

## **IZVOD**

# **STUDIJE IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR**



**Univerzitet u Beogradu,  
Rudarsko-geološki fakultet**

## **STUDIJA IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR**

### **■■■■ IZVOD STUDIJE ■■■■**

**Studiju izradio:**



**Rudarsko-geološki fakultet,  
Univerzitet u Beogradu  
Djušina 7, 11.000 Beograd  
Republika Srbija**

**Beograd, Maj 2021**



**Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu**  
**Đušina 7, 11000 Beograd, Srbija**  
**Tel.+381 11 3219 101; Fax. +381 11 3235 539**  
**www.rgf.bg.ac.yu**

---

## **Investitor**

**RioTinto**

**Rio Sava Exploration d.o.o. Beograd**

## **IZVOD**

### **STUDIJE IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR**

RGF - Broj

Datum:

DEKAN



**Rudarsko-geološkog fakulteta**

  
**Prof.dr Zoran Gligorić**

Посл. бр. ....3-Фи 608/2018...

Привредни суд у Београду судија Мирјана Јовановић

као судија појединац у судскорегистарској правној ствари предлагача „Универзитет у Београду -

РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ“, Београд, ул. Ђушина бр. 7.

ради уписа промене лица овлашћеног за заступање.

01.10.2018. год.

дана ....., донео је

## РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев предлагача за упис у судски регистар и одређује се упис у судски регистар, у регистарски уложак

бр. 5-344-00 ....., података садржаних у прилозима уз пријаву бр. 4.....

који су саставни део овог решења.

Судија,


Мирјана Јовановић, с.р.  
за тачност отправљања оверава

Привредном апелационом

Поука о правном леку: Против овог решења може се изјавити жалба, преко овог суда, .....

Београду суду у ..... у року од 8 дана од дана достављања преписа решења.

4. Препис решења

Фирма и седиште subjekta upisa	<b>RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD, ul. Bušina br. 7</b>		Прилог уз решење број	<b>1</b>
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		<b>5-344-00 TRGOVINSKI SUD U BEOGRADU</b>		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
13.04.2007.god.	I Fi 124/07	7	T.S.Beograd	
1.	Фирма и седиште субјекта уписа и његов матични број			
<b>"UNIVERZITET U BEOGRADU - RUDARSKO GEOLOŠKI FAKULTET"</b> <b>BEOGRAD, ul. Bušina br. 7</b> Назив Fakulteta na engleskom jeziku je: <b>"UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF MINING AND GEOLOGY"</b> Матични број: 07045735      PIB: 100206244 Жиро-рачун: 840-1812660-65				
2.	Овлашћење субјекта уписа у правном промету			
<b>Sva ovlašćenja u granicama upisane delatnosti.</b> <b>Fakultet je pravno lice i ima pravo da u pravnom prometu zaključuje</b> <b>ugovore i preduzima druge pravne poslove i pravne radnje u okviru</b> <b>svoje pravne i poslovne sposobnosti.</b>				
3.	Врста и обим одговорности за обавезе субјекта уписа у правном промету и врста и обим одговорности за обавезе других субјеката			
<b>U pravnom prometu sa trećim licima Fakultet za svoje obaveze odgovara</b> <b>celokupnom imovinom kojom raspolaže (potpuna odgovornost)</b>				
4.	Одговорност оснивача за обавезе субјекта уписа			
<div style="text-align: right;">  <p>Судија,  <b>Tatjana Vlasisavljević, s.r.</b>            за та́чност и́справку и́верава:.....</p> </div>				
Следи наставак број:			<b>4. Прилог уз препис решења</b>	

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 1



Број регистарског улошка регистарског  
суда и његово седиште

5-344-00

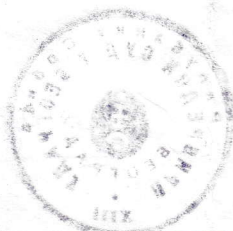
PRIVREDNI SUD U BEOGRADU

I-P1-9997/99

20.03.2000.g.

Редни број	Фирма, односно назив и седиште, ознака регистра и број регистарског уписа, матични број и број рачуна оснивача односно име и адреса, лични број и број личне карте оснивача и члана	Број и датум акта о оснивању	Датум приступања
1	2	3	4
1	VLADA REPUBLIKE SRBIJE		
2			
3			
4			
5			

Уписани и уплаћени основни капитал; повећање, односно смањење основног капитала.



4. Прилог уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 2

Редни број	Укупан износ улога оснивача и члана	Врста и обим одговорности за обавезе subjекта уписа	Датум иступања
5	6	7	8
1			
2			
3			
4			
5			

Уписани и уплаћени основни капитал; повећање, односно смањење основног капитала.



Судија

LJILJANA MUJAGIC

4. Прилог уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 2

			Прилог уз решење број	3
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-344-00 ПРИВРЕДНИ СУД У БЕОГРАДУ		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
27.09.2018.	1 Фи 600/2018	9	Привредни суд у Београду	
1.	Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа			
85.42 - Високо образовање 85.59 - Остало образовање 85.60 - Помоћне образовне делатности 43.13 - Испитивање терена бушењем и сондирањем 43.99 - Остали непоменути специфични грађевински радови 36.00 - Скупљање, пречишћавање и дистрибуција воде 39.00 - Санација, рекултивација и друге услуге у области управљања отпадом 71.12 - Инжењерске делатности и техничко саветовање 71.20 - Техничко испитивање и анализе 72.19 - Истраживање и развој у осталим природним и техничко-технолошким наукама 74.90 - Остале стручне, научне и техничке делатности 70.22 - Консултантске активности у вези са пословањем и осталим управљањем 08.99 - Експлоатација осталих неметаличних руда и минерала 37.00 - Уклањање отпадних вода 82.11 - Комбиноване канцеларијско-административне услуге 82.19 - Фотокопирање, припремање докумената и друга специјализована канцеларијска подршка 82.30 - Организовање састанака и сајмова 09.10 - Услугне делатности у вези са нафтом и гасом 09.90 - Услугне делатности у вези са осталим рудама 58.11 - Издавање књига 58.14 - Издавање часописа и периодичних издања 58.19 - Остала издавачка делатност 58.29 - Издавање осталих софтвера 47.61 - Трговина на мало књигама у специјализованим продавницама 62.01 - Рачунарско програмирање 62.02 - Консултантске делатности у области информационе технологије 62.03 - Управљање рачунарском опремом 62.09 - Остале услуге информационе технологије 63.11 - Обрада података, хостинг и сл. 63.12 - Веб портали 69.10 - Правни послови				
Судија		.....Иванка Козић Кнежевић, с.р..... за тачност отправку оверава		
Следи наставак број:		4. Прилог уз препис решења		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3

Наставак  
прилога уз  
пријаву  
број

3

Број регистарског улошка регистарског  
суда и његово седиште

5-344-00 ПРИВРЕДНИ СУД У БЕОГРАДУ

Наставак: 1

69.20 - Рачуноводствени, књиговодствени и ревизорски послови  
70.10 - Управљање економским субјектом  
71.11 - Архитектонска делатност  
77.39 - Издајмљивање и лизинг осталих машина, опреме и материјалних добара  
91.01 - Делатност библиотека и архива  
91.02 - Делатност музеја, галерија и збирки  
94.12 - Делатност струковних удружења  
94.20 - Делатност синдиката  
94.99 - Делатност осталих организација на бази учлањења  
56.10 - Делатности ресторана и покретних угоститељских објеката  
56.30 - Услуге припремања и послуживања пића

Делатност се проширује са:

68.20 - Издајмљивање властитих или издајмљених некретнина и управљање њима

Судија,  
Иванка Козић Кнежевић, с.р.  
за тачност отправка оверава



Следи наставак број: /

4.Наставак прилога уз препис решења

			Прилог уз решење број	<b>4</b>
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-344-00 Привредни суд у Београду		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
01.10.2018.	3 Фи 608/2018	24	Привредни суд у Београду	
1.	Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа и границе њихових овлашћења			
<p>УПИСУЈЕ СЕ:</p> <p>др Зоран Глигорић, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 2112965710043</p> <p>БРИШЕ СЕ:</p> <p>др Душан Полочмић, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 3107965710094</p>				
2.	Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа у обављању послова спољнотрговинског промета и границе њихових овлашћења			
<p>УПИСУЈЕ СЕ:</p> <p>др Зоран Глигорић, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 2112965710043</p> <p>БРИШЕ СЕ:</p> <p>др Душан Полочмић, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 3107965710094</p>				
Следи наставак број:		<p>Судија,</p> <p>..... Мирјана Јовановић, с.р. ....</p> <p>за тачност отпавка оверава</p> <p><b>4. Прилог уз препис решења</b></p>		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 4



Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet  
Đušina 7, 11000 Beograd, Srbija  
Tel.+381 11 3219 101; Fax. +381 11 3235 539  
www.rgf.bg.ac.rs

Na osnovu normativnih akata Univerziteta u Beogradu - Rudarsko-geološkog fakulteta i važećeg Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasnik RS 101/15), a u skladu sa obavezama po osnovu sklopljenog ugovora između RUDARSKO-GEOLOŠKOG FAKULTETA br.14/80-20 od 25.06. 2020.god, i RIO SAVA EXPLORATION D.O.O. br. 463 od 20.08.2020. godine, donosim

## REŠENJE

o imenovanju projekatana za izradu **STUDIJE IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR**, i to:

- **Rukovodilac izrade Studije i odgovorni projektant:**

Prof. dr Nikola Lilić, dipl.ing.rud.

- **Odgovorni projektanti:**

Prof. dr Radule Tošović, dipl.inž. geologije

Prof. dr Zoran Gligorić, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Branko Gluščević, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Vladimir Čebešek, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Rade Tokalić, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Vladimir Milisavljević, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Ivica Ristović, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Dejan Stevanović, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Dinko Knežević, dipl. inž. rudarstva

Zoran Đorđević, dipl.inž. elektrotehnike

Slobodan Kostić, dipl.inž. građevinarstva

Prof. dr Aleksandar Cvjetić, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Čedomir Beljić, dipl. inž. rudarstva

Navedeni projektanti ispunjavaju zakonom propisane uslove za obavljanje poslova ove vrste.



DEKAN

Rudarsko-geološkog fakulteta

  
Prof.dr Zoran Gligorić



Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet  
Đušina 7, 11000 Beograd, Srbija  
Tel.+381 11 3219 101; Fax. +381 11 3235 539  
www.rgf.bg.ac.rs

## IZJAVE O AUTORSTVU I MEĐUSOBNOJ USAGLAŠENOSTI DELOVA STUDIJE

Izjavljujemo da samo kao glavni ili odgovorni projektanti izradili **STUDIJU IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR**, i to: u svemu prema Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasnik RS br.101/2015 i 95/2018), Pravilniku o sadržini studije izvodljivosti eksploatacije ležišta mineralnih sirovina (Sl. glasnik RS br.108/2006), Pravilniku o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metaličnih i nemetalčnih mineralnih sirovina ("Sl. List SFRJ", br. 24/91) i drugim važećim pravilnicima i standardima za izradu ove vrste dokumentacije.

Sva rešenja u ovom projektu saobražena su sa propisanim odredbama Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu (Sl. glasnik RS br.101/2005, 91/2015 i 113/2017) i Zakonu o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US i 14/2016, 76/2018, 95/2018), kao i da je izvršena međusobna usaglašenost projektne dokumentacije.

### PROJEKTANTI:

1. Prof. dr Nikola Lilić, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta

(Uverenje br. 3298/R/1997)

2. Prof. dr Radule Tošović, dipl.inž. geologije, za odgovornog projektanta

(Uverenje br. 689/Ge/2003)

3. Prof. dr Zoran Gligorić, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta

(Uverenje br. 2980/R/1996)

4. Prof. dr Branko Gluščević, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta

(Uverenje br. 2979/R/1996)

5. Prof. dr Vladimir Čebašek, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta

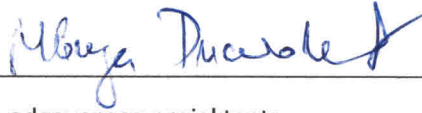






(Uverenje br. 3793/R/2001)

6. Prof. dr Rade Tokalić, dipl.inž. rud., za odgovornog projektanta

(Uverenje br. 3622/R/1999)

7. Prof. dr Vladimir Milisavljević, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta

(Uverenje br. 4062/R/2002)

8. Prof. dr Ivica Ristović, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta  
(Uverenje br. 4002/R/2002) 
9. Prof. dr Dejan Stevanović, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta  
(Uverenje br. 4923/R/2007) 
10. Prof. dr Dinko Knežević, dipl. inž. rud., za odgovornog projektanta  
(Uverenje br. 124/R/1983) 
11. Zoran Đorđević, dipl. ing. elektrotehnike., za odgovornog projektanta  
(Uverenje br. 4332/R/2003) 
12. Slobodan Kostić, dipl. inž. građ., za odgovornog projektanta  
(Uverenje br. 6996/R/2018) 
13. Prof. dr Aleksandar Cvjetić, dipl.ing.rud., za odgovornog projektanta  
(Uverenje br. 4101/2002) 
14. Prof. dr Čedomir Beljić, dipl.ing.rud., za odgovornog projektanta  
(Uverenje br. 2975/R/1996) 

Verodostojnost izjava odgovornih projektanata overava:

DEKAN

Rudarsko-geološkog fakulteta



  
Prof. dr Zoran Gligorić



Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet  
Đušina 7, 11000 Beograd, Srbija  
Tel.+381 11 3219 101; Fax. +381 11 3235 539  
www.rgf.bg.ac.rs

Na osnovu Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasnik RS br.101/2015 i 95/2018) i Zakona o zaštiti životne sredine (Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US i 14/2016, 76/2018, 95/2018), UNIVERZITET U BEOGRADU RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET, sa potpunom odgovornošću, izdaje sledeću

## POTVRDU

Da je UNIVERZITET U BEOGRADU RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET, visoko obrazovna ustanova u državnoj svojini, registrovana kod Privrednog suda u Beogradu za izradu tehničke dokumentacije iz oblasti rudarstava, i da je izradilo sledeću investiciono-tehničku dokumentaciju:

### STUDIJU IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR

Da je predmetna investiciono-tehnička dokumentacija izrađena u skladu sa odredbama Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasnik RS br.101/2015 i 95/2018), Zakona o bezbednosti i zdravlju na radu (Sl. glasnik RS br.101/2005, 91/2015 i 113/2017) i Zakona o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US i 14/2016, 76/2018, 95/2018).

Ova Potvrda je sastavni deo predmetne investiciono-tehničke dokumentacije i u druge svrhe se ne može upotrebiti.

DEKAN

Rudarsko-geološkog fakulteta



  
Prof.dr Zoran Gligorić



## Opšti podaci

---

### Naziv studije:

**STUDIJA IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE  
LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR**

### Investitor:

**Rio Sava Exploration d.o.o. Beograd  
Milutina Milankovića 1i, 11.070 Novi Beograd,  
Republika Srbija  
Tel. +381 (0)11 4041 430, <http://www.riotinto.com/Jadar>**

### Autor:

**Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet  
Džušina 7, 11.000 Beograd, Republika Srbija  
Tel. +381 (0)11 3219 101, <https://rgf.bg.ac.rs/>**

### Uvodna napomena

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet je pripremio Izvod iz Studije izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar kao prateći document Zahtevu za određivanje obima i sadržaja Studije o proceni uticaja na životnu sredinu u skladu sa zahtevom člana 12, Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu (Službeni glasnik R. Srbije br. 135/04 i 36/09).

Datum:  
05.04.2021.

## SAGLASNOST INVESTITORA

Ovim dokumentom potvrđujemo saglasnost na priloženu investiciono-tehničku dokumentaciju.

**INVESTITOR:** Rio Sava Exploration d.o.o. Beograd  
Bulevar Milutina Milankovića 1i, sprat 5,  
11070 Novi Beograd, Beograd, Republika Srbija

**VRSTA PROJEKTA:** STUDIJA IZVODLJIVOSTI PODZEMNE  
EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I BORA JADAR

**AUTOR:** Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet  
Đušina 7, 11000 Beograd, Republika Srbija  
Tel. +381 3219 101, <https://rgf.bg.ac.rs/>

**UGOVOR:** Naručilac broj: 463 od 20.08.2020.  
Izvršilac broj: 14/80-20 od 25.06.2020.

### INVESTITOR

Rio Sava Exploration d.o.o. Beograd



Vesna Prodanović  
Generalni direktor





## Spisak projektanata

---

### Rukovodilac izrade studije:

Prof. dr Nikola Lilić, dipl. inž. rudarstva

### Projektanti:

#### Geološki deo:

Prof. dr Radule Tošović, dipl.inž. geologije

mr Zoran Draško, dipl.inž. geologije

#### Rudarski deo:

Prof. dr Zoran Gligorić, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Aleksandar Milutinović, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Branko Gluščević, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Vladimir Čebešek, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Rade Tokalić, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Vladimir Milisavljević, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Ivica Ristović, dipl. inž. Rudarstva

Prof. dr Nikola Lilić, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Božo Kolonja, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Dejan Stevanović, dipl. inž. rudarstva

Veljko Rupar, master inž. rudarstva

Luka Crnogorac, master inž. rudarstva

Petar Marković, master inž. rudarstva

#### Priprema mineralnih sirovina:

Prof. dr Dinko Knežević, dipl. inž. Rudarstva



### **Elektro deo:**

Zoran Đorđević, dipl.inž. elektrotehnike

### **Građevinski deo:**

Slobodan Kostić, dipl.inž. građevinarstva

### **Zaštita životne sredine:**

Prof. dr Aleksandar Cvjetić, dipl. inž. rudarstva

Prof. dr Nikola Lilić, dipl. inž. rudarstva

Uroš Pantelić, master inž. zašt. živ. sred.

Milena Lekić, master inž. šumarstva

### **Ekonomski deo:**

Prof. dr Čedomir Beljić, dipl. inž. Rudarstva



# Sadržaj

## 1. Opšti podaci o eksploatacionom polju

1. Opšti podaci o eksploatacionom polju .....	1
---	---

## 2. Prikaz istorijata geoloških istraživanja i opis prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije

2.1. Istorijat geoloških istraživanja .....	4
2.1.1. Pregled osnovnih geoloških istraživanja .....	4
2.1.2. Pregled detaljnih geoloških istraživanja bornih minerala Jadarskog basena .....	5
2.2. Opis prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije .....	6

## 3. Geološki deo

3.1. Geološka građa šireg područja .....	8
3.2. Veličina i oblik ležišta, geološka i strukturna građa ležišta i karakteristike radne sredine .....	10
3.2.1. Geološka građa ležišta .....	10
3.2.2. Oblik i veličina ležišta .....	15
3.2.3. Strukturna građa ležišta .....	17
3.2.4. Hidrološke karakteristike područja ležišta .....	19
3.2.5. Hidrogeološke karakteristike ležišta .....	20
3.2.6. Inženjersko-geološke i geotehničke karakteristike ležišta .....	26
3.3. Vrste, kvalitet i količine rezervi mineralnih sirovina, mineralni sastav, sadržaj i gustina korisne komponente .....	32
3.3.1. Vrste mineralnih sirovina .....	32
3.3.2. Mineralni sastav .....	32



3.3.3. Sadržaj i gustina korisne komponente .....	35
3.3.4. Rezerve mineralnih sirovina .....	39
3.4. Prostorni položaj utvrđenih i overenih rezervi mineralnih sirovina .....	47

## 4. Rudarski deo

4.1. Sistem otvaranja i pripreme ležišta Jadar .....	48
4.1.1. Opšti koncept .....	48
4.1.2. Otvaranje ležišta .....	48
4.1.3. Osnovna priprema (pristup ležištu) .....	49
4.1.4. Osnovna priprema revira .....	50
4.1.5. Osnovna priprema otkopnog polja .....	52
4.1.6. Jamski objekti .....	52
4.1.7. Dinamika otvaranja i osnovne pripreme ležišta .....	53
4.2. Analiza geomehaničke stabilnosti rudarskih objekata .....	54
4.2.1. Prikupljanje podataka .....	54
4.2.2. Geomehanička ispitivanja i procene čvrstoće (2016-2020) .....	54
4.2.3. Procena seizmičkog rizika .....	58
4.2.4. Definisanje naponskog stanja .....	59
4.2.5. Strukturna svojstva .....	59
4.2.6. Zasip .....	59
4.2.7. Geotehničko modeliranje i karakterizacija .....	60
4.2.8. Granice potencijalnog sleganja .....	65
4.2.9. Izbor podgrade za horizontalne jamske prostorije .....	67
4.2.10. Izbor podgrade za vertikalne jamske prostorije .....	71
4.2.11. Stabilnost otkopa .....	75
4.2.12. Geomehanički uslovi za formiranje odlagališta jalovinskog materijala .....	76
4.3. Planiranje dinamike eksploatacije .....	78
4.4. Dimenzionisanje sistema eksploatacije ležišta .....	80
4.4.1. Tehnologija izrade jamskih prostorija .....	80
4.4.2. Izbor metode otkopavanja .....	86
4.4.3. Bušenje i miniranje .....	90
4.4.4. Transport otkopanog materijala .....	91
4.4.5. Izbor osnovne i pomoćne rudarske opreme .....	93
4.4.6. Izvoz materijala i ljudi .....	99
4.5. Ventilacija rudnika .....	101
4.5.1. Opis osnovne koncepcije sistema provetravanja rudnika .....	101



4.5.2. Konceptija ventilacije panela .....	103
4.5.3. Potrebna količina vazduha za provetravanje rudnika .....	103
4.5.4. Modeliranje distribucije protoka vazduha .....	105
4.5.5. Kapacitet i režim rada glavnih rudničkih ventilatora .....	106
4.5.6. Konceptija sistema za hlađenje vazduha .....	107
4.6. Odvodnjavanje rudnika .....	108
4.6.1. Potrošnja vode u podzemnom proizvodnom sistemu .....	109
4.6.2. Tretman voda .....	110
4.7. Priprema i distribucija zasipa .....	111
4.7.1. Recepture za pravljenje zasipnog materijala .....	111
4.7.2. Prikaz tehnološke šeme pripreme zasipa .....	112
4.7.3. Zasipavanje otkopa pasta zasipom .....	115
4.7.4. Spisak opreme .....	117
4.8. Snabdevanja jame rudnika Jadar dizel gorivom, komprimovanim vazduhom, industrijskom i pijaćom vodom .....	118
4.9. Radna snaga .....	120
4.10. Mere tehničke zaštite ljudi i objekata .....	121
4.10.1. Opšte i kolektivne mere zaštite .....	121
4.10.2. Lična zaštitna sredstva .....	122
4.10.3. Posebne mere zaštite .....	123
4.10.4. Stanice za spasavnje .....	123
4.10.5. Konceptija sistema zaštite od požara podzemnog proizvodnog sistema .....	124

## 5. Odlaganje rudničke jalovine

5.1. Konceptija formiranja odlagališta rudničke jalovine .....	128
5.2. Ugradnja vodonepropusne folije .....	129
5.3. Tehnologija formiranja odlagališta .....	130
5.4. Konstrukcija odlagališta .....	130
5.5. Rudarska oprema na odlaganju rudničke jalovine .....	132
5.6. Rekultivacija odlagališta rudničke jalovine .....	133
5.6.1. Model rekultivacije i struktura površina .....	133
5.6.2. Tehnička rekultivacija .....	134
5.6.3. Agrotehnička rekultivacija .....	135
5.6.4. Biološka rekultivacija .....	136

## 6. Priprema rude jadarita za hemijsku preradu

6.1. Principi projektovanja .....	139
-----------------------------------	-----



<b>6.2. Prikaz tehnološkog procesa pripreme rude jadarita</b>	139
6.2.1. Usitnjavanje rovne rude	140
6.2.2. Klasiranje usitnjene rude	141
6.2.3. Izdvajanje i skladištenje koncentrata jadarita	142
6.2.4. Zgušnjavanje sitnozrne jalovine	142
6.2.5. Zgušnjavanje krupnozrne jalovine	142
6.2.6. Filtriranje i sušenje jalovine	143
<b>6.3. Bilans koncentracije procesa pripreme rude jadarita</b>	143
<b>6.4. Bilans vode</b>	145
<b>6.5. Spisak opreme u postrojenju za pripremu rude</b>	146

## **7. Elektroenergetske instalacije**

<b>7.1. Opšte</b>	152
<b>7.2. Napajanje rudnika i procesne proizvodnje Jadar</b>	152
7.2.1. Napojna i prenosna mreža Srbije	152
7.2.2. Razvodno postrojenje 110 kV i trafostanica Jadar 110 kV /35 kV	154
7.2.3. Primljeni nazivni naponi na rudniku Jadar	155
7.2.4. Plan razvoja elektroenergetske mreže i instalacija	156
7.2.5. Nužno napajanje u slučaju hitnosti	157
7.2.6. Napojna mreža za podzemnu eksploataciju	158
7.2.7. Prenosno razvodno postrojenje i trafostanica (RMU) za podzemni deo rudnika	158
7.2.8. Napajanje podzemnog dela u slučaju kvarova	159
7.2.9. Napajanje električnom energijom postrojenja za drobljenje i pripremu rude	160
<b>7.3. Potrošnja električne energije u rudniku Jadar</b>	161
<b>7.4. Osoblje i oprema za elektroodržavanje rudnika</b>	163

## **8. Informacioni sistem i tehnologija (IS&T)**

<b>8.1. Informacioni sistem i tehnologija (IS&amp;T)</b>	165
<b>8.2. Portfolio aplikacija</b>	166
<b>8.3. Kontrolni sistem rudnika</b>	168

## **9. Građevinski objekti rudničkog kruga**

<b>9.1. Projektna dokumentacija</b>	169
<b>9.2. Opis građevinskih objekata</b>	169



## 10. Mere zaštite i sanacije životne sredine i uticaja na društvenu zajednicu

---

10.1. Mere zaštite i sanacije životne sredine .....	174
10.1.1. Staništa .....	176
10.1.2. Flora .....	178
10.1.3. Sisari .....	181
10.1.4. Akvatični beskičmenjaci .....	183
10.1.5. Tvrdokrilci .....	184
10.1.6. Ribe .....	184
10.1.7. Vodozemci .....	185
10.1.8. Gmizavci .....	185
10.2. Uticaj projekta na društvenu zajednicu .....	186

## Literatura i korišćena dokumentacija

---

Literatura i korišćena dokumentacija .....	189
--	-----

# Spisak slika

## 1. Opšti podaci o eksploatacionom polju

<i>Slika 1.1.1</i> Pregledna topografska karta sa položajem istražnog prostora “Jadar” .....	2
<i>Slika 1.1.2</i> Pregledna karta sa položajem predloženog eksploatacionog polja “Jadar”).....	3

## 2. Prikaz istorijata geoloških istraživanja i opis prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije

<i>Slika 2.2.1</i> Pregled prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije na projektu Jadar .....	7
---	---

## 3. Geološki deo

<i>Slika 3.1.1.</i> Geološka karta šireg područja jadarskog basena sa granicama istražnog polja (crni mnogougao) i konturama (crvena linija) ležišta bora i litijuma Jadar (Osnovna Geološka karta SFRJ (OGK) list Zvornik L34-123, razmere 1 : 100 000 (Mojsilović i dr, 1977)) (Misailović, Tanasković, 2020). .....	9
<i>Slika 3.2.1</i> Peskoviti krečnjak – bioosparit, donji trijas, 3318125, JDR-8, 586,6-586,7m (Misailović, Tanasković, 2020).....	11
<i>Slika 3.2.2</i> Krečjak – biospararudit gornjokredne starosti, 3318202, JDR-22, 582,0-582,1m (Misailović, Tanasković, 2020). .....	11
<i>Slika 3.2.3.</i> Trakasti slojevi sa jadaritom, JDR-17A, 211,70 m (Misailović, Tanasković, 2020). .....	11
<i>Slika 3.2.4.</i> Tufozni trakasti slojevi, JDR-39, 268,6 m (Misailović, Tanasković, 2020).....	11
<i>Slika 3.2.5.</i> Grubozrni peščar, bušotina JDR-29, 337,7 m (Misailović, Tanasković, 2020). .....	12
<i>Slika 3.2.6.</i> “Šok” brečokonglomerata, bušotina JDR-25, 672,5 m (Misailović, Tanasković, 2020). .....	12
<i>Slika 3.2.7.</i> Geološki stub basena u domenu ležišta Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).....	13
<i>Slika 3.2.8.</i> Generalni geološki stub izdvojenih geodomena u jadarskom basenu (Misailović, Tanasković, 2020).....	14
<i>Slika 3.2.9.</i> Izgled paketa kontinualnih geodomena (Misailović, Tanasković, 2020) .....	14
<i>Slika 3.2.10.</i> Geološka karta (OGK list Zvornik 1:100 000, Mojsilović i dr., 1977) sa interpretacijom regionalnih struktura na osnovu geomagnetnih merenja, 2005 (Misailović, Tanasković, 2020). .....	18



<b>Slika 3.2.11.</b> Prikaz interpretiranih raseda u ležištu Jadar i prostorni položaj sekundarne grabenske strukture. U levom donjem uglu slike, crvena puna strelica pokazuje rasede interpretirane na osnovu DTM koji su obeleženi crvenim debelim linijama (Misailović, Tanasković, 2020). .....	19
<b>Slika 3.2.12.</b> Profil kroz SM 3.2, Konceptualni Strukturni model (Misailović, Tanasković, 2020).....	19
<b>Slika 3.2.13.</b> Slivno područje Jadrta, sa granicom istražnog područja i sa položajem mernih stanica Zavrlaka i Lešnica (Misailović, Tanasković, 2020).....	20
<b>Slika 3.2.14.</b> Rasprostranjenje tipova izdani u dolini reka Jadar, Korenita i Stupnica (Misailović, Tanasković, 2020).....	21
<b>Slika 3.2.15.</b> Nivoi podzemnih voda prve izdani (Misailović, Tanasković, 2020).....	24
<b>Slika 3.2.16.</b> Karta pijeziometarskog pritiska u nivou donjeg jadaritskog horizonta (Misailović, Tanasković, 2020). .....	25
<b>Slika 3.2.17.</b> Konceptualni hidrogeološki profil ležišta, Jadar, jug-sever (Misailović, Tanasković, 2020). .....	25
<b>Slika 3.2.18.</b> Procena priliva podzemnih voda u rudarske radove (mart 2023 – decembar 2083) (Misailović, Tanasković, 2020).....	26
<b>Slika 3.2.19.</b> Geotehnički domeni, i njihovaprostorna zastupljenost u DJH (Zona 1 -zeleno; Zona 2 - ružičasto; Zona 3 -žuto; Zona 4 -plavo; Zona5 - svi ostali delovi) (Misailović, Tanasković, 2020). .....	29
<b>Slika 3.2.20.</b> Dijagram napona po geotehničkim zonama (Misailović, Tanasković, 2020). .....	30
<b>Slika 3.2.21.</b> Prikaz geotehničkog blokmodela u maloj razmeri (crveno - područja loših geotehničkih karakteristika; zeleno - područja dobrih geotehničkih karakteristika) (Misailović, Tanasković, 2020).....	31
<b>Slika 3.2.22.</b> Prikaz naponskog stanja u zaštitnim stubovima na kraju veka rudnika (Misailović, Tanasković, 2020). .....	31
<b>Slika 3.3.1.</b> Jadaritske mikrostrukturne varijacije (A) tipični nodularni jadarit je najčešći, (B) krupne nepravilne žice u gornjem graničnom nivou geodomena 360 i (C) finožrni jadarit sa jadaritskim agregatima < 100µm u prečniku, a u makroskopskom području jezgro crne boje (Misailović, Tanasković, 2020). .....	33
<b>Slika 3.3.2.</b> Prikaz stratigrafskog položaja rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).....	40
<b>Slika 3.4.1</b> Konture bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020). .....	47

## 4. Rudarski deo

<b>Slika 4.1.1.</b> Otvaranje, osnovna priprema i priprema otkopnih polja u ležištu Jadar .....	48
<b>Slika 4.1.2.</b> Dispozicija podinskog sistema osnovne pripreme (pristup ležištu) .....	49
<b>Slika 4.1.3.</b> Dispozicija krovinskog sistema osnovne pripreme (pristup ležištu) .....	50
<b>Slika 4.1.4.</b> Podela ležišta na revire.....	51
<b>Slika 4.1.5.</b> Položaj prostorija osnovne pripreme revira.....	51
<b>Slika 4.1.6.</b> Položaj prostorija osnovne pripreme otkopnog polja.....	52
<b>Slika 4.1.7.</b> Dispozicija jamskih objekata generalno na koti -230 m .....	53
<b>Slika 4.1.8.</b> Dispozicija jamskih objekata generalno na koti -260 m .....	53



<b>Slika 4.2.1.</b> Laubšerov dijagram za određivanje zone uticaja na infrastrukturne objekte.....	65
<b>Slika 4.2.2.</b> Litološki stub i geološki domeni ležišta Jadar .....	65
<b>Slika 4.2.3.</b> Položaj zone sleganja (crvena linija) usled rudarskih radova na površini terena.....	66
<b>Slika 4.2.4.</b> Q sistem za izbor sistema za podgrađivanje .....	67
<b>Slika 4.2.5.</b> Položaj odlagališta jalovinskog materijala.....	76
<b>Slika 4.4.1.</b> Izrada okna rezanjem odozdo na gore metodom „raise boring“, 1) bušenje pilot bušotine, 2) montiranje rezne glave, 3) izrada prostorije .....	83
<b>Slika 4.4.2.</b> Prikaz jamskog magacina eksploziva i eksplozivnih sredstava na nivou 2 (PH – pristupni hodnik, UIH – utovarno istovarni hodnik, UH – ulazni hodnik, OK - odbojna komora, KIS – komora za inicijalna sredstva, KE – komora za eksploziv, IH – izlazni hodnik).....	84
<b>Slika 4.4.3.</b> Prostorna primena metode otkopavanja. ....	86
<b>Slika 4.4.4.</b> Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem i visinom otkopa 22 – 32m. ....	87
<b>Slika 4.4.5.</b> Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem i visinom otkopa 8 – 22m .....	89
<b>Slika 4.4.6.</b> Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem (visina otkopa do 8m).....	90
<b>Slika 4.4.7.</b> Šematski prikaz proizvodnog sistema rudnika Jadar.....	92
<b>Slika 4.4.8.</b> Utovarač Caterpillar 980M.....	93
<b>Slika 4.4.9.</b> Zglobni kamion Volvo A60H .....	93
<b>Slika 4.4.10.</b> Grejder Caterpillar M12.....	94
<b>Slika 4.4.11.</b> Ostala pomoćna mehanizacija angažovana na površini .....	94
<b>Slika 4.4.12.</b> Bušaća kola tipa Epiroc Boomer S2, sa dve bušaće grane.....	95
<b>Slika 4.4.13.</b> Bušaća kola tipa Epiroc Simba M4 .....	96
<b>Slika 4.4.14.</b> Mašina za ugradnju viseće podgrade tipa Epiroc Boltec S.....	96
<b>Slika 4.4.15.</b> Utovarna mašina tipa Epiroc ST14 (verzija sa baterijama) .....	96
<b>Slika 4.4.16.</b> Jamski kamion tipa Epiroc Minetruck MT42 Battery.....	96
<b>Slika 4.4.17.</b> Continuous Bolter Miner (CBM) tipa Sandvik MB 670-1, pogled sa strane.....	97
<b>Slika 4.4.18.</b> Kamion za transport prskanog betona tipa Normet LF 600 Transmixer .....	97
<b>Slika 4.4.19.</b> Dimenzije mašine za ugradnju prskanog betona tipa Epiroc Meyco ME 3 .....	97
<b>Slika 4.4.20.</b> Grejder tipa PG10HA .....	97
<b>Slika 4.4.21.</b> Servisni kamion tipa Paus Universa 50, sa zamenljivim kasetama .....	98
<b>Slika 4.4.22.</b> Vozilo za transport i punjenje bušotina eksplozivom tipa Charmec MF 605 DA .....	98
<b>Slika 4.4.23.</b> Laka vozila predviđena za rad u rudniku Jadar .....	98
<b>Slika 4.4.24.</b> Koepe sistem (jednoužadni i višeužadni) i sistem sa dva cilindrična bubnja (jednoužadni i višeužadni). ....	99
<b>Slika 4.5.1.</b> Primer razvijenog panela pre početka otkopavanja (proizvodnje) rude .....	103
<b>Slika 4.5.2.</b> Prikaz sistema ventilacije u 2029. godini.....	105
<b>Slika 4.5.3.</b> Glavna ventilatorska stanica .....	107
<b>Slika 4.5.4.</b> Prikaz koncepcije rashladnog sistema.....	107
<b>Slika 4.6.1.</b> Koncepcija odvodnjavanja .....	109
<b>Slika 4.7.1.</b> Tehnološka šema pripreme zasipa .....	113
<b>Slika 4.7.2.</b> Situacija rudarskih objekata na površini i površinski deo postrojenja za pripremu zasipa.....	114



<b>Slika 4.7.3.</b> Pumpna stanica za transport zasipa .....	114
<b>Slika 4.7.4.</b> Opšti izgled postrojenja za pripremu zasipa.....	115
<b>Slika 4.7.5.</b> Raspored potrebnih količina pasta zasipa po godinama.....	116
<b>Slika 4.7.6.</b> Ciklus zasipavanja. Zasipavanje je integrisano u raspored izrada barikada i očvščavanja zasipa kao i u rasporedu zastoja u otkopavanju. ....	116
<b>Slika 4.8.1.</b> Cevovod za dovod sveže vode sa Drine do postrojenja .....	119
<b>Slika 4.10.1.</b> Lokacija glavne stanice za spasavanje .....	124
<b>Slika 4.10.2.</b> Izgled pomoćnih, mobilnih stanica za spasavanje.....	124

## 5. Odlaganje rudničke jalovine

<b>Slika 5.1.1.</b> Prostorni položaj odlagališta jalovinskog materijala .....	128
<b>Slika 5.1.2.</b> Projektovana dinamike eksploatacije rude i jalovine .....	129
<b>Slika 5.2.1.</b> Detalj ankerisanja folije na nasipu .....	130
<b>Slika 5.3.1.</b> Projektovana šema formiranja odlagališta .....	130
<b>Slika 5.3.2.</b> Šema odlaganja i planiranja istovarenog materijala .....	131
<b>Slika 5.4.1.</b> Konstruktivni elementi spoljašnjeg odlagališta .....	131
<b>Slika 5.4.2.</b> Izgled finalne konture spoljašnjeg odlagališta u planu .....	131
<b>Slika 5.4.3.</b> Generisana granica odlaganja između jalovine i siromašne rude u planu.....	132
<b>Slika 5.4.4.</b> Generisana granica odlaganja prikazana na profilu P1 .....	132
<b>Slika 5.5.1.</b> Utovarivač Caterpillar 980K.....	132
<b>Slika 5.5.2.</b> Zglobni kamion Caterpillar 730 .....	132
<b>Slika 5.5.3.</b> Buldozer CAT D10 .....	133
<b>Slika 5.5.4.</b> Grejder CAT 12M .....	133
<b>Slika 5.6.1</b> Raspored slojeva pri zatvaranju jalovišta .....	135
<b>Slika 5.6.2</b> Model biološke rekultivacije .....	137

## 6. Priprema rude jadarita za hemijsku preradu

<b>Slika 6.2.1</b> Uprošćena šema pripreme rude jadarita.....	140
<b>Slika 6.3.1</b> Količina prerađene rude i izdvojenog koncentrata po godinama eksploatacije.....	144

## 7. Elektroenergetske instalacije

<b>Slika 7.2.1.</b> Prenosni sistem Srbije na potezu Valjevo-Loznica .....	153
<b>Slika 7.2.2.</b> Prenosni sistem Srbije na potezu Valjevo-Loznica .....	153
<b>Slika 7.2.3.</b> Trasa dalekovoda za TS Jadar 110/35 kV/kV .....	154
<b>Slika 7.2.4.</b> Razvodno postrojenje 110/35 kV/kV i uklapanje na postojeći dalekovod.....	154
<b>Slika 7.2.5a.</b> Izgled dizel agregatskog postrojenja velike snage .....	157
<b>Slika 7.2.5b.</b> Generator set montiran u kontejner.....	157
<b>Slika 7.2.6.</b> Tipska prenosna trafostanica RMU .....	159



<b>Slika 7.2.7.</b> Postrojenje pripreme rude Jadarit- blok šema.....	160
<b>Slika 7.2.8.</b> Postrojenje pripreme rude Jadarit- tehnološka šema.....	161
<b>Slika 7.3.1.</b> Godišnja potrošnja električne energije u MWh.....	163
<b>Slika 7.3.2.</b> Godišnja potrošnja električne energije u €.....	163

## **8. Telekomunikacije, upravljanje, IT instalacije i monitoring sistema na rudarskim objektima**

---

<b>Slika 8.1.1.</b> Mrežna arhitektura projekta Jadar - koncept.....	166
<b>Slika 8.1.2.</b> LARM model .....	167

## **9. Građevinski objekti rudničkog kruga**

---

<b>Slika 9.2.1.</b> Dispozicija građevinskih objekata .....	170
---	-----



# Spisak tabela

## 1. Opšti podaci o eksploatacionom polju

<b>Tabela 1.1.1</b> Koordinate prelomnih tačaka istražnog prostora Jadar (Misailović, Tanasković, 2020) ...	1
<b>Tabela 1.1.2</b> Koordinate prelomnih tačaka eksploatacionog polja „Jadar“ .....	2
<b>Tabela 1.1.3</b> Koordinate prelomnih tačaka zaštitnog prostora oko eksploatacionog polja „Jadar“ .....	3

## 3. Geološki deo

<b>Tabela 3.2.1</b> Osnovne hidrogeološke jedinice (Misailović, Tanasković, 2020).....	21
<b>Tabela 3.2.2.</b> Vrednosti koeficijenta filtracije sračunati na osnovu paker testova sprovedenih u okviru prve faze testiranja (Misailović, Tanasković, 2020).....	23
<b>Tabela 3.2.3.</b> Rezultati laboratorijskih geotehničkih analiza na uzorcima jezgra uzetim iz donjeg horizonta sa jadaritom (Misailović, Tanasković, 2020). ....	27
<b>Tabela 3.2.4.</b> Podaci o klasifikaciji stenske mase za ležište Jadar (Misailović, Tanasković, 2020). ....	29
<b>Tabela 3.3.1.</b> Pregled mineralnog sastava donjeg jadaritskog horizonta po geodomenima (Misailović, Tanasković, 2020).....	34
<b>Tabela 3.3.2.</b> Statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u DJH (Misailović, Tanasković, 2020).....	36
<b>Tabela 3.3.3.</b> Statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u SJH (Misailović, Tanasković, 2020). ....	37
<b>Tabela 3.3.4.</b> Statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u GJH (Misailović, Tanasković, 2020). ....	38
<b>Tabela 3.3.5.</b> Učešće pojedinih kategorija rezervi po jadaritskim horizontima i ukupnim količinama (Misailović, Tanasković, 2020). ....	42
<b>Tabela 3.3.6.</b> Prikaz rezervi rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar, proračunatih osnovnom metodom proračuna (Misailović, Tanasković, 2020).....	43
<b>Tabela 3.3.7.</b> Količine bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta (Misailović, Tanasković, 2020).....	44
<b>Tabela 3.3.8.</b> Ukupne i eksploatacione rezerve B i Li donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020). ....	44



