područje i na takav način je uključio u međunarodnu suvremenu prometnu mrežu. Također, preko toga pravca Bosna i Hercegovina dobiva kvalitetan izlaz, preko luke Ploče u Hrvatskoj na Jadransko more a sa sjeverne strane otvara se pristup prostoru srednje i sjevernoistočne Europe. Za Bosnu i Hercegovinu, koja je krajem prošlog stoljeća pretrpjela ratne strahote, velika razaranja i društveno-političku podijeljenost, ovaj koridor će biti jedan od pokretača gospodarskog razvoja, ali također i jedan od čimbenika integracijskih procesa njezinog političkog prostora.



Slika 1. Mreža europskih cestovnih koridora

Trasa projektirane dionice autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica (Nemila) - Zenica Sjever (D. Gračanica) proteže se uz rijeku Bosnu, uglavnom prateći njezinu desnu obalu [1].

Trasa poddionice II počinje s jugoistočne strane naselja Stara Stanica na padinama obronka Stranate Vlasače. Prolazeći pored naselja Stara Stanica trasa autoceste se pruža u smjeru juga prema predjelu Vranduk. Dalje, u smjeru jugoistoka između padina obronaka Stranate Vlasače i Suvodolska Kosa, trasa autoputa prolazi s dva mosta „Vranduk-I“ i „Vranduk-II“, te kroz obronke Suvodolske Kose tunelom „Vranduk“, dalje u smjeru jugoistoka obroncima padine Krše prema naselju Koprivna. Dalje trasa autoputa s tri manja vijadukta

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

prolazi s istočne strane naselja Koprivna po padini obronka Osoje pored naselja Koprivna trasa autoceste se dalje pruža u smjeru juga prema naselju Ponirak. Jugoistočno od naselja Ponirak je kraj poddionice II: Vranduk-Ponirak. Poddionica II je projektirana u dužini  $l=5309,30$  m.

Most Vranduk-I sastoji se od dva usporedna objekta za lijevu i desnu stranu autoputa. Na ovom dijelu trase, most premošćuje udolinu, te je visina vijadukta od najniže kote terena približno 57,00 m.

Desni most ima ukupnu dužinu od 390 m'. Počinje upornjakom U1D a završava upornjakom U2D. Most se oslanja na tri stupa (S1D, S2D i S3D). Lijevi most ukupne dužine 380 m' počinje upornjakom U1L a završava upornjakom U2L. Lijevi most se oslanja na tri stupa (S1L, S2L i S3L). Stupovi mosta S1L i S1D temeljeni su na bunaru kružnog oblika kojem je promjer 9,00 m, a dubina bunara je 8,00 m. Stupovi S2L i S2D temeljeni su na 16 pilota promjera 1,20 m i duljina 9 m koji su povezani temeljnom pločom dimenzija 13,00 x 13,00 x 3,00 m. Stupovi S3D i S3L su temeljeni kao i S2 samo je duljina pilota povećana na 19 m. Prikaz izgleda mosta Vranduk-I dan je na slici 2.



Slika 2. Most Vranduk-I

Iskop temelja za stupove S1L i S1D, a koji se temelje na bunaru kružnog oblika predstavlja poseban zahtjev izvođaču radova, a koji se ogleda u tome da prilikom iskopa istih što manje ošteti stijensku masu van iskopnog profila. Također, kao dodatna otežavajuća okolnost pri iskopu temelja stupova S1L i S1D predstavlja prostorni položaj istih u odnosu na blizinu magistralnog puta M-17. U nastavku, detaljno su obrađeni bušačko-minerski radovi za izvođenje kontroliranih miniranja pri iskopu temelja za stupove S1L i S1D mosta Vranduk-I.

## 2. GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE MATERIJALA U ZONI IZGRADNJE MOSTA VRANDUK-I

U području trase mosta teren je izgrađen od čvrstih stjenovitih masa - kompaktnih pjeskovitih i silificiranih glinaca i vapnenenaca (<sup>2</sup>J;K), koji su uslojeni s debljinom slojeva od 0,2 do preko 1 m i ulošcima tanko uslojenih i listastih glinaca debljine od 10 do 30 cm, a koji se pojavljuju u intervalima od 5-10 m. Teren je prekriven od raspadnutog površinskog pokrivača - površinski pojas trošenja izgrađenog od kršja, gline i praha kao produkt potpune rastresenosti osnovne

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

stijene debljine od 0,3 - 0,5 m (CW). Na padinama većeg nagiba ovaj površinski pojas trošenja isključuje.

U hidrogeološkom pogledu, površinski pojas trošenja je propusan s prevladavajućom intergranularnom srednje razvijenom poroznošću, a stjenovita masa od kompaktnih pjeskovitih i silificiranih glinaca i vapnenenaca ima srednje do slabo razvijenu pukotinsku poroznost i srednju provodljivost.

Terenskim i laboratorijskim ispitivanjima dobiveni su podaci o stijenskoj masi: jednoaksijalna čvrstoća uzoraka, RQD, stanje diskontinuiteta u stijenskoj masi itd. na osnovi kojih su pojedine zone bodovane prema RMR geomehaničkoj klasifikaciji [2]. Iz tih bodova je dobiven geološki indeks čvrstoće – GSI. U tablici 1. dan je prikaz dobivenih podataka neophodnih za proračun bušačko-minerskih parametara.