<b>Tabela 3.3.9.</b> Prikaz procenjenih potencijalnih rezervi rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).....	45
<b>Tabela 3.3.10.</b> Srednji sadržaji litijuma, bora i pratećih komponenti u proračunatim rezervama rudnim telima jadaritskih horizonata (bez vlage) (Misailović, Tanasković, 2020). ....	46
<b>Tabela 3.4.1.</b> Koordinate prelomnih tačaka konture bilansnih rezervi (Misailović, Tanasković, 2020).....	47

## 4. Rudarski deo

<b>Tabela 4.1.1.</b> Prostorije osnovne podinske pripreme.....	50
<b>Tabela 4.1.2.</b> Prostorije osnovne krovinske pripreme.....	50
<b>Tabela 4.1.3.</b> Prostorije osnovne pripreme revira.....	51
<b>Tabela 4.1.4.</b> Prostorije osnovne pripreme otkopnog polja.....	52
<b>Tabela 4.1.5.</b> Jamski objekti.....	52
<b>Tabela 4.2.1.</b> Rezime programa istražnog bušenja i prikupljenih podataka ležišta Jadar.....	55
<b>Tabela 4.2.2.</b> Srednje vrednosti jednoosne čvrstoće na pritisak (UCS), modula elastičnosti, Poisson-ovog koeficijenta, zapreminske mase i sadržaja vode za pojedine geodomene.....	56
<b>Tabela 4.2.3.</b> Vrednosti indeksa čvrstoće za pojedine domene (LIZ – donja jadaritska zona).....	56
<b>Tabela 4.2.4.</b> Rezultati ispitivanja direktnog smicanja na uzorcima isečenih probnih tela (SRK, 2019).....	57
<b>Tabela 4.2.5.</b> Zbirni pregled rezultata ispitivanja direktnim smicanjem na neporemećenim diskontinuitetima u ravnama uslojenja.....	57
<b>Tabela 4.2.6.</b> Karakteristične vrednosti parametara čvrstoće na smicanje za neporemećene otvorene diskontinuitete u ravnama uslojenja.....	57
<b>Tabela 4.2.7.</b> Zbirni prikaz čvrstoće stenskog materijala za ležište Jadar.....	58
<b>Tabela 4.2.8.</b> Povratni period (95% pouzdanosti) za zemljotrese jačine > 4.0 stepeni u regionu Balkana (izvor: Seizmološki institut Srbije).....	58
<b>Tabela 4.2.9.</b> Uporedni prikaz učestalosti diskontinuiteta na osnovu broja diskontinuiteta za pojedine vrste struktura u poređenju sa evidentiranim podacima o učestalosti diskontinuiteta.....	59
<b>Tabela 4.2.10.</b> Karakteristike mešavine 7.2 za zasipavanje otkopanog prostora.....	60
<b>Tabela 4.2.11.</b> Zbirni pregled parametara karakterizacije stenske mase u ležištu Jadar.....	60
<b>Tabela 4.2.12.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 1.....	61
<b>Tabela 4.2.13.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 2.....	61
<b>Tabela 4.2.14.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 3.....	61
<b>Tabela 4.2.15.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 4.....	61
<b>Tabela 4.2.16.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 5.....	62



<b>Tabela 4.2.17.</b> Pregled vrednosti svojstava neporemećene stenske mase .....	62
<b>Tabela 4.2.18.</b> Pregled vrednosti parametara Hoek-Brown-ovog kriterijuma za stenske mase .....	63
<b>Tabela 4.2.19.</b> Pregled vrednosti parametara Hoek-Brown-ovog kriterijuma za stenske mase u modelu za ocenu uticaja celokupnog eksploatacionog polja na sleganja terena iznad otkopa .....	63
<b>Tabela 4.2.20.</b> Orijentacija i intezitet polja napona.....	63
<b>Tabela 4.2.21.</b> Dimenzije stubova i otkopa za odgovarajuće dubine otkopavanja i debljine ležišta ....	64
<b>Tabela 4.2.22.</b> Računske vrednosti RMR.....	66
<b>Tabela 4.2.23.</b> Karakteristični uglovi i rastojanja .....	66
<b>Tabela 4.2.24.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 1.....	67
<b>Tabela 4.2.25.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 2.....	68
<b>Tabela 4.2.26.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 3.....	68
<b>Tabela 4.2.27.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 4.....	68
<b>Tabela 4.2.28.</b> Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 5.....	68
<b>Tabela 4.2.29.</b> Vrednosti pokazatelja kvaliteta stenskog masiva (RQD) .....	68
<b>Tabela 4.2.30.</b> Računske vrednosti indeksa kvaliteta stenskog masiva Q karakterističnih geotehničkih zona .....	69
<b>Tabela 4.2.31.</b> Dimenzija pojedinih tipova prostorija .....	69
<b>Tabela 4.2.32.</b> Vrednosti koeficijenta podgrađivanja ESR .....	69
<b>Tabela 4.2.33.</b> Dimenzija pojedinih tipova prostorija .....	70
<b>Tabela 4.2.34.</b> Kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorija u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu Q sistema (SRF = 15).....	70
<b>Tabela 4.2.35.</b> Kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorija u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu Q sistema (SRF = 10).....	70
<b>Tabela 4.2.36.</b> Dimenzija pojedinih tipova vertikalnih prostorija .....	71
<b>Tabela 4.2.37.</b> Ulazni parametri za određivanje maksimalnog prečnika stabilne vertikalne jamske prostorije (glavno izvozno okno – tip 1 i glavno ventilaciono okno – tip 2) .....	72
<b>Tabela 4.2.38.</b> Ulazni parametri za određivanje maksimalnog prečnika stabilne vertikalne jamske prostorije (slepo ventilaciono okno – tip 3 i cilindar bunkera – tip 4) .....	72
<b>Tabela 4.2.39.</b> Maksimalni prečnik stabilne vertikalne jamske prostorije za glavno izvozno okno – tip 1 i glavno ventilaciono okno – tip 2.....	72
<b>Tabela 4.2.40.</b> Maksimalni prečnik stabilne vertikalne jamske prostorije za slepo ventilaciono okno – tip 3 i cilindar bunkera – tip 4.....	73
<b>Tabela 4.2.41.</b> Kategorije sistema za podgrađivanje glavnog izvoznog okna – tip 1 (D = 8.5 m) i glavnog ventilacionog okna – tip 2 (D = 6.5 m) u karakterističnim geodomenima na osnovu Q sistema (SRF = 15) .....	73
<b>Tabela 4.2.42.</b> Kategorije sistema za podgrađivanje prostorija slepog ventilacionog okna – tip 3 i cilindra bunkera – tip 4 u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu Q sistema (SRF = 15).....	74
<b>Tabela 4.2.43.</b> Najbitniji parametri otkopnih prostorija .....	76



<b>Tabela 4.2.44.</b> Zbirni pregled računskih vrednosti parametara za analizu stabilnosti kosina odlagališta .....	77
<b>Tabela 4.3.1.</b> Dinamika proizvodnje.....	79
<b>Tabela 4.4.1.</b> Projektovana podgrada prostorija.....	85
<b>Tabela 4.4.2.</b> Vrste podgrade prostorija po kategorijama .....	85
<b>Tabela 4.4.3</b> Primena metode otkopavanja.....	86
<b>Tabela 4.4.4.</b> Parametri bušenja i miniranja.....	90
<b>Tabela 4.4.5</b> Proizvodni parametri miniranja .....	91
<b>Tabela 4.4.6.</b> Karakteristike materijala.....	92
<b>Tabela 4.4.7.</b> Spisak nominalne opreme za rad u industrijskom krugu rudnika Jadar .....	93
<b>Tabela 4.4.8.</b> Spisak opreme za rad u podzemnom rudniku Jadar .....	95
<b>Tabela 4.5.1</b> Kriterijumi za projektovanje ventilacije rudnika u projektu Jadar.....	102
<b>Tabela 4.5.2.</b> Količina vazduha potrebna za provetravanje rudarskih prostorija po kW snage primenjene opreme na dizel pogon.....	104
<b>Tabela 4.5.3</b> Procenjene karakteristike ventilacionog sistema.....	106
<b>Tabela 4.5.4</b> Godišnja procena potreba za hlađenjem vazduha.....	108
<b>Tabela 4.6.1.</b> Procena potrošnje vode pojedinih tipova mehanizacije.....	110
<b>Tabela 4.7.1</b> Sastav zasipne mešavine.....	111
<b>Tabela 4.7.2</b> Sastav zasipne mešavine.....	111
<b>Tabela 4.7.3.</b> Stope popunjenosti prilagođene da uključuju aktivnosti na proveru sistema i planiranim zastojima pri kapacitetu postrojenja od 165 m <sup>3</sup> /h.....	117
<b>Tabela 4.7.4.</b> Spisak opreme sistema za pripremu i transport zasipa .....	117
<b>Tabela 4.9.1</b> Očekivani broj radnika u rudniku Jadar, u nekim godinama.....	121
<b>Tabela 4.10.1.</b> Sumarni pregled opisa planiranog protivpožarnog sistema .....	126

## 5. Odlaganje rudničke jalovine

<b>Tabela 5.6.1.</b> Struktura površina za rekultivaciju odlagališta.....	134
<b>Tabela 5.6.2.</b> Struktura površina odlagališta za biološku rekultivaciju prema tipu rekultivacije .....	137
<b>Tabela 5.6.3.</b> Sadržaj travno-leguminozne smeše .....	138

## 6. Priprema rude jadarita za hemijsku preradu

<b>Tabela 6.3.1</b> Kvalitet rude, koncentrata i jalovine iz procesa pripreme jadarita, maseno, suvo, ukupno .....	143
<b>Tabela 6.3.2</b> Bilans koncentracije rude jadarita .....	144
<b>Tabela 6.3.3</b> Godišnji bilans koncentracije.....	144
<b>Tabela 6.3.4.</b> Bilansi koncentracije ukupno.....	145



<b>Tabela 6.4.1</b> Količina vode koja ulazi u proces PMS, procesna i voda iz drugih delova procesa (Prilog 6.2.1.).....	145
<b>Tabela 6.4.2</b> Količina vode koja izlazi iz procesa za PMS .....	145
<b>Tabela 6.5.1</b> Spisak opreme u postrojenju za pripremu rude .....	146

## 7. Elektroenergetske instalacije

<b>Tabela 7.1.1.</b> Kompleks Jadar sa procenjenim maksimalnim kapacitetima .....	152
<b>Tabela 7.2.1.</b> Primenjeni nazivni naponi na rudniku Jadar .....	155
<b>Tabela 7.2.2.</b> Maksimalna dozvoljena odstupanja napona .....	155
<b>Tabela 7.2.3.</b> Specifikacija potrošača na površini .....	156
<b>Tabela 7.2.4.</b> Specifikacija potrošača na podzemnom delu .....	156
<b>Tabela 7.2.5.</b> Specifikacija rudarskih mašina .....	156
<b>Tabela 7.2.6.</b> Tipovi niskonaponskih tabli RMU .....	159
<b>Tabela 7.2.7.</b> Broj instaliranih RMU po godinama .....	159
<b>Tabela 7.3.1.</b> Procenjena cena energije na period od 20 godina .....	161
<b>Tabela 7.3.2.</b> Potrošnja električne energije rudnika Jadar po godinama razvoja .....	162
<b>Tabela 7.3.3.</b> Ukupna potrošnja energije za rudnik i pripremu rude na godišnjem nivou .....	163
<b>Tabela 7.4.1.</b> Godišnji broj provedenih dana rada jednog radnika na poslovima održavanja .....	163
<b>Tabela 7.4.2.</b> Ukupan broj radnika na elektro održavanju rudnika Jadar .....	164
<b>Tabela 7.4.3.</b> Raspored radnika elektro održavanja po pogonima rudnika Jadar .....	164

## 10. Mera zaštite i sanacije životne sredine i uticaj eksploatacije na društvenu zajednicu

<b>Tabela 10.1.1</b> Mere za sprečavanje, smanjenje ili otklanjanje potencijalnih uticaja projekta na životnu sredinu .....	175
<b>Tabela 10.1.2</b> Spisak mera baziran na Listi konzervacionih mera .....	177
<b>Tabela 10.1.3</b> Spisak vrsta vaskularne flore značajnih za istraživano područje i predložene mere njihove zaštite .....	180
<b>Tabela 10.2.1</b> Mere za sprečavanje, smanjenje ili otklanjanje potencijalnih uticaja projekta na društvenu zajednicu .....	187



# Spisak Priloga

## 1. Opšti podaci o eksploatacionom polju

---

*Prilog 1.1.1 Predlog eksploatacionog polja*

## 4. Rudarski deo

---

*Prilog 4.1.1. Plan prostorija otvaranja, osnovne pripreme i pripreme otkopnih polja u podini – Januar 2061. god.znake eksploatacionih celina i jamskih prostorija*

*Prilog 4.1.2. Plan prostorija otvaranja, osnovne pripreme i pripreme otkopnih polja u krovini – Januar 2061. god.znake eksploatacionih celina i jamskih prostorija*

## 6. Priprema rude jadarita za hemijsku preradu

---

*Prilog 6.2.1 Tehnološka šema pripreme rude jadarita za hemijsku preradu*

## 9. Građevinski objekti rudničkog kruga

---

*Prilog 9.2.1 Dispozicija građevinskih objekata*

## 1. Opšti podaci o eksploatacionom polju

Lokacija ležišta „Jadar“, odnosno istražni prostor u okviru kojeg je otkriveno ležište, nalaze se 15 km istočno od Loznice (150 km od Beograda), s obe strane reke Jadar, između padina Iverka i Cera na severoistoku, te Kostajnice i Bobije na jugozapadu. U administrativnom pogledu, istražni prostor pripada teritoriji Grada Loznica. Zahvata atare sela Gornje Nedeljice, Brezjak, Slatina i Draginac. Grad Loznica je u neposrednoj blizini državne granice sa Bosnom i Hercegovinom, u podnožju planine Gučevo, na 142 metra nadmorske visine.

Ležište Jadar je bilo predmet geoloških istraživanja na istražnom prostoru Jadar – istražno polje broj 1561, koje je okontureno sedmouglim poligonom sa koordinatama prelomnih tačaka prikazanim u tabeli 1.1.1. Predmetni istražni prostor je obuhvaćen topografskim kartama 1:100.000, listovi Zvornik i Bijeljina, kao i topografskim kartama 1:25.000, listovi Zvornik (2\_1 i 2\_2) i Bijeljina (4\_3 i 4\_4) i zahvata površinu od 61,5 km<sup>2</sup> (slika 1.1.1).

**Tabela 1.1.1** Koordinate prelomnih tačaka istražnog prostora Jadar (Misailović, Tanasković, 2020)

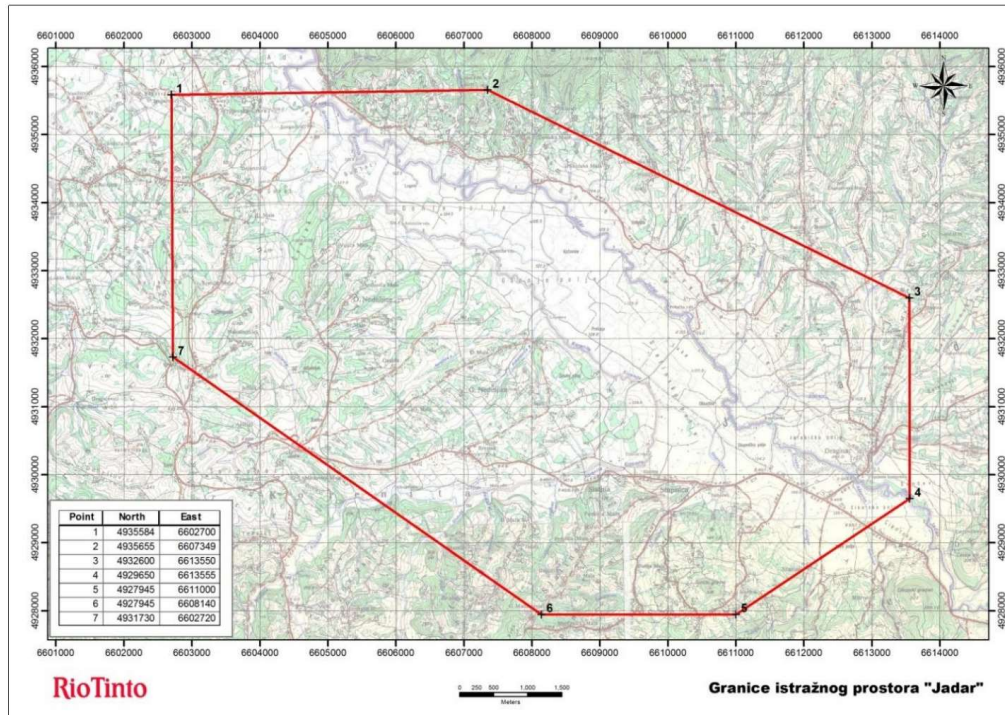
Prelomne tačke	Koordinate prelomnih tačaka			
	Gauss Kruger, zona 6		Gauss Kruger, zona 7	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1	4 935 584	6 602 700	4 936 189	7 364 398
2	4 935 655	6 607 349	4 936 089	7 369 047
3	4 932 600	6 613 550	4 932 808	7 375 132
4	4 929 650	6 613 555	4 929 860	7 375 028
5	4 927 945	6 611 000	4 928 249	7 372 412
6	4 927 945	6 608 140	4 928 354	7 369 554
7	4 931 730	6 602 720	4 932 336	7 364 276

Predmetna studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar, u skladu sa Zakonom o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasniku RS br.101/2015 i 95/2018), sadrži prikaz uslova i idejno rešenje načina eksploatacije, pripreme mineralnih sirovina, radni vek i godišnji kapacitet, analizu uticaja na životnu sredinu sa merama zaštite i sanacije životne sredine, uticaj rudarskih aktivnosti na društvenu zajednicu, tehnno-ekonomsku ocenu sa novčanim tokom i potrebnim novčanim sredstvima i brojem angažovanih i zaposlenih lica.

Jedan od rezultata analize rudarsko-geoloških i tehničko-tehnoloških uslova procesa podzemne eksploatacije ležišta Jadar, koji su prikazani u ovoj studiji, je i predlog eksploatacionog polja projekta. Predlog koordinata tačaka konture prostora eksploatacionog polja vezanog za podzemnu eksploataciju ležišta litijuma i bora Jadar dat je u tabeli 1.1.2. i prikazan je na slici 1.1.2 (prilog 1.1.1.). Eksploataciono polje je obuhvatilo, saglasno članu 3 Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasniku RS br.101/2015 i 95/2018), prostor u kome se nalaze rezerve mineralnih sirovina i podzemni rudarski radovi, kao i prostor predviđen za smeštaj odlagališta otkopanog stenskog materijala i prostor za izgradnju objekata pripreme mineralnih sirovina i izgradnju objekata za obezbeđenje funkcionisanja budućeg rudnika.

Eksploataciono polje je ograničeno odgovarajućim poligonim linijama na površini terena a prostire se do projektovane dubine eksploatacije. Pored navedenog poligona kojim je okontureno Eksploataciono polje na slici 1.1.2 i tabeli 1.1.3. je data i kontura zaštitnog prostora oko eksploatacionog polja potrebnog radi mogućeg

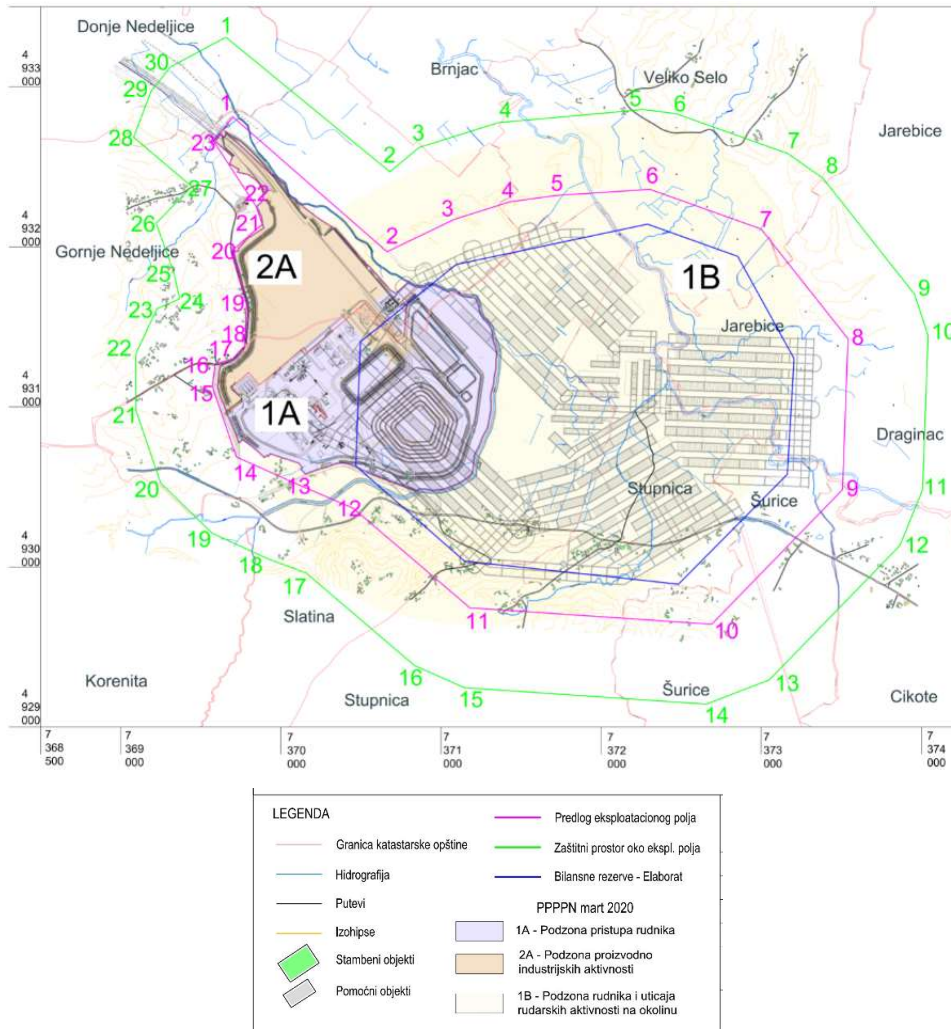
proširenja polja, saglasno članu 71 Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasniku RS br.101/2015 i 95/2018), a koja za eksploataciona polja površine veće od 100 ha iznosi do 500 metara od odgovarajuće granice eksploatacionog polja.



Slika 1.1.1. Pregledna topografska karta sa položajem istražnog prostora "Jadar"

Slika 1.1.2. Koordinate prelomnih tačaka eksploatacionog polja „Jadar“

Koordinate tačaka eksploatacionog polja		
	X	Y
1	7 369 701	4 932 812
2	7 370 663	4 931 969
3	7 371 083	4 932 172
4	7 371 427	4 932 281
5	7 371 719	4 932 321
6	7 372 305	4 932 360
7	7 372 999	4 932 112
8	7 373 542	4 931 425
9	7 373 508	4 930 483
10	7 372 691	4 929 643
11	7 371 181	4 929 745
12	7 370 450	4 930 369
13	7 370 123	4 930 508
14	7 369 722	4 930 688
15	7 369 572	4 931 128
16	7 369 590	4 931 270
17	7 369 699	4 931 301
18	7 369 774	4 931 383
19	7 369 784	4 931 643
20	7 369 688	4 931 971
21	7 369 884	4 932 140
22	7 369 845	4 932 254
23	7 369 580	4 932 660



Slika 1.1.3. Pregledna karta sa položajem predloženog eksploatacionog polja “Jadar”

Tabela 1.1.2 Koordinate prelomnih tačaka zaštitnog prostora oko eksploatacionog polja „Jadar“

Koordinate tačaka zaštitnog prostora oko eksploatacionog polja					
	X	Y		X	Y
1	7 369 657	4 933 310	16	7 370 834	4 929 385
2	7 370 681	4 932 469	17	7 370 157	4 929 963
3	7 370 863	4 932 621	18	7 369 926	4 930 049
4	7 371 359	4 932 776	19	7 369 571	4 930 212
5	7 372 265	4 932 858	20	7 369 249	4 930 525
6	7 372 471	4 932 831	21	7 369 095	4 930 979
7	7 373 167	4 932 583	22	7 369 094	4 931 333
8	7 373 386	4 932 429	23	7 369 226	4 931 613
9	7 373 958	4 931 703	24	7 369 368	4 931 676
10	7 374 042	4 931 446	25	7 369 329	4 931 849
11	7 374 008	4 930 483	26	7 369 221	4 932 148
12	7 373 866	4 930 135	27	7 369 444	4 932 377
13	7 373 050	4 929 295	28	7 369 081	4 932 684
14	7 372 657	4 929 144	29	7 369 190	4 932 972
15	7 371 147	4 929 246	30	7 369 311	4 933 124

## **2. Prikaz istorijata geoloških istraživanja i opis prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije**

### **2.1. Istorijat geoloških istraživanja**

Geološka istraživanja područja Jadranskog basena sa okolinom mogu se podeliti na: osnovna geološka istraživanja, čiji je cilj proučavanje strukturno-geološke građe ovih terena i na detaljna geološka istraživanja bornih minerala.

#### **2.1.1. Pregled osnovnih geoloških istraživanja**

Prvi pisani podaci o geološkoj građi ovog dela zapadne Srbije datiraju još s kraja 19. veka (E. Tietze, A. Boue, J. Žujović, S. Urošević, F. Katzer, J. Cvijić i dr.), kada i započinje istorijat geoloških istraživanja na ovom području. Uz podatke o razviću paleozojskih i mezozojskih formacija u ovom delu zapadne Srbije, Žujović (1893, 1900) je vrlo detaljno prikazao i granitoide i kristalaste škriljce Cera, zatim serpentinite, dijabaze i porfirite između Gučeva i Boranje.

U periodu između dva rata najznačajnije radove u ovom području dao je V. Simić, a posle Drugog svetskog rata S. Karamata, S. Janković, R. Tomić, V. Knežević i dr, doprineli su rešavanju složene geološke građe na području Zapadne Srbije. Tako, detaljnu obradu antimonskih mineralizacija, rudišta i aktivnih rudnika Zajače, Brasine i Kostajnika, kao i metalogenetske karakteristike ovog područja u širem smislu dao je Janković (1958, 1967). Tomić (1962, 1966, 1967) u svojim radovima zaključuje da su sva ležišta u području granodioritskog masiva Boranje endogenog karaktera i da su formirana u post magmatskom ciklusu granodioritskog magmatizma (miocenske starosti prema podacima OGK list Zvornik), a takođe je objavljivao izveštaje o metalogeniji Cera (1963-1967), koji se odnose na geološka istraživanja pojava kasiterita, titana, cirkona, monacita, alanita, apatita i berila.

Geološka građa ovog područja detaljno je izučavana i u okviru rada na izradi lista i tumača OGK SFRJ, Zvornik L 34-123, razmere 1 : 100 000 (Mojsilović S., Filipović I., Rodin V., Navala M., Baklajić D., Đoković I., Jovanović Č., Živanović D., Eremija M., Cvetković B. i Avramović V., (1968), Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Beograd). Ova istraživanja dala su veliki doprinos dotadašnjem poznavanju geoloških karakteristika ovih terena.

O stratigrafsko-facijalnim izdvajanjima i biostratigrafskim rasčlanjivanjima srednjeg miocena, kao i o anomalijama radioaktivnosti i pojavama uglja vezanim za badenske sedimente jadranskog basena, pored nekih ranije pomenutih autora pisali su i: Stevanović (1949), Antonović i Todorović (1961), Eremija (1961), Radošević (1961), Veselinović i dr. (1961) i Petrović (1967, 1969). O tektonskim prilikama istražnog prostora, odnosno Jadranskog basena, pisali su Stevanović (1949), Antonović i Todorović (1961).

U novije vreme, o geološkoj građi istraživanog prostora, odnosno oboda jadrarskog basena, pisali su: Filipović (1973), Mojsilović i Filipović (1977), Anđelković (1986), Anđelković i Jovanović (1987), Dolić i Jovanović (1982, 1984), Obradović i dr. (1992, 1994, 1995) i drugi autori. Od velikog značaja su novija biostratigrafska proučavanja badena na području jadrarskog basena o kojima je pisala Jovanović (2014, 2018), kao i geohronološke, termohronološke, petrološke i tektonske studije intruzivnog granitoidnog kompleksa Cera, koje su publikovali Cvetković i dr. (2001, 2007), Koroneos i dr. (2011), Stojadinović i dr. (2013, 2017).

### **2.1.2. Pregled detaljnih geoloških istraživanja bornih minerala Jadrarskog basena**

Detaljna geološka istraživanja Jadrarskog neogenog basena sa aspekta pronalaska ekonomski interesantnih mineralizacija evaporita (bora i dr.) ranije nisu vršena. Privredno društvo „Rio Sava exploration“ d.o.o, Beograd je 2004. godine započelo sa izvođenjem geoloških istražnih radova u cilju utvrđivanja potencijalnosti Jadrarskog neogenog basena u pogledu mogućnosti postojanja i pronalaska ležišta evaporita, u prvom redu ležišta bornih minerala.

Prvi rezultati geoloških istraživanja na „Jadru“ su ukazali da se u Jadrarskom neogenom basenu nalazi mineralizacija bora, ali i litijuma i geološka istraživanja su narednom periodu kontinuirano nastavljena kroz više faza istraživanja (I i II fazu, uslovno nazvanih „osnovnih“ istraživanja: 2004-2006 i 2007-2008; i I, II i III fazu detaljnih istraživanja: 2009-2010, 2011- 2013, 2014-2015, 2016-2017; odnosno, saglasno zakonskoj regulativi, kroz fazu primenjenih istraživanja: februar 2018 – februar 2020).

Tokom I faze osnovnih istraživanja pored geohemijske prospekcije (geološka prospekcija otvorenih profila, geohemijska prospekcija stenskih izdanaka) u pripadajućoj razmeri (1:25000 i 1:10000) izvedena su i geofizička istraživanja (gravimetrijska, geomagnetna i elektromagnetna istraživanja). Na osnovu rezultata hemijskih analiza litogeohemijskih proba, ali i geofizičkih merenja, locirane su istražne bušotine. Tokom 2004. izbušene su 4 istražne bušotine. Prva bušotina JDR\_1 je nabušila borne minerale (kolemanit i uleksit, dok je druga bušotina JDR\_2 nabušila tada, i „nepoznatu“ mineralizaciju, bora i litijuma. Rezultati hemijskih i drugih ispitivanja su potvrdili prisustvo potpuno novog litijumsko-bornog minerala, hemijskog sastava **LiNaB<sub>3</sub>SiO<sub>7</sub>(OH)** koji je interno nazvan jadarit (po reci Jadar), da bi krajem 2006. godine, kroz sprovedeni proces međunarodne mineraloške sertifikacije, bio i zvanično priznat kao novi mineral bora i litijuma. Istražnim bušenjem u II fazi „osnovnih“ istraživanja (2007-2008), nabušeni su jadaritski rudonosni horizonti, u tri nivoa (gornji, srednji i donji), a krajem 2008. privredno društvo je na nivou interne konceptualne studije uradilo i prve procene mineralnih resursa orudnjenih horizonata u ležištu bora i litijuma „Jadar“.

Po prelasku na nivo detaljnih geoloških istraživanja, po pozitivnoj oceni geološko-ekonomskih faktora i pokazatelja I i II faze, nastavilo se sa strukturno-istražnim bušenjem, koje je upotpunjavano hidrogeološkim, inženjersko-geološkim i geotehničkim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima, te ostalim radovima studijskog karaktera.

Tokom 2011. godine „Projekat Jadar“ je, po kompanijskom odobrenju značajnih investicija za nastavak geoloških istraživanja ušao u fazu izrade Studije prethodne opravdanosti. Od 2011, Projekat „Jadar“ je imao sve karakteristike jednog vrlo kompleksnog projekta detaljnih geoloških istraživanja, kompleksnog u meri u kojoj to jedinstvenost i veličina ležišta „Jadar“ nalažu. Fokus terenskih radova bio je na pogašćenju mreže istražnih radova i povećanju stepena istraženosti kako ležišta, tako i njegovih pojedinih geoloških, rudnih tela. Što se tehnoloških ispitivanja tiče, u ovom periodu su obezbeđeni odgovarajući tipovi mineralizacije-orudnjenja iz ovog ležišta za tehnološka ispitivanja u poluindustrijskom obimu. Uzorkovana je jadaritska mineralizacija iz gornjeg, srednjeg i donjeg horizonta, kao i mineralizacija iz tako nazvanog i uslovno izdvojenog gornjeg nivoa sa boratima, u kojem su vodeći rudni minerali kolemanit i uleksit.

Tokom 2014. i 2015. godine, pored sinteze, analize i interpretacije podataka ranijih geoloških istraživanja, izvedeno je i strukturno-istražno bušenje izvan tada poznate konture jadaritske mineralizacije, u obodnim delovima odobrenog istražnog prostora. Uz to, istražno bušenje je izvedeno i za potrebe upoznavanja i utvrđivanja prirodnih hidrogeoloških i inženjersko-geoloških, geotehničkih, i tehničkih karakteristika i uslova u ležištu. Izvedena su 2D i 3D seizmička geofizička ispitivanja. U narednim godinama realizacije radova, sve

do 2020, nastavljeno je sa strukturno-istražnim bušenjem u cilju pugušćenja istražne mreže i detaljnijeg definisanja geološke građe istraživanog prostora.

Istražno bušenje je realizovano po nekoliko programa kojima su rešavana specifična pitanja vezana za geološku građu ležišta u pojedinim njegovim delovima (imajući u vidu veličinu ležišta, neracionalno je težiti istom stepenu istraženosti u svim delovima). Sve bušotine su bile multifunkcionalne, odnosno iz svakog istražnog rada prikupljani su svi podaci koji se mogu dobiti iz jedne istražne bušotine. U krajnjem rezultatu svih programa bušenja, postignut je veći stepen istraženosti ležišta i njegove okoline, pugušćena je istražna mreža, prikupljen je dodatni stenski materijal za potrebe testiranja procesa pripreme i prerade rude, urađeno je uzorkovanje za geotehničke opite, te oprobavanje za hemijske analize. Osim značajnog obima radova izraženog u fizičkim mernim jedinicama, najvažniji rezultat istražnog bušenja jesu podaci koji su prikupljeni kroz proces obrade jezgra (geološko i geotehničko kartiranje jezgra), zatim kroz geofizički karotaž bušotina, te rezultati hemijskih analiza uzetih proba i rezultati geotehničkih opita. Svi podaci su pohranjeni u bazu podataka i ugrađuju se u odgovarajuće geološke modele.

Nakon svake faze odobrenih istraživanja, a saglasno zakonskoj regulativi Srbije (Zakon, 1995, 2011 i 2015) izrađivani su i u propisanim rokovima dostavljani nadležnom organu Elaborati, Godišnji i Završni izveštaji o rezultatima geoloških istraživanja. U prikazu rezultata istraživanja, ovi geološki dokumenti su sadržavali i preliminarnu-radnu procenu/proračun geoloških rezervi (mineralnih resursa, saglasno australijskom standardu JORC, kao i analizu dostupnih elemenata za geološko (tehničko)-ekonomsku ocenu.

## **2.2. Opis prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije**

Aktuelna strategija razvoja rudnika je evoluirala kroz Konceptualnu studiju podzemne eksploatacije ležišta Jadar (Concept Study), Studiju obima eksploatacije ležišta „Jadar“ (Order of Magnitude), Preliminarnu studiju opravdanosti (Interim Prefeasibility Study) i šest verzija Prethodne studije izvodljivosti (PFS, Prefeasibility Study). Kompleksna priroda odnosa između strategije projektovanja, izgradnje i proizvodnje, nametala je stalnu evaluaciju i proveru pojedinih rešenja razvoja rudnika tokom izrade PFS-a, kako sa komercijalnog stanovišta, tako i sa stanovišta troškova i tehničkih rešenja.

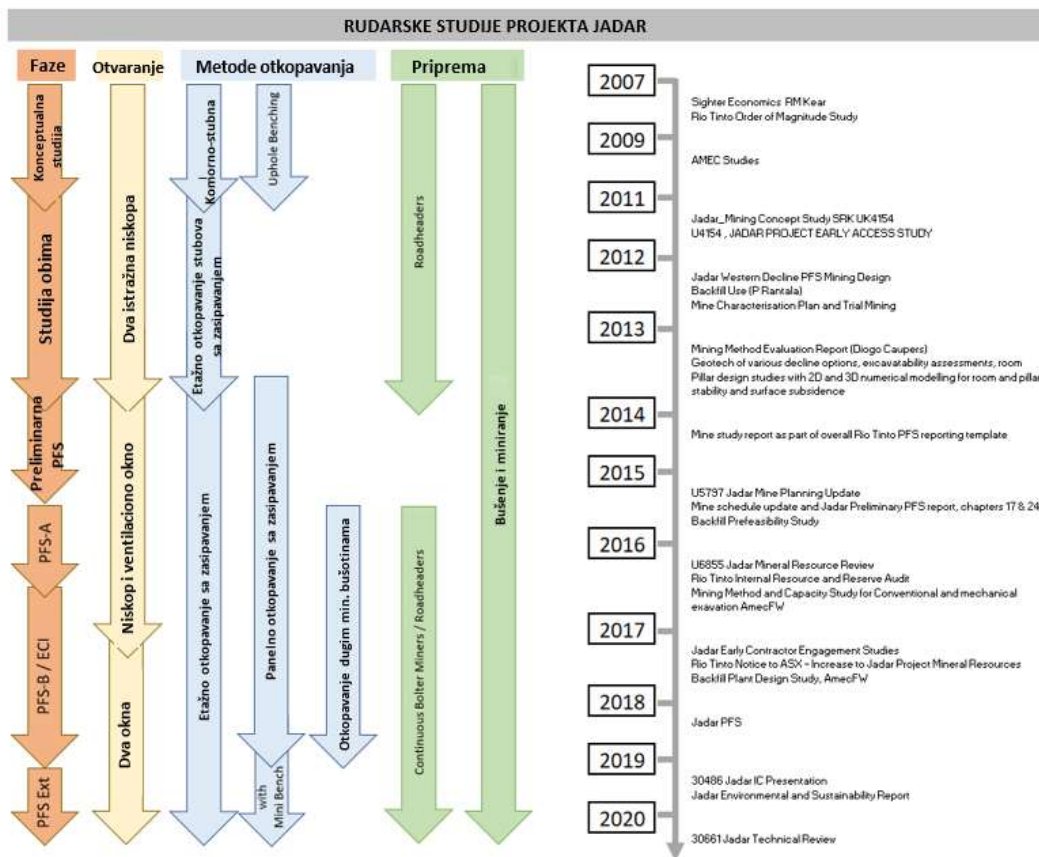
Na slici 2.2.1 dat je pregled prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije na projektu Jadar.

U periodu od 2011. do 2014. urađen jedan broj studija - analiza u vezi sa mogućim kapacitetom rudnika i strateškim planiranjem proizvodnje (Konceptualna studija, Studija obima eksploatacije i Studije strateškog planiranja proizvodnje). Ove studije su rezultirale razvojem sveobuhvatnih poslovnih slučajeva u vezi sa proizvodnjom borne kiseline (Boric Acid (BA)) i litijum karbonata (Lithium Carbonate (LC)) projekta Jadar.

Prvobitni obim PFS, sa stanovišta rudarstva, temeljio se na dvogodišnjem programu rada, koji je iniciran u decembru 2015. Kao rezultat tog rada nastale su dve verzije PFS, PFS-A i PFS-B, koja je za razliku od PFS-A sadržala detaljniju evaluaciju rešenja, koja su u tom momentu izgledala kako najpovoljnija.

U avgustu 2017. godine, verzija prethodne studije opravdanosti PFS-B je konstatovala da je potrebno još vremena za dodatno uzorkovanje mineralizovanog stenskog materijala i sprovođenje programa testiranja hemijskog postrojenja, radi dostizanja pouzdanog rešenja za procesno postrojenje.

Dodatno vreme je bilo potrebno i za konkurenta rešenja, kroz postupak ranog uključivanja izvođača (ECI-Early Contractor Involvement), u vezi sa otvaranjem i glavnom ventilacijom rudnika za potrebe izrade Studije izvodljivosti (Feasibility Study), shodno srpskoj zakonskoj regulativi, neophodne za dobijanje odobrenja za izgradnju.



**Slika 2.2.1.** Pregled prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije na projektu Jadar

U okviru PFS-A, analiziran je jedan broj varijantnih rešenja sa ciljem evaluacije različitih metoda otvaranja, otkopavanja i transporta u rudniku. Fokus je bio na:

- Otvaranju rudnika,
- Metodama otkopavanja i kapacitetu proizvodnje.

Na osnovu PFS-A i PFS-B, kao najpovoljnije rešenje za otvaranje rudnika je odabrano otvaranje niskopom i dva ventilaciona okna. Za transport otkopane rude na površinu, bio je predviđen transport sa kamionima na dizel pogon. Ova rešenja su ujedno predstavljala i polaznu osnovu za konkurenta projektna rešenja, u postupku ranog uključivanja izvođača.

U Prethodnoj studiji opravdanosti – Proširena verzija (PFS Extension), u Fazi 2 postupka ranog uključivanja izvođača, navedeni su minimalni zahtevi u pogledu specifikacija funkcionalnosti, kako bi se omogućilo potencijalno zainteresovanim kompanijama – izvođačima, da daju svoja rešenja metoda otvaranja i izgradnje rudnika, na bazi svojih iskustava i ekspertiza. Od tri ponuđača je zatraženo da svako od njih obezbedi po dve opcije rešenja metoda otvaranja i izgradnje rudnika.

Sa ciljem da se olakša evaluacija ponuda u postupku ranog uključivanja izvođača, kompletirana je konceptualna studija sa vrlo širokim rasponom rešenja otvaranja rudnika i transporta rude na površinu. Rešenja su rangirana na bazi business return (povrata sredstava), pouzdanosti i fleksibilnosti.

## 3. Geološki deo

### 3.1. Geološka građa šireg područja ležišta

Šire područje ležišta Jadar, geološki posmatrano, obuhvaćeno je listom Osnovne geološke karte SFRJ (OGK) list Zvornik L34-123, razmere 1: 100 000 (slika 3.1.1.). Predmetno šire područje karakteriše se složenom geološkom građom, u okviru koje se javljaju: (a) sedimentne i metamorfne tvorevine starijeg i mlađeg paleozoika, trijasa, jure, gornje krede, paleogena, neogena i kvartara; i (b) magmatske stene predstavljene granitoidnim kompleksima Cera i Boranje, zatim bazaltima, ultramafitima, porfiritima i dacito-andenzitima.

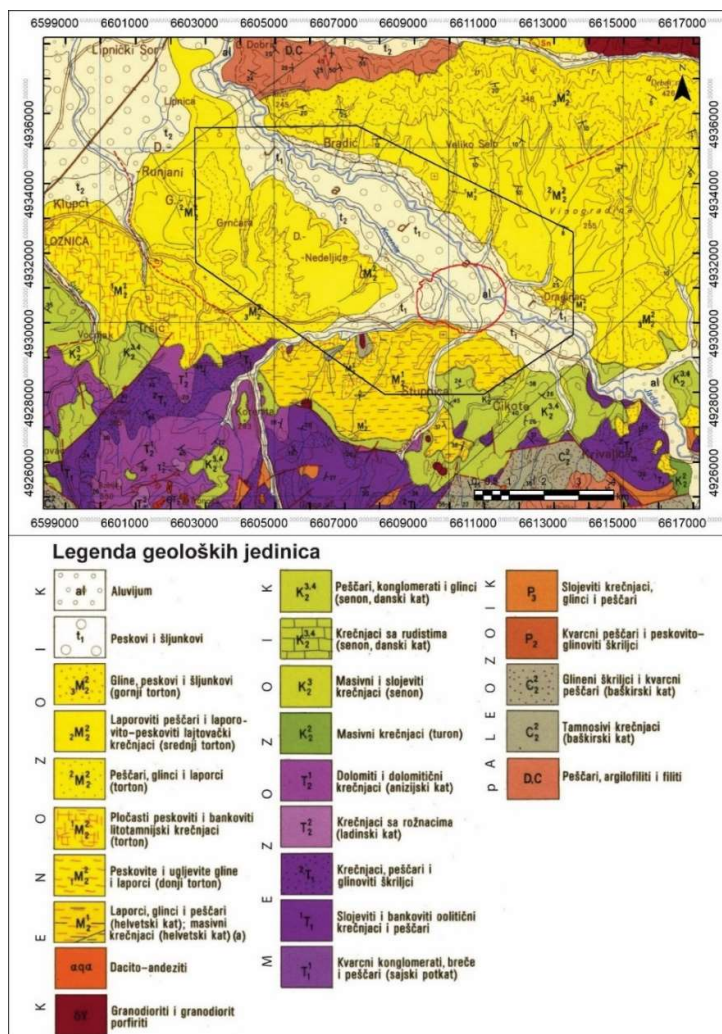
Jadarski basen, u okviru koga se nalazi ležište Jadar, pripada grupi brojnih basena duž južnih marginalnih delova Panonskog mora i predstavlja deo velike Tuzlanske depresije, locirane zapadno od donjeg toka reke Drine. Zahvata površinu od oko 150 km<sup>2</sup>. Debljina naslaga nije tačno određena, a prema postojećim geofizičkim podacima i proceni istraživača (Jovanović i dr., 1982-1987) iznosi više stotina metara, od čega oko 300 m odgovara jezerskim sedimentima, koji u centralnom delu basena dostižu debljinu i preko 500-600 m.

Prema geološkoj evoluciji i po razviću paleozoika i trijasa, na ovom području su izdvojene dve oblasti: (1) drinska oblast u jugozapadnom i (2) jadarska oblast u centralnom i istočnom delu. Za ležište Jadar posebno je značajna geološka građa jadarske oblasti, koju izgrađuju stene paleozojske starosti (devonske, karbonske i permske), mezozojske starosti (trijaske, jurske i kredne) i kenozojske (neogene i kvartarne) starosti.

Najstarije Devon-karbonske tvorevine, predstavljene su smenom peščarskih i glinovitih stena, zahvatajući znatan prostor u okolini Krupnja i području Cera, i čine podlogu fosilonosnim terigenim i karbonatnim sedimentima srednjeg karbona. Karbonske tvorevine su znatno rasprostorne u oblasti Zajača-Stolice-Krupanj, kao i u dolini Likodre, u široj okolini Zavlake i na severnim padinama Jagodnje i Cera. Predstavljene su donjokarbonskim peščarima i škriljcima, kao i srednjekarbonskim krečnjacima i argilofilitima. Permske tvorevine leže transgresivno preko starijih sedimenata, a razvijene su u okolini Bele Crkve, Likodre, Mojškovića, Kresave i Korenite, kao i kod manastira Petkovice, u G. Borini i severnim padinama Jagodnje. Predstavljene su srednjeperskim terigenim sedimentima (kvarcnim peščarima, peskovito-glinovitim glincima i dr.) i gornjopermskim krečnjacima. U području Cera su prema Kneževiću (1962) u donjem permu intrudovane granitoidne magme, koje su delimično metamorfisale paleozojske tvorevine.

Od mezozojskih tvorevina, trijasko su predstavljene terigenim i karbonatnim tvorevinama donjeg, delom i srednjeg trijasa. One najveće prostranstvo zauzimaju na Gučevu, u području planine Tronoše i Lipove glave, kao i na Jagodnji. Predstavljene su donjotrijaskim krečnjacima, peščarima i glincima, a pokrivaju ih dolomiti ili dolomitični krečnjaci anizijskog kata ili transgresivni sedimenti gornje krede i neogena. Sedimenti srednjeg trijasa imaju manje rasprostranjenje, predstavljeni su dolomitima i submarinskim izlivima porfiritima i tufova, a u višim, svetlo sivim pločastim krečnjacima sa silicijskim kvrgama i prosojcima rožnaca ili nestratifikovanim sivim krečnjacima. Jurske tvorevine, na severnim i zapadnim padinama Boranje, javljaju se u vidu dugačkih, uzanih, isprekidanih zona, a konstatovani su serpentiniti, gabrovi, rodingiti, i neraščlanjene tvorevine "dijabaz-rožnačke formacije". Kreda je predstavljena gornjokrednim sedimentima, i to turonskim masivnim i ređe slojevitim laporovitim krečnjacima i senonskim tvorevinama na velikoj

površini šire okoline Krupnja, Zajače, Loznice, B. Koviljače, i to klastičnim sedimentima, uglavnom kvarcnim peščarima, manje subgrauvakama i konglomeratima, koje prate krečnjaci, laporci i glinci.



**Slika 3.1.1** Geološka karta šireg područja jadranskog basena sa granicama istražnog polja (crni mnogougao) i konturama (crvena linija) ležišta bora i litijuma Jadar (Osnovna Geološka karta SFRJ (OGK) list Zvornik L34-123, razmere 1 : 100 000 (Mojsilović i dr, 1977)) (Misailović, Tanasković, 2020).

Kenozoik šireg područja jadranske oblasti je zastupljen paleogenim i neogenim sedimentima, kao i granitoidnim kompleksima Cera i Boranje i dacitsko-kvarclatitskim stenama. Od paleogenih tvorevina, koje su razvijene samo u severozapadnom delu, utvrđen je donji, srednji i gornji eocen. U okviru neogenih tvorevina, koje imaju veće rasprostranjenje, izdvojeni su sedimenti donjeg, srednjeg i gornjeg miocena. Eocenske tvorevine su izdvojene samo u severozapadnom delu, uz Drinu, i leže transgresivno preko gornjokrednih krečnjaka. Tercijarne magmatske stene na ovom području predstavljene su granodioritima Cera u koje su intrudovani aplitoidni i turmalinski graniti sa žičnim ekvivalentima, kao i granodioritima Boranje, zatim granodiorit-porfiritima, aplitima, pegmatitima i lamprofirima, kao njihovim žičnim ekvivalentima, dok se od izlivnih stena javljaju andeziti i kvarclatiti.

Miocenski sedimenti imaju najveće rasprostranjenje u okviru neogenih tvorevina, a naročito u oblasti Korenita-Jadar, tj. u domenu novootkrivenog ležišta B i Li Jadar, gde su izdvojeni sedimenti donjeg, srednjeg i gornjeg miocena. Prema Mojsilović i dr. (1977) donji miocen je razvijen severozapadno od istražnog prostora, gde su izdvojeni slatkovodni sedimenti poznati kao „ugljevika uglonosna serija“. Marinske tvorevine badena su, pored oblasti zapadno od Drine, razvijene u oblasti Korenita-Jadar. *Donji baden* je razvijen u atarima sela Grnčare,

Bradići, Nedeljice, Veliko Selo i Draginac, gde je predstavljen sivim peskovitim glinama, ređe slabo ugljevitim glinama i laporcima. *Srednji baden* se javlja u atarima sela Klupci, Runjani, Lipnica, Bradići, V. Selo i drugih, gde je predstavljen peskovito-glinovitim facijom, kao i facijom lajtovačkih i litotamnijskih krečnjaka. *Gornji baden* je otkriven na severnim delovima planine Iverak, kao i u atarima sela Gornja Badanja, Terzići i Grnčare, gde je u nižim delovima predstavljen glinama, peskovima i šljunkovima i mestimično poluvezanim konglomeratima, dok se naviše javljaju gruboklastični sedimenti sa odlomcima magmatita i metamorfita, kao i veliki blokovi granodiorita u završnim delovima (prečnika i do 7 m). *Pontske* tvorevine su na širem području istraživanog prostora razvijene severno od planine Cer, gde su predstavljene peskovima, glinama i šljunkovima.

Kvartarne tvorevine su znatno rasprostranjene u centralnom delu istraživanog prostora, u dolini reke Jadar, kao i na zapadu u dolini reke Drine, a predstavljene su aluvijalnim nanosima, rečnim terasama i deluvijalnim sedimentima. *Aluvijalne* naslage Jadrta i Drine su izgrađene od šljunkova, peskova i suglina.

## 3.2. Veličina i oblik ležišta, geološka i strukturna građa ležišta i karakteristike radne sredine

### 3.2.1. Geološka građa ležišta

U strukturno-geološkom i genetskom smislu, ležište B i Li Jadar vezano je za sedimente neogena Jaderskog basena, gde su prema Mojsilović i dr (1977) izdvojene (slika 3.1.1.) slatkovodne tvorevine najstarijeg srednjeg miocena ( $M_2^1$ ), kao i sedimenti morskog razvika tortonske starosti ( ${}_1M_2^2$ ;  ${}_2M_2^2$ ;  ${}_3M_2^2$ ), tj. badena. Na bazi podataka iz svih istražnih radova sprovedena su litofacijalna izučavanja na osnovu kojih je u geološkom stubu ležišta izvršeno detaljno litološko rasčlanjavanje sa izdvajanjem karakterističnih, litoloških paketa-geodomena i repernih, tufnih marker horizonata u ležištu (MH4 - MH7).

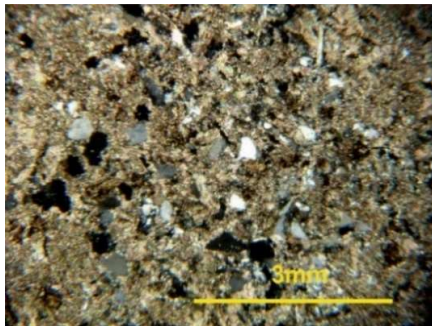
Ležište B i Li Jadar nalazi u jezerskim donjomiocenskim sedimentima ( $M_1$ ), koji leže transgresivno preko kredne podine basena (izgrađene od krupnozrnih peščara, mikrokonglomerata i konglomerata). U gornjem delu jezerskih donjomiocenskih sedimenata je tranziciona zona sa gipsom, preko koje leže fosilonosni marinski sedimenti badena ( $M_2^1$ ). Jezerski miocenski sedimenti, u kojima su izdvojena tri jadaritska horizonta predstavljeni su alevrolitima, glincima, laporcima, peščarima, krečnjacima, tufovima i brečama. Poseban značaj za litološku građu ležišta imaju pojave tufova. Tufovi su nabušeni u skoro svim istražnim bušotinama, koji se u geološkom profilu ležišta, litološki jasno izdvajaju, i moguće ih je pratiti i korelisati na velikom rastojanju. U međusobnoj smeni sa drugim prisutnim litološkim članovima, ovi tufovi ukazuju na vulkanogeno-sedimentne uslove u basenu (tokom nastajanja ležišta B i Li Jadar).

Na osnovu detaljnih izučavanja podataka sedimentološko-geološkog kartiranja jezgara bušotina i obimnog broja laboratorijskih uzoraka stena, izvršeno je izdvajanje sledećih litofacija, od dna basena ka površini:

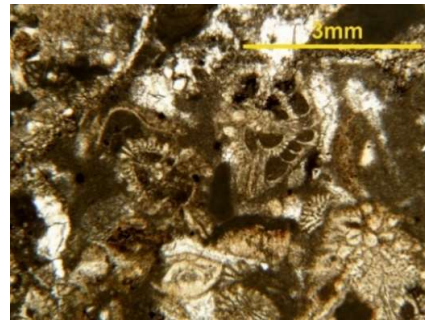
- Brečokonglomerati baze basena,
- Polimiktni brečokonglomerati,
- Sivi laminirani slojevi - sivi laminirani tufozni slojevi,
- Trakasti slojevi - trakasti tufozni slojevi,
- Tufovi i tufiti,
- Grubozrni peščari do mikrokonglomerati - „šokovi brečo-konglomerata“,
- Intraformacioni brečokonglomerati,
- Trakasti slojevisa gipsom,
- Slabo vezani fosilonosni slojevi,
- Kvartarni nevezani sedimenti.

**Brečokonglomerati baze basena** obuhvataju fragmente stena denudacione baze, neposredne okoline basena, u sitno do krupnozrnim siliciklastičnom matriksu različito obogaćenom glinovitim materijalom. Najstariji fragmenti brečokonglomerata, verovatno devonsko-karbonske starosti, predstavljeni su slabo metamorfovanim sedimentnim i metamorfnim stenama. Od stena mezozojske starosti konstatovani su donjotrijaski i gornjokredni karbonatni sedimenti (slika 3.2.1. i 3.2.2.). Takođe su prisutni miocenski i pliocenski sedimenti, koji i preovlađuju. Glavni litotipovi ove litofacije su: breče, brečokonglomerati, grubozrni litični peščari (mikrobreče), polimiktne konglobreče.

**Polimiktni brečokonglomerati** su nabušeni većinom istražnih bušotina, i sa njima najčešće započinje novi sedimentacioni ciklus. Generalno, ove stene su sive boje (svetlih do tamnih nijansi), masivne ili brečaste tekture, izgrađene od različitih stenskih fragmenata. Razlikuju se prema vrsti stena od kojih su fragmenti izgrađeni (sedimentne, magmatske, metamorfne), tipu veziva (matriks ili cement: vulkanogenog, sedimentnog ili metamorfnog porekla), veličini fragmenata stena (prečnika od nekoliko mm do 50 cm, čak i više), stepenu zaobljenosti fragmenata (uglasti, subuglasti, subzaobljeni, zaobljeni) i dr. Strukture stena ove litofacije su klastična, psefitska, psamitska. Glavni tipovi stena su: polimiktne breče koje preovlađuju, zatim polimiktne konglobreče, vulkanoklastične mikrokonglobreče, polimiktni brečokonglomerati, polimiktne konglobreče sa žilicama *jadarita*, vapnoviti konglomerati, mikrobreče, polimiktne mikrobreče, kalciruditi - polimiktne breče i konglomerati.



**Slika 3.2.1** Peskoviti krečnjak – bioosparit, donji trijas, 3318125, JDR-8, 586,6-586,7m (Misailović, Tanasković, 2020).



**Slika 3.2.2** Krečjak – biosparrudit gornjokredne starosti, 3318202, JDR-22, 582,0-582,1m (Misailović, Tanasković, 2020).

**Sivi laminirani slojevi-sivi laminirani tufozni slojevi** su finožrne stene, tamno sive do svetle boje, sa prisustvom različitih odnosa glinovite, alevritske, finožrne peskovite, karbonatne ili tufozne frakcije. Svetlije partije su obično bogatije tufoznim i karbonatnim materijalom. Sivi laminirani, povremeno tufozni slojevi ove litofacije su zastupljeni u svim istražnim bušotinama. Prema makroskopskim karakteristikama mogu se izdvojiti 4 sublitofacije: stene sa dobro razvijenom laminacijom, stene sa slabo naglašenom laminacijom, stene sa deformacionim teksturama i masivne stene.

**Trakasti slojevi - trakasti tufozni slojevi** obuhvataju sve varijacije finožrnih stena: glince, laporce, alevrolite i finožrne peščare (sa različitim udelom alevritske, glinovite i laporovite frakcije). Sve finožrne stene ove litofacije imaju različito učešće karbonatne i tufozne materije, koje ih boji u tamniju ili svetliju nijansu sive boje. Stene ove litofacije su i glavni nosioci borne i litijumske mineralizacije.

Stene ove litofacije su tamno do svetlo sive boje i trakaste tekture (paralelno talasasta i ponekad konvolutna), debljina traka je mm-cm (slike 3.2.3. i 3.2.4.). U zavisnosti od prisustva ili odsustva kalcijum karbonata, intenzivnije ili slabije reaguju na HCl. Struktura im je najčešće mikrokristalasta, pelitska, retko psamitska.



**Slika 3.2.3.** Trakasti slojevi sa jadaritom, JDR-17A, 211,70 m (Misailović, Tanasković, 2020).



**Slika 3.2.4.** Tufozni trakasti slojevi, JDR-39, 268,6 m (Misailović, Tanasković, 2020).

Prema prisustvu borne-litijumskih minerala, količini peskovite, alevritske i glinovite frakcije i deformacija u slojevima, moguće je izdvojiti 4 sublitofacije. To su: trakasti laporci i glinci sa mineralizacijama B i Li (jadarit,

kolemanit, probertit, uleksit, sirlezit); trakasti laporci i glinci sa peskovito-alevritskom komponentom; trakasti glinci i trakasti laporci; i glinci sa deformacijama.

**Tufovi i tufiti** su predstavljeni piroklastičnim materijalom, svetlo sive boje. Javljaju se u vidu slojeva decimetarske do metarske debljine. Ova litofacija obuhvata različite vrste vulkanoklastičnih stena, koje su, sporadično duž pora i prsina karbonatisane, zeolitane i silifikovane. Kao uobičajene strukture javljaju se vitrokristaloklastična, vitroklastična i sferolitska.

Glavni tipovi stena su: karbonatisani vitrokristaloklastični tuf, zeolitana fino-zrna vulkanoklastična stena, brečizirani i zeolitani vitroklastični tuf, karbonatisana i silifikovana fino-zrna vulkanoklastična stena riolitnog sastava, delimično rekristalisala vulkanoklastična stena riolitnog porekla, vitrokristaloklastični tuf, nestopljivi vitrokristaloklastični tuf (u staklastom tufoznom matricu se nalaze juvenilni fragmenti tamno braon stakla kao i obilje kristaloklasta kvarca, biotita i plagioklasa), kao i autobrečizirana i delom karbonatisana, fino-zrna vulkanoklastična stena riolitnog porekla.

**Grubozni peščari do mikrokonglomerati - „šokovi brečo-konglomerata“** se razlikuje od stena drugih litofacija, njihovim gruboznim do mikrokonglomeratično-mikrobrečastim izgledom. Stene su uglavnom sive do tamno sive boje, te preovlađujuće masivne i brečaste teksture (retko su trakaste). Obično ne reaguju na HCl. Mogu da imaju tufozni cement, odnosno vulkanoklastičnu osnovnu masu, pomešanu sa glinovitom materijom. Preovlađujuće strukture su: psefiska, psamitska, mikrokristalasta (kada ima karbonatne materije) i retko pelitsko-psamitska.



**Slika 3.2.5.** Grubozni peščar, bušotina JDR-29, 337,7 m (Misailović, Tanasković, 2020).



**Slika 3.2.6.** „Šok“ brečokonglomerata, bušotina JDR-25, 672,5 m (Misailović, Tanasković, 2020).

U okviru ove litofacije, mogu se izdvojiti dve sublitofacije koje su u međusobnoj smeni. To su, sublitofacija gruboznih peščara (slika 3.2.5.) do mikrobrečastih i mikrokonglomeratičnih peščara i sublitofacija „šokovi“ brečokonglomerata (slika 3.2.6.), koju karakteriše kratak influks siliciklastičnog materijala u masi stene (cementu), izgrađenom od mikrokristalaste karbonatne materije.

**Intraformacioni brečokonglomerati** su stene sive, tamno sive, belo-sive, sivo-roze boje, kod kojih su fragmenti i matriks od iste materije, kod kojih preovlađuje masivna i brečasta tekstura (ređe sa slabo izraženom stratifikacijom). Intraformacioni brečokonglomerati su, na osnovu izgleda fragmenata i zastupljenosti vezivne materije podeljeni u dve sublitofacije, koje međusobno prelaze jedna u drugu. Kod sublitofacije „matriks supported“ intraformacionog brečokonglomerata uglavni fragmenti izgledaju kao da „plivaju“ u preovlađujućoj vezivnoj materiji, a u sublitofaciji brečokonglomerata preovlađuju fragmenti laminiranih i trakastih laporovitih stena, a vezivna materija je podređena.

**Trakasti slojevi sa gipsom** su stene sive, žućkasto-smeđe i sivo-žućkaste boje, trakaste teksture (mm do cm debljina traka ili tankih slojeva) i, paralelno i talasasto laminirane teksture. Glavna karakteristika ove litofacije je prisustvo gipsa koje ukazuje na evaporijske uslove tokom nastanka stena.

Preovlađujući tipovi stena su laporci, glinoviti (alevritski) laporci, laporoviti glinci, i laporoviti krečnjaci koji su izgrađeni od mikrokristalastog, fino kristalastog ili krupno kristalastog sparikalcita, sporadično pomešanog sa glinovitom materijom. Ovi laporoviti sedimenti jako reaguju na HCl i smenjuju se sa slojevima (trakama) izgrađenim od gipsa, koje su mm-cm, retko dm debljine. Gips je bele ili svetlo sive boje, veoma

mekan, krupno ili fino kristalast. Generalno, kristali gipsa se najčešće pojavljuju u radijalno-zrakastim ili igličastim agregatima, upravnim na slojeve dok su pravilne (euhedralne) forme retke.

**Slabo vezani fosilonosni slojevi** - izgrađuju sedimenti badenske starosti, razvijeni ispod kvartarnih sedimenata. Promenljive su debljine, od nekoliko desetina do 150-200 m, sive boje, ređe braonkaste, svetlih do tamnih nijansi. Obuhvataju slabo vezane stene, koje makroskopski izgledaju masivno ali se u mikroskopu zapaža slabo izražena trakasta i paralelna, ređe talasasta laminacija, kao i prisustvo organske materije. Generalno, ove stene burno reaguju na HCl, usled prisustva karbonata. Povremeno je jako obilna biokomponenta, ređe predstavljena celim, očuvanim formama tankih ljuštura, a češće u vidu biodetritusa.

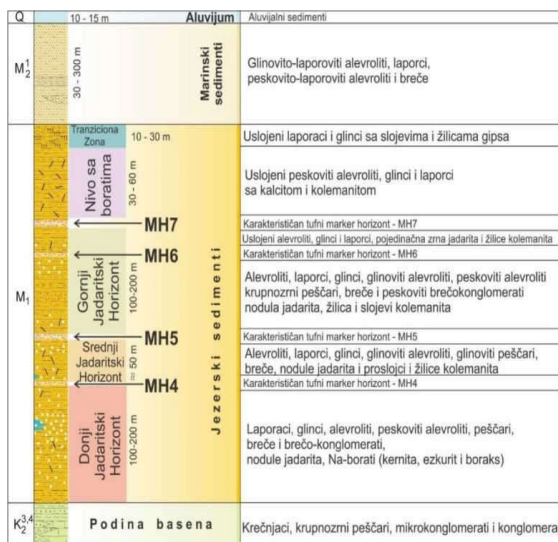
Najčešći tipovi stena ove litofacije su sivi i smeđi, slabo vezani laporci i laporoviti glinci sa primesama glinovite, alevritske ili ređe, peskovite frakcije. Ponekad se u ovoj litofaciji mogu naći travertini koji ukazuju na slatku, plitku vodu. Stene su porozne i šupljikave, sa mikritskim nakupinama nalik na peloidne i sa korastim strukturama, koje mogu nastati radom cijanobakterija oko biljaka na hladnim izvorima. Mogu sadržati i male količine gvožđevite materije, koja ukazuje na oksidacione uslove stvaranja.

**Kvartarni nevezani sedimenti** su relativno male debljine, do 20 m. Sedimenti ove litofacije su obično aluvijalnog porekla, razvijeni u dve sublitofacije: sublitofaciju povodnja i sublitofaciju korita. Sublitofacija povodnja je predstavljena sivo-žutim alevritičnim peskovima, slabo peskovitim alevritima i glinama, često sa sitnim karbonatnim konkrecijama i ljušturama molusaka (mekušaca). Sublitofacija korita je najčešće predstavljena šljunkovima u peskovito-alevritskom matriksu. U sastav šljunkova ulaze valuci kvarcita, različitih magmatskih i metamorfni stena, retko i karbonata. Sedimenti sublitofacije korita su izrazito loše sortirani, gde veličina zrna pšefita varira u cm opsegu.

### 3.2.1.1 Marker horizonti

Na osnovu svih rezultata istraživanja, definisan je generalni geološki stub u ležištu Jadar (Slika 3.2.7.). U stubu se jasno izdvajaju tri jadaritska (rudonosna) horizonta (DJH; SJH i GJH). Zbog lakšeg praćenja i korelisanja podataka ležišta, tufovi su definisani kao „Marker Horizonti“ - MH (prema Dimitrijević, Dimitrijević 1989). Njihove oznake su: MH4, MH5, MH6 i MH7 i pokazuju superpozicione odnose u geološkom profilu.

- **Marker horizont MH4** je karakterističan sloj kompaktnog tufa, sivo žute boje, vrlo postojane debljine koji se u najvećem broju istražnih bušotina kreće oko 40 cm (min. 5-6 cm). Pored vrlo postojane debljine, marker horizont MH4 se karakteriše i postojanim stratigrafskim položajem, koji je u najvećem broju bušotina utvrđen na oko 40 m iznad, najzastupljenije jadaritske mineralizacije u donjem jadaritskom horizontu;



Slika 3.2.7. Geološki stub basena u domenu ležišta Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).

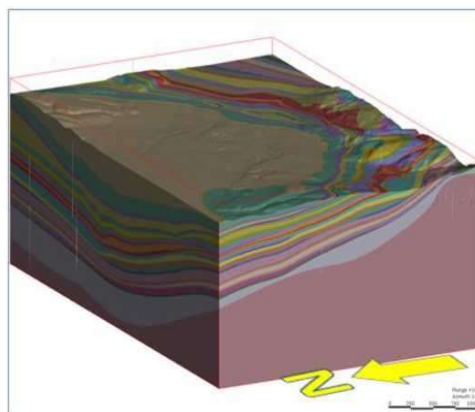
- **Marker horizont MH5** je karakterističan sloj kompaktnog, slabo uslojenog tufa, relativno promenljive debljine, koja se u najvećem broju istražnih bušotina kreće od 1 do 2 m (minimalno od 80 cm do 2,5 m maksimalno);
- **Marker horizont MH6** je karakterističan sloj kompaktnog, slabo uslojenog tufa, svetlo sive boje, prosečna debljina oko 0,9 m; i
- **Marker horizont MH7** je karakterističan sloj kompaktnog, slabo uslojenog tufa, svetlo sive boje, najveće debljine je u centralnom delu ležišta (oko 1,8 m), koja se ka obodu smanjuje, a ka jugu potpuno isklinjava.

### 3.2.1.2 Geodomeni

Detaljnou analizom raspoloživih podataka geološkog kartiranja jezgra istražnih bušotina, izdvojenih litofacija i rezultata geofizičkih merenja nivoa prirodne gama radioaktivnosti u bušotinama, na bazi sličnih karakteristika, izvršeno je izdvajanje pojedinih litoloških članova, odnosno litofacija, u veće, karakteristične pakete - **geodomeni** (Slika 3.2.8. i 3.2.9.).



**Slika 3.2.8.** Generalni geološki stub izdvojenih geodomena u jadarskom basenu (Misailović, Tanasković, 2020).



**Slika 3.2.9.** Izgled paketa kontinualnih geodomena (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomeni su izdvojeni radi boljeg razumevanja odnosno sagledavanja ležišnih uslova i prostornog razmeštaja mineralizacija B i Li. Izdvojeni paketi litoloških članova, istih ili vrlo sličnih litološko- strukturnih osobina (litofacija) kao i stratigrafskog (superpozicionog) položaja, nazvani su geodomenima i imenovani trocifrenim oznakama (arapskim brojevima), koje ujedno definišu i njihov stratigrafski položaj, u geološkom profilu jadarskog basena.

### 3.2.2. Oblik i veličina ležišta

Posmatrano u planu, ležište Jadar zahvata površinu od oko 12 km<sup>2</sup>. Saglasno generalnom litološkom stubu ležišta Jadar, izdvojeni su produktivni jezerski sedimenti koji transgresivno leže preko podine basena. Povlatu jezerskim sedimenatima čini tranziciona zona sa gipsom, preko koje leže fosilonosni marinski sedimenti (Slika 3.2.1).

Prema prostornom položaju, ležište B i Li Jadar je vezano za jezerske miocenske sedimente Jadarskog basena. Po dubini prostiranja (150 m - 700 m) može se svrstati u grupu srednjedubokih - dubokih ležišta (Janković i Milovanović, 1985). Detaljnim geološkim istraživanjima, na bazi utvrđenih hemijskih koncentracija-sadržaja B i Li, izdvojena su tri rudonosna horizonta (zone) sa jadaritom, kao vodećim mineralom u prisutnoj mineralnoj asocijaciji (sa Ca i Na,Ca - boratima). U okviru već pomenutih jadaritskih horizonata (DJH, SJH i GJH), su izdvojena jadaritska rudna tela (određena je industrijska, ekonomska kontura) za koja su proračunate geološke rezerve B i Li. Rudna tela sa jadaritom (B i Li) su izduženog slojevito-sočivastog oblika i sinklinalnog izgleda, a u vertikalnom stubu se pojavljuju na dubinama od 250 do 750 m.

Posmatrano od plićih nivoa basena, ka dubljim stratigrafskim nivoima, u ležištu su izdvojeni mineralizovani, odnosno orudnjeni horizonti, i to: gipsonosni horizont, gornji horizont sa Ca, Ca-Na boratima, kao i gornji, srednji i donji jadaritski horizont (GJH, SJH i DJH).

**Gipsonosni horizont** sa gipsom kao tipskim predstavnikom evaporitskih uslova. Razvijen je u okviru tranzicione zone koja čini podinu fosilonosnih, marinskih sedimenata badena. Predstavljen je laporcima, glincima i alevrolitima u kojima se javljaju žilice i prožilci gipsa ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) debljine od nekoliko mm do par cm, a vrlo retko su žilice gipsa dm - dimenzija. Proslojci i žilice gipsa imaju izraženu promenljivost debljine. Srednja debljina ovog horizonata je oko 12,5 m, a u horizontalnoj ravni ima projektovanu površinu od oko 4,3 km<sup>2</sup>.

Rezultati hemijskih ispitivanja pojedinačnih proba (uzoraka iz nabušenog jezgra) su pokazali, da je srednji sadržaj  $\text{SO}_3$  u gipsonosnom horizontu 34,7 %, odnosno da je srednji sadržaj gipsa oko 74,7 %. Utvrđeni srednji sadržaj gipsa u ležištu, mala i nepostojana debljina njegovih proslojaka i žilica, čini ovu mineralizaciju gipsa u ekonomskom smislu neinteresantnom.

**Horizont sa Ca i Na-Ca boratima**, nalazi se ispod tranzicione zone sa gipsom, a iznad karakterističnog marker horizonta MH7. Izgrađen je od proslojaka glinovito laporovitih, jezerskih, finozrnih sedimenata u kojima se javljaju Ca i Na-Ca borati. Vodeći minerali su kolemanit (Ca-borat), kao i uleksit i probertit (Na-Ca- borat), koji se javljaju u vidu žilica i prožilaka mm-cm debljne.

Horizont ima sočivasto-izduženi oblik, promenljive je debljine, a zbog čestih raslojavanja i isklinjavanja ne može se kontinuirano pratiti na većim rastojanjima. Sadržaj  $\text{B}_2\text{O}_3$  u nivou sa boratima je vrlo promenljiv. Debljina mineralnih žilica, prožilaka i slojeva se kreće u mm-cm dimenzijama, a vrlo retko dostiže decimetarske dimenzije. Na osnovu rezultata hemijskih analiza pojedinačnih proba iz nabušenog jezgra, utvrđena je velika promenljivost debljine mineralizacije (od 1,5 do 14 m; srednje debljine oko 3,5 m) i sadržaja  $\text{B}_2\text{O}_3$  (od 6 do 15%; srednji sadržaj 7,9 %).

Nizak srednji sadržaj  $\text{B}_2\text{O}_3$  i mala, uz to i vrlo promenljiva debljina mineralnih žilica, čini da ovaj nivo sa boratima ne predstavlja potencijalno korisnu mineralnu sirovinu u ležištu (u aktuelnim uslovima tržišta).

**Gornji jadaritski horizont (GJH)** se, kao izduženo sočivo, nalazi ispod karakterističnog marker horizonta MH7, a iznad marker horizonta MH5. Predstavljen je proslojcima glinovito-laporovitih finozrnih jezerskih sedimenata sa jadaritskom mineralizacijom. Mineralizacija jadarita, u vidu mm nodula, tj. sitnih zrna i žilica, najčešće se javlja u nekoliko stratigrafskih nivoa ovog horizonata. Debljina gornjeg jadaritskog horizonata je utvrđena istražnim bušenjem i kreće se od nekoliko metara pa do više destina

metara, da bi u centralnom delu ležišta dostigla debljinu i više od 100 m. Sve ovo ukazuje na veliku promenljivost debljine mineralizacije i koncentrisanosti jadarita kao glavnog minerala, sa izraženim verikalnim promenama intervala od niske do povišene mineralizacije.

Rezultati izvedenih geoloških istraživanja pokazuju da je gornji jadaritski horizont razvijen na površini od oko 9 km<sup>2</sup>. Srednji sadržaj korisnih komponenti u gornjem jadaritskom horizontu na osnovu rezultata hemijskih analiza pojedinačnih proba iz svih istražnih bušotina, iznosi 0,49 % Li<sub>2</sub>O i 3,62 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

U okviru gornjeg jadaritskog horizonta su, na osnovu određenog graničnog sadržaja, izdvojena dva rudna tela: rudno telo 1 i rudno telo 2.

**Rudno telo 1** gornjeg jadaritskog horizonta se u stratigrafskom pogledu nalazi ispod karakterističnog tufa MH-6, u okviru geodomena 550 i u planu zauzima površinu od oko 1,3 km<sup>2</sup>. Promenljiva debljina kao i česta raslojavanja i isklinjavanja su vrlo izražena u rudnom telu 1 u GJH. Srednja debljina Rudnog tela 1 je oko 3,5 m, pa do preko 10 m u severnom delu ležišta. Srednje vrednosti sadržaja Li i B, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela 1 u GJH, su: 1,49 % Li<sub>2</sub>O i 9,88 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,99 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>).

**Rudno telo 2** u gornjem jadaritskom horizontu, koje se u stratigrafskom smislu nalazi u okviru geodomena 545 (ispod rudnog tela 1), u planu zauzima površinu od oko 2,8 km<sup>2</sup>. Debljina rudnog tela, bez jalovih proslojaka, varira od 1-2 m, sa prosečnom debljinom od oko 4 m, pa do 11 m u centralnom delu ležišta. Pored promenljive debljine i čestog raslojavanja za rudno telo 2 u GJH je karakteristično da je u svom najvećem delu raslojeno jalovim proslojkom prosečne debljine od oko 2 m. Srednje vrednosti sadržaja Li i B, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz rudnog tela 2 u GJH, su: 1,30 % Li<sub>2</sub>O i 9,02 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,76 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>).

**Srednji jadaritski horizont (SJH)** se u vertikalnom profilu finozrnih jezerskih sedimenata javlja ispod karakterističnog (tufnog) markera MH5, a iznad karakterističnog marker horizonta MH4. U horizontu je zastupljena jadaritska mineralizacijom - nodule jadarita (u glinovito-laporovitim, finozrnim, jezerskim sedimentima), koja se u vertikalnom profilu, naizmenično smenjuje sa intervalima bez mineralizacije.

Debljina mineralizovanih intervala je promenljiva, a jadarit se najčešće javlja u vidu nodulskih nagomilanja (milimetarskih dimenzija) ili pojedinačnih, sitnijih zrna. Istražnim bušenjem je utvrđeno da se pored jadarita u vidu tankih milimetarskih proslojaka (retko i cm dimenzija) sporadično javlja i kolemanit, ali se retko pojavljuju zajedno. U najvećem broju slučajeva prisutvo kolemanita je praćeno odsustvom jadarita. Osim jadarita, u ovom stratigrafskom nivou, u zapadnom delu ležišta, javljaju se i Na-borati (kernit, eskurit, boraks).

Interval sa mineralizacijom natrijskih-borata, koji se pojavljuju u vidu cm do dm nagomilanja, se javlja u međusobnoj smeni sa jadaritskom mineralizacijom. Maksimalna debljina ovog intervala je oko 10 m, a nabušeni interval se, u lateralnom smislu, teško može pratiti na većim rastojanjima u kontinuitetu.

Na osnovu rezultata izvedenih geoloških istražnih radova utvrđeno je, da je srednji jadaritski horizont razvijen, posmatrano u planu ležišta, na površini od oko 8 km<sup>2</sup>. Srednja debljina srednjeg jadaritskog horizonta (SJH) je oko 25 m, a u centralnom delu ležišta njegova debljina se kreće oko 40 m i dostiže maksimalnu debljinu od oko 60 m.

Srednji hemijski sadržaji korisnih komponenti, u srednjem jadaritskom horizontu, na osnovu svih rezultata hemijskih analiza, iznosi 0,69 % Li<sub>2</sub>O i 6,88 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

U okviru srednjeg jadaritskog horizonta su, na osnovu utvrđenog graničnog sadržaja, izdvojena (kao i u GJH) dva rudna tela: rudno telo 1 i rudno telo 2.

**Rudno telo 1** srednjeg jadaritskog horizonta se u stratigrafskom pogledu, nalazi u okviru geodomena 430, nekih 15-ak metara ispod karakterističnog tufa MH-5. U planu zauzima površinu od oko 3 km<sup>2</sup>, sa srednjom debljinom od oko 5 m. Debljina Rudnog tela 1 je promenljiva, uz često raslojavanje, od minimalnih 1-2 m pa do 13 m, u centralnom delu ležišta. Srednje vrednosti sadržaja Li i B, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz rudnog tela 1 u SJH, su: 1,18 % Li<sub>2</sub>O i 9,16 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,64 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>).

**Rudno telo 2** srednjeg jadaritskog horizonta se u stratigrafskom pogledu, nalazi neposredno iznad karakterističnog tufa MH-4, u okviru geodomena 405, i u planu zauzima površinu od oko 2,8 km<sup>2</sup>, sa srednjom debljinom od oko 5 m, pa do maksimalnih 11 m u centralnom delu ležišta. Srednje

vrednosti sadržaja Li i B, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz rudnog tela 2 u SJH, su: 1,63 %  $\text{Li}_2\text{O}$  i 13,73 %  $\text{B}_2\text{O}_3$  (2,28 %  $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv.}}$ ).

**Donji jadaritski horizont (DJH)** se nalazi ispod karakterističnog (tufnog) MH4 marker horizonta i predstavlja mineralom jadaritom najbogatiji deo ležišta Jadar, što ga čini ekonomski najinteresantnijim.

Gledano u profilu, donji jadaritski horizont ima oblik izduženog sočiva koje, posmatrano u planu ležišta, zahvata površinu od oko 6,8  $\text{km}^2$ . Na osnovu rezultata istražnog bušenja utvrđeno je da ovaj horizont ima srednju debljinu oko 60 m, a u centralnom delu ležišta njegova debljina je i preko 100 m. Srednji sadržaji korisnih komponenti B i Li, utvrđeni na osnovu svih rezultata hemijskih analiza pojedinačnih proba, su 7,36 %  $\text{B}_2\text{O}_3$  i 0,8 %  $\text{Li}_2\text{O}$ , što ga u ekonomskom smislu gledano čini najznačajnijim ("glavnim") rudonosnom horizontom u ležištu Jadar.

U okviru istog stratigrafskog nivoa, odnosno u okviru donjeg jadaritskog horizonta, istražnim bušenjem je utvrđeno i prisutvo Na-borata (vodeći minerali su kernit i eskurit, praćeni promenljivim sadržajima boraksa). Ova Na-borna mineralizacija se javlja u vidu izduženog, sočivastog rudnog tela, koje u planu ima površinu oko 0,3  $\text{km}^2$ , sa prosečnom debljinom oko 14 m, pa do maksimalnih 30 m, i često je razdvojena jadaritskom mineralizacijom. Na osnovu rezultata hemijskih analiza pojedinačnih proba, iz uzoraka nabušenog jezgra sa Na-bornom mineralizacijom, utvrđen je srednji sadržaj  $\text{B}_2\text{O}_3$  od 37,47 % i  $\text{Li}_2\text{O}$  od 0,43 %.

U okviru donjeg jadaritskog horizonta (DJH) su, na osnovu utvrđenog graničnog sadržaja korisnih komponenti, izdvojena tri rudna tela: rudno telo 1, rudno telo 2 i rudno telo NaBo, kao zasebno rudno telo (na kontaktu sa rudnim telom 1), u kome se pored jadarita javljaju i natrijumski borati.