Tablica 1. Geološke karakteristike terena u zoni izgradnje mosta

Broj bodova prema geotehničkoj klasifikaciji stijenske mase (Bieniawski, 1989.) (RMR)	Geološki indeks čvrstoće definiran izrazom $GSI=RMR_{89-5}$ (GSI)	Jednoosna čvrstoća stijene određena laboratorijskim ispitivanjima uzoraka stijene ( $\sigma_c$ )
49,00	44,00	45,00

### 3. PRORAČUN I IZBOR BUŠAČKO-MINERSKIH PARAMETARA ZA IZVOĐENJE KONTROLIRANIH MINIRANJA PRI ISKOPU TEMELJA STUPNOG MJESTA S1L

#### 3.1 Oprema za produkcijsko bušenje

Izbor opreme za produkcijsko bušenje minskih bušotina za izvođenje klasičnih kontroliranih miniranja za izradu temelja stupnog mjesta S1L kod Zenice izvršen je u skladu s Dopunskim rudarskim projektom za izvođenje klasičnih i specijalnih bušačko-minerskih radova na trasi autoceste Koridora Vc, poddionica „Vranduk –Ponirak“ kod Zenice, sa zaštitnim mjerama za objekte u neposrednom okruženju trase.

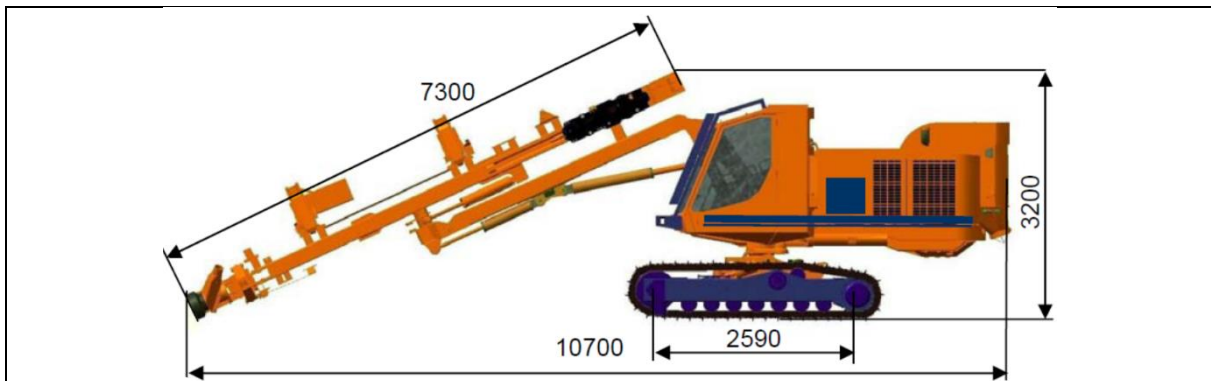
Za bušenje minskih bušotina korištena je bušilica proizvođača TAMROCK 700RP. Izgled i tehnički podaci spomenute bušilice dani su u tablici 2.

Tablica 2. Izgled i tehnički podaci bušaće garniture

Tip	Tamrock 700RP
Masa bušilice (kg)	14800
Potrošnja goriva (l/h)	17-22
Pritisak za ispuhivanje buš. (bar)	4-10
Radni tlak bušenja (bar)	100-190
Dimenzije bušilice (mm)	10700x2590x3200
Preporučeni promjer bušenja (mm)	64-115
Tolerancija kuta za bušenje	$\pm 10^\circ$
Max. obrtni moment (Nm)	1355
Snaga motora (kW)	145

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever



### 3.2 Proračun i izbor bušačko-minerskih parametara

Izbor optimalnih bušačko-minerskih parametara ovisi o: fizičko-mehaničkim karakteristikama stijene u kojoj se izvodi miniranje, zahtijevanoj fragmentaciji, raspoloživoj opremi za bušenje, prostornom položaju mjesta gdje se izvode miniranja, dozvoljenoj razini seizmičkih potresa, zahtjevima u pogledu što manje zone oštećenja stijenske mase izvan linije iskopa, itd.

#### 3.2.1 Proračun specifične potrošnje eksploziva

Specifična potrošnja eksploziva je faktor koji bitno utječe na određivanje količine eksploziva i broja minskih bušotina za jedno miniranje. Određuje se neovisno o površini koja se minira i promjeru bušotine.

Proračun specifične potrošnja eksploziva  $q$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) izvršen je prema empirijskom obrascu Š. I. Ibrajeva koji glasi [3]:

$$q = \frac{\sqrt{f} - a\sqrt{F_i}}{b} \quad (1)$$

gdje je:

$a$  - koeficijent koji se za vertikalne iskope kreće u granicama od 0,12 do 0,15 (usv. se:  $a=0,15$ )  
 $f$  - koeficijent čvrstoće stijene po Protođakonovu. Na osnovu geotehničkih karakteristika materijala u zoni izrade mosta Vranduk-I, koeficijent čvrstoće stijene po Protođakonovu iznosi 8.

$F_i$  - površina koja se minira. U ovom slučaju je to  $63,58 \text{ (m}^2\text{)}$ .

$b$  - koeficijent radne sposobnosti uporabljenog eksploziva (za plastične eksplozive ova vrijednost se kreće od 1,2 do 1,4). Usv. se  $b=1,25$ .

Uvrštavanjem definiranih parametara u empirijski obrazac (1) računa se specifična potrošnja eksploziva:

$$q = \frac{\sqrt{f} - a\sqrt{F_i}}{b} = \frac{\sqrt{8} - 0,15\sqrt{63,58}}{1,25} = 1,3 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

#### 3.2.2 Izbor vrste eksploziva

Obzirom kako se radi u srednje tvrdim do mekim stijenskim materijalima, a radi blizine magistralnog puta M-17 i drugih objekata, za miniranje će se koristiti plastični eksploziv (kao inicijalni) u kombinaciji s ANFO eksplozivom.

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

### Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

Kao inicijalni eksploziv koristit će se „RIODIN“ koji je patroniran u patronama Ø60 i Ø40 mm, dok ANFO eksploziv koji će se koristiti je „ELMEKS“ (rinfuzni ili patronirani), a za konturno miniranje će se koristiti eksploziv „RIOSPLIT“ promjera Ø17 mm. Na osnovu odabrane vrste i promjera eksploziva koji će koristiti za miniranje minskog polja osvojen je promjer minskih bušotina od Ø76mm.

#### 3.2.3 Određivanje potrebnog broja minskih bušotina

Pri izradi bunara miniranjem potreban broj minskih bušotina može se orijentaciono odrediti pomoću sljedećeg empirijskog obrasca [4].

$$N_o = \frac{q \cdot F_i}{p} \quad (2)$$

gdje je:

q - specifična potrošnja eksploziva (kg/m<sup>3</sup>).

F<sub>i</sub> - površina koja se minira (m<sup>2</sup>).

p - količina eksploziva po metru dužnom bušotine (kg/m'). Plastični eksploziv u kombinaciji s ANFO-m u rinfuzi zauzima masu od cca 4,35 (kg/m').

Uvrštavanjem definiranih parametara u empirijski obrazac (2) računa se potreban broj minskih bušotina:

$$N_o = \frac{q \cdot F_i}{p} = \frac{1,3 \cdot 63,58}{4,35} = 19 \text{ (buš.)}$$

#### 3.2.4 Određivanje linije najmanjeg otpora

Liniju najmanjeg otpora orijentaciono računamo pomoću obrasca koji je u funkciji promjera minske bušotine [5].

$$W = (20 - 40) \cdot d_b \quad (3)$$

Manja vrijednost se usvaja za teško drobove stijene i kod miniranja s jednom slobodnom površinom, tako da je u ovome slučaju:

$$W = 20 \cdot d_b = 20 \cdot 76 = 1.520 \text{ (mm)}; \text{ Usv. se: } W = 1,5 \text{ (m)}$$

#### 3.2.5 Određivanje razmaka i mreže minskih bušotina

Mreža minskih bušotina određena je rastojanjem između bušotina u redu (a), između redova bušotina (b) i linije najmanjeg otpora (W).

Mrežu minskih bušotina najbolje karakterizira koeficijent preklapanja, a koji predstavlja koeficijent gustoće minskih bušotina i računa se po izrazu [5]:

$$m = \frac{a}{W} \quad (4)$$

gdje je:

a - rastojanje između bušotina u redu (m)

W - linija najmanjeg otpora (m)

m - koeficijent preklapanja (gustoće) minskih bušotina u redu.

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

### Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

Ovisno o otporu stijene na miniranje, koeficijent preklapanja (gustoće) minskih bušotina usvaja se u granicama (0,8-1,6). Manja vrijednost se usvaja za teško drobive stijene. Za ovaj slučaj usvaja se  $m = 1,20$ , te uvrštavanjem definiranih parametara u obrazac (4) računa se rastojanje između minskih bušotina:

$$m = \frac{a}{W} \rightarrow a = m \cdot W = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8(m)$$

Rastojanje između redova može se orijentaciono odrediti pomoću empirijskog obrazca koji je u funkciji rastojanja između bušotina i koji glasi:

$$b = a \cdot 0,87 = 1,8 \cdot 0,87 = 1,56 (m); Usv. se: b = 1,5 (m) \quad (5)$$

#### 3.2.6 Proračun dužine začepljenja minskih bušotina

Odgovarajuće začepljenje minskih bušotina jedna je od najvažnijih pretpostavki za kvalitetno izvedeno miniranje. Dužina začepljenja odnosi se prvenstveno na gornji dio bušotine kada se vrši kontinuirano punjenje minskih bušotina eksplozivom. Odgovarajuće zatvaranje minskih bušotina je izuzetno važno radi:

- sprječavanja gubitka plinova eksplozije iz bušotine, jer plinovi ruše stijenu,
- sprječavanja razbacivanja odminiranog stijenskog materijala,
- kvalitetnije kontrole zračnog udara.

Dužina začepljenja u najvećoj mjeri ovisi o promjeru minske bušotine i otpora u dnu etaže ili stijenskog bloka koji se minira, a računa se po obrascu [6]:

$$l_{\zeta} = (20 - 40)d_b \quad (6)$$

gdje je:

$d_b$  - promjer bušotine (m)

$$l_{\zeta} = (20 - 40) \cdot 76 = 1.520 - 3.040 (mm); usvaja \text{ \u0107ep du\u017ein}e \text{ } 2,5 (m')$$

Dobiveni neophodni parametri za definiranje sheme po kojoj \u0107e se izvesti bu\u0161enje centralnog minskog polja pri iskopu temelja za stupno mjesto S1L prikazani su u tablici 3.