**Rudno telo 1** donjeg jadaritskog horizonta je najveće i ekonomski najznačajnije rudno telo u celom ležištu i u planu zahvata površinu od oko 4,5  $\text{km}^2$  sa srednjom debljinom od oko 16 m, dok njegova maksimalna debljina dostiže i 50 m. Posmatrano u vertikalnom profilu (stubu) povlata rudnog tela 1 se karakteriše oštrim kontaktom prema slabijoj jadaritskoj mineralizaciji koja se koreliše sa kontaktom geodomena 370 i 360 dok je karakter kontakta povlate, koja se najčešće završava u okviru geodomena 350 ili 345, prema slabijoj jadaritskoj mineralizaciji postepen. Srednje vrednosti sadržaja Li i B, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz rudnog tela 1 u DJH, su: 2,11 %  $\text{Li}_2\text{O}$  i 14,67 %  $\text{B}_2\text{O}_3$  (2,86 %  $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv.}}$ ).

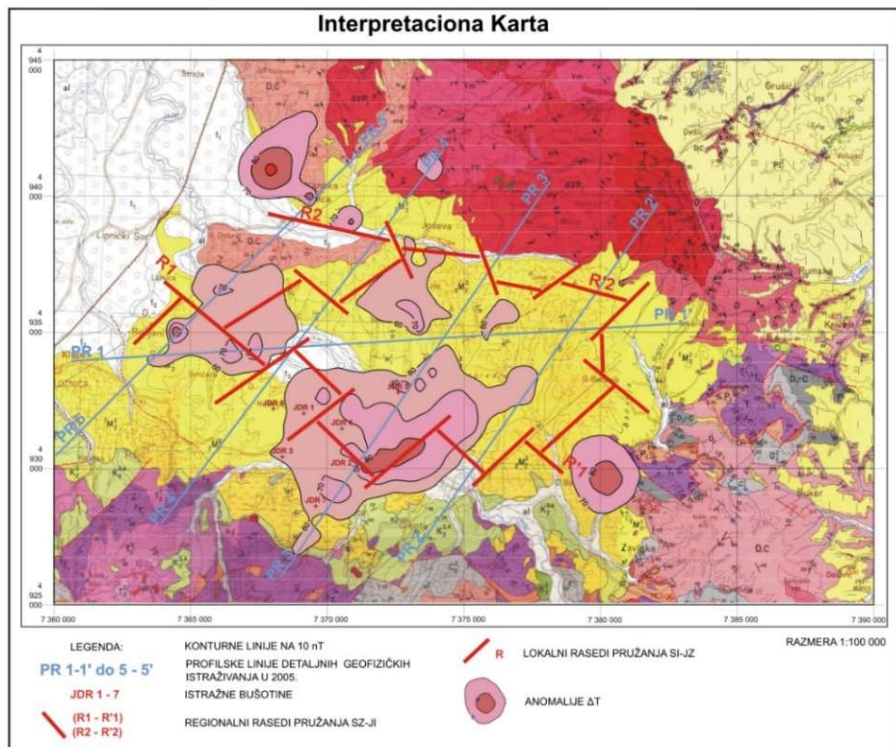
**Rudno telo NaBo** donjeg jadaritskog horizonta se izdvaja kao posebno rudno telo, u domenu rudnog tela 1, gde se jadaritska mineralizacija javlja u asocijaciji sa mineralizacijom Na borata (NaBo) od kojih su najzastupljeniji eskurit, kernit i boraks. Rudno telo NaBo egzistira kao glavno rudno telo i kao manje rudno telo sa Na boratima, severno od glavnog. Iako istražnim bušenjem nije utvrđena direktna veza ove dve Na boratne mineralizacije njihov pojavni oblik, mineraloški sastav, stratigrafski i prostorni položaj ukazuju na njihovu povezanost sa istim strukturama kao dovodnim kanalima, odnosno istovremenim nastankom. Rudno telo NaBo u planu zahvata površinu od oko 0,31  $\text{km}^2$  (oko 0,283  $\text{km}^2$  glavno i oko 0,032  $\text{km}^2$  manje telo) sa prosečnom debljinom oko 14 m, pa do maksimalnih 30 m. Srednje vrednosti sadržaja Li i B, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz rudnog tela NaBo u DJH, su: 0,43 %  $\text{Li}_2\text{O}$  i 37,47 %  $\text{B}_2\text{O}_3$  (2,34 %  $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv.}}$ ).

**Rudno telo 2** donjeg jadaritskog horizonta u planu zauzima površinu od oko 1,8  $\text{km}^2$  sa srednjom debljinom od oko 6 m, pa do preko 15 m u centralnom delu ležišta. Stratigrafski posmatrano, rudno telo 2 DJH je vezano za geodomen 330, odnosno nalazi se ispod breča geodomena 340 koje čine podinu rudnog tela 1 u DJH. Debljina breča geodomena 340, koje razdvajaju rudna tela u DJH, je promenljiva i kreće se od manje od 1 metra u jugozapadnom delu ležišta, pa do maksimalnih 40 m u centralnom delu ležišta. Srednje vrednosti sadržaja Li i B, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz rudnog tela 2 u DJH, su: 1,42 %  $\text{Li}_2\text{O}$  i 10,47 %  $\text{B}_2\text{O}_3$  (1,95 %  $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv.}}$ ).

### 3.2.3. Strukturna građa ležišta

Ležište jadar formirano je u okviru Jadarskog basena neogene starosti u peripanonskom području. Ovaj basen izgrađuju donjomiocenske sedimentne tvorevine jezerskog razvića proslojene tufovima i srednjomiocenski marinski sedimenti.

Tektonika ležišta Jadar i područja jadarskog basena se generalno karakteriše disjunktivnim poremećajima. Rupturni sklop područja ležišta B i Li Jadar predstavljen je rasednim strukturama, koje su izdvojene kao dva regionalna sistema pružanja SZ-JI i SI-JZ (slika 3.2.10.). Ovi glavni rupturni sistemi su bili aktivirani/reaktivirani tokom duge višefazne geološke evolucije ovih prostora i najverovatnije su bili kontrolni faktor pri formiranju jadarskog basena i samog ležišta Jadar. Ovi regionalni rasedi se uglavnom na osnovu sklopa lineamenata razuđenog reljefa okoline Jadarskog basena mogu interpretirati kao planare sa strmim padnim uglovima.



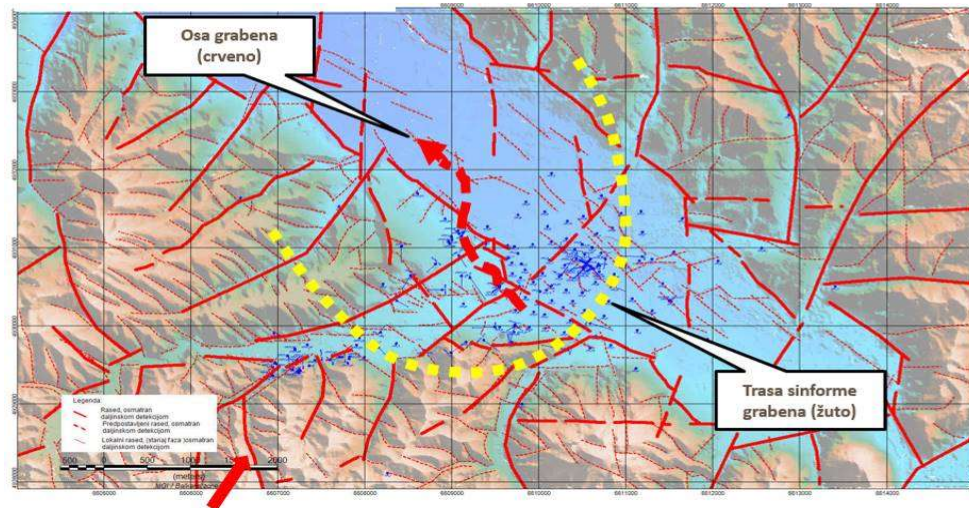
**Slika 3.2.10** Geološka karta (OGK list Zvornik 1:100 000, Mojsilović i dr., 1977) sa interpretacijom regionalnih struktura na osnovu geomagnetnih merenja, 2005 (Misailović, Tanasković, 2020).

Strukturni lineamenti u ovom području imaju predisponirane pravce pružanja SZ-JI, SI-JZ te Z-I, što je potvrđeno analizama digitalnog elevacionog modela (DEM).

Jasno su vidljiva dva sistema rupturnih strukturnih elemenata, sa tim što se može pretpostaviti da je sistem raseda sa pravcem pružanja SZ-JI stariji, tj. iz sistema reversnih raseda koji su bili aktivni tokom gornjokredno-eocenske kompresione faze i reaktivirani tokom miocenske ekstenzije sa gravitacionim spuštanjima po njima, da bi od pliocena do danas u aktivnom kompresionom polju bila ponovo reaktivirana reversna kretanja duž njih, međutim manjeg intenziteta. Recentna kompresija (od pliocena do danas) u području jadarskog basena i ležišta je potvrđena merenjima *in-situ* stresa u bušotini JDRPQ015 („Sigra PTY LTD“-Australija, septembar 2016.), pri čemu je testovima utvrđeno da maksimalni stres ima pravac SI-JZ i da leži u opsegu pravca između  $14.1^{\circ}$  -  $55.8^{\circ}$  od magnetnog severa. Pravac maksimalnog stresa je uslovio reaktivaciju razlomnih struktura pravca pružanja SZ-JI sa reversnim karakterom kretanja. Ove strukture, kao i razlomi pružanja SI-JZ sa izraženim gravitacionim karakterom kretanja u okviru pre-kenozojskih sedimenata su predstavljale predisponirane pravce, tj. starije strukture po kojima je dolazilo do višefazne reaktivacije tokom evolucije prostora jadarskog ležišta, kako gravitacionih pokreta tokom sin- tako i preovlađujućih reversnih i verovatno transkurentnih kretanja u toku post-sedimentacionih procesa.

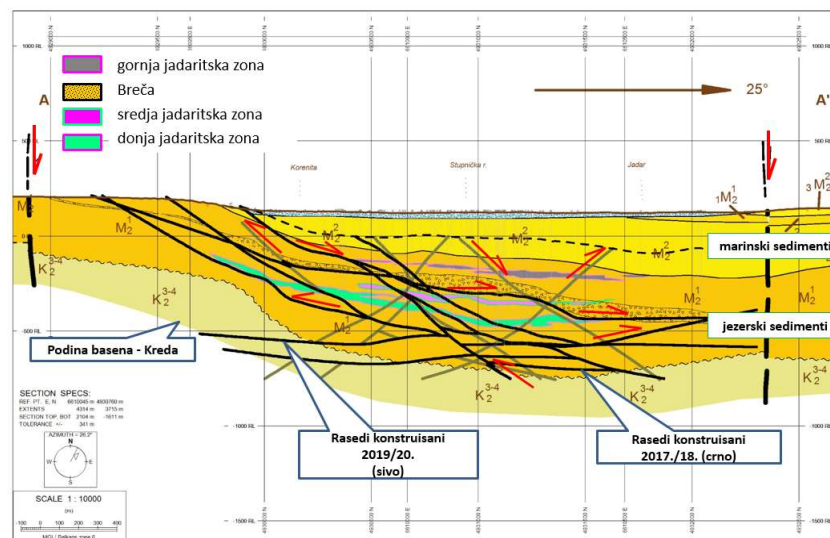
U strukturno-tektonskom sklopu područja ležišta Jadar dominira markantna morfostruktura, tj. asimetrični graben. Ova sekundarna struktura, sinformnog oblika, u okviru koje je razvijeno ležište Jadar, pozicionirana je u južnim do centralnim delovima Jadarskog basena. Zavisnost morfoloških karakteristika, elevacionih zona reljefa i markiranih regionalnih rasednih struktura, orijentisanih u dva glavna sistema pružanja SZ-JI i

SI-JZ, kao i položaj sekundarnog grabena u odnosu na rasedne sisteme prikazani su na slici 3.2.11. Može se uočiti da je duža osa sekundarnog grabena, praktično paralelna sa rasednim sistemom pružanja SZ-JI, te se može pretpostaviti da je glavno spuštanje blokova, odnosno gravitaciono kretanje izvršeno reaktivacijom duž predisponiranih rasednih planara starijeg gornjokredno-eocenskog (Kz-E) rasednog sistema.



**Slika 3.2.11.** Prikaz interpretiranih raseda u ležištu Jadar i prostorni položaj sekundarne grabenske strukture. U levom donjem uglu slike, crvena puna strelica pokazuje rasede interpretirane na osnovu DTM koji su obeleženi crvenim debelim linijama (Misailović, Tanasković, 2020).

Na osnovu podataka dobijenih istražnim bušenjem, kao i rezultatima dobijenih procesom modelovanja konceptualnim strukturnim modelom (slika 3.2.12.) možemo zaključiti da je debljina pojedinih lito-jedinica promenljiva u okviru područja istraživanja. Zadebljanje ili isključivanje kartiranih jedinica je verovatno rezultat duktilnih (plastičnih) deformacija stenske mase uz velike rasedne sisteme.



**Slika 3.2.12.** Profil kroz SM 3.2, Konceptualni Strukturni model (Misailović, Tanasković, 2020).

### 3.2.4. Hidrološke karakteristike područja ležišta

U hidrološkom smislu, vodeni tokovi jadranskog područja pripadaju slivu Save i Dunava. Reka Jadar predstavlja glavni drenažni vodotok ovog područja. Izvire ispod brda Debelo crevo na teritoriji opštine Osečina, na nadmorskoj visini od 470 m. Jadar ima ukupnu dužinu od 79 km i kod mesta Lešnica se uliva u reku Drinu, na

nadmorskoj visini od 103 m. Sliv Jadra, površine oko 900 km<sup>2</sup>, asimetričnog je oblika, kojem je leva strana razvijenija, prostranija od desne strane (slika 3.2.13.). Tako se i njegove najveće pritoke - Likodra (duga 27 km), Pecka (duga 24 km) i Korenita (duga 23 km) nalaze sa leve strane, dok je od desnih pritoka najznačajnija i najduža reka Cernica (duga 20 km). U periodu visokih voda (otapanje snega i sezona kiša) reka Jadar često i nije mogla da odnese velike količina nanosa koji se zbog toga taložio po aluvijalnoj ravni. Zbog prirodne konfiguracije terena reka Korenita nije mogla da se direktno uliva u Jadar, već na dužini od oko 8 km, teče paralelno sa njegovom levom obalom. Na Jadru postoje dve merne stanice: Lešnica, osnovana 1926. godine, nizvodno od istražnog prostora i Zavlaka, osnovana 1959. godine i koja se nalazi uzvodno od istražnog prostora.



**Slika 3.2.13.** Slivno područje Jadra, sa granicom istražnog područja i sa položajem mernih stanica Zavlaka i Lešnica (Misailović, Tanasković, 2020).

Prema podacima sa ovih mernih stanica, najviši vodostaji su od februara do maja, kao rezultat topljenja snega i prolećnih padavina. Najniži vodostaji su tokom avgusta i oktobra, što zbog manje padavina, što visokih temperatura. U periodu visokog vodostaja, prosečan protok na mernoj stanici Lešnica je 10-18 m<sup>3</sup>/s, u periodu niskih 3,0-4,5 m<sup>3</sup>/s. Istorijski maksimum zabeležen je tokom poplava u maju 2014. godine i iznosio je 219 m<sup>3</sup>/s, a minimum je zabeležen u oktobru 2012. godine, kada je protok bio 0,03 m<sup>3</sup>/s.

### 3.2.5. Hidrogeološke karakteristike ležišta

Prema hidrogeološkim karakteristikama i kolektorskim svojstvima stena, u *hidrogeološkom* smislu na širem području Jaderskog basena, izdvojeni su sledeći tipovi izdani (akvifera): aluvijalne izdani, karstne izdani, pukotinske izdani i izdani u miocenskom kompleksu.

Pored toga, u istražnom području javljaju se i geološke formacije siromašne podzemnim vodama, koje su svrstane u bezvodne terene.

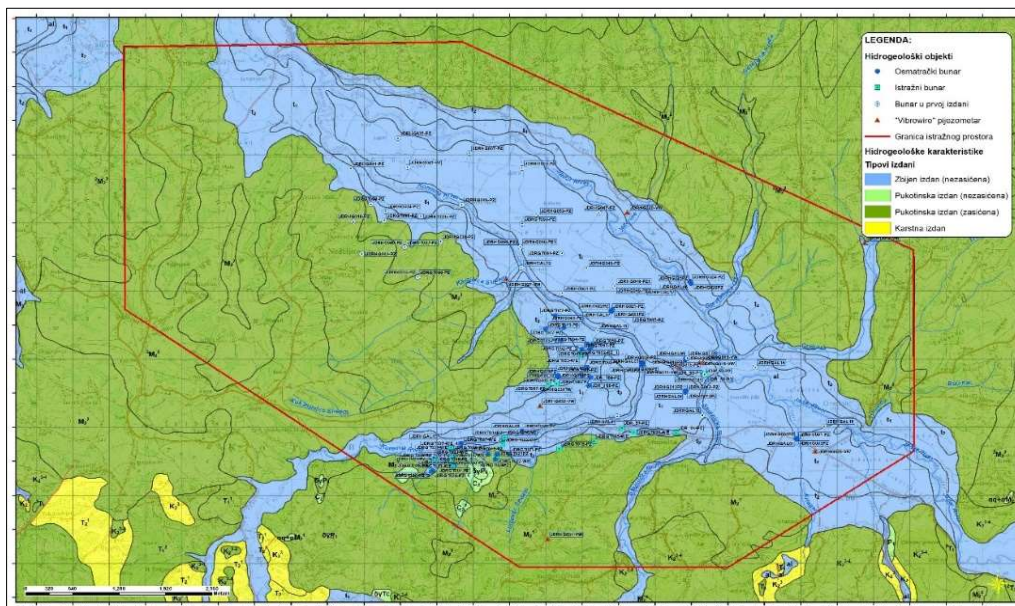
Rasprostranjenje različitih tipova izdani na istražnom prostoru Jadra prikazani su na slici 3.2.14.

U području ležišta Jadar, na bazi hidrogeoloških karakteristika uključujući mogućnost za akumuliranje, kretanje i zahvatanje podzemnih voda, izdvojeno je šest hidrogeoloških jedinica (tabela 3.2.1).

U odnosu na tip poroznosti/filtracione karakteristike i hidrodinamičke uslove, u zoni ležišta Jadar identifikovane su sledeće izdani:

- Zbijeni tip izdani sa slobodnim nivoom u okviru peskovito-šljunkovitih aluvijalnih i terasnih sedimenata;
- Pukotinska izdan sa nivoom pod pritiskom u okviru ispucalih breča jezerske serije.

U široj zoni ležišta (oko 5 km južno) u okviru trijaskih krečnjaka razvijen je karstni tip izdani sa slobodnim nivoom, kao i pukotinska izdan veće izdašnosti u okviru breča otkrivenih blizu površine terena na jugozapadnom obodu basena. U pravcu severozapada, na 10-15 km udaljenosti od ležišta razvijana je zbijena izdan sa slobodnim nivoom, visoke izdašnosti, u okviru aluvijalnih sedimenata Drine. Ova izdan može biti od značaja za buduće vodosnabdevanje rudnika i pratećeg proizvodno industrijskog kompleksa.



**Slika 3.2.14** Rasprostranjenje tipova izdani u dolini reka Jadar, Korenita i Stupnica (Misailović, Tanasković, 2020).

**Tabela 3.2.1** Osnovne hidrogeološke jedinice (Misailović, Tanasković, 2020).

Hidrogeološka jedinica	Litološke karakteristike	Tip izdani	Relativna vodopropusnost	Debljina (m)
<b>Aluvijon</b>	Pesak, glina, šljunak	Zbijeni, sa slobodnim nivoom	Srednja - visoka	10 - 15
<b>Miocenska marinska jedinica</b>	Glini, alevroliti, peščari, laporci	Pukotinski, pod pritiskom	Niska	30 - 300
<b>Miocenska tranziciona jedinica</b>	Laporci i karbonati sa proslojcima gipsa	Pukotinski, pod pritiskom	Niska	10-40
<b>Miocenska jezerska jedinica</b>	Glini, alevroliti, laporci, sitnozrni peščari, breče, jadaritski horizonti i tufozni marker horizonti	Pukotinski, pod pritiskom	Niska, nisko-srednja u brečama	150 - 550
<b>Mezozojske sedimentne stene</b>	Krečnjaci, peščari, glinci, konglomerati	Pukotinski, pod pritiskom	Srednja	350 - 700*
<b>Paleozojske stene</b>	Škriljci, metapeščari, krečnjaci, granodioriti	Pukotinski, sa slobodnim nivoom i pod pritiskom	Niska	50 - >400*

\* Debljina mezozojskih i paleozojskih stena u podini ležišta nije definisana

**Aluvijalna jedinica** obuhvata aluvijalne i terasne nekonsolidovane sedimente. Aluvijalni sedimenti reke Jadar su značajno rasprostranjeni na istražnom prostoru. Širina aluvijalne ravni je oko 3 km, dok je prosečna debljina oko 10 m iako je na pojedinim lokacijama debljina i do 15 m. Prema litološkom sastavu preovlađuju peskovi i šljunkovi koji su taloženi odmah preko miocenskih sedimenata, dok su finije glinovite frakcije prisutnije ka površini terena. Aluvijalni sedimenti Korenita i Stupničke reke su ograničeni u planu i u vertikalnom profilu pa je njihova debljina do 5 m.

**Miocenska marinska jedinica** se karakteriše niskim vrednostima koeficijenata filtracije. Predstavlja podinu aluvijalnih i terasnih sedimenata i izgrađena je od glinaca, laporaca, alevrolita i u manjoj meri proslojaka breča i slabije vezanih sedimenata. Sedimenti ove jedinice su masivni što je dokazano visokim vrednostima RQD-a (stepen stenske ispuicalosti jezgra) kao i malim brojem pukotina osmatranih na jezgru. Rasedi koji su detektovani u marinskoj jedinici su veoma „tesni“ bez jasnih dokaza o kretanju podzemnih voda. Samim tim, čitava jedinica ima funkciju hidrogeološkog izolatora koji razdvaja izdan u aluvijalnim sedimentima i dublje hidrogeološke strukture. U prilog tome govore i visoki pijezometarski nivoi podzemnih voda izmereni na većini bušotina koje kaptiraju horizonte ispod marinske jedinice. I pored niskih koeficijenata filtracije u toku istražnog bušenja su u više navrata detektovani samoizlivi do dubine od 100 m, što ukazuje na postojanje lokalnih ispuicalih i/ili slabije konsolidovanih zona u kojima je moguće formiranje ograničenih akumulacija podzemnih voda.

**Miocenska tranziciona jedinica** razdvaja marinsku i jezersku jedinicu. Prosečne je debljine oko 25 m i predstavljena je uslojenim laporcima, alevrolitima i glincima sa tankim (centimetarskim) slojevima gipsa. I pored ograničenih podataka o hidrauličkim karakteristikama ove zone može se pretpostaviti da su vrednosti hidrauličkih parametara niske, pa se samim tim ne očekuje akumuliranje značajnijih količina podzemnih voda.

**Miocenska jezerska jedinica.** Ova jedinica čini najveći deo Jadarskog basena. U podini se nalaze mezozojski sedimenti, dok povlatu predstavlja tranziciona jedinica. Sa hidrogeološkog aspekta mogu se izdvojiti dve karakteristične jedinice, finozrnija izrađena od glinaca, alevrolita, laporaca, peščara i krupnozrnija predstavljena brečama. Za finozrniju jedinicu je karakteristična pojava mineralizacije Li i B tj. donjeg, srednjeg i gornjeg jadaritskog horizonta.

**Jezerska finozna jedinica** je najzastupljenija jedinica u vertikalnom profilu i sadrži sve tri jadaritske zone. Za ovu jedinicu su karakteristični proslojci tufova koji su korišćeni kao marker horizonti za korelisanje i diferenciranje stratigrafskog položaja jadaritskih horizonata. Vodopropusnost sedimenta koji čine ovu jedinicu je generalno niska. U prilog ovome je veoma spor povratak nivoa podzemnih voda nakon razrade (kompresiranja) dubokih pijezometara koji kaptiraju ove slojeve, kao i rezultati testova crpenja na istražnim bunarima. Rasedi mogu da utiču na formiranje lokalnih izdani pod pritiskom. Tokom istražnog bušenja na brojnim bušotinama su zabeležene pojave samoizliva ali većinom do 5 l/min što takođe potvrđuje slabu ovodnjenost ove jedinice.

**Breče** su najznačajnija jedinica sa aspekta ovodnjenosti u dubljim delovima jadariskog basena (geodomeni 525), a nalaze se između srednjeg i gornjeg jadaritskog horizonta (sa izdvojenim rudnim telima). Prosečna debljina ove jedinice je 31 m. Primarna poroznost ove stene je niska, međutim sekundarna, kao rezultat ispuicalosti, može biti značajna. Sedimenta breča koja je obuhvaćena geodomenom 525 rasprostranjena je u čitavom basenu pri čemu je ispuicalost veća u početnoj zoni predviđene eksploatacije rude i proizvodnog i servisnog okna. Pored ove jedinice, postoji i sedimentna breča ispod srednjeg jadaritskog horizonta (geodomen 405), ali je njeno rasprostranjenje u planu i prostoru manje i parametri koeficijenata filtracije su generalno niži. Sadašnji nivo istraženosti ukazuje na to da su breče izolovane finozrnim slabije vodopropusnim jezerskim sedimentima i da ne postoji hidraulička veza sa aluvijalnim sedimentima u zoni ležišta. Za potrebe definisanja hidrauličkih parametara, pored brojnih testova utiskivanja, u brečama je izrađen opitni bunar JDRGT030TW u zoni planiranih okana. Trodnevni test crpenja kapacitetom od 5 l/s je potvrdio više koeficijente filtracije ove jedinice u odnosu na ostale jezerske sedimente, ali i ograničenost izdani formirane u brečama kao i odsustva hidrauličke veze sa plicim izdanima.

**Mezozojske sedimente stene**, kao trijaske i kredne sedimentne stene predstavljaju podinu Jadarskog basena i nalaze se direktno ispod miocenskih sedimenata. Izbijaju na površinu terena južno od Jadarskog basena. Najčešće su predstavljene karbonatnim tvorevima pri čemu je u trijaskim krečnjacima južno od Jadarskog basena formirana karstna izdan. O sastavu i karakteristikama mezozojskih sedimenta u podini basena postoji malo podataka. Ispucali krečnjaci su nabušeni u jugoistočnom delu basena (JDRHG001-PZ). Izvedeni paker testovi ukazuju na postojanje ograničene pukotinske izdani slabije izdašnosti.

**Paleozojske stene**, kao stene devonske, karbonske i permske starosti su prisutne u Jadarskom basenu ispod mezozojskih sedimenata. Čine ih metapeščari, krečnjaci, škriljci, kao i granodioriti. Izdanci granodiorita se javljaju južno od Korenite.

**Tektonske karakteristike.** Sa hidrogeološkog aspekta rasedi mogu imati veliki značaj jer mogu da predstavljaju barijeru, ali i privilegovane pravce kretanja podzemnih voda. Kada je rasedna zona ispunjena glinovitim sedimentima ili mineralnim talogom formira se zona nižih vrednosti koeficijenata filtracije koja predstavlja barijeru kretanju podzemnih voda. Slično se dešava i kada dolazi do vertikalnog pomeranja duž rasedne površi pri čemu se slojevi u kojima se formiraju izdani dovode u nivo slabije propusnih sedimenata.

Hidrogeološki parametri zastupljenih litoloških jedinica određeni su na osnovu terenskih istraživanja primenom testova crpenja na hidrogeološkim objektima (bunarima i pijezometrima) i opita utiskivanja vode pomoću pakera u istražnim bušotinama.

Podaci sa svih testova crpenja obrađeni su primenom standardnih grafo-analitičkih metoda korišćenjem softvera *AquiferTestPro* proizvođača *Waterloo hydrogeologic*. Kod objekata koji se odlikuju izuzetno niskim proticajima (ispod 0,1 l/s), kod kojih je crpenje trajalo svega nekoliko minuta, proračun hidrogeoloških parametara je vršen na osnovu podataka povratka nivoa.

Geometrijska sredina koeficijenata filtracije, dobijenih na osnovu svih paker testova izvedenih u prvoj fazi, iznosi  $5,8 \times 10^{-9}$  m/s, a osnovne statističke veličine za sprovedene testove date su u tabeli 3.2.2.

**Tabela 3.2.2.** Vrednosti koeficijenata filtracije sračunati na osnovu paker testova sprovedenih u okvir prve faze testiranja (Misailović, Tanasković, 2020).

Hidrogeološka jedinica	Svi testovi	Jezerski finozrni sedimenti	Breče	Glavne strukture		
				Sve jedinice	U brečama	U finozrnim jezerskim sediment.
Broj paker testova	252	105	61	86	12	43
Aritmetička sredina (m/s)	$6,2 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-8}$	$9,9 \times 10^{-8}$	$7,0 \times 10^{-8}$	$9,0 \times 10^{-8}$	$1,1 \times 10^{-8}$
Geometrijska sredina (m/s)	$5,8 \times 10^{-9}$	$4,1 \times 10^{-9}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$6,2 \times 10^{-9}$	$1,1 \times 10^{-8}$	$3,3 \times 10^{-9}$
Maksimum (m/s)	$1,8 \times 10^{-6}$	$6,9 \times 10^{-7}$	$8,6 \times 10^{-7}$	$1,8 \times 10^{-6}$	$7,0 \times 10^{-7}$	$6,9 \times 10^{-8}$
Minimum (m/s)	$3,1 \times 10^{-11}$	$9,2 \times 10^{-11}$	$3,1 \times 10^{-11}$	$6,0 \times 10^{-11}$	$7,7 \times 10^{-10}$	$3,2 \times 10^{-11}$
$> 1 \times 10^{-8}$ m/s	37,3 %	26,7 %	49,2 %	41,9 %	50,0 %	39,5 %
$1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-8}$ m/s	44,8 %	55,2 %	36,1 %	38,4 %	41,7 %	37,2 %
$< 1 \times 10^{-9}$ m/s	17,9 %	18,1 %	14,8 %	19,8 %	8,3 %	23,3 %

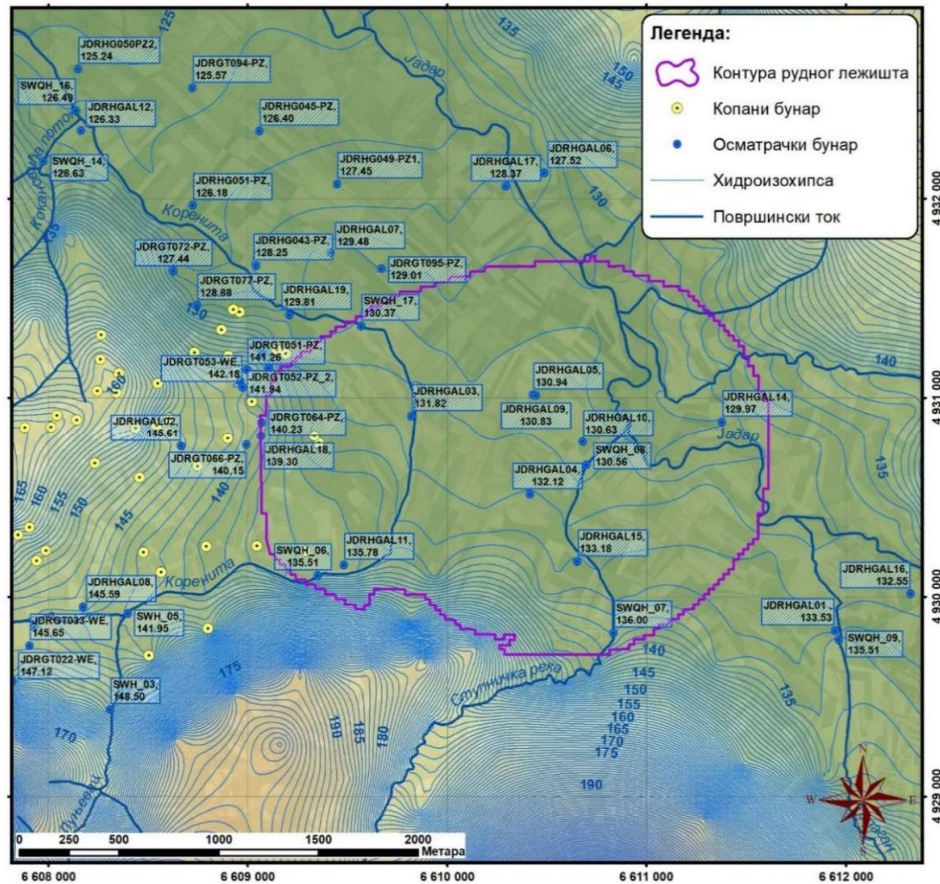
Na osnovu paker testova sprovedenih u okviru druge faze, najviše vrednosti koeficijenata filtracije utvrđene su za ispucale breče. Maksimalna vrednost od  $9,0 \times 10^{-6}$  m/s sračunata je za interval od 210,4 do 230,7 m u okviru ispućalih breča u bušotini JDRSS01, koje pripadaju geodomeni 405. Za ostale hidrogeološke jedinice, izgrađene od pretežno finozrnih jezerskih sedimenata, dobijeni su koeficijenti filtracije reda veličine  $10^{-8}$  m/s.

U cilju proračuna horizontalnih hidrauličkih gradijenata kao i pravaca kretanja podzemnih voda pripremljene su karte prostornog rasporeda nivoa podzemnih voda (karta hidroizohipsi prve izdani i karta hidroizopijesti za duboku pukotinsku izdan u miocenskim jezerskim sedimentima u nivou donjeg jadaritskog horizonta).

**Karta hidroizohipsi prve izdani** je napravljena na bazi podataka merenja nivoa podzemnih voda plitkih pijezometara i bunara, kao i kopanih bunara (slika 3.2.15.). Prilikom izrade pomenute karte takođe su korišćene vrednosti vodostaja sa lokacija monitoring mreže površinskih vodotoka. Generalni pravci kretanja podzemnih voda u okviru izdani sa slobodnim nivoom su usmereni ka najbližim potocima i rečnim tokovima i uglavnom prate topografiju terena. Na prostoru predviđanom za izradu vertikalnih okana, kao i na prostoru planiranom za izgradnju postrojenja za preradu rude, podzemne vode se kreću u pravcu Korenite, a u dolini Jadrta podzemne vode se kreću u pravcu severozapada, paralelno sa rečnim tokom. Horizontalni hidraulički gradijenti freatske izdani su u opsegu 0,1-20 %, sa vrednostima manjim od 5 % u najvećem delu terena. Horizontalni gradijenti manji od 2 % su karakteristični za aluvijalne ravni u dolinama Jadrta i Korenite.

Na osnovu merenja nivoa podzemnih voda na osmatračkim bunarima i *vibro-wire* pijezometrima napravljena je **karta pijezometarskog pritiska u nivou donjeg jadaritskog horizonta** (slika 3.2.16.). Na bazi dobijene karte može se zaključiti da regionalni pravac kretanja podzemnih voda u dubljim delovima jezerske jedinice (koji odgovaraju nivou donjeg jadaritskog horizonta) je u pravcu severozapada. Ovaj pravac je generalno u

saglasnosti sa rečnim tokom reke Jadar (prema Drini). Horizontalni hidraulički gradijenti su u opsegu 0,01-3,0%. Severni deo analiziranog područja odlikuje se blagim gradijentima manjim od 1 %, dok su u južnom delu horizontalni hidraulički gradijenti između 1 i 3 %. Karte hidroizopijesti plićih horizonata (koji odgovaraju dubini srednjeg i gornjeg jadaritskog horizonta) pokazuju sličan raspored hidroizopijesti kao i za dublju zonu, sa generalnim pravcem kretanja voda ka severozapadu.



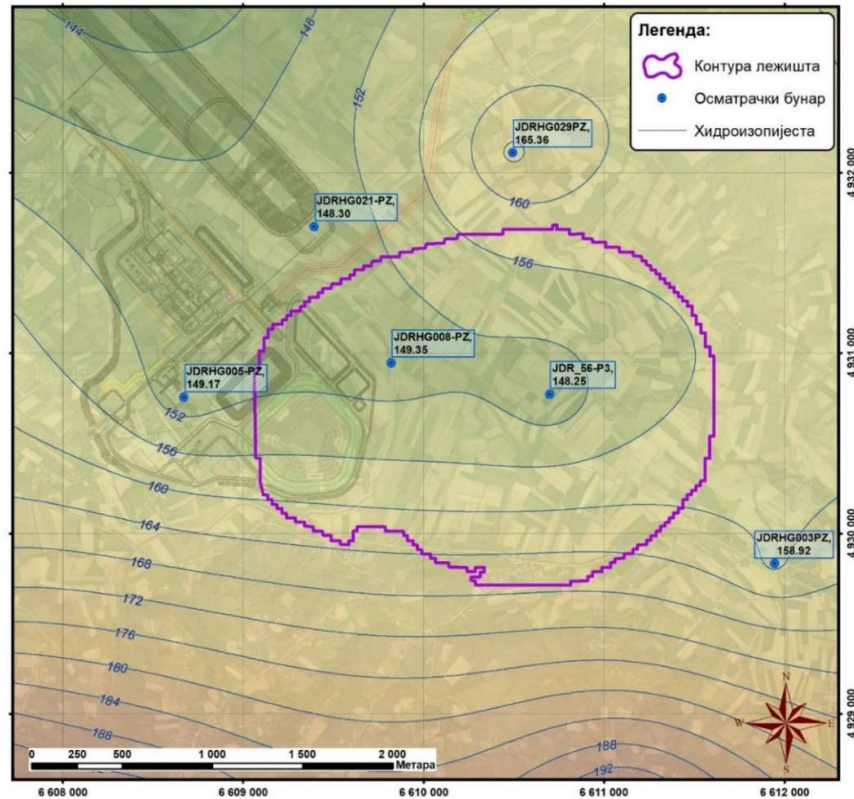
Slika 3.2.15. Nivoi podzemnih voda prve izdani (Misailović, Tanasković, 2020).

**Vertikalni hidraulički gradijenti** u okviru ležišta su uzlazni, sa višim vrednostima u dubljim delovima basena. Prosečni vertikalni gradijenti između donjeg i srednjeg jadaritskog horizonta su oko 6%, između srednjeg i gornjeg oko 1%, dok su vertikalni hidraulički gradijenti između nivoa podzemnih voda u gornjem jadaritskom horizontu i aluvijona najčešće oko 3%. Niže vrednosti gradijenata između srednjeg i gornjeg jadaritskog horizonta su verovatno rezultat prisustva izdani u brečama (domen 525). Više vrednosti vertikalnog gradijenta između gornjeg jadaritskog horizonta i aluvijalne izdani se rezultat prisustva debelog paketa marinske jedinice koja ima funkciju hidrogeološkog izolatora.

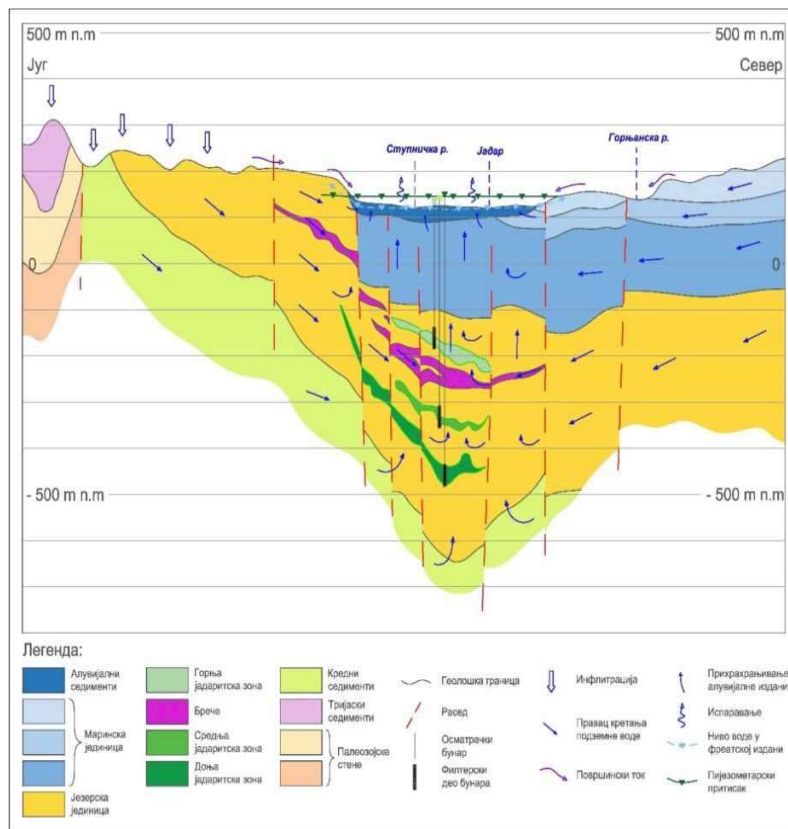
Dosadašnja istraživanja ukazuju na postojanje brojnih raseda koji se prostiru kroz jezersku, pa i kroz marinsku jedinicu (slika 3.2.17.). Međutim, snažni uzlazni vertikalni gradijenti izmereni na većini osmatračkih pijezometarskih baterija ukazuju na to da rasedi najverovatnije ne dovode do značajnijeg povećanja vrednosti hidrauličkih koeficijenata i ne predstavljaju vezu između dubljih izdani i izdani formiranih u kvartarnim sedimentima.

Rezultati proračuna priliva podzemnih voda u odnosu na vrstu rudarskih radova za celokupni radni vek rudnika prikazani su grafički na slici 3.2.18.

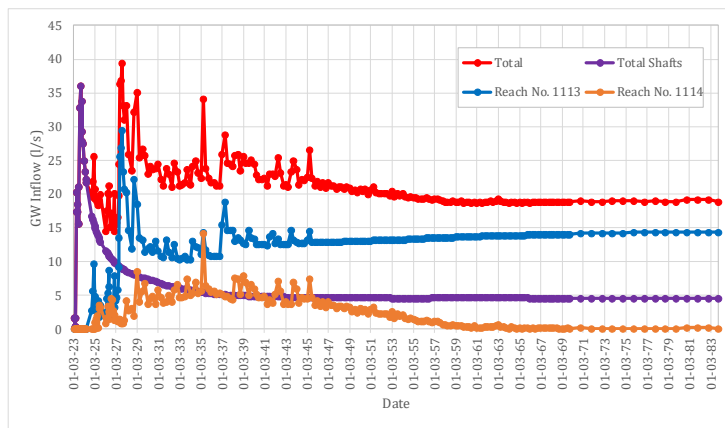
Rezultati analize neodređenosti modela ukazuju da su najviši očekivani prilivi do 55 l/s. Za period od prvih 20 godina rada rudnika očekuju se generalno viši prilivi sa izraženim varijacijama (srednje vrednosti između 25-30 l/s), dok se za period nakon 2045. pa do završetka aktivnog rada rudnika očekuje stabilizacija priliva u količini do 23 l/s.