Tablica 3. Podaci o bu\u0161enju centralnog minskog polja

Parametar	Jed. mjere	Iznos
Promjer bu\u0161enja minskih bu\u0161otina ( $\Phi$ )	mm	76
Nagib bu\u0161enja minskih bu\u0161otina ( $\alpha$ )	\u00b0	90
Linija najmanjeg otpora ( $W$ )	m	1,5
Razmak izme\u0107u minskih bu\u0161otina ( $a$ )	m	1,8
Razmak izme\u0107u redova minskih bu\u0161otina ( $b$ )	m	1,5
Broj minskih bu\u0161otina ( $N_b$ )	kom	19
Ukupna dubina minskih bu\u0161otina ( $\Sigma L_b$ )	m	171
Prosje\u0107na dubina minskih bu\u0161otina	m	9

Raspored mina na minskom polju i njihov prostorni polo\u017eaj ovise o obliku povr\u0161ine koja se minira, pravcu pru\u017eanja slojeva, op\u0107im principima djelovanja eksploziva, kao i o namjeni prostora na kojem se izvodi miniranje (\u0161to manja degradacija okolne stijene).

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

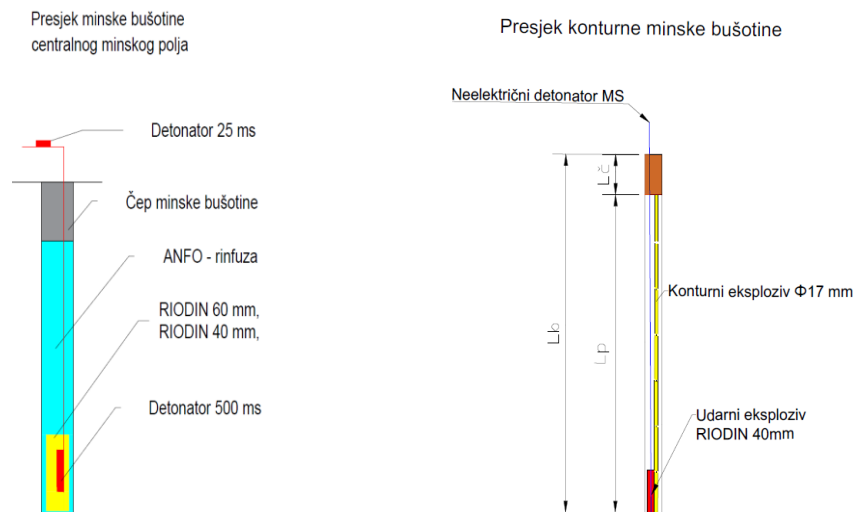
### Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

Na osnovu definiranih bušačko-minerskih parametara za centralno minsko polje, te uz uvažavanje zahtijeva da se prilikom iskopa temelja stupnog mjesta S1L miniranjem što manje ošteti stijena van konture iskopa, usvojena je primjena tehnike prethodnog odvajanja stijene „prespliting“. Za bušenje koriste se bušača kruna istoga promjera kao i kod bušenja bušotina za centralno minsko polje 76 mm. Na osnovu promjera minskih bušotina, preporuka je da rastojanje između konturnih minskih bušotina bude od (0,6-0,9) m. Usvojen je razmak između konturnih minskih bušotina od 0,6 m'.

Tablica 4. Podaci o bušenju konturnog minskog polja

Parametar	Jed. mjere	Iznos
Promjer bušenja minskih bušotina ( $\Phi$ )	mm	76
Nagib – kut bušenja minskih bušotina ( $\alpha$ )	°	90
Razmak između minskih bušotina (a)	m	0,6
Broj minskih bušotina (Nb)	kom	46
Ukupna dubina minskih bušotina ( $\Sigma L_b$ )	m	414
Prosječna dubina minskih bušotina	m	9

Na slici 3. dan je presjek minskih bušotina centralnog minskog polja i konturne minske bušotine.