Slika 3.2.16. Karta pijezometarskog pritiska u nivou donjeg jadaritskog horizonta (Misailović, Tanasković, 2020).



Slika 3.2.17. Konceptualni hidrogeološki profil ležišta, Jadar, jug-sever (Misailović, Tanasković, 2020).



**Slika 3.2.18.** Procena priliva podzemnih voda u rudarske radove (mart 2023 – decembar 2023) (Misailović, Tanasković, 2020).

### 3.2.6. Inženjersko-geološke i geotehničke karakteristike ležišta

U osnovi, sedimentne stene, koje su taložene u morskoj i jezerskoj sredini u početnom stadijumu su imale horizontalan položaj. Delovanjem *endogenih (unutrašnjih) sila* one su poremećene, ubrane i razlomljene. Kao rezultat tog procesa, u Jadarskom basenu veoma je česta pojava i rasprostranjenost nabornih (plikativnih) i razlomnih (rupturnih) deformacija.

Naborne deformacije, kao rezultat horizontalnih - tangencijalnih sila predstavljaju plastične deformacije. Ove deformacije su centimetarskih dimenzija i veoma lako uočljive na dobijenom jezgri gotovo svih izvedenih istražnih bušotina. Najuočljivije su kod laminiranih slojeva - laporaca i glinaca.

Razlomne deformacije, kao posledica radialnih-vertikalnih sila ispoljavaju se kroz razlamanje i razmicanje pojedinih delova stenskih masa. Najznačajniji su rasedi i pukotine, lako uočljiv i na jezgrima istražnih bušotina. Rasedi, normalni i reversni manifestuju se kao vrlo izdobljene zone u brečo-konglomeratima, kao i u laminiranim slojevima (drugih sedimentnih facija), u vidu vertikalnih do subvertikalnih diskontinuiteta, sa vidljivim tragovima kretanja.

Aluvijalni sedimenti doline reke Jadar predstavljaju, u prirodnim uslovima *stabilne* terene. *Nosivost* ovih sedimentata je najčešće dovoljna. Međutim, vrlo je i promenljiva, naročito zbog parametara čvrstoće, ugla unutrašnjeg trenja i kohezije, koji su promenljivi. Srednje vrednosti parametara čvrstoće ovih sedimentata su: 19,5 KN/m<sup>3</sup> za zapreminsku težinu (masu), 21° je srednja vrednost ugla unutrašnjeg trenja, a 18,5 KPa je srednja vrednost za koheziju.

*Slabo vezani fosilonosni sedimenti*, su predstavljeni najčešće sivim, slabo vezanim laporcima i laporovitim glincima. Zavisno od dela ležišta u kojem se nalaze, debljina im varira, od nekoliko metara pa do 250 m. Makroskopski gledano, stene su masivne strukture, dok se pod mikroskopom zapažaju slabo izražena trakasta struktura i paralelna laminacija. U ovim sedimentima, najčešće se ističe jedna familija pukotina, uglavnom upravna na osu bušenja, sa svežim prelomima bez tragova alteracija. Vrednosti RQD-a izražene u procentima (stepena ispucalosti u funkciji procene kvaliteta stenske mase), a koje su dobijene geotehničkim kartiranjem nabušenog jezgra uglavnom su velike i iznose od 85 - 100%. Fizičko-mehanički parametri stena, srednje vrednosti su: zapreminska težina je oko 20 KN/m<sup>3</sup>, ugao unutrašnjeg trenja je u intervalu 25 - 35° (zavisno od udela peskovite odnosno glinovite frakcije) i jednoaksijalna čvrstoća je od 1,4 do 4 MPa. Sedimenti se odlikuju se relativno malom vodopropusnošću koja se kreće od  $4,7 \times 10^{-9}$  do  $5,9 \times 10^{-9}$  m/s.

U ležištu su najzastupljeniji *trakasti slojevi i sivi, laminirani slojevi laporaca i glinaca* koji dosežu debljinu i do nekoliko stotina metara. Njihovi, prosečni fizičko-mehanički parametri (na bazi laboratorijskih geotehničkih analiza iz jezgra istražnih bušotina) su: zapreminska težina (masa) 22-23 KN/m<sup>3</sup>, ugao unutrašnjeg trenja je od 25° do 35°, jednoaksijalna čvrstoća je u intervalu od 4 do 15 MPa, zatezna čvrstoća je po pravilu duplo manja, a u nekim slučajevima i višestruko od pritisne čvrstoće. Stepenn ispucalosti (RQD) ovih sedimentata veoma varira i

uslovljen je prisustvom velikih struktura - raseda. U nabušenom jezgru najzastupljenije su međuslojne pukotine, bez alteracija, čija hrapavost i reljefnost površina zidova zavise od litološkog člana koji dominira, te se zastupljenost glatkih ravnih površi pukotina periodično smenjuje sa blago zatalasanim, takodje glatkim površima. Neretko, geotehničkim kartiranjem uočavaju se i smičuće pukotine (i sistemi istih), na čijim zidovima se najčeće nalaze strije (tragovi kretanja) te su pogodne za određivanje pravca smicanja i kretanja blokova.

*Polimiktni brečokonglomerati i breče* su izgrađeni od fragmenata različitih stena (sedimentnih, metamornih i magmatskih). Tekstura im je masivna ili brečasta. Međusobno se razlikuju prema vrsti i veličini fragmenata stena (od nekoliko mm do 50 cm, pa i više) i tipu veziva (matriks ili cement je vulkanogenog, sedimentnog ili metamornog porekla). Neki njihovi, fizičko-mehanički parametri jako variraju što se posebno odnosi na jednoaksijalnu pritisnu čvrstoću, koja se kreće u intervalu od 2,5 do 40 MPa. Razlog varijacije podataka je u heterogenom sastavu ovih sedimenata. Dominacija stenskih fragmenata u odnosu na vezivo utiče na povećavnje čvrstoće. Sedimenti sa peskovito glinovitim matriksom imaju najmanju pritisnu čvrstoću, a najveću drobljivost. Zapreminska težina (masa) breča se kreće od 23 do 26 KN/m<sup>3</sup>. Uglovi unutrašnjeg trenja variraju, i zavise od tipa veziva, veličine i zastupljenosti fragmenata. Vrednosti RQD-a variraju u širokom spektru, i kreću se od 0 do 100% i zavise od mnogobrojnih faktora kao što su položaj u ležištu, prisustvo ili odsustvo raseda, ovodnjenost terena i slično. Strukturno posmatrano, u ovim sedimentima, rasedi i rasedne zone su po pravilu makroskopski uočljivije u odnosu na druge sedimente, dok je izdvajanje familija pukotina vrlo često nemoguće izvršiti. Kao vodonosnici, u njima se prilikom geotehničkog kartiranja nabušenog jezgra, na zidovima pukotina mogu pronaći (ne tako često) i tragovi nekih sulfidnih minerala, tačnije pirita. Hidrauličke osobine breča se međusobno značajno razlikuju. Hidraulična provodljivost, dobijana pumpanjem i paker testovima pripada širokom spektru dobijenih vrednosti, od  $1,1 \times 10^{-10}$  do  $1,3 \times 10^{-6}$  m/s. Ispucalost - izrasedanost ovih stena, kao primarni kontrolni faktor povećava sekundarnu poroznost sredine i omogućava pojavu izdani. U rasednim zonama, u brečama izmerene su najveće vrednosti vodopropusnosti od oko  $3,6 \times 10^{-5}$  m/s. Bušivost ovih stena je relativno dobra, sa visokim procentom dobijenog jezgra (97%), osim u rasednim zonama (gde je često dolazilo do zaglavlja bušačkog pribora i velikih gubitaka jezgra).

Inženjersko-geološke i geotehničke karakteristike sedimenata ležišta B i Li Jadar (DJH) mogu označiti kao relativno povoljne do povoljne za potrebe otkopavanja rezervi i izgradnje i razvoja budućeg podzemnog rudnika (tabela 3.2.3.). Čvrstoća stena bez obzira na lokalnu anizotropiju vrednosti dobijenih podataka laboratorijskih ispitivanja jednoaksijalne i triaksijalne čvrstoće generalno pokazuje jasan trend priraštaja sa povećanjem dubine. Rezultati pritisnih čvrstoća određenih u laboratoriji pokazuju da sedimenti jaderskog basena generalno pripadaju kategorijama mekih do srednje tvrdih stena (od 1 do 40 Mpa).

**Tabela 3.2.3. Rezultati laboratorijskih geotehničkih analiza na uzorcima jezgra uzetim iz donjeg horizonta sa jadaritom (Misailović, Tanasković, 2020).**

GEODOMEN	Srednja vrednost jednoaksijalne pritisne čvrstoće UCS (Mpa)	Moduli elastičnosti dobijeni preko UCS		Modul elastičnosti dobijen Triaksijalnim testovima	Srednja vrednost zatezne čvrstoće ITS (MPa)	Stepen drobljivosti - "Slare durabiHft index (%)" - srednja vrednost	Srednja vrednost indeksa abrazivnosti "Cercbar Abrasivity number (CAI)"	Zapreminska težina u prirodnom stanju (MN/m <sup>3</sup> )
		E (GPa) - Jungov modul - prosečan	Poisson's ratio - prosečan					
430	26	8,7	0,18					2,44
415	13	14,4	0,32	3,9	1,05	98	0,09	2,37
405	25	21,1	0,23	6,2	2,34	98	1,82	2,47
390	22	11,2	0,13	7,9	2,2	97	0,66	2,3
380	42	10,4	0,31	8,8	3,21	91		2,41
370	17	4,6	0,22	3,9	2,3	90	0,097	2,37
360	22	8,4	0,27	14,9	1,75	89	0,62	2,41
350	24	6,8	0,05	2,4	0,65	95		2,36
345	18	9,7	0,17	6,8	0,61	98		2,44
340	23	23,2	0,28	9,5	1,84	98		2,58
330	20	5,8	0,35	6,4	3,63			2,42
320	37	12,5	0,23		4,76			2,45

Sa inženjersko-geološkog aspekta, velike rasedne strukture predstavljaju najveće izazove u konkretnom rešavanju problema prolaska kroz njih, ali sa druge strane, ako su u prostoru dobro definisane svojim položajem (pravcem pružanja i padnim uglom) kao i zapreminom, odnosno širinom, planiranje u smeru prevazilaženja problema prilikom očekivanog nailaska na njih u mnogome smanjuje bezbednosne rizike daljeg rada i razvoja rudarskih prostorija, kako u razvojnim prostorijama iza tako i ispred problematičnih rasednih zona.

Povezanost velikih struktura (raseda) i ovodnjenost buduće rudarske radne sredine u domenu donjeg jadaritskog horizonta, ne treba dovoditi uvek u vezu, odnosno pretpostavku da će se nailaskom na problematične delove terena, koji su vidno tektonski poremećeni, dogoditi i veliki dotok ili proboj izdanske vode. Razlog za ovu pretpostavku leži u činjenici da donji jadaritski horizont u najvećoj meri izgrađuju finozrni, tankoslojeviti i slojeviti litološki članovi, veoma male primarne poroznosti, odnosno vodopropusnosti, te se njihova lokalna degradacija kompenzuje vrlo često plastičnim deformisanjem slojeva, bez povećanja zapremine „praznih“ međuprostora, što znači da su pukotinski sistemi nastali rasedanjem u ovoj zoni najčešće uklješteni, zatvoreni i cementovani matičnim finozrnim, najčešće glinenim materijalom. Dodatno, činjenica da se donji jadaritski horizont nalazi u arterskim uslovima izdani, pijezometarski nivoi se vrlo često oslikavaju na površini terena u vidu samoizliva, što takođe upućuje na zaključak da veza između struktura, koje po inerciji vidimo kao linijske dubinske diskontinuitete i hidruličke provodljivosti, nije uvek obavezna, ali je na nivou dosadašnje istraženosti i gustine dobijenih podataka jasna.

Najčešći tip struktura su otvoreni diskontinuiteti duž ravni slojevitosti, lako su uočljivi i prisutni na nabušenom jezgru. Ovi diskontinuiteti su najčešće bez ispune, sveži i glatki, što upućuje da je veliki deo njih nastao u toku tehnološkog procesa bušenja usled vibracija bušačkog pribora, što upućuje da je kvalitet stenske mase, izražen preko indeksa ispucalosti RQD, *in situ* veći od zabeleženog prilikom geotehničkog kartiranja jezgra. Povezanost fizičko-mehaničkih parametara sedimenata i strukturnih odlika buduće radne sredine, naročito će biti izražena prilikom lateralnog razvoja rudarskih prostorija. Mala zatezna čvrstoća slojevitih sedimenata može doprineti većem otkopnom profilu od planiranog, obrušavanjem, a samim tim povećati količine jalovog materijala (vezano za gornje granične površi rudnog tela), i povećati potrebu za većim utroškom stabilizacionih mera, prevedeno na količinu i tip podgrade koji se planira koristiti. Relativno mala čvrstoća smicanja sa druge strane, lokalno, može doprineti sužavanju profila usled velikih horizontalnih naprezanja i relaksacije stenske mase, što može da iziskuje dodatne napore u ojačavanju i stabilizaciji prostorija.

**Geotehničko modelovanje.** Rad na geotehničkom modelovanju i karakterizaciji stenske mase koji je obavljen na istražnom prostoru Jadar podeljen je u tri primarna dela: 1. Model klasifikacije stenske mase, 2. Geotehnički blok-model i 3. Numerički model.

Predmetno modeliranje je obuhvatilo razmatranje geotehničkih domena, geotehničko blok-modeliranje koje razmatra glavne rasede i numeričko modeliranje koje razmatra stabilnost u razmeri otkopnog panela i čitavog rudnika.

**Model klasifikacije stenske mase.** Klasifikacija stenske mase izvršena je na osnovu podataka iz ukupno 313 bušotina koje su geotehnički obrađene sa 50327 geotehničkih intervala, što je ukupno dalo 158758 m geotehnički kartiranog jezgra.

Na osnovu podataka iz Geotehničke baze podataka izračunate su sledeće klasifikacije:

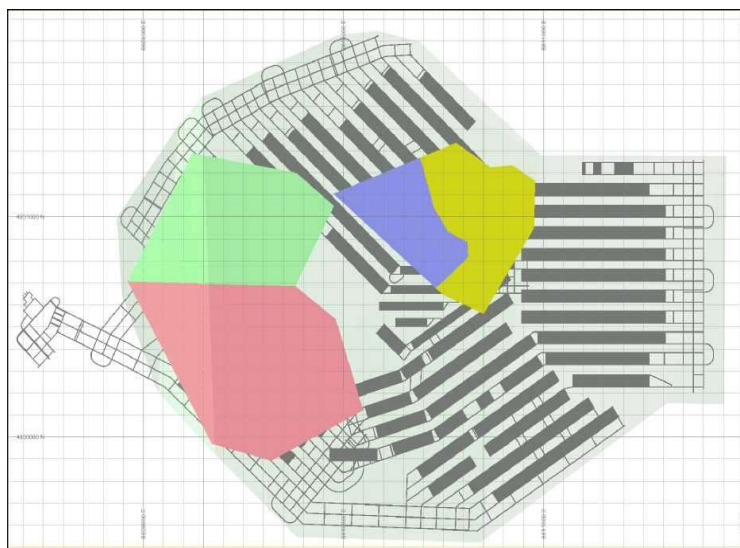
- RMR- Klasifikacija ispucalih stena (Laubscher, 1990)
- GSI - Indeks geološke čvrstoće GSI (Hoek, 1994)
- Q - Indeks kvaliteta stenske mase (NGI, 2015)

U Tabeli 3.2.4. prikazani su rezultati proračuna parametara stenske mase po čitavom ležištu Jadar.

**Tabela 3.2.4.** Podaci o klasifikaciji stenske mase za ležište Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen	RQD				Učestalost pukotina/m				GSI				Q				RMR			
	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja vrednost	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja vrednost	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja
900	0	0	24	17	0,0	0,0	0,0	0,8	16	16	16	16					27	32	37	33
800	85	95	99	87	0,3	1,6	3,1	2,4	55	63	69	60	3,26	6,67	12,83	8,27	40	43	47	44
700	68	84	95	78	1,7	3,3	5,5	4,1	54	61	67	60	3,95	6,27	12,04	8,88	37	42	47	42
600	74	87	95	82	1,6	3,0	4,9	3,8	56	61	66	60	3,55	6,43	12,30	8,47	40	45	47	43
525	63	81	92	74	2,8	4,6	7,6	6,0	57	64	71	63	0,87	1,75	3,69	3,09	35	40	46	40
500	59	76	90	72	2,0	3,8	6,4	4,9	47	57	63	54	0,78	1,88	5,45	3,96	35	40	45	40
400	67	82	93	77	2,2	3,7	5,8	4,6	53	62	67	59	0,92	1,25	2,49	1,95	37	42	47	41
390	68	85	95	79	2,0	3,5	6,1	4,9	55	63	67	61	0,77	1,19	2,49	1,69	37	42	47	41
380	65	80	90	75	2,2	4,1	6,5	4,8	51	58	64	56	0,70	1,20	2,32	1,54	37	42	47	42
370	63	78	88	73	2,4	4,5	7,0	5,2	48	57	63	54	0,73	1,12	2,12	1,49	37	40	45	41
360	73	85	94	81	2,3	3,8	5,5	4,3	55	63	67	61	0,92	1,27	3,16	2,09	40	42	47	43
350	71	84	93	79	2,7	4,0	6,0	4,9	56	64	70	62	1,01	2,26	4,13	2,59	39	44	49	43
345	73	85	95	81	1,9	3,2	5,0	4,0	57	63	67	61	1,05	2,14	3,20	2,28	39	44	49	43
340	81	91	98	86	1,2	2,6	4,3	3,4	58	66	71	64	0,63	1,89	4,32	2,27	40	45	50	44
330	72	85	94	80	2,0	3,7	5,9	4,5	54	62	67	59	1,12	2,23	3,23	2,34	39	44	47	43
320	77	88	95	83	1,9	3,2	4,8	3,8	55	61	66	59	1,05	1,59	2,50	1,95	39	44	47	44
315	72	85	94	80	1,9	3,4	5,5	4,3	53	61	67	59	0,81	1,50	3,05	2,24	37	42	47	42
100	35	73	90	63	2,5	4,3	9,3	7,5	56	63	71	62	1,13	1,19	1,65	2,08	33	42	49	38

**Geotehnički domeni.** Geotehnički domeni su izdvojeni na osnovu karakteristika stena područja planiranog za eksploataciju i lateralni razvoj, pre svega u prvih 5 godina rada rudnika. Slika 3.2.19. prikazuje područja koja su razmatrana. Geotehničke zone pokrivaju samo DJH ispod Marker horizonta 4 (MH4). Definisano je pet geotehničkih zona:



**Slika 3.2.19.** Geotehnički domeni, i njihovaprostorna zastupljenost u DJH (Zona 1 -zeleno; Zona 2 - ružičasto; Zona 3 -žuto; Zona 4 -plavo; Zona5 - svi ostali delovi) (Misailović, Tanasković, 2020).

Zona 1 (zeleno) nalazi se u okviru područja samog početka eksploatacije i definisana je rasedima koji se svi pružaju približno po pravcu istok zapad, ali imaju pad u suprotnim smerovima.

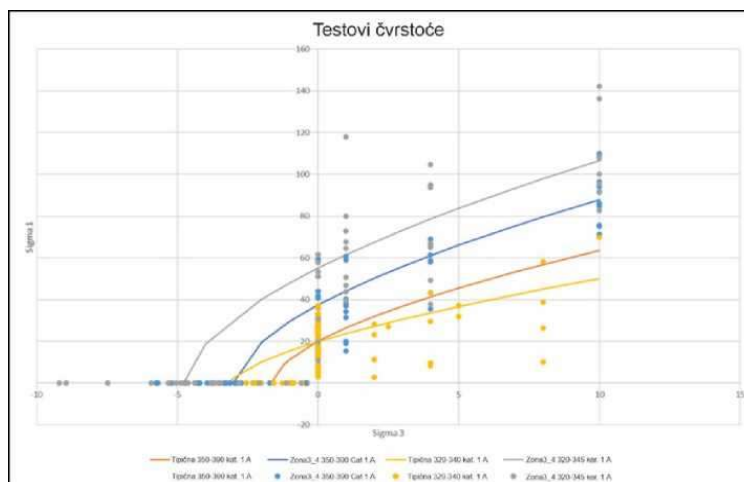
Zona 2 (ružičasto) je takođe na zapadnom krilu ležišta i sadrži delove kojima će se pristupiti u prvih 5 godina razvoja rudnika.

Zona 3 (žuto) i Zona 4 (plavo) nalaze se u osnovi tektonskog rova. One su odvojene zbog rotacije slojevitosti koje su očigledne posebno u Zoni 3, kao i zbog većih čvrstoća stena u odnosu na druge zone. Zone 3 i 4 su podeljene rasedima.

Zoni 5 pripadaju svi ostali delovi u okviru Donjeg jadaritskog horizonta (DJH). Mada preostala zona (Zona 5) predstavlja veoma široko područje, ukupan

broj podataka u ovoj zoni je niži nego u ostalim zonama, počev od istražnih bušotina i drugih istražnih radova. Ta činjenica prikupljene podatke ne čini manje validnim, ali eksploatacija planirana u kasnijoj fazi razvoja rudnika omogućice da se dodatni podaci u ovoj zoni mogu prikupljati kasnije, kad projekat bude napredovao i kada počne lateralni razvoj rudnika.

Na osnovu laboratorijskih ispitivanja, pre svega jednoaksijalne pritisne čvrstoće ali i trijaksijalnih opita, čvrstoća stena u zonama 1, 2 i 5 odgovara prosečnim vrednostima, a vrednosti čvrstoća u zonama 4 i 5 su više od proseka. To se tumači pre svega činjenicom da se zone 4 i 5 nalaze u najdubljem delu ležišta. Na slici 3.2.20. dat je dijagram napona, na kome su naneti rezultati trijaksijalnih opita, kao i jednoaksijalna čvrstoća (kao  $\sigma_3=0$ ).



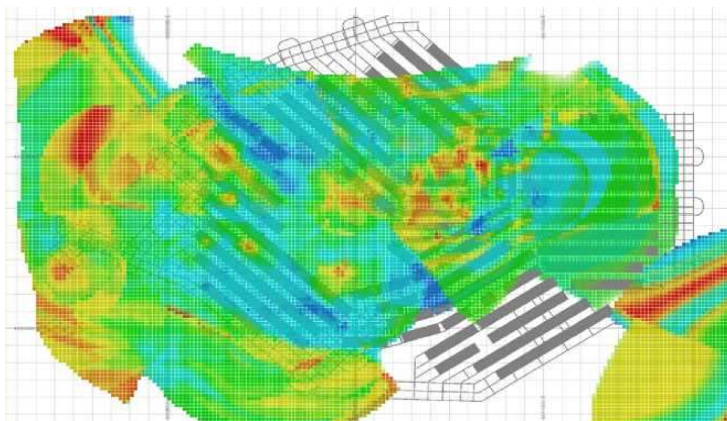
Slika 3.2.20. Dijagram napona po geotehničkim zonama (Misailović, Tanasković, 2020).

**Geotehnički blok-model.** Geotehnički blok-model je urađen da bi za potrebe (internih i aktuelnih) rudarskih projektovanja budućeg rudnika pružio informacije u vezi sa područjima gde se očekuju zone loših geotehničkih karakteristika stenske mase, područjima gde su te karakteristike iznad proseka i da bi se kvantifikovao obim radova koji će biti obavljen u okviru svake od navedenih kategorija stenske mase.

Tipiska stabilizacija biće primenjena za sva područja koja se nalaze između 25. i 75. percentila vrednosti indeksa Q. Najniži nivo stabilizacije masiva treba da se primeni samo u područjima koja su konzistentno bolja od 75. percentila vrednosti indeksa Q. Najniža vrednost parametara treba da se koristi kako bi se odredila podgrada tamo gde višestruki blokovi presecaju iskopavanje. Na slici 3.2.21. dat je prikaz geotehničkog blok modela budućeg rudnika, dobijen na osnovu parametara indeksa Q.

**Model simulacije pukotinskih sistema (SRM - Synthetic Rock Mass Model).** Ovaj model je razvijen da bi se simuliralo ponašanje ispucale stenske mase u maloj razmeri. Korišćena je kocka dimenzija 1,0 x1,0 metara. Ocenjeno je da je za izradu modela u manjoj razmeri (razmera izrade rudarskih prostorija - Tunela), konvencionalni pristup i Hoek-Braunov (Hoek-Brown) kriterijum geološkog indeksa čvrstoće (GSI) isuviše konzervativan i da su rezultati dobijeni ovakvom analizom nerealno niski. Stoga je uveden model simulacije

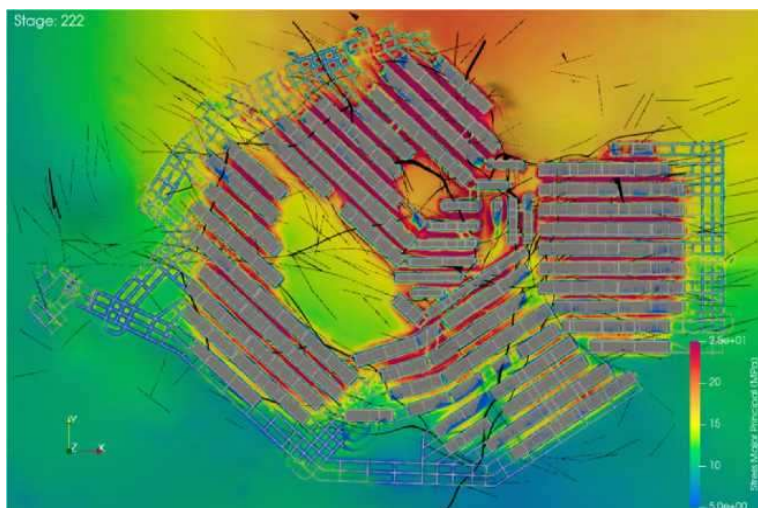
(SRM) koji pored čvrstoće stenske mase uvodi i pukotinske sisteme realno prisutne u stenskom masivu sa svim parametrima čvrstoće duž svakog pojedinačnog pukotinskog sistema.



**Slika 3.2.21.** Prikaz geotehničkog blokmodela u maloj razmeri (crveno - područja loših geotehničkih karakteristika; zeleno - područja dobrih geotehničkih karakteristika) (Misailović, Tanasković, 2020).

**Geološki indeks čvrstoće GSI.** Konzervativan pristup, primenjen je na sve rudarske prostorije, kako tunele i hodnike tako i otkope i polja. U sam model su uključene i strukture i slojevitost sa svim svojim kartiranim parametrima, kao i čvrstoća masiva dobijena iz Modela simulacije pukotinskih sistema ali u većoj razmeri. Proračun je pokazao da je i uz konzervativni pristup izbora parametara, razvoj rudnika u ovim geološkim i geotehničkim uslovima izazovan, ali da je tehnički izvodljiv i bezbedan.

**Hoek-Brown Globalu kombinaciji sa Geološkim indeksom čvrstoće,** (Srednji slučaj). Ovaj slučaj realno odslikava stanje radne sredine, a prikazani proračuni omogućavaju bezbedno i ekonomično izvođenje radova. Parametri se u modelu koriste na dva načina: Kao GSI pristup u zaštitnim stubovima i kao HBGlobal u zonama neposredno uz hodnike i tunele. Osnova ovog modela je Geotehnički blok model po parametru Indeksa Čvrstoće GSI. Prikaz naponskog stanja na i oko zaštitnih stubova za ovaj slučaj analize predstavljen je grafički na Slici 3.2.22. Proračun je pokazao da je razvoj rudnika u ovim geološkim i geotehničkim uslovima izazovan, ali da je tehnički izvodljiv i bezbedan.



**Slika 3.2.22.** Prikaz naponskog stanja u zaštitnim stubovima na kraju veka rudnika (Misailović, Tanasković, 2020).

**Parametri čvrstoće u skladu sa standardima u eksploataciji uglja.** Ova metodologija je primenjena jer je primenom analogije primećeno da postoje sličnosti u osobinama mladih sedimentnih stena koje grade Jaderski basen i ugljonošnih basena kod nas i u svetu. Stoga je primenjena metodologija koja se naširoko

primenjuje u eksploataciji uglja. Preliminarni rezultati proračuna ukazuju da je izvođenje rudarskih radova po ovoj metodologiji tehnički izvodljivo i bezbedno.

### 3.3. Vrste, kvalitet i količine rezervi mineralnih sirovina, mineralni sastav, sadržaj i gustina korisne komponente

#### 3.3.1. Vrste mineralnih sirovina

U prostoru ležišta Jadar u pogledu prisustva mineralnih sirovina mogu se izdvojiti dva dela, i to: (a) produktivni deo ležišta i (b) orudnjeni prostor iznad produktivnog dela ležišta.

U produktivnom delu ležišta Jadar, koji obuhvata gornji, srednji i donji jadaritski horizont (GJH, SJH i DJH) osnovni tip je jadaritska mineralna sirovina, koja je izgrađena od jadaritske mineralne asocijacije, kao nosilac B i Li kao glavnih rudnih elemenata. Izvršene analize su pokazale da se predmetna jadaritska ruda u tehničko-tehnološkom i ekonomskom smislu može uspešno eksploatirati i rentabilno pripremati i prerađivati. Poluindustrijska i industrijska tehnološka ispitivanja su pokazala veoma visok kvalitet finalnih tržišnih proizvoda iz tehnološkog procesa tretiranja jadaritske rude, koji obuhvataju: Bornu kiselinu ( $B(OH)_3$ )-(oznaka BA), Litijum karbonat ( $Li_2CO_3$ )-(oznaka LC) i Natrijum sulfat ( $Na_2SO_4$ )-(oznaka SS), kao nusprodukt prerade.

Karakteristike jadaritske mineralne sirovine su uslovljene mineraloškim svojstvima i karakteristikama minerala jadarita, kao i ležišta Jadar, koje je nakon istraživanja definisano kao jedinstven ekonomski tip ležišta (*world class deposits*). Pronađena, istražena i definisana jadaritska rudna tela B i Li, sadrže jadaritsku mineralnu sirovinu sa dokazanom mogućnošću ekonomske valorizacije B i Li, tako da se jadaritska ruda u ležištu B i Li Jadar može svrstati u osnovne ekonomske tipove rude B i Li.

U orudnjenom prostoru iznad produktivnog dela ležišta, pojavljuju se dva orudnjena horizonta sa različitim tipovima mineralnih sirovina. Prvi je gipsonosni horizont sa gipsom kao tipskim predstavnikom evaporitskih tvorevina, razvijen u okviru tranzicione zone koja čini podinu fosilonosnih, marinskih sedimenata. Drugi je gornji horizont sa Ca i Ca-Na boratima, koji je uslovno izdvojen horizont, koji se nalazi ispod tranzicione zone sa gipsom. Gipsna i borna mineralna sirovina u ovim delovima orudnjenog prostora, s obzirom na niske sadržaje i nepovoljne uslove pojavljivanja, za sada nisu označene kao ekonomski interesantne.

#### 3.3.2. Mineralni sastav

Mineraloška ispitivanja uzetih uzoraka i proba iz ležišta Jadar vršena su u cilju određivanja mineralnog sastava i strukturno-teksturnog sklopa istraživane mineralne sirovine B i Li, radi utvrđivanja fizičkih osobina bornih minerala i minerala jadarita. U najranijoj fazi geoloških istraživanja mineraloška ispitivanja su započeta radi utvrđivanja i dokazivanja prisustva minerala bora u istražnim bušotinama u Jaderskom basenu, a potom i radi preciznijeg definisanja mineraloškog sastava. Mineraloška ispitivanja su vršena u domaćim (Laboratorija za mineralogiju i kristalografiju Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu) i inostranim akreditovanim laboratorijama (SGS Lakefield Research Limited P.O. Box 4300, 185 Concession Street, Lakefield, Ontario, Canada K0L 2H0).

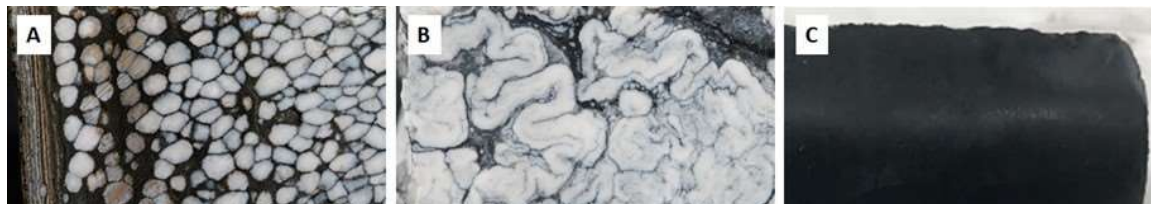
Mikroskopskim ispitivanjima utvrđeni su sledeći minerali: novootkriveni mineral jadarit ( $LiNaSiB_3O_7(OH)$ ) do tada nepoznat stručnoj javnosti, kolemanit ( $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ ), uleksit ( $NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$ ), ezkurit ( $Na_4B_{10}O_{17} \cdot 7H_2O$ ), sirlezit ( $NaBSi_2O_6 \cdot H_2O$ ), probertit ( $NaCaB_5O_9 \cdot 5H_2O$ ), kernit ( $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ ), tinkalkonit ( $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ ), boraks ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ), haulit ( $Ca_4Si_2B_{10}O_{23} \cdot 5H_2O$ ), gips ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), kalcit ( $CaCO_3$ ), dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ).

U prikazu mineralnog sastava mogu se izdvojiti: (a) Rudni minerali B i Li u ležištu Jadar; (b) Rudni minerali Na-Bo mineralizacije; (c) Drugi minerali sa sadržajem Li u jadaritskoj rudi; (d) Ostali minerali u okviru

jadaritske rude ; (e) Ostali potencijalno ekonomski interesantni minerali u ležištu Jadar i (f) Nepoželjni minerali u ležištu Jadar.

(a) *Rudni minerali B i Li u ležištu Jadar*, među najvažnijima obuhvataju: jadarit, kolemanit, sirlezit, uleksit i probertit.

Jadarit, novootkriveni mineral B i Li, borosilikat i osnovni korisni mineral u ležištu javlja se u vidu belih nodula - loptastih formi (kuglica) veličine od 1 do 5 mm u prečniku. Matriks u kome se jadarit javlja uglavnom je izgrađen od mešavine ekstremno sitnozrnog kalcita i gline. Mineral jadarit se najčešće javlja u svetlo i tamnosivim trakastim i laminiranim laporovitim glincima i laporcima u mineralnoj asocijaciji sa Ca, Na-Ca mineralima bora. Na osnovu opservacija nabušenog jezgra, utvrđeno je da postoji opseg različitih tekstura, dimenzija i oblika jadaritskih agregata (slika 3.3.1).



**Slika 3.3.1.** Jadaritske mikrostrukturne varijacije (A) tipični nodularni jadarit je najčešći, (B) krupne nepravilne žice u gornjem graničnom nivou geodomena 360 i (C) fino zrnati jadarit sa jadaritskim agregatima < 100 μm u prečniku, a u makroskopskom području jezgro crne boje (Misailović, Tanasković, 2020).

**Kolemanit** je relativno čest mineral u ležištu. Pojavljuje se u svim trakastim i laminiranim glincima i glinovitim laporcima, koji su pelitske, mikrokristalaste i krupnokristalaste strukture. Kolemanit se pojavljuje u finim kristalima (1-2 generacije) upravno na slojeve, gradeći žilice koje su pod odgovarajućim uglom prema stratifikaciji ili su paralelne. Ove trake sa kolemanitom (i probertitom) su bele boje, i ne retko su u smeni sa trakama retkih sfera jadarita.

**Sirlezit** se pojavljuje u trakastim i laminiranim stenama, laporcima i glincima u vidu kristala, gradeći žilice. Karakterističan je za evaporitske naslage nosice borne mineralizacije. Preliminarni mineraloški podaci DJH mineralizacije u oblasti ranog rudarenja (EMA) ukazuju na to da je pored jadarita, dominantan mineral bora sirlezit, pri čemu preovlađuje i u podini rude sa visokim procentulnim učešćem jadarita.

**Uleksit i probertit** se pojavljuju udruženi sa jadaritom ili sa drugim mineralima bora. Pojavljuju se paralelno sa laminiranim i trakastim laporcima u cm- debelim slojevima ili u kristalastoj formi. Probertit se pojavljuje i u vidu žilica ili igličastih kristala, upravnih na laminaciju. U glincu, se uz trake fibroznog bornog minerala-probertita smenjuju trake od mikrokristalaste gline, sa retko prisutnim jadaritom. Probertit, iako u manjim sadržajima, javlja se sporadično, a preovlađuje u povlati rude sa visokim procentualnim sadržajem jadarita.

(b) *Rudni minerali Na-Bo mineralizacije* dominantno obuhvataju Na-borate, koji izgrađuju zasebno geološko telo, i to: eskurit, kernit i boraks. Eskurit se u vidu belih i žutih kristala, često udružen sa boraksom, pojavljuje u istim stenama, nosiocima Li i B mineralizacije, tj. kernita i tinkalkonita. Drugi glavni sastavni deo NaBo zone predstavlja alevrolit sa jadaritskom mineralizacijom.

(c) *Drugi minerali sa sadržajem Li u jadaritskoj rudi* dominantno obuhvataju: litijum smektit, litijum fosfat i zeolite.

Litijum smektitska glina je vrlo fino zrna i koncentriše se kao zaostali neiskorišćeni materijal (jalovina) nakon procesa obogaćivanja rude. Litijum smektitska zrna, zarobljena u okviru krupnijih čestica, koje se prenose u koncentrat, ali su nerastvorna pri luženju kiselinom, zbog čega predstavljaju izvor gubitka litijuma. Srednji hemijski sastav je određen kao magnezijum silikatna glina iz smektitske grupe, sa tri vrste minerala: hektorit, saponit i svinfordit.

**Litijum fosfat** ( $\text{Li}_3\text{PO}_4$ ) je u mnogim analiziranim uzorcima detektovan kao sporedni mineral, uglavnom je fino zrn i gubi se u jalovini tokom procesa obogaćivanja rude. Uzorke sa litijum fosfatom koji se može

detektovati, karakteriše niži odnos oksida  $B_2O_3:Li_2O$ . Mali broj uzoraka sa povišenim sadržajem fosfora i većim odnosom oksida  $B_2O_3:Li_2O$  ( $> 7\%$ ) sadrže apatit.

Zeoliti su predstavljeni sa dva minerala iz zeolitske grupe: *analcim* i *natrolit*, koji su zastupljeni sa većim procentualnim učešćem u jadaritskoj rudi. Ispitivanja su pokazala da zeoliti ne doprinose značajno sadržaju Li koji nije poreklom iz jadarita.

#### (d) Ostali minerali u okviru jadaritske rude

Multimetodološkim pristupom, zbog složenosti uslova detekovanja, koji je podrazumevao i veći broj uzoraka iz ležišta Jadar, određeni su ostali minerali u okviru *donjeg jadaritskog horizonta*, koji je u ležištu najbogatiji jadaritom. Predmetna ispitivanja su pokazala da su od ostalih minerala u okviru jadaritske rude prisutni: dolomit, feldspati, muskovit, biotit, hlorit, analcim/natrolit, ankerit, kalcit, minerali glina, sulfidi Fe i dr. Detaljan prikaz sadržaja jadarita i drugih bornih minerala, tekstura jadarita, kao i ostalih detektovanih minerala, poređanih po opadajućem redosledu pojedinačnim geodomenima dat je u tabeli 3.3.1.

**Tabela 3.3.1.** Pregled mineralnog sastava donjeg jadaritskog horizonta po geodomenima (Misailović, Tanasković, 2020)

Geodomen	Borati	Tekstura jadarita	Ostali minerali (SEM-MLA, XRD, Hiperspektralna analiza)
390	Jadarit, sirlezit, uleksit/probertit	Deformisane nodule (Mozaična)	Dolomit, feldspati, muskovit, biotit, kalcit, gline, gvožđe sulfidi, analcim/natrolit
380	Jadarit, sirlezit, uleksit/probertit	Nodule	Muskovit, biotit, feldspati, dolomit, gline, analcim/natrolit, ankerit, kalcit, gvožđe sulfidi
	Jadarit	Žice	Muskovit, biotit, feldspati, analcim/natrolit, dolomit, gline, ankerit, kalcit, gvožđe sulfidi
370	Jadarit, sirlezit, uleksit/probertit	Nodule	Muskovit, biotit, feldspati, analcim, hlorit, dolomit, natrolit, gvožđe sulfidi, magnezit, gline
360	Jadarit, uleksit	Žice	Dolomit, natrolit, muskovit, biotit, Li-smektit, hlorit, ankerit, magnezit, analcim, litijum fosfat, gvožđe sulfidi
	Jadarit, uleksit	Nodule	Dolomit, natrolit, muskovit, biotit, Li-smektit, hlorit, ankerit, magnezit, analcim, litijum fosfat, gvožđe sulfidi
	Jadarit, eskurit, kernit, tinkalkonit, "veatchite"	Nodule	Dolomit, natrolit, muskovit, biotit, ankerit, gvožđe sulfidi
350	Jadarit, uleksit, probertit	Nodule (tamnosive boje)	Muskovit, natrolit, analcim, biotit, dolomit, ankerit, smektit, hlorit, gvožđe sulfidi
345	Jadarit, probertit	Nodule	Analcim, muskovit, ankerit, dolomit, biotit, gvožđe sulfid, apatit
	Jadarit, probertit	Žice	Analcim, muskovit, ankerit, dolomit, biotit, gvožđe sulfid, apatit
340	Jadarit, probertit	Promenljiva: zakrpe, masivna, krupno do finožrnasta	Muskovit, analcim, biotit, hlorit, feldspati, dolomit, kvarc, gvožđe sulfidi, apatit
	Jadarit, probertit, sirlezit	Krupne nodule / žice	Muskovit, biotit, feldspati, kvarc, dolomit, ankerit, analcim, smekti, apatit, gvožđe sulfidi
330	Jadarit, sirlezit	Žice	Analcim, muskovit, biotit, feldspati, dolomit, ankerit, smektit, gvožđe sulfidi
	Jadarit	Nodule	Muskovit, analcim, biotit, feldspati, ankerit, dolomit, hlorit, gvožđe sulfidi
320	Jadarit	Sitne nodule	Analcim, natrolit, muskovit, ankerit, dolomit, kalcit, biotit, hlorit, smektit

(e) *Ostali potencijalno ekonomski interesantni minerali u okviru jadaritske rude* obuhvataju: gips i anhidrit. Gips se pojavljuje uslojeno i nodularno laminirano, kao i sa međuslojnim karbonatnim laminama. Uz gips prisutan je i *anhidrit*, kao i ne retko *alabasterska tekstura*. U mineralnoj asocijaciji su prisutni i *kalcit*, *dolomit* i *kvarc*.

(e) *Nepoželjni minerali u ležištu Jadar* nisu konstatovani. U nabušenom jezgru basenskih sedimenata nisu opservirani silikatni minerali vlaknaste ili azbestne forme. Manji broj testova ukazuje da su značajno toksični ili radioaktivni minerali odsutni ili u zanemarljivo malim količinama.

Ugljovodonični gas, u većoj meri metan, nabušen je u određenim bušotinama severno od ležišta. Iako količine nisu velike, potrebne su stroge mere predostrožnosti u slučaju bušenja kroz gasni čep. Metan kao potencijalna opasnost mora se kontrolisati na sličnom nivou kao i u mnogim rudnicima, pri čemu je malo verovatno da može imati uticaja i uzrokovati sprečavanje miniranja.

Prisustvo hlora je registrovano u jalovini tokom testiranja procesa prerade rude, posebno rude iz NaBo zone. Lokalno u pojedinačnim bušotinama je konstatovano pojavljivanje povišenog sadržaja hlora. Probe sa visokim procentualnim učešćem jadarita iz nivoa iznad ili ispod NaBo zone su pokazali niske sadržaje hlora, a probe sa srednjim procentualnim učešćem jadarita sadrže srednje do povišene sadržaje hlora.

### 3.3.3. Sadržaj i gustina korisne komponente

#### 3.3.3.1 Srednji sadržaj korisne komponente

Određivanje sadržaja korisne komponente u početnim fazama geoloških ispitivanja vršeno je u sertifikovanim laboratorijama SGS-Lakefield i ALS u Kanadi, a potom u laboratoriji ALS u Irskoj, Rumuniji i Srbiji (Bor). Za određivanje hemijskog sastava pojedinačnih proba korišćene su analitičke metode Aqua Regia Digest ICP-OES, KOH Fusion-ICP-OES, Borate Fusion Whole Rock XRF analitičke metode.

Primenom analitičkih metoda (u granicama detekcije) utvrđivani su hemijski sadržaji i određivani korelacioni odnosi korisnih komponenti B i Li (u vidu  $B_2O_3$  i  $Li_2O$ ), kao i glavnih oksida ( $SiO_2$ ,  $BaO$ ,  $SrO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $MnO$ ,  $V_2O_5$ ,  $Cr_2O_3$  i gubitak žarenjem). Hemijska ispitivanja su obuhvatila ukupno 53150 pojedinačnih proba. Ovaj prikaz obuhvata prikaz srednjeg hemijskog sadržaja i odgovarajućih statističkih parametara (*min., maks. i koeficijenti korelacije i varijacije*) osnovnih, korisnih elemenata B i Li, kao i drugih analiziranih elemenata, u izdvojenim rudnim telima i u jadaritskim horizontima u celini.

Na bazi sadržaja Li i B, kao najvažnijih ekonomskih elemenata, određena je ekonomska kontura rudnih tela u jadaritskim horizontima, tj. na osnovu minimalnog ekonomskog sadržaja Li i B od 1,02 %  $Li_2O$  i 7,16 %  $B_2O_3$  (iskazano kao 1,387 %  $Li_2O_{ekv}$ ). Izdvojena su tri jadaritska rudna tela u Donjem Jadaritskom Horizontu-DJH, dva rudna tela u Srednjem-SJH) kao i dva rudna tela u Gornjem-GJH), odnosno sedam rudnih tela.

##### 3.3.3.1.1 Sadržaji u Donjem Jadaritskom Horizontu (DJH)

Donji jadaritski horizont (DJH) u ležištu Jadar ekonomski posmatrano, predstavlja najbogatiji i ekonomski najznačajniji deo ležišta. Nulta (geološka) kontura DJH u planu ima površinu od oko 6,8 km<sup>2</sup> Srednja debljina donjeg jadaritskog horizonta je oko 60 m, a u centralnom delu ležišta (u domenu JDRGS bušotina) njegova debljina je i preko 100 m.

Jadaritska mineralizacija se u DJH najčešće javlja u vidu pojedinačnih nodula (mikrokristalastih nagomilanja minerala jadarita oko centra nodule), ređe u vidu nagomilanja nodula čije se ivice dodiruju (nodule priljubljene jedna uz drugu) koji u vertikalnom profilu formiraju intervale slabije i intervale intenzivnije jadaritske mineralizacije. Osnovni statistički parametri sadržaja Li, B i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba u okviru DJH, prikazani su u tabeli 3.3.2.

U okviru donjeg jadaritskog horizonta (DJH) su, na osnovu određenog minimalnog ekonomskog sadržaja korisnih komponenti, izdvojena tri rudna tela: Rudno telo 1, Rudno telo 2 i Rudno telo NaBo, kao zasebno rudno telo u kontaktu Rudnog tela 1, u kome se pored jadarita javljaju i natrijumski borati.

Rudno telo 1 donjeg jadaritskog horizonta (interval povišene jadaritske mineralizacije) je najveće i ekonomski najznačajnije rudno telo u celom ležištu i u planu zahvata površinu od oko 4,5 km<sup>2</sup> sa srednjom debljinom od oko 16 m, a u domenu bušotina JDRGS007, JDRPQ014 i JDRHG018 njegova debljina dostiže i 50 m.

Posmatrano u vertikalnom profilu (stubu) povlata Rudnog tela 1 se karakteriše oštrim kontaktom prema slabijoj jadaritskoj mineralizaciji koja se koreliše sa kontaktom geodomena 370 i 360 dok je

karakter kontakta povlate, koja se najčešće završava u okviru geodomena 350 ili 345, prema slabijoj jadaritskoj mineralizaciji znatno blaži.

**Tabela 3.3.2. Statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u DJH (Misailović, Tanasković, 2020).**

Statistički parametar DJH	Komponenta											
	Li <sub>2</sub> O %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	MgO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	MnO %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	SrO %
Minimum	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,21	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,00
Maksimum	5,74	61,63	9,33	25,00	16,55	33,5	9,34	0,25	23,7	98,98	3,46	1,50
Srednja vrednost	0,80	7,36	5,16	6,01	4,20	4,94	3,76	0,07	13,62	39,89	0,17	0,12
Standard. devijacija	0,98	8,60	1,56	3,79	2,74	2,69	1,68	0,02	4,04	12,74	0,18	0,12
Varijansa	0,96	73,97	2,42	14,4	7,53	7,24	2,82	0,00	16,36	162,2	0,03	0,01
Koeficijent varijacije	1,22	1,17	0,3	0,63	0,65	0,54	0,45	0,28	0,30	0,32	1,10	1,04

Srednje vrednosti sadržaja Li i B, kao i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela 1 u DJH, su: 2,11 % Li<sub>2</sub>O i 14,67 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,86 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>); 3,59 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 8,02 % CaO; 6,58 % MgO; 6,46 % Na<sub>2</sub>O; 2,09 % K<sub>2</sub>O; 0,06 % MnO; 9,33 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 28,5 % SiO<sub>2</sub>.

Rudno telo NaBo donjeg jadaritskog horizonta se izdvaja kao posebno rudno telo, u domenu Rudnog tela 1, gde se jadaritska mineralizacija javlja u asocijaciji sa mineralizacijom natrijumskih borata (NaBo) od kojih su najzastupljeniji eskurit, kernit i boraks. Rudno telo NaBo je izdvojeno kao glavno rudno telo u zoni uticaja bušotina JDR\_41, JDR\_221, JDR\_129, JDR\_70, JDR\_114, JDR\_113, JDR\_59, JDR\_99, JDR\_74, JDR\_208, JDR\_68, JDR\_171 i JDR\_172, kao i jedno manje rudno telo sa natrijskim boratima, severno od glavnog, u zoni uticaja bušotina JDR\_106, JDRPQ048, JDRPQ045, JDRPQ032, JDRPQ026 i JDRHG015. Iako istražnim bušenjem nije utvrđena direktna veza ove dve natrijsko boratne mineralizacije njihov pojava oblik, mineraloški sastav, stratigrafski i prostorni položaj ukazuju na njihovu povezanost sa istim strukturama kao dovodnim kanalima, odnosno istovremenim nastankom.

Rudno telo NaBo u planu zahvata površinu od oko 0,31 km<sup>2</sup> (oko 0,283 km<sup>2</sup> glavno i oko 0,032 km<sup>2</sup> manje) sa prosečnom debljinom oko 14 m, pa do maksimalnih 27, odnosno 30 m u domenu bušotina JDR\_70 i JDR\_104.

Srednje vrednosti sadržaja Li i B, kao i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela NaBo u DJH, su: 0,43 % Li<sub>2</sub>O i 37,47 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,34 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>); 1,72 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3,56 % CaO; 2,48 % MgO; 14,98 % Na<sub>2</sub>O; 1,26 % K<sub>2</sub>O; 0,02 % MnO; 4,49 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 12,54 % SiO<sub>2</sub>.

Rudno telo 2 donjeg jadaritskog horizonta (interval povišene mineralizacije) u planu zauzima površinu od oko 1,8 km<sup>2</sup> sa srednjom debljinom od oko 6 m, pa do preko 15 m u centralnom delu ležišta, u domenu bušotina JDRGS008, JDRPQ003 i JDRGS004.

Stratigrafski posmatrano Rudno telo 2 DJH je vezano za geodomen 330, odnosno nalazi se ispod breča geodomena 340 koje čine podinu Rudnog tela 1 u DJH. Debljina breča geodomena 340, koje razdvajaju rudna tela u DJH, je promenljiva i kreće se od manje od 1 metra u domenu bušotina JDR\_191, JDR\_192, JDR\_196, JDR\_186, itd. u jugozapadnom delu ležišta, pa do preko 30 m u domenu JDR\_24, JDRHG012 i maksimalnih 40 m u domenu bušotina JDRGS006 i JDRPQ035, u centralnom delu ležišta.

Srednje vrednosti sadržaja Li i B, kao i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela 2 u DJH, su: 1,42 % Li<sub>2</sub>O i 10,47 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,95 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>); 5,08 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 7,10 % CaO; 4,97 % MgO; 6,09 % Na<sub>2</sub>O; 2,64 % K<sub>2</sub>O; 0,07 % MnO; 12,65 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 32,45 % SiO<sub>2</sub>.

### 3.3.3.1.2 Sadržaji u Srednjem Jadaritskom Horizontu (SJH)

Srednji jadaritski horizont se u stratigrafskom smislu nalazi u okviru geodomena 405, 415 i 430, odnosno između karakterističnih tufnih marker horizonata MH-4 i MH-5. Nulta-geološka kontura SJH u planu ima površinu od oko 8 km<sup>2</sup>. Srednja debljina srednjeg jadaritskog horizonta (SJH) je oko 25 m, a u centralnom delu ležišta (u domenu JDRGS bušotina) njegova debljina se kreće oko 40 m i dostiže maksimalnu debljinu od oko 60 m u domenu bušotina JDRPQ032, JDRPQ014 i JDRHG018.

Jadaritska mineralizacija se u SJH najčešće javlja u vidu pojedinačnih nodula (mikrokristalastih nagomilanja minerala jadarita oko centra nodule), ali i u vidu masa (nagomilanja) nodula čije su ivice priljubljene jedna uz drugu, koje formiraju intervale snižene i povišene mineralizacije.

Osnovni statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba u okviru SJH, su prikazani u tabeli 3.3.3.

**Tabela 3.3.3. Statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u SJH (Misailović, Tanasković, 2020).**

Statistički parametar SJH	Komponenta											
	Li <sub>2</sub> O %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	MgO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	MnO %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	SrO %
Minimum	0,01	0,01	0,49	0,25	0,49	0,39	0,52	0,01	1,16	5,21	0,01	0,01
Maksimum	5,26	37,31	6,86	33,4	19,35	15,15	9,51	0,22	19,65	77,44	2,77	5,05
Srednja vrednost	0,69	6,88	4,11	9,77	6,63	3,22	4,50	0,07	11,01	33,30	0,22	0,21
Standardna devijacija	0,63	5,70	1,06	3,73	3,06	1,69	1,43	0,01	2,82	9,69	0,25	0,16
Varijacija	0,40	32,49	1,13	13,9	9,34	2,86	2,04	0,00	7,93	93,88	0,06	0,02
Koeficijent varijacije	0,92	0,83	0,26	0,38	0,46	0,53	0,32	0,21	0,26	0,29	1,13	0,74

U okviru srednjeg jadaritskog horizonta su, na osnovu određenog minimalnog ekonomskog sadržaja, izdvojena dva rudna tela: Rudno telo 1 i Rudno telo 2.

Rudno telo 1 srednjeg jadaritskog horizonta (interval povišene mineralizacije) se u stratigrafskom pogledu, nalazi u okviru geodomena 430, nekih 15-ak metara ispod karakterističnog tufa MH-5. U planu zauzima površinu od oko 3 km<sup>2</sup>, sa srednjom debljinom od oko 5 m. Debljina Rudnog tela 1 je promenljiva, , uz često raslojavanje, od minimalnih 1-2 m pa do 13 m, u domenu bušotine JDR\_53 i JDR\_117 u centralnom delu ležišta.

Srednje vrednosti sadržaja Li i B, kao i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela 1 u SJH, su: 1,18 % Li<sub>2</sub>O i 9,16 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,64 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>); 3,85 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 9,52 % CaO; 7,88 % MgO; 3,97 % Na<sub>2</sub>O; 3,61 % K<sub>2</sub>O; 0,07 % MnO; 10,00 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 29,43 % SiO<sub>2</sub>.

Rudno telo 2 srednjeg jadaritskog horizonta se u stratigrafskom pogledu, nalazi neposredno iznad karakterističnog tufa MH-4, u okviru geodomena 405, i u planu zauzima površinu od oko 2,8 km<sup>2</sup>, sa srednjom debljinom od oko 5 m, pa do maksimalnih 11 m u centralnom delu ležišta, u domenu bušotina JDRHG011 i JDRPQ027.

Srednje vrednosti sadržaja Li i B, kao i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela 2 u SJH, su: 1,63 % Li<sub>2</sub>O i 13,73 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,28 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>); 2,74 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 11,16 % CaO; 6,42 % MgO; 4,77 % Na<sub>2</sub>O; 3,35 % K<sub>2</sub>O; 0,06 % MnO; 7,59 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 27,40 % SiO<sub>2</sub>.

### 3.3.3.1.3 Sadržaji u Gornjem Jadaritskom Horizontu (GJH)

Gornji jadaritski horizont, se u stratigrafskom smislu gledano nalazi između karakterističnih tufnih marker horizonata MH-5 i MH-7, odnosno u okviru litoloških paketa - geodomena numerisanih od 505 do 750. GJH u planu zahvata površinu od oko 9 km<sup>2</sup>. Zbog čestog iskljinjavanja, raslojavanja i nepostojanog kontinuiteta u profilu kao i u planu debljina gornjeg jadaritskog horizonta je vrlo promenljiva i kreće se od par metara pa do preko 100 m u domenu JDRGS bušotina u centralnom delu ležišta.

Jadaritska mineralizacija se u GJH najčešće javlja u vidu pojedinačnih nodula (mikrokristalastih nagomilanja minerala jadarita oko centra nodule), ređe u vidu masa (nagomilanja) nodula uz česte verikalne promene intervala smanjene i povišene mineralizacije.

Osnovni statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba u spoljnoj konturi GJH, su prikazani u tabeli 3.3.4.

U okviru gornjeg jadaritskog horizonta su, na osnovu određenog minimalnog ekonomskog sadržaja, izdvojena dva rudna tela: Rudno telo 1 i Rudno telo 2.

Rudno telo 1 gornjeg jadaritskog horizonta se u stratigrafskom pogledu nalazi ispod karakterističnog tufa MH-6, u okviru geodomena 550 i u planu zauzima površinu od oko 1,3 km<sup>2</sup>. Promenljiva debljina kao i česta raslojavanja i isklinjavanja su vrlo izražena u rudnom telu 1 u GJH. Srednja debljina Rudnog tela 1 je oko 3,5 m, pa do preko 10 m u domenu bušotina JDR\_107 i JDRPQ049, u severnom delu ležišta.

**Tabela 3.3.4. Statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u GJH (Misailović, Tanasković, 2020).**

Statistički parametar GJH	Komponenta											
	Li <sub>2</sub> O %	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	MgO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	MnO %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	SrO %
Minimum	0,01	0,03	0,11	0,16	0,19	0,09	0,08	0,01	0,22	2,96	0,01	0,00
Maksimum	4,99	39,60	8,38	41,70	20,90	11,45	10,35	0,41	22,81	75,20	5,47	2,33
Srednja vrednost	0,49	3,62	4,39	9,29	4,57	2,86	4,35	0,08	11,86	41,46	0,20	0,16
Standardna devijacija	0,62	4,65	1,02	3,93	2,70	1,61	1,47	0,02	2,88	8,89	0,21	0,13
Varijacija	0,38	21,62	1,05	15,47	7,31	2,58	2,16	0,00	8,32	78,99	0,04	0,02
Koeficijent varijacije	1,27	1,28	0,23	0,42	0,59	0,56	0,34	0,18	0,24	0,21	1,08	0,84

Srednje vrednosti sadržaja Li i B, kao i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela 1 u GJH, su: 1,49 % Li<sub>2</sub>O i 9,88 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,99 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>); 3,72 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 10,32 % CaO; 3,90 % MgO; 4,80 % Na<sub>2</sub>O; 3,21 % K<sub>2</sub>O; 0,08 % MnO; 9,66 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 35,14 % SiO<sub>2</sub>.

Rudno telo 2 u gornjem jadaritskom horizontu, koje se u stratigrafskom smislu nalazi u okviru geodomena 545 (ispod Rudnog tela 1), u planu zauzima površinu od oko 2,8 km<sup>2</sup>. Debljina rudnog tela, bez jalovih proslojaka, varira od 1-2 m, sa prosečnom debljinom od oko 4 m, pa do 11 m u domenu bušotine JDRGS005 i JDRGS007 u centralnom delu ležišta. Pored promenljive debljine i čestog raslojavanja za rudno telo 2 u GJH se karakteristično da je u svom najvećem delu rasloženo jalovim proslojkom prosečne debljine od oko 2 m.

Srednje vrednosti sadržaja Li i B, kao i glavnih oksida, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba iz Rudnog tela 2 u GJH, su: 1,30 % Li<sub>2</sub>O i 9,02 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,76 % Li<sub>2</sub>O<sub>ekv.</sub>); 4,07 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 9,09 % CaO; 3,34 % MgO; 4,71 % Na<sub>2</sub>O; 3,67 % K<sub>2</sub>O; 0,08 % MnO; 10,71 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i 36,82 % SiO<sub>2</sub>.

Na osnovu svih prikazanih podataka statističke obrade sadržaja Li<sub>2</sub>O, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, kao korisnih komponenti u ležištu Jadar, kao i pratećih oksida, konstatuje se sledeće: Li<sub>2</sub>O i B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> su u jako dobroj korelaciji (koef. 0,73-0,97), što je i za očekivanje, s obzirom na litološko-mineraloški sastav izdvojenih jadaritskih horizonata, s tim da je korelacija u SJH nešto slabija; Li<sub>2</sub>O i B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> su u dobroj korelaciji sa Na<sub>2</sub>O, pri čemu B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ima nešto izraženiju korelaciju što je i za očekivanje, obzirom na mineralni sastav jadaritskih horizonata i da sa oksidima Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, MnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, predmetni Li<sub>2</sub>O i B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nisu u korelaciji. Na bazi parametara standardne devijacije (0,59 - 0,98), uočeno je da su minimalna odstupanja u DJH i GJH, dok nešto značajnije oscilacije karakterišu sadržaje u SJH.

#### 3.3.3.1.4 Sadržaji u Zoni sa gipsom, kao mineralnoj pojavi

Geološkim istraživanjima i istražnim bušenjem na istražnom prostoru Jadar, je pronađena mineralizacija, tj. mineralna pojava gipsa, koja je i oprobavana u cilju određivanja kvaliteta laboratorijskim ispitivanjima. Na osnovu rezultata hemijskih ispitivanja i drugih karakteristika njegovog pojavljivanja u ovoj zoni, konstatovano je da predmetni gips u pogledu kvaliteta (CO<sub>2</sub> od 11,74 %, SO<sub>3</sub> - 34,11 %, MgO - 1,01 %, SiO<sub>2</sub> - 6,40 %, Li - 0,01 %, B - 0,04 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 0,52 % i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 1,22 %), ne ispunjava uslove, da bi se sa ekonomskog stanovišta i tretirao kao korisna mineralna sirovina u ležištu. Razlog tome je sam način pojavljivanja gipsa, tj. mala debljina slojeva i veliko raslojavanje, što je bilo odlučujuće, da se ova pojava gipsa u geološkom smislu tretira samo kao mineraloška pojava, koja je sa ovakvim načinom prostornog pojavljivanja bez ekonomskog značaja.

#### 3.3.3.2 Minimalni ekonomski i granični sadržaj

Minimalni ekonomski sadržaj korisnih komponenata (Li i B) u mineralnoj sirovini treba da obezbedi pokrivanje svih troškova proizvodnje finalnih proizvoda (borne kiseline i litijum karbonata) iz mineralne

sirovine (eksploataciju, pripremu, primarnu preradu i proizvodnju finalnih proizvoda) uz ostvarivanje potrebnog nivoa rentabilnosti u odnosu na angažovana sredstva, odnosno treba da obezbedi ekonomski celishodnu eksploataciju mineralne sirovine u okviru proširene reprodukcije.

U konkretnom slučaju (polazeći od poznate formule:  $T_{ckš} \times K_{rb} = T_c$ ; prema S.Janković, D.Milovanović, 1985, gde je  $T_{ckš}$  – cena koštanja proizvodnje 1 tone odgovarajućeg proizvoda, novčane jedinice;  $K_{rb}$  – koeficijent koji uzima u obzir rentabilnost angažovanih sredstava, neimenovan broj i  $T_c$  – tržišna cena 1 t odgovarajućeg proizvoda, novčane jedinice) izvršeno je određivanje i svođenje minimalnog ekonomskog sadržaja na  $Li_2O_{ekv}$ , preračunom sadržaja  $B_2O_3$  na  $Li_2O_{ekv}$ .

Jadaritska mineralna sirovina sadrži dve korisne komponente: Li i B, u fiksnom odnosu od 1 : 7 -  $Li_2O$  :  $B_2O_3$ , koji imaju iste gubitke pri eksploataciji i u procesu primarne prerade skoro isti stepen iskorišćenja (0,82 i 0,83) u procesu proizvodnje finalnog proizvoda. Finalni proizvodi su vrlo visoke čistoće, shodno zahtevima tržišta, u kojima je sadržaj korisnih komponenata skoro 100 % (preko 99,6 %  $Li_2CO_3$  i preko 99,9 %  $B_2O_3$ ), preračun ekvivalenta litijum oksida, ovde na bazi tržišne cene finalnih proizvoda iskazan je kao %  $Li_2O_{ekv} = \% Li_2O + (\% B_2O_3 \times 19,6716)$ .

Granični sadržaj, je najniži sadržaj korisnih komponenata Li i B, svedenih na  $Li_2O_{ekv}$ , koji omogućava eksploataciju mineralne sirovine na principu proste reprodukcije, bez dobiti (profita) i istovremeno predstavlja granicu između rude i jalovine. Određivanje graničnog sadržaja se najčešće obavlja jednovremeno sa određivanjem minimalnog ekonomskog sadržaja, metodom varijanti, s tim da granični sadržaj ne može biti viši od minimalnog ekonomskog sadržaja (a u jednoj varijanti može biti identičan), ni niži od sadržaja korisnih komponenti u toku jalovine posle tehnološke prerade (Janković, Milovanović, 1985).

Detaljnou analizom varijanti minimalnog ekonomskog i graničnog sadržaja u ležištu B i Li Jadara, određena je optimalna varijanta graničnog sadržaja od 1,289 %  $Li_2O_{ekv}$  (0,951 %  $Li_2O$  i 6,647 %  $B_2O_3$ ), kao i minimalnog ekonomskog sadržaja od 1,387 %  $Li_2O_{ekv}$  (1,023 %  $Li_2O$  i 7,151 %  $B_2O_3$ ).

Određeni minimalni ekonomski sadržaj korisne komponente od 1,387 %  $Li_2O_{ekv}$ , odnosno 1,023 %  $Li_2O$  i 7,151 %  $B_2O_3$ , se na bazi prodajne cene finalnih proizvoda (izvor CRU International limeted, London) od 1.100 \$/t za bornu kiselinu ( $B_2O_3$ ) i 8.750 \$/t za litijum karbonat ( $Li_2CO_3$ ), odnosno 21.638,75 \$/t (preračunato na litijum oksid prema  $Li_2O = Li_2CO_3 \times 2,473$ ), može iskazati i kroz vrednost tone rude u ležištu (in situ) od 300 US\$/t (104,32 RSD na dan 30.06.2020.).

Određeni granični sadržaj od 1,289 %  $Li_2O_{ekv}$ , odnosno 0,951 %  $Li_2O$  i 6,647 %  $B_2O_3$ , se na bazi prodajne cene finalnih proizvoda, može iskazati i kroz vrednost tone rude u ležištu (in situ) od 279 US\$/t (104,32 RSD na dan 30.06.2020.). Srednji sadržaj korisne komponente u rudnim telima jadaritskih horizonata ležišta Jadara je 2,40 %  $Li_2O_{ekv}$ , odnosno 1,75 %  $Li_2O$  i 12,80 %  $B_2O_3$ .

### 3.3.4. Rezerve mineralnih sirovina

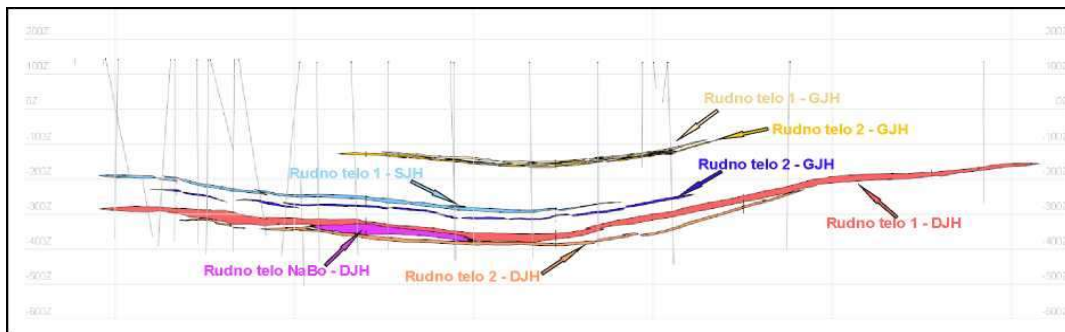
Rezerve ležišta Jadara odlikuju specifičnosti i jedinstvenosti pojavljivanja rudnih tela, među kojima se posebno mogu izdvojiti: prisustvo novog minerala B i Li - jadarita, dimenzije ležišta, strukturno-teksturane karakteristike rude, prostorna distribucija B i Li u ležištu, ekonomski sadržaji B i Li u ležištu, prateće mineralne asocijacije B, strukturne karakteristike jadaritskih rudnih tela, količine i kvalitet istraženih rezervi i njihov ekonomski značaj. Kao takve rezerve ležišta Jadara, preliminarno svrstanog u hidrotermalno-vulkanogeno-sedimentni genetski tip, su istraživane, dokazivane, okonturene, proračunate i ekonomski ocenjene prema važećem geološko-ekonomskom metodičkom pristupu.

Proračun rudnih rezervi izvršen je „Elaboratom o resursima i rezervama B i Li u ležištu Jadara kod Loznice“, a u skladu sa Zakonom o rudarstvu i geološkim istraživanjima (2015), u daljem tekstu „Zakon 101/15“, i Pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (Sl.list SFRJ br. 53/79) u daljem tekstu „Pravilnik ...53/79“, kao važećim podzakonskim aktom.

S obzirom da nisu doneti odgovarajući pravilnici, kao podzakonski propisi, predviđeni članom 191. „Zakona 101/15“, klasifikacija mineralnih resursa na: pretpostavljene, indicirane i izmerene, kao i klasifikacija rezervi

mineralnih sirovina na: verovatne i dokazane, saglasno odredbi čl. 192 „Zakona 101/15“ u praksi se i dalje prikazuju razvrstane u kategorije i klase rezervi koje definiše „Pravilnik 53/79“, odnosno kao kategorije (A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, D<sub>1</sub> i D<sub>2</sub>) i klase (bilansne i vanbilansne). Shodno tome dat je i predmetni prikaz rezervi ležišta Jadar.

U okviru definisanih jadaritskih horizonata, izdvojeno je ukupno sedam rudnih tela. U Donjem jadaritskom horizontu (DJH), izdvojena su 3 (tri) rudna tela, Rudno telo 1, kao ekonomski najznačajnija jadaritska mineralizacija i Rudno telo 2, odnosno jadaritska mineralizacija u okviru geodomena 330, ispod Rudnog tela 1. Kao posebno rudno telo, u neposrednoj podini i u direktnom kontaktu sa Rudnim telom 1 DJH, izdvojena je jadaritska mineralizacija u asocijaciji sa mineralizacijom natijumskih borata, tj. Rudno telo NaBo. U okviru SJH i GJH su takodje izdvojena po dva rudna tela, hipsometrijski višlje, Rudno telo 1 i niže Rudno telo 2 (Slika 3.3.2).



**Slika 3.3.2.** Prikaz stratigrafskog položaja rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).

Po okonturivanju ležišta Jadar i njegovih rudnih tela (u horizontalnoj i vertikalnoj ravni), odnosno po izvlačenju granice između jadaritske rude i jalovine, izvršena je kategorizacija ukupnih rezervi. Geostatističkom analizom su utvrđeni odgovarajući statistički parametri i definisani kriterijumi izdvajanja, razvrstavanja kategorija rezervi u ležištu Jadar.

Ležište B i Li Jadar, hidrotermalno vulkanogeno-sedimentnog genetskog tipa, za koje se vrši proračun rezervi je specifično i u svemu jedinstveno. Kao takvo je, saglasno opštim odredbama „Pravilnika ... 53/79“ i tretirano tokom prospekcijsko-istražnog procesa i zbog svoje specifičnosti nije moglo biti svrstano u određenu grupu i podgrupu ležišta čvrstih mineralnih sirovina, s obzirom da predmetni pravilnik za B i Li ne sadrži posebne kriterijume utvrđivanja i razvrstavanja rezervi. Radi toga se strogo vodilo računa o opštim kriterijumima- uslovima, ali i o utvrđenim geostatističkim parametrima, koji moraju biti ispunjeni da bi se na validan način i izdvojile B, C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> kategorije rezervi.

Gustina istražnih radova tj. mreža istražnog bušenja, kao osnov kategorizacije rezervi je kao složeno i ekonomski važno pitanje kontinuirano razmatrano tokom procesa geoloških istraživanja i postupka okonturivanja ležišta i kategorizacije rezervi. Aktuelni „Pravilnik ...53/79“ ne sadrži *posebne kriterijume razvrstavanja ležišta B i Li*, što je uticalo da Nosilac istraživanja- Kompanija Rio Tinto - „Rio Sava Exploration“ d.o.o, Beograd, tokom istraživanja, gustinu i mrežu istražnog bušenja, razmatra i primenjuje u više varijanti, saglasno odredbama čl. 7 „Pravilnik ...53/79“.

Analizom svih raspoloživih podataka (53150 pojedinačna proba iz 319 istražnih bušotina) na osnovu dobijenih semivariograma, ali i dostignutog nivoa poznavanja i razumevanja ležišnih uslova, u prvom redu geološke građe, pojavnom obliku i distribuciji mineralne sirovine- mineralizacije B i Li kao korisnih komponenata, kao i tektonskog sklopa i dimenzija ležišta, usvojeni su kriterijumi kategorizacije rezervi B i Li u ležištu Jadar, odnosno maksimalno dozvoljena rastojanja između istražnih radova (bušotina) za: A kategoriju 50 x 50 m, B kategoriju 150 x 150 m i C<sub>1</sub> kategoriju 300 x 300 m

Radi potvrđivanja kontinuiteta novootkrivene jadaritske mineralizacije u Jadarskom basenu i utvrđivanja dopuštenih rastojanja za odgovarajuću kategoriju geoloških rezervi (klase mineralnih resursa), kompanija *Rio-Tinto* - „Rio SavaExploration“ d.o.o, Beograd u kontinuitetu je sprovodila geostatistička ispitivanja i statističke analize (Semivariogrami; DHS-A-Slope of Regresion). Pri tome je utvrđeno, da se u okviru DJH kontinuitet mineralizacije za A kategoriju geoloških rezervi dokazuje sa stepenom regresije > 0,9 i uspešno potvrđuje sa rastojanjima istražnih

radova do 50 x 50 m. B kategorija geoloških rezervi se potvrđuje sa stepenom regresije  $> 0,8$  i  $< 0,9$  odnosno sa rastojanjima istražnih radova do 150 x 150 m i C1 kategorija geoloških rezervi sa regresijom manjom od  $> 0,5$  i  $< 0,8$  odnosno rastojanjima istražnih radova do 300 x 300 m. Utvrđeni parametri kontinuiteta mineralizacije predstavljali su maksimalna rastojanja za odgovarajuće kategorije rezervi u prvom redu odnose na DJH, čije rezerve se i bilansiraju. Zbog većeg stepena promenljivosti debljine i morfologije rudnih tela kao i ukupne promenljivosti sadržaja korisnih komponenata u SJH i GJH, utvrđeni parametri kontinuiteta mineralizacije se u ovom slučaju samo uslovno mogu primeniti, uz primenu analogije parametara utvrđenih u DJH.

#### 3.3.4.1 Okonturivanje rudnih tela i ležišta Jadar

Okonturivanje ležišta Jadar, odnosno njegovih rudnih tela izvršeno je prema geološkoj interpretaciji i poznavanju ležišnih prilika, rezultatima hemijskih analiza pojedinačnih proba kao i usvojenim ekonomskim parametrima, uz primenu savremenih kompjuterskih programskih paketa (*Micromine* i *Vulcan*) i saglasno varijantama interpretacije ležišta.

*Nulta – geološka kontura (granica)* ležišta Jadar, odnosno pojedinačnih rudnih tela po jadaritskim horizontima izvršena je ograničenom i neograničenom ekstrapolacijom, povučena izvan krajnjih pozitivnih istražnih radova, odnosno istražnih bušotina koje su nabušile jadaritsku mineralizaciju.

*Unutrašnja kontura* jadaritskih rudnih tela po jadaritskim horizontima je povučena interpolacijom, odnosno direktnim spajanjem krajnjih (perifernih) pozitivnih istražnih bušotina sa utvrđenim *ekonomskim parametrima*.

*Radna-ekonomska kontura* rudnih tela po jadaritskim horizontima ležišta Jadar je povučena kao linija koja povezuje krajnje tačke (preliminarno definisanih) bilansnih rezervi, odnosno rudnih tela sa prekograničnim vrednostima parametara kondicija (ekonomska granica), (N.Blečić, D.Milovanović, 1999). Povučena je direktnim praćenjem u istražnim radovima (krajnje tačke) odnosno (saglasno geološkom faktoru) primenom interpolacije i ekstrapolacije i potpuno je bliska *spoljnoj konturi* (skoro uz potpuno poklapanje). Za povlačenje radno-ekonomskih kontura rudnih tela B i Li po jadaritskim horizontima, primenjena je kondicija minimalnog ekonomskog sadržaja, odnosno sadržaji korisnih komponenata B i Li, izraženi kao  $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}}$ , sa konturom koja obezbeđuju dobijanje mineralne sirovine na ekonomski celishodan i opravdan način, tj. kojom se ostvaruje dobit, odnosno profit.

#### 3.3.4.2 Metode proračuna rezervi

Shodno geološkim karakteristikama ležišta Jadar, dobijenim podacima geoloških istraživanja i ciljevima proračuna rezervi kao *optimalne metode proračuna* odabrane su *geostatistička metoda* i *metoda paralelnih vertikalnih profila*. Pri odabiru metoda proračuna rezervi, vodilo se računa da se njihovom primenom obezbedi dovoljna tačnost i racionalnost proračuna, proverljivost proračuna i omogući adekvatno međusobno poređenje rezultata proračuna radi otklanjanja eventualne grube greške proračuna.

Za *osnovnu metodu* proračuna odabrana je savremena računarska metoda proračuna rezervi (geostatistička metoda), u varijanti metode mini blokova, primenom specijalizovanih programskih paketa za proračun rezervi, koja se u savremenoj praksi koristi pri proceni mineralnih resursa za sve vrste mineralnih sirovina. Ova metoda je i kod nas stručno verifikovana i danas sve više u upotrebi.

Specijalizovani programski paketi za proračun rezervi omogućuju izradu digitalnog blok-modela ležišta sastavljenog od pojedinačnih ćelija definisanih dimenzija (mini blokovi) za koje se vrši proračun (procena). Izrada digitalnog blok-modela ležišta i proračun osnovnom metodom je izvršen primenom specijalizovanih programskih paketa (*Micromine* i *Vulcan*).

Za *kontrolnu metodu* odabrana je metoda profila tj. metoda paralelnih vertikalnih profila (preseka) koja se kod nas, tradicionalno i najčešće primenjuje za proračun rezervi, jer u najvećoj meri prati geološke karakteristike ležišta, odnosno rudnih tela.

Krajnji rezultat proračuna rezervi su ukupne količine rezervi mineralnih sirovina, po kategorijama u svom prirodnom stanju, izražene u tonama (t).

Za potrebe proračuna geoloških rezervi razmatrani su i određivani potrebni i osnovni granični parametri proračuna, kao što su: granični i minimalni ekonomski sadržaj korisnih komponenata, rudna površina, zapreminska masa, sadržaj vlage, srednji sadržaj korisne komponente B i Li, kontura rudnih tela, granični uslovi tehničkih mogućnosti eksploatacije i dr.

### 3.3.4.3 Količine rezervi mineralnih sirovina

Na osnovu proračunatih rezervi B i Li u ležištu Jadar, osnovnom i kontrolnom metodom proračuna, izvršeno je njihovo upoređivanje i urađena uporedna - svodna tabela u kojoj su prikazane količine proračunatih rezervi, razvrstane po kategorijama, pojedinačno i zbirno za svako rudno telo po jadaritskim horizontima, i sa utvrđenim međusobnim odstupanjima (razlika kontrolne metode u odnosu na osnovnu metodu proračuna).

Na osnovu razlike rezultata dobijenih proračunom rezervi osnovnom metodom (mini blokova) i kontrolnom metodom (paralelnih vertikalnih preseka-profila) vidi se da je ukupna razlika u količinama rude između dve primenjene metode proračuna minimalna i iznosi 734.300 t odnosno, iskazano u procentima 0,30 % čime je pokazano da pri proračunu rezervi osnovnom metodom nije napravljena gruba greška.

Ukupno proračunate rezerve rudnih tela po jadaritskim horizontima imaju nešto veća odstupanja (od -2,30 % do 3,40 %), kao i uočljive razlike u proračunatim rezervama pojedinačnih rudnih tela, naročito u slučaju Rudnog tela NaBo ili Rudnog tela 1 gornjeg jadaritskog horizonta, što je posledica veličine i promenljivosti oblika rudnih tela, kao i limitirane mogućnosti geometrizacije u pojedinačnim proračunskim blokovima.

Na osnovu razlika prikazanih u svodnoj tabeli 3.3.5. proračuna dvema metodama, koje se kreću u okviru prihvatljive greške (od 10 %), može se zaključiti da je proračun rezervi osnovnom metodom (mini blokova) izvršen bez grubih grešaka i da se može prihvatiti kao tačan. Na osnovu proračunatih rezervi osnovnom metodom, u tabeli 3.3.7. je data procentualna zastupljenost njihovih kategorija po jadaritskim horizontima u ležištu Jadar i u ukupnim količinama rezervi.

**Tabela 3.3.5. Učešće pojedinih kategorija rezervi po jadaritskim horizontima i ukupnim količinama** (Misailović, Tanasković, 2020).

Kategorija rezervi	Rezerve rude (t)	Zastupljenost (%)
Gornji jadaritski horizont		
C <sub>1</sub>	34.343.496	100,00
Srednji jadaritski horizont		
C <sub>1</sub>	51.032.472	100,00
Donji jadaritski horizont		
B	85.743.528	54,05
C <sub>1</sub>	72.903.728	45,95
B + C <sub>1</sub>	158.647.256	100,00
UKUPNO (GJH+SJH+DJH)		
B	85.743.528	35,14
C <sub>1</sub>	158.279.696	64,86
B + C <sub>1</sub>	244.023.224	100,00

Iz prethodne tabele je vidljivo da rezerve B kategorije, kao rezerve većeg stepena verovatnoće čine oko 54 % rezervi u donjem jadaritskom horizontu, što odgovara zahtevima budućih rudarskih projektovanja i planiranja eksploatacije, dok njihovo učešće u ukupnim rezervama u ležištu Jadar iznosi oko 35 %. Ukupne količine i srednji sadržaj korisnih komponenata, bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta su iskazane u tabeli 3.3.6.



Tabela 3.3.6. Prikaz rezervi rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar, proračunatih osnovnom metodom proračuna (Misailović, Tanasković, 2020).