Slika 3. Presjek minskih bušotina

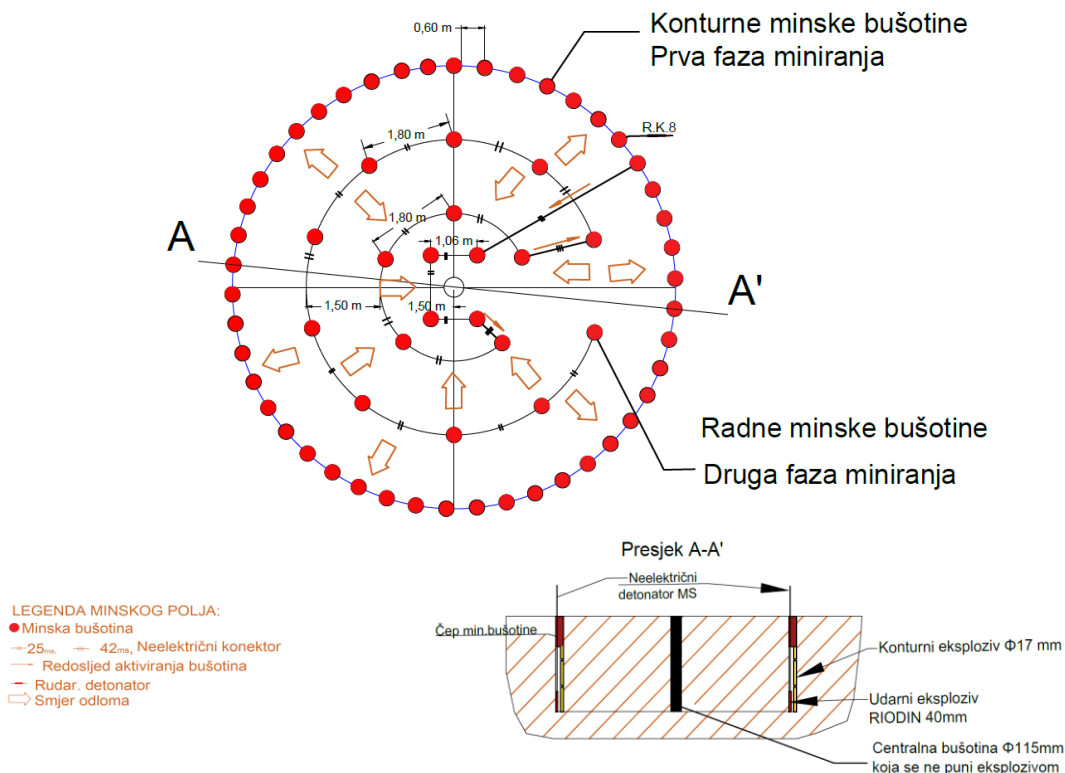
#### 3.2.7 Utrošak minsko eksplozivnih sredstava za miniranje

Na osnovu proračunatih i usvojenih parametara bušačko-minerskih radova izvršena je izrada sheme minskog polja s rasporedom svih minskih bušotina u minskom polju. Uz uvažavanje geometrije minskog polja i dubine minskih bušotina primijenjen je paralelni zalom s jednom centralnom bušotinom (koja se ne puni eksplozivom prilikom miniranja) promjera 115 mm. Na slici 4. dan je prikaz rasporeda minskih bušotina za iskop stupnog mjesta S1L s naznačenim svim geometrijskim parametrima neophodnim za bušačko-minerske radove.



Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever



Slika 4. Sheme minskog polja s rasporedom svih minskih bušotina u minskom polju

U tablici 5. dan je pregled potrebnih ukupnih količina minsko-eksplozivnih sredstava za iskop stupnog mjesta S1L.

Tablica 5. Potrebne količine minsko-eksplozivnih sredstava za miniranje pri iskopu stupnog mjesta S1L

Parametar	Jed. mjere	Iznos	Ukupno
Privredni eksploziv „RIODIN“ Φ60 mm	kg	237,50	237,50
ANFO eksploziv „ELMEKS“ – rinfuza	kg	380,00	380,00
Privredni eksploziv „RIODIN“ Φ40 mm	kg	32,844	32,844
Konturni eksploziv Riosplit Φ17 mm	kg	93,38	93,38
DUAL Detonatori 25/500 ms (12m)	kom	19,0	19,0
Konektori DETINEL 42 ms (4,8 m)	kom	17,0	17
Rudarska kapisla br.8	kom	2,0	2,0
Sporogoreći štapin za aktiviranje minskog polja	m	2,0	2,0
Neelektrični detonator Detinel LP	kom	46,0	46,0

Na slici 5. prikazano je minsko polje u tijeku procesa punjenja minskih bušotina pri iskopu stupnog mjesta S1L.

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

**Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever**



Slika 5. Prikaz minskog polja tijekom punjenja minskih bušotina

U tablicama 6. i 7. dan je detaljan pregled utroška minsko-eksplozivnih sredstava po svakoj minskoj bušotini nakon provedenog miniranja.

Tablica 6. Utrošene količine minsko eksplozivnih sredstava, centralno minsko polje

Broj minske bušotine	Promjer bušenja (mm)	Dubina (m)	Dužina čepa m. b. (m)	Eksplozivno punjenje			Inicijalna sredstva	
				ANFO - rinfuza (kg)	Riodin Ø60	Ukupno eksploziv (kg/buš.)	DUAL Detonatori (25/500) - 12	Konektori 42 ms - 4,8 m
1	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
2	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
3	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
4	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
5	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
6	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
7	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
8	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
9	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
10	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
11	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
12	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
13	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
14	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
15	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
16	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
17	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
18	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
19	82	9	2,5	20	12,5	32,5	1	
Ukupno:		171	47,5	380	237,5	617,5	19	3

Tablica 7. Utrošene količine minsko eksplozivnih sredstava, konturne minske bušotine

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

**Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever**

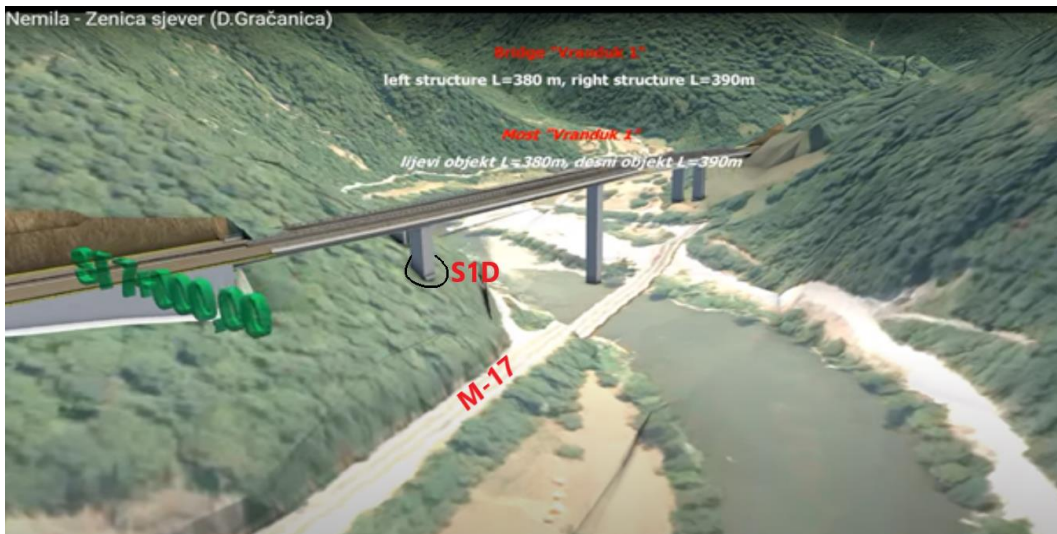
Broj minske bušotine	Prečnik bušenja (mm)	Dubina (m)	Dužina čepa m.b. (m)	Eksplozivno punjenje			Inicijalna sredstva	
				Riosplit Ø17 mm (kg)	Riodin Ø40 mm (kg)	Ukupno eksploziv (kg/buš)	Definel LP 4,8m	Neletrični konektor 42 ms L=4,8m
1	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
2	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
3	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
4	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
5	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
6	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
7	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
8	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
9	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
10	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
11	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
12	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
13	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
14	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
15	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
16	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
17	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
18	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
19	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
20	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
21	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
22	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
23	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
24	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
25	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
26	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
27	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
28	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
29	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
30	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
31	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
32	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
33	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
34	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
35	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
36	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
37	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
38	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
39	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
40	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
41	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
42	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
43	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
44	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
45	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
46	82	9,00	2,50	2,03	0,7140	2,75	1	
Ukupno:		414	115	93,38	32,844	126,5	46	14

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

### 4. IZBOR BUŠAČKO-MINERSKIH PARAMETARA ZA IZVOĐENJE KONTROLIRANIH MINIRANJA PRI ISKOPU TEMELJA STUPNOG MJESTA S1D

Iskop stupnog mjesta S1D nije moguće vršiti istom opremom i na identičan način kao što je vršen iskop stupnog mjesta S1L. Stupno mjesto S1D se nalazi u neposrednoj kosini zasjeka prema magistralnom putu M-17. Prostorni položaj stupnog mjesta S1D u odnosu na magistralni put M-17 prikazan je na slici 6.



Slika 6. Prikaz prostornog položaja stupnog mjesta S1D u odnosu na magistralni put M-17

Zbog jako malog sloja materijala u dijelu kosine prema magistralnom putu M-17 nije moguće izvršiti iskop stupnog mjesta s jednim miniranjem dubine minskih bušotina od cca. 9 m, a da pri tome ne dođe do oštećenja okolne stijene izvan linije iskopa. Zbog toga je odlučeno iskop stupnog mjesta S1D vršiti u fazama. U prvoj fazi hidrauličnim bagerom uz pomoć čekića izvršit će uklanjanje devastiranog (površinskog) sloja terena s površine gdje će se vršiti iskop stupnog mjesta S1D. Nakon toga, iskopana dubina uz pomoć hidrauličnog bagera će se osigurati (armirati i betonirati). U narednoj fazi iskop će se nastaviti uz bušačko-minerske radove do potrebne dubine. Na slici 7. dan je prikaz prve faze radova.



Slika 7. Prikaz prve faze radova kod iskopa stupnog mjesta S1D

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

## Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

### 4.1 Izbor opreme za bušenje minskih bušotina pri iskopu stupnog mjesta S1D

Uz uvažavanje prethodno navedenog, bušenje minskih bušotina vršit će se pomoću pneumatskog čekića s potpornom nogom YT29 ili nekim drugim bušaćim čekićem sličnih tehničkih karakteristika. Dužine dlijeta biti će prilagođene dubinama minskih bušotina. Izgled i tehnički podaci bušaćeg čekića dan je u tablici 8.