Rezerve	Rudno telo - jadaritski horizont	Zapremina (m <sup>3</sup> )		Zapreminska masa (t/m <sup>3</sup> )		Količina rezervi (t)		Srednji sadržaj Li <sub>2</sub> O (%)		Srednji sadržaj B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)		Srednji sadržaj Li <sub>2</sub> O <sub>4w</sub> (%)		Ukupne količine (Mt)		Ukupne količine (Mt)	
		U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li	B
Gornji jadaritski horizont (GIH)																	
C <sub>1</sub> kategorija	Rudno telo 1	6.082.400	2,12	2,29	12.894.688	13.928.696	1,56	1,44	10,31	9,54	2,08	1,93	0,201	1,329	0,093	0,413	
	Rudno telo 2	8.876.000	2,12	2,30	18.817.120	20.414.800	1,54	1,42	10,52	9,70	2,07	1,91	0,290	1,980	0,135	0,615	
	Ukupno GIH	14.958.400	2,12	2,30	31.711.808	34.343.496	1,55	1,43	10,43	9,63	2,08	1,92	0,492	3,308	0,228	1,027	
Srednji jadaritski horizont (SIH)																	
C <sub>1</sub> kategorija	Rudno telo 1	10.538.400	2,18	2,30	22.973.712	24.238.320	1,27	1,20	9,37	8,88	1,75	1,65	0,292	2,153	0,136	0,669	
	Rudno telo 2	11.599.200	2,20	2,31	25.518.240	26.794.152	1,76	1,68	14,70	14,00	2,51	2,39	0,449	3,751	0,209	1,165	
	Ukupno SIH	22.137.600	2,19	2,31	48.491.952	51.032.472	1,53	1,45	12,18	11,57	2,15	2,04	0,742	5,906	0,345	1,834	
Donji jadaritski horizont (DIH)																	
B kategorija	Rudno telo 1	26.215.200	2,22	2,35	58.197.744	61.605.720	2,01	1,90	15,24	14,40	2,78	2,63	1,170	8,869	0,543	2,754	
	Rudno telo 2	6.226.400	2,20	2,37	13.698.080	14.756.568	1,33	1,23	10,55	9,79	1,87	1,73	0,182	1,445	0,085	0,449	
	Rudno telo NaBo	4.532.000	1,95	2,07	8.837.400	9.381.240	0,65	0,61	35,25	33,21	2,44	2,30	0,057	3,115	0,027	0,967	
C <sub>1</sub> kategorija	Svega DIH	36.973.600	2,18	2,32	80.733.224	85.743.528	1,75	1,65	16,64	15,67	2,60	2,45	1,413	13,434	0,656	4,172	
	Rudno telo 1	28.666.400	2,22	2,35	63.639.408	67.366.040	1,91	1,80	12,76	12,05	2,56	2,41	1,216	8,120	0,565	2,522	
	Rudno telo 2	2.268.800	2,20	2,37	4.991.360	5.377.056	1,37	1,27	9,99	9,27	1,88	1,74	0,068	0,499	0,032	0,155	
B + C <sub>1</sub> kategorija	Rudno telo NaBo	77.600	1,95	2,07	151.320	160.632	0,94	0,89	38,86	36,61	2,92	2,75	0,001	0,059	0,001	0,018	
	Svega DIH	31.012.800	2,22	2,35	68.782.088	72.903.728	1,87	1,76	12,62	11,91	2,51	2,37	1,286	8,680	0,597	2,696	
	Ukupno DIH	67.986.400	2,20	2,33	149.515.312	158.647.256	1,80	1,70	14,80	13,95	2,55	2,41	2,691	22,128	1,250	6,872	
REKAPITULACIJA REZERV I																	
B kategorija	Ukupno (GIH)	36.973.600	2,18	2,32	80.733.224	85.743.528	1,75	1,65	16,64	15,67	2,60	2,45	1,413	13,434	0,656	4,172	
	Ukupno (GIH+SIH+DIH)	68.108.800	2,19	2,32	148.985.848	158.279.696	1,69	1,59	12,01	11,30	2,30	2,16	2,518	17,893	1,169	5,557	
	Ukupno (GIH+SIH+DIH) ± C <sub>1</sub> kategorija	105.082.400	2,19	2,32	229.719.072	244.023.224	1,71	1,61	13,64	12,84	2,40	2,26	3,928	31,334	1,825	9,731	

**Tabela 3.3.7.** Količine bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta (Misailović, Tanasković, 2020).

Kategorija	Rezerve	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
B	85.743.528	1,65	15,67
C <sub>1</sub>	72.903.728	1,76	11,91
B+C <sub>1</sub>	158.647.256	1,70	13,95

Saglasno odredbama člana 29. „Pravilnika „53/79“, u tabeli 3.3.8. date su količine geoloških i eksploatacionih rezervi po kategorijama. Količine eksploatacionih rezervi, su prikazane nakon izvršene analize i ocene faktora i pokazatelja tehničko-ekonomske ocene, i to posebno tehničko-eksploatacionih faktora, uvažavajući projektne gubitke od 7% i razblaženja utvrđene metode eksploatacije od 13,6 %.

**Tabela 3.3.8.** Ukupne i eksploatacione rezerve B i Li donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).

Kategorija	Ukupne rezerve (t)	Eksploatacione rezerve (t)	Količina rudne mase za otkopavanje (t)
B	85.743.528	79.741.481	90.586.322
C <sub>1</sub>	72.903.728	67.800.467	77.021.331
B + C <sub>1</sub>	158.647.256	147.541.948	167.607.653

Procenjene potencijalne rezerve C<sub>2</sub> kategorije, za rudna tela jadaritskih horizonata, su prikazana u tabeli 3.3.9.

#### 3.3.4.4 Kvalitet rezervi mineralnih sirovina

Kvalitet proračunatih rezervi rudnih tela jadaritskih horizonata, kroz srednje sadržaje korisnih i pratećih komponenti, računato u suvom stanju i iskazanih u vidu njihovih oksida, prikazan je u tabeli 3.3.10.

Kvalitet bilansnih rezervi B i Li donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar je prikazan u tabeli 3.3.11.

**Tabela 3.3.9. Prikaz procenjenih potencijalnih rezervi rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar (Misalović, Tanasković, 2020).**

Potencijalne rezerve	Rudno telo - jadaritski horizont	Zapremina (m <sup>3</sup> )	Zapreminska masa (t/m <sup>3</sup> )		Količine potencijalnih rezervi (t)		Srednji sadržaj Li <sub>2</sub> O (%)		Srednji sadržaj B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)		Srednji sadržaj Li <sub>2</sub> O <sub>eq</sub> (%)		Ukupne količine (Mt)		Ukupne količine (Mt)	
			U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	Li <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li	B
Gornji jadaritski horizont (GIH)																
C <sub>2</sub> kategorija	Rudno telo 1	220.000	2,12	2,30	466.400	506.000	1,50	1,40	10,40	9,60	2,03	1,89	0,007	0,049	0,003	0,015
	Rudno telo 2	240.000	2,12	2,30	508.800	552.000	1,50	1,40	10,40	9,60	2,03	1,89	0,008	0,053	0,004	0,016
	Ukupno GIH	460.000	2,12	2,30	975.200	1.058.000	1,50	1,40	10,40	9,60	2,03	1,89	0,015	0,101	0,007	0,031
Srednji jadaritski horizont (SIH)																
C <sub>2</sub> kategorija	Rudno telo 1	1.150.000	2,18	2,30	2.507.000	2.645.000	1,30	1,23	9,40	8,91	1,78	1,69	0,033	0,236	0,015	0,073
	Rudno telo 2	1.250.000	2,20	2,30	2.750.000	2.875.000	1,70	1,63	14,60	13,97	2,44	2,34	0,047	0,402	0,022	0,125
	Ukupno SIH	2.400.000	2,19	2,30	5.256.000	5.520.000	1,50	1,43	12,10	11,52	2,12	2,01	0,079	0,636	0,037	0,198
Donji jadaritski horizont (DIH)																
C <sub>2</sub> kategorija	Rudno telo 1	14.300.000	2,22	2,35	31.746.000	33.605.000	1,80	1,70	13,00	12,00	2,46	2,31	0,571	4,127	0,265	1,282
	Rudno telo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rudno telo NaBo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sub>2</sub> kategorija	Svega DIH	14.300.000	2,22	2,35	31.746.000	33.605.000	1,80	1,70	13,00	12,00	2,46	2,31	0,571	4,127	0,265	1,282
	Ukupno (GIH+SIH+DIH)	17.160.000	2,21	2,34	37.977.200	40.183.000	1,75	1,65	12,8	11,87	2,40	2,26	0,665	4,864	0,309	1,511

**Tabela 3.3.10. Srednji sadržaji litijuma, bora i pratećih komponenti u proračunatim rezervama rudnim telima jadaritskih horizonata (bez vlage)**  
(Misailović, Tanasković, 2020).

Rezerve	Rudno telo - jadaritski horizont	Li <sub>2</sub> O (%)	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Li <sub>2</sub> O <sub>ekv</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	MnO (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	SrO (%)
<b>Gornji jadaritski horizont (GJH)</b>														
C <sub>1</sub> kategorija	Rudno telo 1	1,56	10,31	2,08	3,71	10,26	3,92	4,89	2,70	0,02	9,65	34,89	0,19	0,14
	Rudno telo 2	1,54	10,52	2,07	4,09	8,70	3,22	4,99	3,10	0,03	10,79	36,16	0,19	0,11
	<b>Ukupno GJH</b>	<b>1,54</b>	<b>10,43</b>	<b>2,08</b>	<b>3,94</b>	<b>9,34</b>	<b>3,51</b>	<b>4,95</b>	<b>2,91</b>	<b>0,03</b>	<b>10,33</b>	<b>35,64</b>	<b>0,19</b>	<b>0,12</b>
<b>Srednji jadaritski horizont (SJH)</b>														
C <sub>1</sub> kategorija	Rudno telo 1	1,27	9,37	1,75	3,72	9,72	8,39	4,08	2,90	0,04	9,65	28,70	0,35	0,25
	Rudno telo 2	1,76	14,70	2,51	2,70	9,86	5,57	5,35	2,71	0,03	7,74	30,14	0,14	0,27
	<b>Ukupno SJH</b>	<b>1,53</b>	<b>12,18</b>	<b>2,15</b>	<b>3,18</b>	<b>9,79</b>	<b>6,91</b>	<b>4,75</b>	<b>2,80</b>	<b>0,03</b>	<b>8,64</b>	<b>29,46</b>	<b>0,24</b>	<b>0,26</b>
<b>Donji jadaritski horizont (DJH)</b>														
B kategorija	Rudno telo 1	2,01	15,24	2,78	3,57	7,59	6,29	6,59	1,70	0,03	9,34	29,08	0,23	0,21
	Rudno telo 2	1,33	10,55	1,87	5,03	6,93	4,76	5,99	2,40	0,04	12,65	33,48	0,13	0,20
	Rudno telo NaBo	0,65	35,25	2,44	1,94	3,86	3,10	12,83	0,91	0,01	5,03	15,15	0,15	0,11
	<b>Svega DJH</b>	<b>1,75</b>	<b>16,64</b>	<b>2,60</b>	<b>3,64</b>	<b>7,07</b>	<b>5,69</b>	<b>7,18</b>	<b>1,71</b>	<b>0,03</b>	<b>9,43</b>	<b>28,29</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
C <sub>1</sub> kategorija	Rudno telo 1	1,91	12,76	2,56	3,70	9,06	7,16	5,81	1,61	0,03	9,43	28,88	0,26	0,24
	Rudno telo 2	1,37	9,99	1,88	5,02	8,40	5,38	5,89	2,01	0,04	12,26	31,96	0,14	0,24
	Rudno telo NaBo	0,94	38,86	2,92	0,86	3,86	3,41	16,46	0,10	0,01	2,22	7,64	0,24	0,11
	<b>Svega DJH</b>	<b>1,87</b>	<b>12,62</b>	<b>2,51</b>	<b>3,79</b>	<b>9,01</b>	<b>7,03</b>	<b>5,84</b>	<b>1,61</b>	<b>0,03</b>	<b>9,62</b>	<b>29,06</b>	<b>0,25</b>	<b>0,24</b>
B+C <sub>1</sub> kategorija	<b>Ukupno DJH</b>	<b>1,80</b>	<b>14,80</b>	<b>2,55</b>	<b>3,71</b>	<b>7,96</b>	<b>6,30</b>	<b>6,56</b>	<b>1,71</b>	<b>0,03</b>	<b>9,51</b>	<b>28,65</b>	<b>0,23</b>	<b>0,22</b>

**Tabela 3.3.11. Srednji sadržaji litijuma, bora i pratećih komponenti u bilansnim rezervama rudnim telima DIH (Misailović, Tanasković, 2020).**

Rezerve		LbO (%)	B2O3 (%)	LizOekv (%)	Fe2Os (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na2O (%)	K2O (%)	MnO (%)	Al2O3 (%)	SiO2 (%)	P2O5 (%)	SrO (%)
B kategorija	Rudno telo 1	2,01	15,24	2,78	3,57	7,59	6,29	6,59	1,70	0,03	9,34	29,08	0,23	0,21
	Rudno telo 2	1,33	10,55	1,87	5,03	6,93	4,76	5,99	2,40	0,04	12,65	33,48	0,13	0,20
	Rudno telo NaBo	0,65	35,25	2,44	1,94	3,86	3,10	12,83	0,91	0,01	5,03	15,15	0,15	0,11
	Svega DIH	1,75	16,64	2,60	3,64	7,07	5,69	7,18	1,71	0,03	9,43	28,29	0,20	0,20
C kategorija	Rudno telo 1	1,91	12,76	2,56	3,70	9,06	7,16	5,81	1,61	0,03	9,43	28,88	0,26	0,24
	Rudno telo 2	1,37	9,99	1,88	5,02	8,40	5,38	5,89	2,01	0,04	12,26	31,96	0,14	0,24
	Rudno telo NaBo	0,94	38,86	2,92	0,86	3,86	3,41	16,46	0,10	0,01	2,22	7,64	0,24	0,11
	Svega DIH	1,87	12,62	2,51	3,79	9,01	7,03	5,84	1,61	0,03	9,62	29,06	0,25	0,24
B + C kategorija	Ukupno DIH	1,80	14,80	2,55	3,71	7,96	6,30	6,56	1,71	0,03	9,51	28,65	0,23	0,22
* (u svomim stariju, bez vloge)														

\* (u svom stepu, bez vlage)

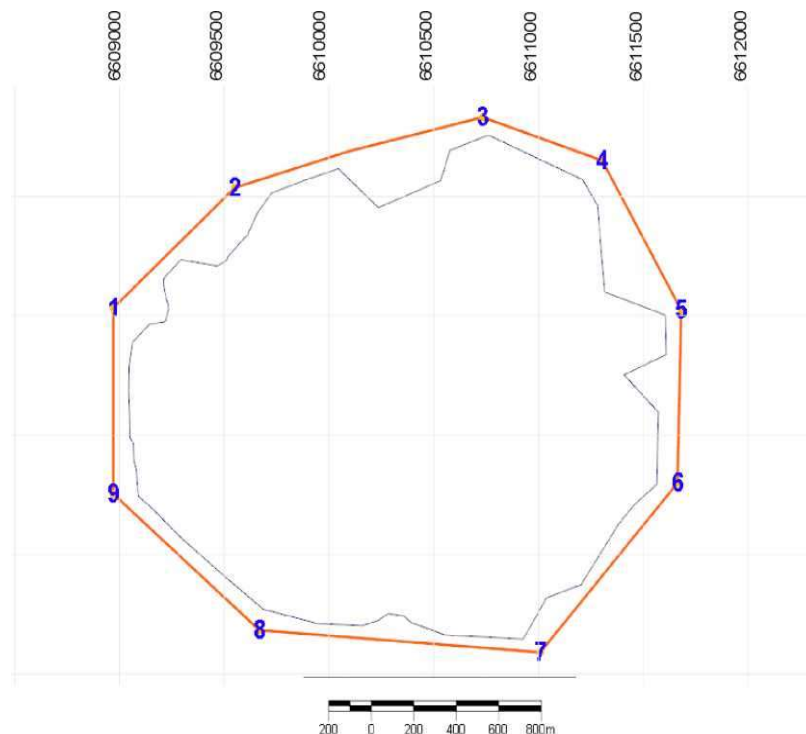
### 3.4. Prostorni položaj utvrđenih i overenih rezervi mineralnih sirovina

Koordinate prelomnih tačaka konture bilansnih rezervi B i Li u ležištu Jadar (donji jadaritski horizont), nakon utvrđivanja i overe pred državnom Komisijom za rezerve, a prema dobijenoj potvrdi- rešenju o rezervama mineralnih sirovina, date su u tabeli 3.4.1.

**Tabela 3.4.1.** Koordinate prelomnih tačaka konture bilansnih rezervi  
(Misailović, Tanasković, 2020).

Prelomne tačke	Koordinate prelomnih tačaka bilansnih rezervi			
	Gauss Kruger, zona 6		Gauss Kruger, zona 7	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1	4931030	6608970	4931407	7370497
2	4931535	6609550	4931890	7371095
3	4931830	6610735	4932142	7372290
4	4931650	6611305	4931941	7372853
5	4931025	6611680	4931302	7373205
6	4930300	6611665	4930579	7373163
7	4929590	6611010	4929893	7372483
8	4929685	6609670	4930037	7371147
9	4930255	6608970	4930632	7370468

Prelomne tačke konture bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar su prikazane na slici 3.4.1.



**Slika 3.4.1** Konture bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar  
(Misailović, Tanasković, 2020).

## 4. Rudarski deo

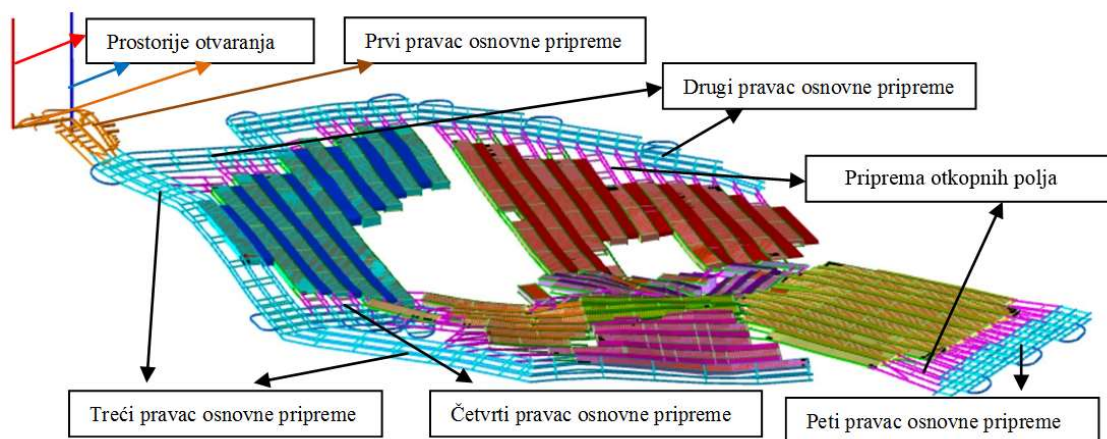
### 4.1. Sistem otvaranja i pripreme ležišta Jadar

#### 4.1.1. Opšti koncept

Sistem otvaranja ležišta Jadar pripada centralnom sistemu otvaranja - čine ga dva okna (izvozno i ventilaciono okno) i hodnik kojim su pomenuta okna međusobno povezana. Izradom ovih prostorija uspostavlja se protočni sistem provetravanja i stvaraju se preduslovi za izradu prostorija osnovne pripreme. Prostorije osnovne pripreme locirane su u neposrednoj blizini ležišta i prate ležište, formirajući prsten oko ležišta.

Izradom prostorija osnovne pripreme oko ležišta, u formi prstena, stvoreni su preduslovi da se iz njih može razviti sistem prostorija za pripremu otkopnih polja. U svakom otkopnom polju zastupljene su po četiri pripremljene prostorije i to po dve u podini i dve u krovini.

Izradom sistema osnovne pripreme i sistema pripreme otkopnih polja stvorena je osnova za početak otkopavanja. Generalni koncept otvaranja, osnovne pripreme i pripreme otkopnih polja prikazan je na slici 4.1.1. a detaljan prikaz u Prilogu br. 4.1.1, Prilogu br. 4.1.2.



Slika 4.1.1. Otvaranje, osnovna priprema i priprema otkopnih polja u ležištu Jadar

#### 4.1.2. Otvaranje ležišta

Glavne prostorije centralnog sistema otvaranja ležišta Jadar su: izvozno okno (IZV.OKNO), ventilaciono okno (VENT.OKNO) i spojni hodnik (SH-1(-230)).

**Izvozno okno IZV.OKNO** je vertikalna prostorija otvaranja ležišta. Locirano je zapadno od ležišta. Namena ove prostorije je višestruka: izvoz rude i jalovine, dopremanje potrebne količine svežeg vazduha u jamu, prevoz ljudstva, servisiranje jame, odvodnjavanje jame sistemom cevovoda, snabdevanje jame električnom energijom sistemom elektro-kablova, komunikacija pomoću komunikacione opreme koja je instalirana duž okna. Ušće IZV.OKNO nalazi se na koti +147.31 m a dno okna na koti -286.14 m. Visinska razlika između ušća i dna okna, odnosno njegova dubina je 433,45 m. Okno je kružnog poprečnog preseka prečnika 8,5 m.

**Ventilaciono okno VENT.OKNO** je vertikalna prostorija otvaranja ležišta koja je locirana zapadno od ležišta. Namena ove prostorije je: izvlačenje istrošenog vazduha iz jame do površine terena i rezervni pravac povlačenja ljudstva prema površini terena u slučaju nezgode. Ušće VENT.OKNO nalazi se na koti +149.85 m a dno okna na koti -230.45 m. Visinska razlika između ušća i dna okna, odnosno njegova dubina je 380,30 m. Okno je kružnog poprečnog preseka prečnika 6,5 m. U neposrednoj blizini ušća okna nalaziće se ventilatorsko postrojenje koje će po principu depresije izvlačiti istrošeni vazduh iz jame.

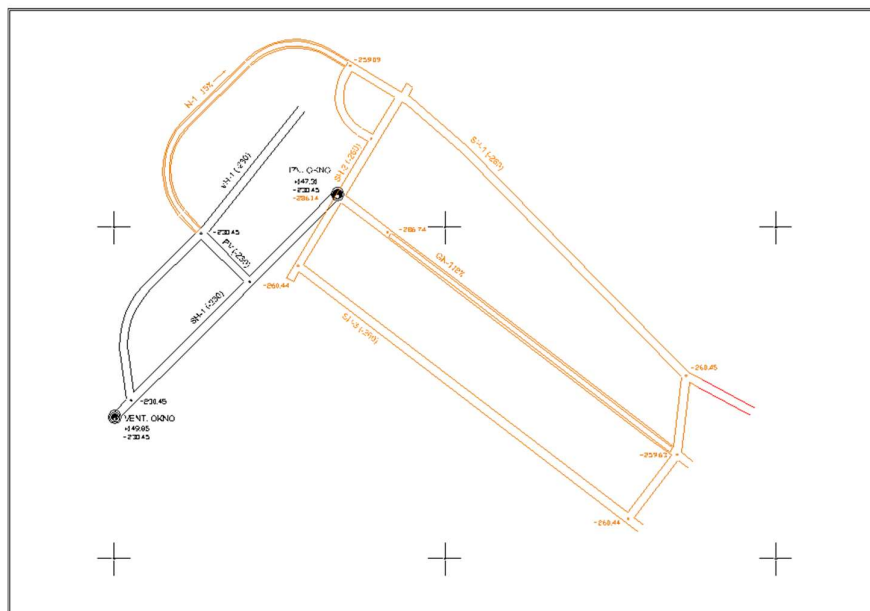
**Spojni hodnik SH-1(-230)** je horizontalna prostorija otvaranja ležišta. SH-1(-230) povezuje izvozno okno IZV.OKNO sa ventilacionim oknom VENT.OKNO i tom vezom se stvaraju uslovi za protočni sistem ventilacije jame. Povezivanje okana pomoću SH-1(-230) ostvaruje se na koti -230.45 m. Poprečni presek hodnika je 8×8 m za potrebe ventilacije a 10×8 m u delu gde je stacionirana perionica. Dužina hodnika je 182,60 m.

#### 4.1.3. Osnovna priprema (pristup ležištu)

Posle uspostavljanja protočnog sistema provetravanja pristupa se izradi sistema prostorija osnovne pripreme kojim se pristupa ležištu. Sistem osnovne pripreme se sastoji od dve komponente i to su:

- prva komponenta podrazumeva osnovnu pripremu kojom se pristupa podini ležišta i
- druga komponenta podrazumeva osnovnu pripremu kojom se pristupa krovini ležišta.

Na slici 4.1.2. prikazan je sistem podinske pripreme, a u tabeli 4.1.1. glavne karakteristike prostorija podinske pripreme.

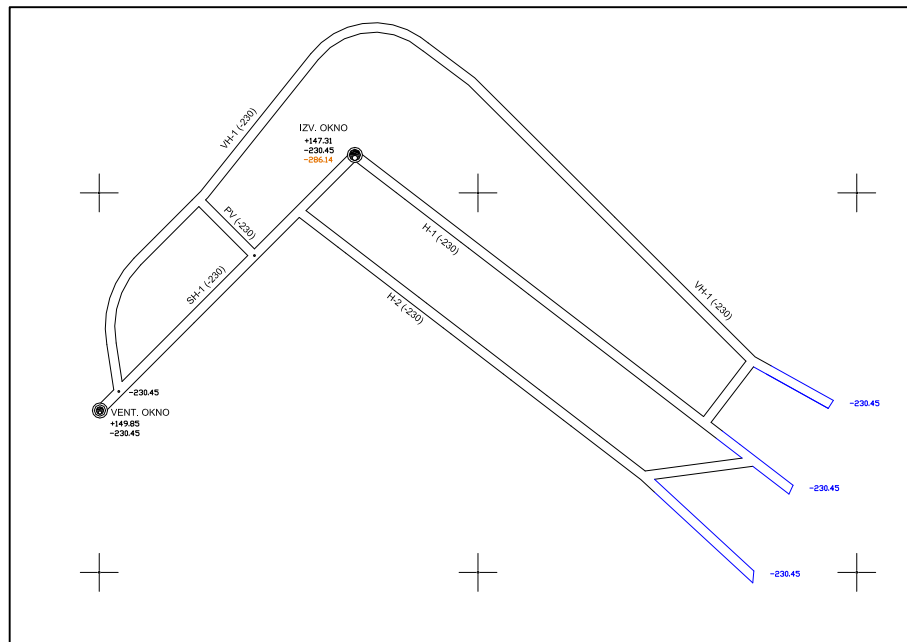


**Slika 4.1.2.** Dispozicija podinskog sistema osnovne pripreme (pristup ležištu)

**Tabela 4.1.1.** *Prostorije osnovne podinske pripreme*

NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	DUŽINA (m)
Prečna veza PV(-230)	Horizontalna	36,50
Niskop N-1	Kosa	194,00
Spojni hodnik SH-1(-260)	Horizontalna	270,00
Spojni hodnik SH-2(-260)	Horizontalna	155,00
Spojni hodnik SH-3(-260)	Horizontalna	247,00
Slepo ventilaciono okno SVO(-230/-260)	Vertikalna	25
Glavni niskop GN-1	Kosa	260,00
Spojne veze	Horizontalne	86,00
<b>Ukupno</b>		<b>1273,50</b>

Na slici 4.1.3. prikazan je sistem krovinске pripreme, a u tabeli 4.1.2. glavne karakteristike prostorija krovinске pripreme.



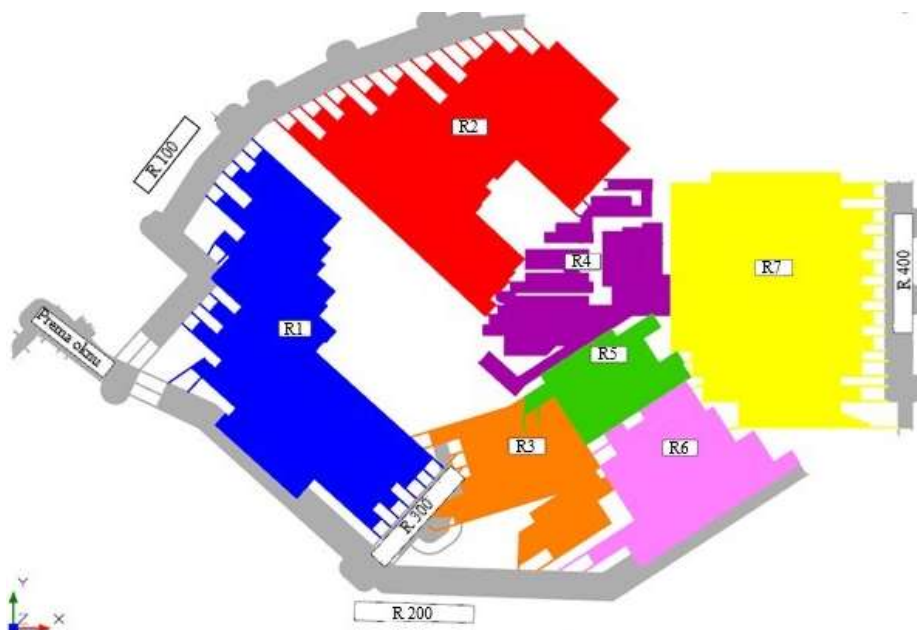
**Slika 4.1.3.** Dispozicija krovninskog sistema osnovne pripreme (pristup ležištu)

**Tabela 4.1.2.** Prostorije osnovne krovinke pripreme

NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	DUŽINA (m)
Ventilacioni hodnik VH-1(-230)	Horizontalna	505,00
Hodnik H-1(-230)	Horizontalna	250,00
Hodnik H-2(-230)	Horizontalna	225,00
Spojne veze	Horizontalne	89,00
Ukupno		1069,00

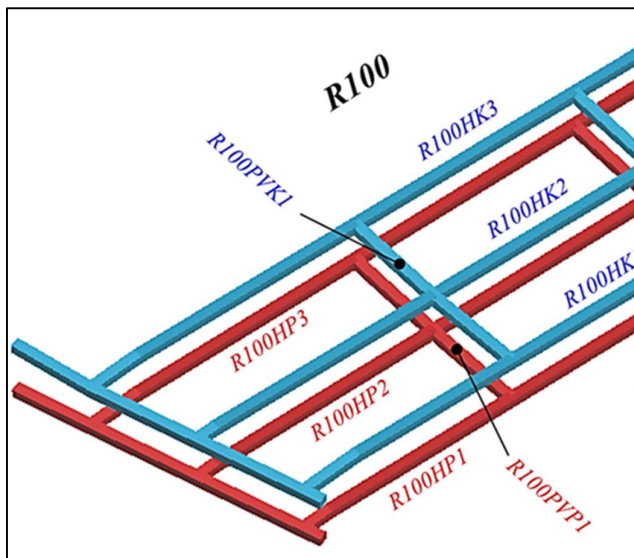
#### 4.1.4. Osnovna priprema revira

Ležište Jadar je podeljeno u sedam eksploatacionih celina odnosno revira (R1, R2,...,R7). Svaki revir je sastavljen od dva ili više otkopnih polja. Situacioni plan revira prikazan je na slici 4.1.4.



**Slika 4.1.4.** Podela ležišta na revire

Sistem osnovne pripreme revira je podeljen na sistem pripreme u podini (crvene prostorije) i sistem pripreme u krovini ležišta (plave prostorije). Generalni koncept osnovne pripreme revira sastoji se od po tri prostorije koje su locirane u podini ležišta i tri prostorije koje su locirane u krovini ležišta (slika 4.1.5.).



**Slika 4.1.5.** Položaj prostorija osnovne pripreme revira

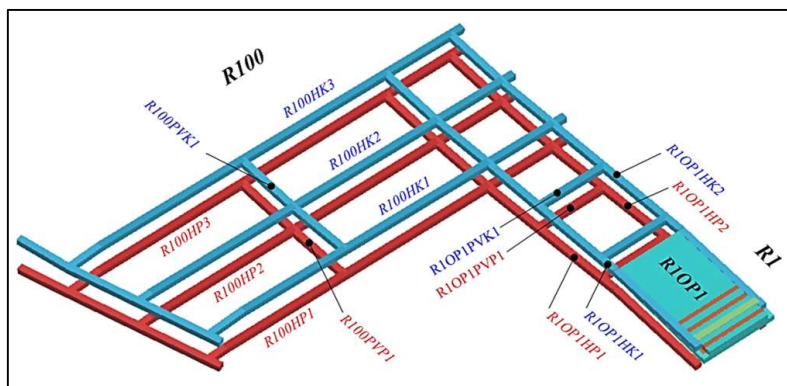
U tabeli 4.1.3. prikazane su prostorije osnovne pripreme revira sa glavnim karakteristikama.

**Tabela 4.1.3.** Prostorije osnovne pripreme revira

NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	Dužina (m)
Osnovna priprema R100	horizontalna/kosa	3230
Osnovna priprema R200	horizontalna/kosa	22836
Osnovna priprema R300	horizontalna/kosa	22320
Osnovna priprema R400	horizontalna/kosa	5448
Ukupno		53834

#### 4.1.5. Osnovna priprema otkopnog polja

Generalni koncept osnovne pripreme otkopnog polja sastoji se od po dve prostorije koje su locirane u podini ležišta (crvene prostorije) i dve prostorije koje su locirane u krovini ležišta (plave prostorije) (slika 4.1.6.).



**Slika 4.1.6.** Položaj prostorija osnovne pripreme otkopnog polja

U tabeli 4.1.4. prikazane su prostorije osnovne pripreme otkopnog polja sa glavnim karakteristikama.

**Tabela 4.1.4.** *Prostorije osnovne pripreme otkopnog polja*

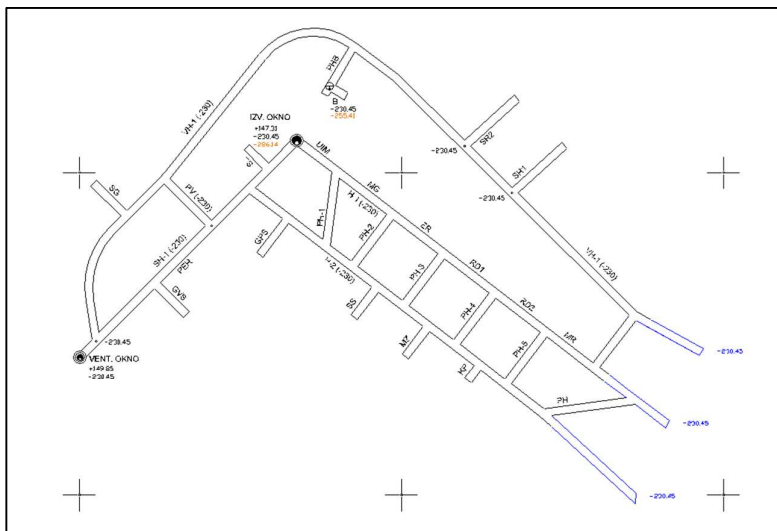
NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	Dužina (m)
Osnovna priprema R10P1-OP8	horizontalna/kosa	31044
Osnovna priprema R20P1-OP9	horizontalna/kosa	34460
Osnovna priprema R30P1-OP5	horizontalna/kosa	10388
Osnovna priprema R40P1-OP12	horizontalna/kosa	19482
Osnovna priprema R50P1-OP3	horizontalna/kosa	6560
Osnovna priprema R60P1-OP4	horizontalna/kosa	9984
Osnovna priprema R70P1-OP10	horizontalna/kosa	42374
Ukupno		154292

#### 4.1.6. Jamski objekti

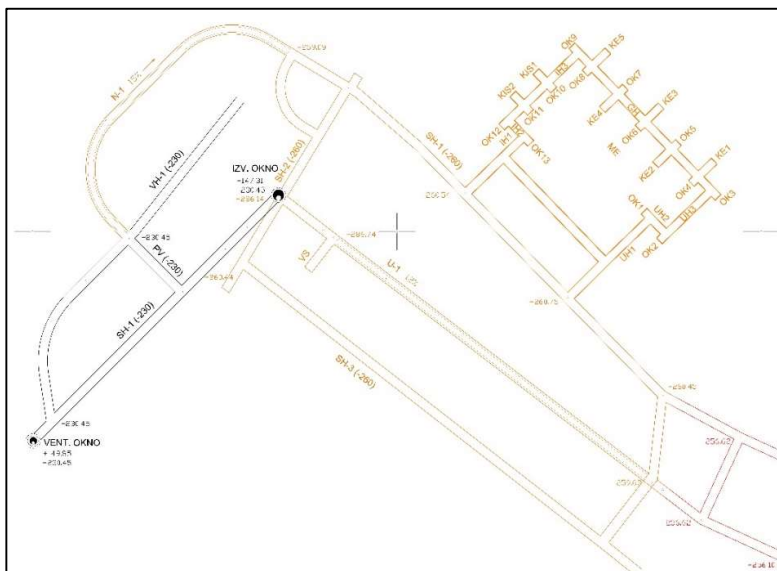
U tabeli 4.1.5. dat je pregled jamskih objekata sa njihovom namenom a na slici 4.1.7. i slici 4.1.8. njihova dispozicija.

**Tabela 4.1.5. Jamski objekti**

OZNAKA	NAMENA	NAZIV
GVS	Tehnološka	Glavni vodosabirnik
PER	Servisna	Perionica
TS	Servisna	Trafostanica
SG	Servisna	Skladište goriva
GPS	Tehnološka	Glavna pumpna stanica
SS	Servisna	Stanica za spasavanje
MZ	Servisna	Menza
KP	Servisna	Kupatilo
UIM	Servisna	Utovarno-istovarno mesto
MG	Servisna	Magacin
ER	Servisna	Elektro radionica
RD	Servisna	Radionica
MR	Servisna	Mašinska radionica
B	Tehnološka	Bunker za rudu (jalovinu)
ME	Servisna	Magacin eksploziva
SR	Tehnološka	Skladište rude (jalovine)
VS	Tehnološka	Vodosabirnik



Slika 4.1.7. Dispozicija jamskih objekata generalno na koti -230 m



Slika 4.1.8. Dispozicija jamskih objekata generalno na koti -260 m

#### 4.1.7. Dinamika otvaranja i osnovne pripreme ležišta

Dinamika otvaranja i osnovne pripreme usklađena je sa predviđenom dinamikom eksploatacije ležišta, koja se sastoji iz četiri faze i to su:

- prva faza u periodu od 2025. do 2030. godine,
- druga faza u periodu od 2031. do 2041. godine,
- treća faza u periodu od 2041. do 2051. godine,
- četvrta faza u periodu od 2051. do 2061. godine.

Predviđena dinamika eksploatacije podrazumeva da se otvaranje ležišta, odnosno osnovne priprema revira i otkopnih polja, koji su planirani za otkopavanje u prvoj fazi, mora završiti do 2025. god. Ostvarenje kontinuiteta proizvodnje podrazumeva dinamičku usklađenost pripremnih radova i otkopavanja. To podrazumeva da deo ležišta koji treba otkopati u narednom periodu mora biti pripremljen najkasnije u

trenutku kada se završava otkopavanje prethodnog dela ležišta. Usvojen je simultani pristup, pri čemu je vreme trajanja pripreme narednog dela ležišta jednako vremenu otkopavanja prethodnog dela ležišta. Ovakav pristup pruža fleksibilnost u planiranju aktivnosti na pripremanju ležišta i omogućava veliku vremensku rezervu za njihovu realizaciju.

## **4.2. Analiza geomehaničke stabilnosti rudarskih objekata**

### **4.2.1. Prikupljanje podataka**

Formirana je kompletna baza geotehničkih podataka, koja zadovoljava nivo predviđenih analiza i ulaznih podataka neophodnih za projektovanje tokom izrade Studije. Baza podataka je značajno napredovala po fazama istraživanja koje su obuhvatile programe prikupljanja podataka. Nakon svake faze istraživanja izvršena je detaljna revizija rezultata, a na osnovu čega su date preporuke za nastavak daljih istraživanja.

Baza podataka obuhvata geotehnička i strukturna kartiranja jezgra, geofizička kartiranja i rezultate geomehaničkih ispitivanja. Geotehnička kartiranja su obavljena u skladu sa Preporukama za geotehničko kartiranje u kompaniji Rio Tinto, 2007. godine (Rio Tinto Geotechnical Logging Guidelines, 2007). Od 2009. godine, sva jezgra iz istražnih bušotina su geotehnički kartirana na površini.

Od prvobitnog otkrića ležišta Jadar 2004. godine sproveden je opsežan program razvojnog istraživanja kojim je obuhvaćeno 518 istražnih bušotina sa 204.0 km jezgra. Od 2009. godine, kada se otpočelo sa geotehničkim kartiranjem jezgra, geotehnički je kartirano 484 istražnih bušotina (182.2 km jezgra) sa ciljem da se odrede uobičajene karakteristike kvaliteta stenske mase.

Sve raspoložive podatke o geotehničkim svojstvima su revidovali inženjeri RSE i konsultanti rudarske struke na početku izrade prethodne studije isplativosti 2019. godine. Zbirni pregled svih do sada izvedenih programa istražnih bušenja i prikupljanja podataka dat je u tabeli 4.2.1.

Naporedno sa geotehničkim istraživanjima sprovedena su hidrogeološka istraživanja koja je izvodio Institut za hidrogeologiju Univerziteta u Beogradu. Studija, čiji je ovo Izvod, zasnovana je na opsežnim istraživanjima vodopropustljivosti litoloških slojeva i strukturnih zona, a obuhvata i modeliranje protoka i pritisaka podzemnih voda u zavisnosti od položaja predviđenih rudarskih radova. Rezultati ovih istraživanja su korišćeni kao ulazni podaci za izradu geotehničkih modela.

### **4.2.2. Geomehanička ispitivanja i procene čvrstoće (2016-2020)**

Tokom izrade Studije izvodljivosti (čiji je ovo Izvod) sprovedeno je nekoliko faza geomehaničkih ispitivanja, što je na kraju omogućilo pouzdano određivanje geomehaničkih svojstava pojedinih stratigrafskih jedinica.

Izvršen je značajan obim ispitivanja na jezgrima, kako iz istražnih bušotina za potrebe istraživanja geoloških rezervi, tako i iz namenskih geotehničkih istražnih bušotina. Podaci o geomehničkim ispitivanjima sortirani su prema glavnoj litološkoj jedinici, tipu stene i mineralizaciji rude. U tabeli 4.2.2 je dat pregledni prikaz rezultata laboratorijskih ispitivanja za glavne litološke grupe.

Svi rezultati laboratorijskih ispitivanja su dodati u bazu geotehničkih podataka.

Na osnovu svih do sada prikupljenih podataka, terenskih i laboratorijskih istraživanja, kao i kabinetskih istraživanja, može se zaključiti da su sedimenti u basenu Jadrug uglavnom slabi, ali sa jasnim uočljivim trendom povećanja čvrstoće neporemećenog stenskog materijala sa povećanjem dubine.