Tablica 8. Izgled i tehnički podaci bušaćeg čekića

Proizvođač, tip	Atlas Copco, YT29A	
Masa	27 kg	
Dimenzije (DxŠxV)	659x248x205 mm	
Promjer cilindra	82 mm	
Hod klipa	60 mm	
Radni tlak	(4-6,3) bar	
Udarna energija (na 5 bar)	≥70 J	
Potrošnja zraka (na 5 bar)	≤ 65 l/s	
Udarna frekvencija (na 5 bar)	≥ 37 Hz	
Tlak vode	(Radni tlak – 1) bar	
Unutarnji promjer zr. crijeva	25 mm	
Promjer bušenja	(32 – 45) mm	
Max. dubina bušenja	5 m	
Radna temperatura	(-35 do +45) °C	
Prihvatač dlijeta	H22/25 x 108	

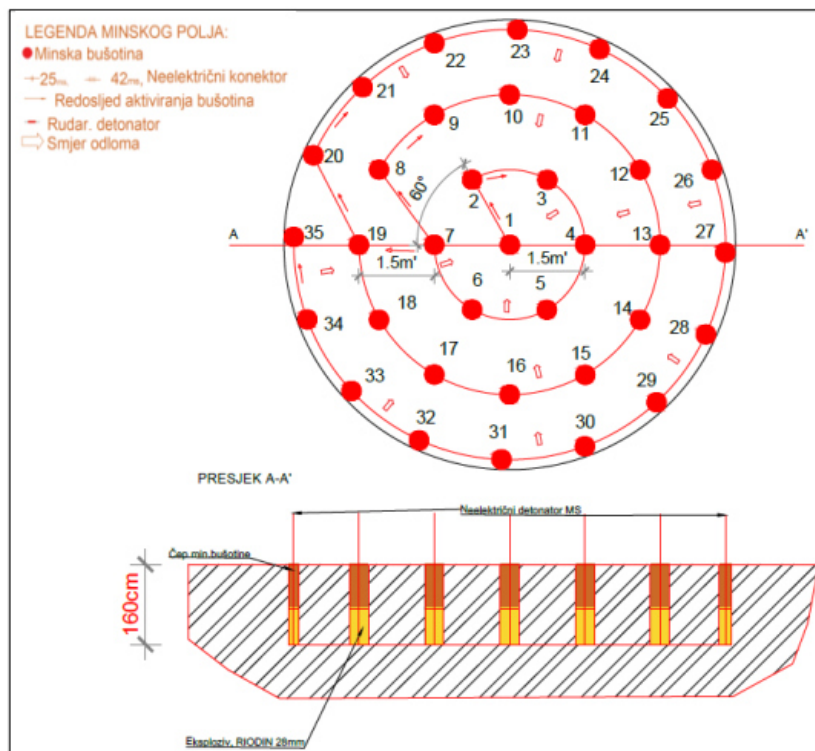
### 4.2 Definiranje bušačko-minerskih parametara

Izbor optimalnih bušačko-minerskih parametara izvršen je na osnovu raspoložive opreme za izradu minskih bušotina, prostornog položaja mjesta gdje se izvode miniranja, kao i zahtjeva u pogledu što manje zone oštećenja stijenske mase izvan linije iskopa.

Imajući u vidu odabranu opremu za izradu bušotina za miniranje s kojom se ne mogu postići precizni parametri geometrije (nagib i usporednost) bušotina, primjena standardnih zaloma u konkretnom slučaju ne bi bio učinkovit. Usvojena dubina bušenja za minske bušotine u jednom koraku je cca. 1,6 m', a promjer bušenja minskih bušotina 40 mm.

Na osnovu navedenih činjenica, izbora eksploziva za miniranje, te uvažavanjem teorije o djelovanju eksplozije mine u neograničenoj čvrstoj sredini, izvršena je izrada sheme s geometrijom minskih bušotina u minskom polju. Shema rasporeda minskih bušotina u minskom polju prikazana je na slici 8.

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.  
**Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem  
 na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever**



Slika 8. Shema rasporeda svih minskih bušotina u minskom polju

Nakon završetka prve faze iskopa stupnog mjesta S1D izvršeno je osiguranje otkopanog dijela (armiranje i betoniranje), nakon čega se pristupilo nastavku iskopa uz bušačko-minerske radove. Na slici 9. prikazan je način bušenja minskih bušotina po prethodno definiranoj shemi (slika 8.).



Slika 9. Bušenje minskih bušotina

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

### Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever

#### 4.3 Podaci o bušenju minskog polja

Na osnovu definirane sheme (slika 8.) po kojoj je vršeno bušenje minskog polja za iskop temelja za stupno mjesto S1D dobiveni su svi podaci o minskom polju, a koji su prikazani u tablici 9.

Tablica 9. Podaci o bušenju centralnog minskog polja

Parametar	Jed. mjere	Iznos
Promjer bušenja minskih bušotina ( $\Phi$ )	mm	40
Nagib – kut bušenja minskih bušotina ( $\alpha$ )	°	90
Razmak između minskih bušotina (a)	m	1,5
Razmak između redova minskih bušotina (b)	m	2-3
Broj minskih bušotina ( $N_b$ )	kom	35
Ukupna dubina minskih bušotina ( $\Sigma L_b$ )	m	56
Prosječna dubina minskih bušotina	m	1,6

#### 4.4 Planirani utrošak minsko eksplozivnih sredstava za miniranje

U tablici 10., dan je pregled odabrane vrste eksploziva, kao i planirana potrošnja minsko eksplozivnih sredstava za miniranje po jednom koraku iskopa. Definiranje navedenih parametara izvršeno je na osnovu odabrane sheme za bušenje minskog polja (slika 8.), promjera minskih bušotina, kao i geologije stijenske mase.

Tablica 10. Potrebne količine minsko eksplozivnih sredstava po jednom koraku za miniranje pri iskopu stupnog mjesta S1D

Parametar	Jed. mjere	Iznos	Ukupno
Privredni eksploziv „RIODIN“ $\Phi 28$ mm	kg	21,0	21,0
DUAL Detonatori 25/500 ms (4,8m )	kom	35,0	35,00
Rudarska kapisla br.8	kom	2,0	2,0
Sporogoreći štapić za aktiviranje minskog polja	m	2,0	2,0

Na slikama 10. i 11. prikazano je minsko polje pri iskopu stupnog mjesta S1D prije aktiviranja napunjenih minskih bušotina definiranim minsko-eksplozivnim sredstvima (tablica 10.), dok je na slici 12. prikazano minsko polje nakon provedenog miniranja.



Slika 10. Minsko polje prije aktiviranja



Slika 11. Minsko polje spremno za aktiviranje

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.  
**Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem  
na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever**

---



Slika 12. Prikaz minskog polja nakon miniranja

U tablici 11. dan je pregled utrošenih minsko eksplozivnih sredstava po svim minskim bušotinama pri iskopu jednog koraka.

Na slici 13. prikazani su izgrađeni stupovi S1D i S1L mosta Vranduk-I na trasi projektirane dionice autoceste: sjeverna administrativna granica općine Zenica (Nemila) - Zenica Sjever (D. Gračanica).



Slika 13. Izgled izgrađenih stupova S1D i S1L na mostu Vranduk-I



Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

**Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever**

Tablica 11. Utrošak minsko-eksplozivnih sredstava po minskim bušotinama pri iskopu jednog koraka

Broj minske bušotine	Promjer bušenja (mm)	Dubina (m)	Dužina čepa m. b. (m)	Eksplozivno punjenje		Inicijalna sredstva
				Riodin Ø28 mm (kg)	Ukupno eksploziv (kg/buš.)	DUAL Detonator (25/500) 4,8m
1	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
2	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
3	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
4	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
5	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
6	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
7	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
8	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
9	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
10	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
11	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
12	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
13	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
14	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
15	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
16	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
17	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
18	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
19	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
20	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
21	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
22	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
23	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
24	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
25	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
26	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
27	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
28	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
29	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
30	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
31	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
32	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
33	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
34	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
35	40	1,6	0,88	0,6	0,6	1
Ukupno:		<b>56</b>	<b>30,8</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>35</b>

Bektašević, E., Kadrić, R., Nikolić, M., Gutić, K., Kadrić, S.

**Iskop temelja stupnog mjesta S1L i S1D mosta Vranduk-I kontroliranim miniranjem na trasi autoputa: sjeverna administrativna granica općine Zenica – Zenica Sjever**

## 5. ZAKLJUČAK

Iskopi u stijenama različitih čvrstoća, kao i iskopi na zahtjevnim lokalitetima podrazumijevaju primjenu odgovarajuće tehnike miniranja. Također, te tehnike smanjuju seizmička djelovanja eksplozije, reduciraju izvanprofilske prekope i omogućavaju bolju iskorištenost minskih bušotina. Kako bi se sve navedeno postiglo, potrebno je za svaki iskop miniranjem odrediti optimalne veličine bušačko-minerskih radova te uraditi detaljnu shemu miniranja.

Osnovni zadatak kod svakog iskopa jeste, da se u ovisnosti od geotehničkim uvjetima odabere odgovarajuća metoda miniranja uz uvažavanje svih tehničkih parametara. Efekt miniranja u najvećoj mjeri ovisi o rasporedu minskih bušotina u minskom polju. Isto tako, pomoću sheme miniranja mogu se dobiti željeni redosljedi opterećenja minskih bušotina.

Pravilnim odabirom opreme za bušenje minskih bušotina, definiranjem bušačko-minerskih parametara i koraka iskopa postignuta je minimalna zona oštećenja okolne stijene van linije iskopa stupnih mjesta S1D i S1L mosta Vranduk-I, koja je neminovna pri iskopu miniranjem, što ima za posljedicu očuvanje nosivosti stijenske mase kao najvažnijeg „podgradnog“ elementa.

## LITERATURA

1. Glavni projekt i prateće studije za izgradnju koridora Vc, Dionica: Sjeverna administrativna granica Općine Zenica (Nemila) - Zenica Sjever (Donja Gračanica), Poddionica: Vranduk – Ponirak, 2017.
2. Bieniawski, Z. T.: Engineering Rock Mass Classifications, New York, Wiley, 1989.
3. Dopunski rudarski projekat za izvođenje klasičnih i specijalnih bušačko-minerskih radova na trasi autoceste Koridora Vc, poddionica „Vranduk –Ponirak“ kod Zenice, sa zaštitnim mjerama za objekte u neposrednom okruženju trase, 2019., (Br. projekta 07/19)
4. Bektašević, E.: Blasting, Examples of surface blasting and tunnel construction with occupational safety measures, Publisher: LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of Dodo Books Indian Ocean Ltd. and OmniScriptum S.R.L publishing group 120 High Road, East Finchley, London, N2 9ED, United Kingdom Str. Armeneasca 28/1, office 1, Chisinau MD-2012, Republic of Moldova, Europe. Printed at: see last page ISBN: 978-620-5-52925-6, 2022.
5. Kovačević, Č.: Bušačko-minerski radovi u praksi građenja, Izgradnja, Beograd, 2005.
6. Purčić, N.: „Bušenje i miniranje“, Rudarsko geološki fakultet, Beograd, 1991.