Rezultati brojnih ispitivanja indeksa čvrstoće (Point Load Test) koja su izvedena tokom kartiranja jezgra, kao i rezultati laboratorijskih ispitivanja čvrstoće, ukazuju na vrlo promenljive vrednosti parametara čvrstoće unutar geodomena na većim dubinama, čak i u istim litološkim jedinicama. Promenljivost parametara čvrstoće posebno je izražena kod geodomena koji sadrže sedimentne breče koje se javljaju



kao slabo ili dobro cementirane. S druge strane, stvarna čvrstoća stenskog materijala jezerskih sitnozrnih sedimenata vrlo često zavisi od strukturno-teksturnih svojstava, učestalosti diskontinuiteta i izloženosti uticaju i blizini glavnih strukturnih obeležja (raseda).

**Tabela 4.2.1. Rezime programa istražnog bušenja i prikupljenih podataka ležišta Jadar**

Godina	Broj resursnih bušotina	Broj hidrogeoloških i geotehničkih bušotina	Program bušenja	Izbušene bušotine	Ukupno (m)	Dubina HG konstrukcija (m)	Bušenje velikim prečnikom (LDD) (m)
2004	4		Resursne istražne bušotine	JDR 1, 2, 3, 4	1,310.70		
2005	11		Resursne istražne bušotine	JDR 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	4,715.10		
2006	5		Resursne istražne bušotine	JDR 16, 17, 17A, 18, 19	2,641.00		
2007	14		Resursne istražne bušotine	JDR 20, 20A, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32	7,901.30		
2008	4		Resursne istražne bušotine	JDR 33A, 34, 35, 36	2,063.15		
2009	6		Resursne istražne bušotine	JDR 37, 38, 39, 40, 41, 42	3,107.20		
2010	13		Resursne istražne bušotine	JDR 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55	6,682.30		
2010		2	Hidrogeološke istražne bušotine	JDR 55-P1, JDR 53-P2		811.00	
2011	26		Resursne istražne bušotine	JDR 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81	13,589.60		
	13		Resursne i geostatističke bušotine	JDRGS004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011, 012, 103, 014, 015, 016	8,660.90		
		3	Hidrogeološke istražne bušotine	JDR 56-PW, 57-P2, 64-P2		823.00	
		37	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011, 012, 013, 14, 015, 016, 017, 018, 019, 020, 021, 022, 023, 024, 025, 026, 027, 028, 029, 030, 031, 032, 033, 034, 035, 036, 037, 038, 039, 040, 041	4,826.10		
		29	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRGT001-PZ, JDRGT003-PZ, JDRGT011-PZ, JDRGT013-PZ, JDRGT017-PZ, JDRGT017WE, JDRGT018-PZ, JDRGT020-PZ, JDRGT021-PZ, JDRGT022WE, JDRGT023-PZ, JDRGT024-PZ, JDRGT025WE, JDRGT026-PZ, JDRGT027WE, JDRGT028-PZ, JDRGT028-PZ_2, JDRGT029-PZ_1, JDRGT029-PZ_2, JDRGT030-PZ, JDRGT031WE, JDRGT033WE, JDRGT034-PZ, JDRGT035WE, JDRGT036WE, JDRGT037WE_1, JDRGT037WE_2, JDRGT038WE, JDRGT039WE		2,050.60	
				JDR 82A, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117	21,027.00		
2012	36		Resursne istražne bušotine				
		25	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT042, 043, 044, 045, 046, 047, 048, 049, 050, 051, 052, 053, 054, 055, 056, 057, 058, 059, 060, 061, 062, 063, 064, 065, 066	7,180.10		
		10	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRGT052-PZ_1, JDRGT052-PZ_2, JDRGT051-PZ, JDRGT054-PZ, JDRGT055-PZ, JDRGT053WE, JDRGT058-PZ, JDRGT057-PZ, JDRGT064-PZ, JDRGT066-PZ		259.90	
		1	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHG001	692.50		
		3	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHG001-PZ, JDRHG002PZ, JDRHG003		1,550.00	
		1	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHGAL1		13.00	
2013	11		Izrada bušotina velikog prečnika za tehnološka istraživanja rude	JDRLDD001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011			4,593.20
	2		Resursne istražne bušotine	JDR 119, 119	1,149.60		
	1		Izrada bušotina velikog prečnika za tehnološka istraživanja rude	JDRLDD012			283.00
2014	4		Resursne istražne bušotine	JDR 120, 121, 122, 123	2,234.90		
		2	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHG005, 008	1,022.50		
	7		Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHG004PZ, 005-PZ, 006PZ, 007PZ, 008-PZ, 009PZ, 010PZ		2,341.00	
	2		Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHGAL002, AL003		27.00	
2015	6		Resursne istražne bušotine	JDR 124, 125, 126, 127, 128, 129	3,955.60		
	12		Resursne istražne bušotine	JDRPG001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011, 012	7,896.40		
		6	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHG012, JDRHG015, JDRHG021, JDRHG024, JDRHG026, JDRHG030	3,364.20		
		14	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHG012-PZ, JDRHG013PZ, JDRHG014PZ, JDRHG015-PZ, JDRHG016PZ, JDRHG017PZ, JDRHG021-PZ, JDRHG022PZ, JDRHG023PZ, JDRHG024-PZ, JDRHG025PZ, JDRHG026-PZ, JDRHG029PZ, JDRHG030-TW		6,629.50	
		16	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHGAL07, JDRHGAL16, JDRHGAL19, JDRHGAL13, JDRHGAL05, JDRHGAL18, JDRHGAL14, JDRHGAL15, JDRHGAL08, JDRHGAL04, JDRHGAL06, JDRHGAL10, JDRHGAL09, JDRHGAL11, JDRHGAL17, JDRHGAL12		197.20	
		8	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRHG011, JDRHG019, JDRHG020, JDRHG028, JDRHG027, JDRHG018, JDRHG031, JDRHG032	4,766.50		
	6		Resursne istražne bušotine	JDR 130, 131, 132, 133, 134, 135	4,216.90		
	2		Resursne istražne bušotine	JDRPG013, 014	1,356.70		
2016	1		Resursne istražne bušotine	JDRPG015	663.50		
		18	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT067, 068, 069, 070, 071, 072, 073, 074, 075, 076, 077, 078, 079, 080, 081, 082, 083, 084	343.00		
		4	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRGT072-PZ, JDRGT073-PZ, JDRGT077-PZ, JDRGT083-PZ		78.90	
	11		Resursne istražne bušotine	JDRPG016A, 017A, 018, 019, 020, 021, 022, 023, 024, 025, 026	7,239.30		
2017		2	Geotehničke istražne bušotine	JDRVS01A, JDRVS02A	1,165.20		
	32		Resursne istražne bušotine	JDRPG027, 028, 029A, 030, 031, 032, 033, 034, 035, 036, 037, 038, 039, 040, 041, 042, 043, 044, 045, 046, 047, 048, 049, 050, 051, 052, 053, 054, 055, 056, 057, 058	20,395.50		
	6		Resursne istražne bušotine	JDR 136, 137, 138, 139, 140, 141	3,258.60		
		4	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT085, 086, 087, 088	2,799.80		
	1		Resursne istražne bušotine	JDR 142, JDR 143	2,522.90		
		4	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT089, 090, 091, 092	1,980.10		
2018	1		Izrada bušotina velikog prečnika za tehnološka istraživanja rude	JDRLDD013			623.20
	34	2	Resursne istražne bušotine	JDR 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168 (pz), 169 (pz), 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177	18,577.30	666.80	
		2	Geotehničke istražne bušotine	JDRPS01, JDRSS01	1,200.00		
2019/2020	22	1	Resursne istražne bušotine	JDR 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224	25,534.30	343.30	
		6	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT100, 101, 102, 103, 104, 105	3,003.10		
		29	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT093 (pz), JDRGT094 (pz), JDRGT095 (pz), JDRGT096 (pz), JDRGT097 (pz), JDRGT098 (pz), JDRGT099 (pz), JDRHG033, 034, 035, 036, 037, 038, 039, 040, 041, 042, 043, 044, 045, 046, 047, 048, 049, 050, 051, 052	734.60	485.50	
		6	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT093MR, JDRGT094MR, JDRGT095MR, JDRGT200MR, JDRGT201MR, JDRGT202MR	56.40		
		4	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114	166.40	33.40	
<b>Ukupno</b>	<b>284</b>	<b>248</b>			<b>204,000.25</b>	<b>16,310.10</b>	<b>5,499.40</b>



Geodomeni			ZONA OKANA										ZONA POČETKA RADOVA NA OTKOPAVANJU												
			Jednosaosćrstoća na pritisak $\sigma_c$ (MPa) - srednja vrednost		Elastična svojstva određena ispitivanjem jednoosne čvrstoće na pritisak		Elastična svojstva određena ispitivanjem u triakksijalnoj ćeliji		Čvrstoća na istezanje $\sigma_t$ (MPa) - srednja vrednost		Jednosaosćrstoća na pritisak sauznuta probna tela $\sigma_c$ (MPa) - srednja vrednost		Indeks postojanosti SD (%) - srednja vrednost		Indeks ćerchar abrazivnost CAI - srednja vrednost		Abrazivnost – opit Los Angeles 100 obrtaja (%)		Abrazivnost – opit Los Angeles 500 obrtaja (%)		Zapremniska težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		Zapremniska težina u suvom stanju $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )		
					Modul elastičnosti E (MPa) - srednja vrednost	Poisson-ov koeficijent srednja vrednost	Modul elastičnosti E (MPa) - srednja vrednost																		
Marinski sedimenti	840	3																							
	820	5	0.6	0.48		0.2		0.71						0					19	15.2					
	820L	1												0					21	18.5					
Prelazna z. Borati	800	10	22	0.5		2		1.21	16	63	0								23.1	19.6					
	750	9	3.5	0.33		3.9		0.9		83	0.03								22.5	20.6					
	650	9	1.2	0.14				1.78	5	0									21.5	19.7					
Sednja jadrarska zona	550	7	0.02					2.46	13	0									20.5						
	545	5				1.1			3										20.9						
	540	2	0.1					2.5						19	55										
	535	6	0.2					1.08	6		0.12	16	48						20.4						
	530	1	0.001					0.22	0.3		1.12								21.5						
	525	5	6.6	0.19		3			25		2.62	43	86						23.2	23.3					
	520	4	0.9					1.09	1										20.9						
	515	9							4										21.6						
	510	15						2.52			0								20.5						
	505	2	0.2	0.16				1.99	6										21	18.2					
	430	14	2.8	0.35		1.9		1.42	11	95									21.7	18					
	415	11	11.5	0.4		2.7		3.11	5	95	0.09								22.1	20					
	405	9	6.5	0.21		2.6		1.79	10			9	31						23.8	23					
	Donja jadrarska zona	380	11				1.4		226	4		0.12								22.6	20.5				
		370	13	1.2	0.29		2.4		0.64		71	0.09								23.3	21.1				
360		24						1.8	7										23						
350		8						2.27																	

**Tabela 4.2.3.** Vrednosti indeksa čvrstoće za pojedine domene (LJZ – donja jadaritska zona)

<i>Domen</i>	<i>Srednje vrednosti indeksa čvrstoće I<sub>S50</sub> (MPa)</i>	<i>Jednoosna čvrstoća na pritisak - UCS (MPa)</i>
LJZ ruda	1.23	21.5
300	1.35	23.6
400	1.21	21.2
500	1.03	18.0
520	0.76	13.3
570	1.01	17.7
700	0.82	14.4
800	0.85	14.9
900	0.39	6.8

# RioTinto

Ispitivanja direktnim smicanjem su izvedena na neporemećnim, otvorenim diskontinuitetima u pravcima uslojenja i isečenim probnim telima. U tabeli 4.2.4. dat je zbirni pregled rezultata ispitivanja koja se smatraju validnim. U Izveštaju, u vezi sa ovim ispitivanjem, se navodi da se ispitivanja direktnim smicanjem mogu smatrati osnovom za određivanje rezidualnih vrednosti čvrstoće na smicanje, dok se rezultati ispitivanja neporemećnih, otvorenih diskontinuiteta mogu koristiti kao vršne vrednosti čvrstoće na smicanje.

**Tabela 4.2.4.** Rezultati ispitivanja direktnog smicanja na uzorcima isečenih probnih tela (SRK, 2019)

Geodomen	Broj bušotine	Dubina	Litologija	Ugao unutrašnjeg trenja $\phi$ (°)	Kohezija $c$ (kPa)
900	JDRGT060	220.6	Peščar	25	0
820	JDRGT061	61.6	Peščar	17	0
750	JDRHG005	87.5	Glinac	37	0
430	JDRGT059	158.0	Peščar	21	0
430	JDRGT059	172.2	Peščar	20	0
415	JDRGT059	187.1	Peščar	13	0
405	JDRGT059	266.7	Sedimentna breča	19	0
405	JDRGT061	362.7	Međuslojne breče	21	0
380	JDRGT061	375.7	Peščar	23	0
370	JDR_85	573.7	Peščar	28	0
340	JDR_86	567.5	Sedimentna breča	34	0

Izvedeno je ukupno 27 ispitivanja direktnim smicanjem na neporemećnim uzorcima stenskog materijala. Svi uzorci su uzeti iz donje Jadaritske zone. Rezultati ispitivanja su prikazana u tabeli 4.2.5.

**Tabela 4.2.5.** Zbirni pregled rezultata ispitivanja direktnim smicanjem na neporemećenim diskontinuitetima u ravnima uslojenja

	Kohezija $c$ (kPa)	Ugao unutrašnjeg trenja $\phi$ (°)
Tipična čvrstoća	3000	29
Donja granica	900	30

Izvedeno je pet ispitivanja direktnim smicanjem na neporemećenim otvorenim diskontinuitetima. Karakteristične vrednosti ugla unutrašnjeg trenja i kohezije utvrđeni izostavljajući rezultate ispitivanja koji odstupaju prikazani su u tabeli 4.2.6.

**Tabela 4.2.6.** Karakteristične vrednosti parametara čvrstoće na smicanje za neporemećene otvorene diskontinuitete u ravnima uslojenja

Interval normalnog opterećenja $\sigma$ (kPa)	Kohezija $c$ (kPa)	Ugao unutrašnjeg trenja $\phi$ (°)
0 – 2000	0	35 (prilagođeno iz izračunatog 41°)
2000 – 5000	1750	23

Zbirni prikaz svih ulaznih podataka je detaljno prikazan u tabeli 4.2.7. Geodomen 300 je pregrupisan na osnovu razlika u karakteristikama čvrstoće koje su uočene tokom analize podataka.

**Tabela 4.2.7.** Zbirni prikaz čvrstoće stenskog materijala za ležište Jadar

<i>Geodomen</i>	<i>Jednoosna čvrstoća na pritisak (UCS) <math>\sigma_c</math> (MPa)</i>	<i>Materijalna konstanta <math>M_i</math></i>	<i>Modul elastičnosti <math>E</math> (GPa)</i>	<i>Poisson-ov koeficijent <math>\mu</math></i>
900				
800	10	8	5.2	0.28
700	11	11	4.4	0.27
600	19	10	4.4	0.22
525	7.5	10	4.6	0.20
500	17	6	3.7	0.23
400	15	6	6.4	0.24
300 gornji deo prosečna čvrstoća	19	15	5.7	0.24
300 donji deo prosečna čvrstoća	21	12	11.9	0.21
300 gornji deo veća čvrstoća	31	12	11.2	0.23
300 donji deo veća čvrstoća	53	13	17.2	0.3
315	11	6	2.6	0.23

### 4.2.3. Procena seizmičkog rizika

Seizmička svojstva terena u okolini ležišta Jadar su dobro izučena i procenom seizmičkog rizika ova zona se može označiti kao "umerena". Posebna pažnja je posvećena postojećim proučavanjima regionalnih seizmičkih svojstava neophodnih za utvrđivanje podataka potrebnih za definisanje projektnih rešenja u okviru ove Studije. Svi predloženi sistemi za podgrađivanje podzemnih prostorija zadovoljavaju kriterijum seizmičnosti za područje sa umerenim seizmičkim rizikom.

Specijalizovana mreža za praćenje seizmičkih aktivnosti, kojom upravlja Evropski mediteranski seizmološki centar (EMSC) u Francuskoj, trenutno vrši 24-časovno ažuriranje podataka o seizmičkim aktivnostima u mediteranskom regionu u stvarnom vremenu, uključujući Balkan i Srbiju. Na ovaj način je moguće uživo pratiti sve tektonske i netektonske aktivnosti koje se nalaze na veb stranici: <http://www.emsc-csem.org/index.php?page=data&sub=drm>.

Procena seizmičkog rizika koja se odnosi na područje ležišta Jadar, ukazuje na vrednost vršnih ubrzanja tla (g-jedinice) u interval od 0.24 do 0.4, sa verovatnoćom od 10% da će prevazići pedesetogodišnje očekivane vrednosti, što ukazuje na umerenu opasnost od pojave većih seizmičkih potresa. Povratni period za zemljotrese magnitude veće od 5.50 stepeni, koji je određen sa pouzdanošću od 95%, je veći od 100 godina, tabela 4.2.8. Postoje podaci o pojavama zemljotresa jačine između 4.00 i 5.50 stepeni, sa stvarnim povratnim periodima između 5 i 23 godina. Ne postoje dokazi da su zemljotresi ovih intenziteta izazvali veće štete podzemnim objektima i infrastrukturi.

**Tabela 4.2.8.** Povratni period (95% pouzdanosti) za zemljotrese jačine > 4.0 stepeni u regionu Balkana (izvor: Seizmološki institut Srbije)

<i>Povratni period (godine)</i>				
<i>Magnituda</i>	<i>Predviđena</i>	<i>Visoka</i>	<i>Niska</i>	<i>Posmatrana</i>
4.00 – 4.50	3.7	6.3	2.2	5.7
4.51 – 5.00	12.2	18.0	8.2	7.7
5.01 – 5.50	39.9	69.5	22.9	23.3
<b>5.51 – 6.00</b>	<b>130.7</b>	<b>310.7</b>	<b>55.0</b>	<b>0.0</b>

Analizom podataka za poslednjih 100 godina uočeno je da se najveći zemljotresi dešavaju samo jednom na istom mestu (Marović i dr., 2002), što znači da je verovatnoća postojanja takvog raseda kao izvora zemljotresa velikih magnituda minimalna.

#### 4.2.4. Definisanje naponskog stanja

Merenje in-situ naponskog stanja je uspešno završeno. Rezultati su bili u skladu sa očekivanjima zasnovanim na regionalnom stanju napona i u skladu sa zastupljenim sedimentima mlađe geološke starosti. Prosečni odnosi vertikalnih i horizontalnih napona (od višeležećih slojeva) iznose:

- maksimalni horizontalni napon / vertikalni napon – 1.22
- maksimalni horizontalni napon / minimalni horizontalni napon – 1.48.

Prosečna vrednost azimuta (magnetni) maksimalnog horizontalnog napona je 29.0°, što je jednako azimutu mreže od 34.4°. Veće vrednosti odnosa napona i čvrstoće osnovne stenske mase ukazuju na verovatnoću pojave plastičnog loma stenske mase, a što je uzeto u obzir pri određivanju sistema za podgrađivanje podzemnih prostorija.

#### 4.2.5. Strukturna svojstva

Program 3D seizmičkih istraživanja završen je 2015. godine, nakon čega je usledila obrada i interpretacija podataka, a što je za rezultat imalo razvoj strukturnog modela glavnih raseda sa pomeranjima većim od 20 m. Kao osnova za litološki model i model ležišta korišćen je strukturni model. Ponovna obrada i reinterpretacija podataka prikupljenih 3D seizmičkim istraživanjima je nastavljena i u 2018. godini. Unapređena je interpretacija do tada postojećih regionalnih strukturnih karakteristika. Ova interpretacija podataka je korišćena kao osnova za novi strukturni model, zajedno sa novoutvrđenim slojevima mineralizacije (geodomenima) unutar donje jadaritske zone (Lower Jadarite Zone – LJZ), koji imaju postojano rasprostriranje u ležištu i koji su se pokazali kao pouzdana indikacija tektonskih pomeranja.

Izvršena je i analiza podataka geotehničkog kartiranja strukturnih karakteristika u ravni uslojenja i van ravni uslojenja. Analizom su obuhvaćeni podaci o broju i tipu diskontinuiteta iz baze podataka geotehničkog kartiranja i izračunata je učestalost diskontinuiteta u ravni uslojenja i van ravni uslojenja. Zbirni pregled rezultata je dat u tabeli 4.2.9 gde su navedene srednje vrednosti učestalosti diskontinuiteta u ravni uslojenja, van ravni uslojenja, kao i kombinovanu učestalost diskontinuiteta koje su izračunate na osnovu podataka o broju diskontinuiteta. Završna kolona prikazuje vrednost medijane za učestalost diskontinuiteta koja je određena direktno iz evidentiranih rezultata kartiranja.

**Tabela 4.2.9.** Uporedni prikaz učestalosti diskontinuiteta na osnovu broja diskontinuiteta za pojedine vrste struktura u poređenju sa evidentiranim podacima o učestalosti diskontinuiteta

Zona	U ravni uslojenja	Van ravni uslojenja	U ravni uslojenja i van ravni uslojenja	Podaci Kartiranja
	Medijan	Medijan	Medijan	Medijan
1	4.80	0.30	4.89	4.86
2	4.00	0.17	4.18	4.17
3	4.26	0.00	4.21	4.23
4	4.38	0.00	4.38	4.17
5	3.48	0.00	3.50	3.80

#### 4.2.6. Zasip

Za potrebe istraživanja zasipa, za zapunjavanje otkopanog prostora u toku eksploatacije mineralne sirovine iz ležišta Jadara sprovedeno je više faza ispitivanja. U cilju uspešnog zasipavanja otkopavanog prostora ležišta Jadara potrebno je obezbediti tri ključne veličine, a to su: dostizanje čvrstoće na pritisak od 100 kPa što je

pre moguće, krajnja čvrstoća na pritisak do 1 MPa kako bi se omogućilo potkopavanje u određenim okolnostima i modul stišljivosti što je moguće veći.

Mešavina koja zadovoljava tri ključne veličine je mešavina sa internom oznakom 7.2 (Mix 7.2) (Tabela 4.2.13) koja se sastoji od 79% čvrstih supstanci (od čega svedeno na učešće čvrstih komponenti u mešavini bez veziva (cementa) je zastupljeno: 57% neopranog peska, 30% jalovine iz procesa obogaćivanja rude, 13% otpadnog materijala iz prerade) i 8% veziva. Veći sadržaj veziva (8%) je bio određen potrebom za poboljšanjem čvrstoće zasipa u ranoj fazi zasipanja. Međutim, moguće je, ukoliko prethodno prikazana mešavina nije isplativa, smanjiti sadržaj veziva na 7%, pri čemu će i dalje biti zadovoljene dve od tri navedene ključne veličine.

**Tabela 4.2.10.** Karakteristike mešavine 7.2 za zasipavanje otkopanog prostora

Mešavina	Vreme do postizanja čvrstoće od 100 kPa	Modul stišljivosti	Čvrstoća na pritisak nakon 28 dana
7.2	3 dana	>100 Mpa	>4000 kPa

#### 4.2.7. Geotehničko modeliranje i karakterizacija

Geotehničko modeliranje i karakterizacija ležišta Jadar je završena u tri osnovne faze: model klasifikacije stenskih masa, geotehnički blok model i numeričko modeliranje. Cilj je bio da se značajno poveća prostorno tumačenje raspoloživih geotehničkih podataka celog ležišta. To je podrazumevalo da se u razmatranje uzmu svi geotehnički domeni, geotehnički blok modeli koji obuhvataju glavne rasede i numeričko modeliranje kojim je obuhvaćena analiza veličine otkopa i uticaja celokupnog eksploatacionog polja.

Podaci prikazani u tabeli 4.2.11 predstavljaju zbirni pregled parametara stenske mase u ležištu Jadar. Sve vrednosti su ponderisane za dužinu intervala. Zbog promene metodologije kartiranja tokom perioda od septembra 2015. do januara 2019. godine, na vrednosti Q uticao je zadati postupak kartiranja 3 sistema diskontinuiteta. Q-vrednosti prikazane u tabeli 4.2.11 isključuju ovaj interval podataka, tako da ova promena nije uticala na preostale vrednosti i predstavljaju tipična odstupanja u ležištu.

**Tabela 4.2.11.** Zbirni pregled parametara karakterizacije stenske mase u ležištu Jadar

Geodomen	RQD				FF/m				GSI				Q				RMR			
	Pri kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Pri kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Pri kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Pri kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Pri kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost
900	0	0	24	17	0.0	0.0	0.0	0.8	16	16	16	16					27	32	37	33
800	85	95	99	87	0.3	1.6	3.1	2.4	55	63	69	60	3.26	6.67	12.83	8.27	40	43	47	44
700	68	84	95	78	1.7	3.3	5.5	4.1	54	61	67	60	3.95	6.27	12.04	8.88	37	42	47	42
600	74	87	95	82	1.6	3.0	4.9	3.8	56	61	66	60	3.55	6.43	12.30	8.47	40	45	47	43
525	63	81	92	74	2.8	4.6	7.6	6.0	57	64	71	63	0.87	1.75	3.69	3.09	35	40	46	40
500	59	76	90	72	2.0	3.8	6.4	4.9	47	57	63	54	0.78	1.88	5.45	3.96	35	40	45	40
400	67	82	93	77	2.2	3.7	5.8	4.6	53	62	67	59	0.92	1.25	2.49	1.95	37	42	47	41
390	68	85	95	79	2.0	3.5	6.1	4.9	55	63	67	61	0.77	1.19	2.49	1.69	37	42	47	41
380	65	80	90	75	2.2	4.1	6.5	4.8	51	58	64	56	0.70	1.20	2.32	1.54	37	42	47	42
370	63	78	88	73	2.4	4.5	7.0	5.2	48	57	63	54	0.73	1.12	2.12	1.49	37	40	45	41
360	73	85	94	81	2.3	3.8	5.5	4.3	55	63	67	61	0.92	1.27	3.16	2.09	40	42	47	43
350	71	84	93	79	2.7	4.0	6.0	4.9	56	64	70	62	1.01	2.26	4.13	2.59	39	44	49	43
345	73	85	95	81	1.9	3.2	5.0	4.0	57	63	67	61	1.05	2.14	3.20	2.28	39	44	49	43
340	81	91	98	86	1.2	2.6	4.3	3.4	58	66	71	64	0.63	1.89	4.32	2.27	40	45	50	44
330	72	85	94	80	2.0	3.7	5.9	4.5	54	62	67	59	1.12	2.23	3.23	2.34	39	44	47	43
320	77	88	95	83	1.9	3.2	4.8	3.8	55	61	66	59	1.05	1.59	2.50	1.95	39	44	47	44
315	72	85	94	80	1.9	3.4	5.5	4.3	53	61	67	59	0.81	1.50	3.05	2.24	37	42	47	42
100	35	73	90	63	2.5	4.3	9.3	7.5	56	63	71	62	1.13	1.19	1.65	2.08	33	42	49	38

Definisano je pet geotehničkih zona. Zona 1 nalazi se u zoni početnih radova na području otkopavanja. Zona 2 je, takođe, na zapadnom delu ležišta i obuhvata zonu početnih radova na otkopavanju u prvih 5 godina

razvoja rudnika. Zona 3 i zona 4 nalaze se u osnovi eksploatacije. Ove zone su odvojene zbog rotacije struktura slojevitosti što je naročito očigledno u zoni 3, kao i zbog veće čvrstoće stenskih masa. Zona 5 obuhvata sve preostale podatke u okviru donje jadaritske zone (LJZ), ali isključuje podatke iz prethodno navedene 4 zone. Do trenutka kada se otpočne sa eksploatacijom, u mnogim od ovih zona biće dostupni dodatni podaci, kako projekat bude napredovao kroz naredne faze proučavanja i započinjanja razvoja podzemnih radova. Zbirni pregled rezultata analize za svaku geotehničku zonu je prikazan u tabelama od 4.2.12 do 4.2.16.

**Tabela 4.2.12.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 1

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF <sub>m</sub>	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	77	3.2	55	40	0.9
Medijana	89	4.9	62	45	1.5
Treći kvartil	96	7.0	67	49	2.9
Srednja vrednost	83	5.4	60	44	2.1
Standardna devijacija (n-1)	19	3.3	11	6	1.6

**Tabela 4.2.13.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 2

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF <sub>m</sub>	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	82	2.9	57	42	1.0
Medijana	92	4.2	63	47	1.6
Treći kvartil	97	6.3	67	49	2.5
Srednja vrednost	87	4.8	61	45	2.0
Standardna devijacija (n-1)	16	2.8	10	5	1.5

**Tabela 4.2.14.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 3

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF <sub>m</sub>	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	64	2.6	49	37	0.4
Medijana	82	4.2	57	42	0.7
Treći kvartil	93	6.5	64	49	2.2
Srednja vrednost	76	4.9	55	43	1.2
Standardna devijacija (n-1)	21	3.6	12	7	1.0

**Tabela 4.2.15.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 4

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF <sub>m</sub>	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	68	2.3	50	39	0.5
Medijana	84	4.2	59	44	1.2
Treći kvartil	93	6.8	65	49	2.0
Srednja vrednost	78	4.9	56	44	1.3
Standardna devijacija (n-1)	21	3.5	12	6	0.9

**Tabela 4.2.16.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj zoni 5

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF <sub>m</sub>	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	75	2.3	53	39	0.8
Medijana	88	3.7	60	45	1.4
Treći kvartil	95	5.6	66	49	2.5
Srednja vrednost	82	4.3	59	44	2.1
Standardna devijacija (n-1)	19	3.0	11	6	1.8

Opšti zaključak sprovedene analize podataka i podele stenske mase u geotehničke zone je da se stenska masa ležišta Jadar može smatrati kao stenska masa dobrog kvaliteta. U većini slučajeva vrednosti dobijene za prvi kvartil (75% pouzdanosti) ukazuju na dobar kvalitet stenske mase sa manjim prisustvom diskontinuiteta. Vrednosti Q predstavljaju izuzetak jer je njima obuhvaćen i uticaj in-situ naponskog stanja, tako da ove vrednosti ukazuju da stanje stenskih masa koje se može okarakterisati kao loše i zbog toga je potrebno koristiti jače sisteme za podgrađivanje.

Geotehnički blok model je formiran sa namerom da se obezbede potrebne informacije o položaju zona stenskih masa sa lošijim svojstvima, zonama sa svojstvima iznad proseka i da se na osnovu toga odrede količine otkopanog stenskog materijala u pojedinim kategorijama stenske mase.

Najveći nivo podgrađivanja podzemnih prostorija je neophodno primeniti u slučajevima kada se radovi na otkopavanju nalaze na rastojanju od 15 m u odnosu na poznate rasedne zone ili u slučaju kada je blok modelom utvrđeno da se radovi nalaze u zoni stenske mase koje imaju procenjenju Q vrednost manju od 25 % od svih analiziranih Q vrednosti.

Uobičajeni sistemi za podgrađivanje prostorija je potrebno primenjivati u zonama stenskih masa koje imaju procenjenju Q vrednost u intervalu od 25 do 75% od svih analiziranih Q vrednosti. Najmanje Q vrednosti treba da se primene za određivanje sistema za podgrađivanje u slučaju kada podzemna prostorija preseca više stenskih blokova.

#### 4.2.7.1 Numeričko modeliranje

Numeričko modeliranje ležišta Jadar je značajno olakšano i ubrzano ako se na umu ima činjenica da je detaljna analiza podataka o čvrstoći stenskog masiva završena u aprilu 2019. godine.

Ulazni podaci za model veličine otkopa i model uticaja celokupnog eksploatacionog polja na sleganja terena iznad otkopa su prikazani u tabelama 4.2.17. - 4.2.20.

**Tabela 4.2.17.** Pregled vrednosti svojstava neporemećene stenske mase

Domen	Zapreminska masa (kg/m <sup>3</sup> )	Čvrstoća na pritisak stenske mase $\sigma_{ci}$ (MPa)	Materijalna konstanta $m_i$	Modul elastičnosti $E_i$ (GPa)	Poisson-ov koeficijent $\mu_i$	Stepen oštećenja stenske mase $D$
LJZ-P50-AMEC	2350	35	15.0	5.0	0.30	0.0
LJZ-P20-AMEC	2350	35	15.0	5.0	0.30	0.0
LJZ-P50-UPDATED	2350	21	13.2	5.0	0.30	0.0
LJZ-P20-UPDATED	2350	21	13.2	3.4	0.30	0.0
300-P50-AMEC	2350	25	15.0	3.4	0.30	0.0
300-P20-AMEC	2350	25	15.0	3.4	0.30	0.0

**Tabela 4.2.18.** Pregled vrednosti parametara Hoek-Brown-ovog kriterijuma za stenske mase

Domen	GSI	Materijalna konstanta $m_b$	Materijalna konstanta $s$	Materijalna konstanta $a$	Čvrstoća na pritisak $\sigma_c$ (MPa)	Čvrstoća na pritisak stenske mase $\sigma_{cm}$ (MPa)	Čvrstoća na zatezanje stenske mase $\sigma_{tm}$ (MPa)	Dilatacioni ugao $\psi$ (°)	Ugao unutrašnjeg trenja $\varphi$ (°)
LJZ-P50-AMEC	58	3.3	0.0094	0.50	3.3	8.8	-0.10	10.0	43.0
LJZ-P20-AMEC	52	2.7	0.0048	0.50	2.4	7.7	-0.06	10.0	43.0
LJZ-P50-UPDATED	58	2.9	0.0094	0.50	2.0	5.0	-0.07	10.0	43.0
LJZ-P20-UPDATED	52	2.4	0.0048	0.50	1.4	4.4	-0.04	10.0	43.0
300-P50-AMEC	57	3.2	0.0084	0.50	2.3	6.1	-0.07	10.0	43.0
300-P20-AMEC	52	2.7	0.0048	0.50	1.7	5.5	-0.04	10.0	43.0

**Tabela 4.2.19.** Pregled vrednosti parametara Hoek-Brown-ovog kriterijuma za stenske mase u modelu za ocenu uticaja celokupnog eksploatacionog polja na sleganja terena iznad otkopa

Domen	Zapreminska masa ( $\text{kg/m}^3$ )	Modul elastičnosti $E_i$ (GPa)	Poisson-ov koeficijent $\mu_i$	GSI	Čvrstoća na pritisak stenske mase $\sigma_{cm}$ (MPa)	Materijalna konstanta $m_i$	Dilatacioni ugao $\psi$ (°)
900	2039	1.1	0.3	60	7	7	0
800	2345	1.8	0.3	55	15	7	0
700	2345	1.8	0.3	56	14	7	0
570	2396	2.4	0.3	57	18	10	0
520	2396	1.5	0.3	54	13	15	0
500	2396	2.1	0.3	54	18	10	0
400	2396	2.7	0.3	56	21	10	0
LJZ	2350	2.4	0.3	58	21	13.2	0
300	2396	3.4	0.3	57	21	13.2	0
Podina	2752	7.8	0.3	60	50	15	0

**Tabela 4.2.20.** Orijentacija i intezitet polja napona

Komponenta napona	Intezitet	Orijentacija	
		Pad (°)	Azimet (°)
$\sigma_1$	2350	2.4	0.3
$\sigma_2$	2396	3.4	0.3
$\sigma_3$	2752	7.8	0.3

Hoek-Brown-ov kriterijum loma, koristi GSI za određivanje čvrstoće stenske mase (Hoek, 2018) i u slučaju stenskih masa ležišta Jadar ovaj kriterijum potcenjuje njihovu čvrstoću. Na osnovu svog iskustva konsultanti firme ITASCA su predložili da se Hoek-Brown-ov kriterijum primeni samo za procenu čvrstoće stenskih masa. Na osnovu analiza sprovedenih na osnovu procenjenih vrednosti čvrstoće zaključeno je sledeće:

- primena GSI nije odgovarajuća za anizotropne stenske mase ležišta Jadar,

- primenom Mohr-Coulomb-ovog kriterijuma, koji se obično koristi u rudnicima uglja, dobijaju se veće vrednosti čvrstoće stenske mase reda veličine  $0.56 \cdot \sigma_c$  (Zipf, NIOSH).

Imajući u vidu da je čvrstoća stenske mase zavisna od dimenzija otkopa odlučeno je da se primene veće vrednosti čvrstoće stenske mase u neposrednom okruženju prostorije u odnosu na vrednosti čvrstoće koje se primenjuju kod analize stubova. Primena navedenih korigovanih vrednosti čvrstoće stenskih masa predstavlja kompromisno rešenje u slučajevima na granici primenljivosti i neprimenljivosti GSI. Odlučeno je da se u modelima primeni zona stenskog materijala sa većom čvrstoćom u radijusu od 8 m oko prostorije koja ima malu širinu i predstavlja prelaz ka ostatku stenske mase.

Nakon određivanja čvrstoće stenske mase izvršen je izbor odgovarajućih dimenzija otkopnih polja i stubova. U okviru navedene dokumentacije analizirano je više rasporeda otkopnih polja i stubova između kojih su razmatrani i dimenzije otkopnih polja 100 x 100 m i 300 x 300 m.

Zaključeno je da analizirane dimenzije otkopnih polja nisu moguće zbog velikih deformacija koje se javljaju na dubinama na kojim će se vršiti eksploatacija a što je posledica vrednosti svojstava stenskih masa koje su korišćene pri analizama. Na osnovu rezultata analize modela određene su dimenzije otkopnih polja i stubova, tabela 4.2.21, i predstavljale su osnovu za projektovanje eksploatacije ležišta. Navedene dimenzije stubova su korišćene prilikom pripreme modela veličine otkopa. Polja u tabeli 4.2.21 koja su obeležena narandžastom bojom su određena ekstrapolacijom jer su izvan granica koja su obuhvaćena analiziranim modelom.

**Tabela 4.2.21.** Dimenzije stubova i otkopa za odgovarajuće dubine otkopavanja i debljine ležišta

Metoda	Horizontalno otkopavanje sa zapunjavanjem			Podetažno otkopavanje sa zapunjavanjem			Etažno otkopavanje sa zapunjavanjem			Kombinovano otkopavanje sa zapunjavanjem			Otkopavanje sa dve podetaže i zapunjavanjem		
Moćnost	3 – 8 m			8 – 22 m			22 – 32 m			32 – 44 m			>44 m		
Dubina	Odnos širine stuba i prosečne debljine otkopa	Širina stuba	Rastojanje između stubova	Odnos širine stuba i prosečne debljine otkopa	Širina stuba	Rastojanje između stubova	Odnos širine stuba i prosečne debljine otkopa	Širina stuba	Rastojanje između stubova	Odnos širine stuba i prosečne debljine otkopa	Širina stuba	Rastojanje između stubova	Odnos širine stuba i prosečne debljine otkopa	Širina stuba	Rastojanje između stubova
<450	2.1	17	17	1.9	35	30	1.6	40	40	1	47.5	45	1.2	55	50
450 – 550	2.2	18	18	2.2	37.5	35	2	50	40	1.3	57.5	45	1.4	65	50
550 – 605	2.3	19	19	2.5	40	40	2.5	60	40	1.5	70	45	1.8	80	50
605 – 750	2.4	20	20	2.9	47.5	45	2.9	70	45	2	90	50	2.6	115	60

Detaljna istraživanja u cilju utvrđivanja najpovoljnijeg rasporeda otkopnih polja su izvršena nakon što su utvrđeni rezultati analize čvrstoće stubova. Glavni zaključci sprovedenih istraživanja su:

- Stalno povlačenje otkopnih prostorija je moguće ostvariti ukoliko se uskladi napredovanje pojedinih otkopnih prostorija unutar otkopnog polja i time postigne maksimalno iskorišćenje ležišta;
- Modul stišljivosti zasipa značajno utiče na čvrstoću stubova, a što konačno utiče na deformaciju čela otkopa;
- Pravilnom orijentacijom čela otkopnih prostorija u odnosu na pravce glavnih napona značajno povećava stabilnost prostorija.

Modeliranjem uticaja čvrstoće stenskih masa na rastojanje između podzemnih prostorija je utvrđeno da je celokupni otkop osetljiv na veličinu stubova. Shodno prethodnom, moguće je formirati otkopno polje (panel) visine 24 m (rastojanje od poda donjeg pristupnog hodnika do stropa gornjeg pristupnog hodnika) sa stubovima dimenzije 14 m na celokupnom otkopu.

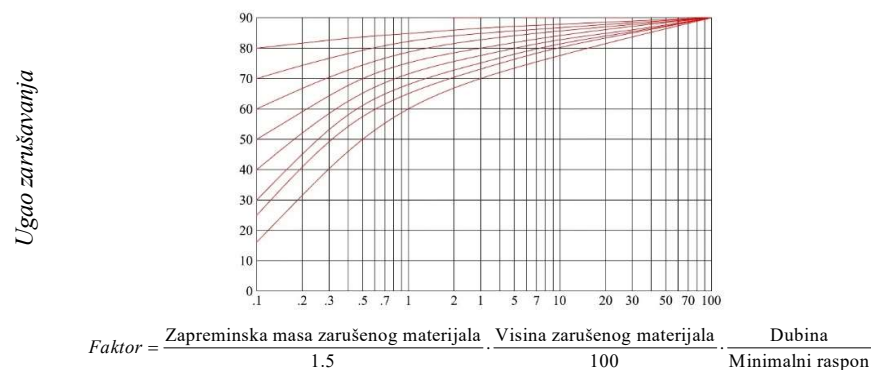
#### 4.2.8. Granice potencijalnog sleganja

Određivanje zone uticaja eksploatacije na površinu terena moguće je izvršiti na osnovu velikog broj teorija i metoda koje se bave ovom problematikom. Za potrebe Studije primenjena je Laubšerova (Laubscher) empirijska metoda proračuna zona uticaja eksploatacije na površinu terena. Primena navedene metode se vrši na osnovu sledećih ulaznih parametra: RMR vrednosti za karakteristične geološke formacije (miocenski sedimenti, konglomerati, laporci, andeziti), Zapreminske mase geoloških formacija (miocenski sedimenti, konglomerati, laporci, andeziti) i Dimenzije ležišta. Određivanje uglova sleganja primenom Laubšerove empirijske metode proračuna se vrši pomoću dijagrama koji je prikazan na slici 4.2.1. Primenom navedenog dijagrama se određuje zona uticaja na infrastrukturne objekte - granica sleganja (slika 4.2.1.).

##### 4.2.8.1 RMR vrednosti za karakteristične geodome

RMR vrednosti za karakteristične geodome su preuzete iz raspoložive literature: *Jadar Prefeasibility Study Report*, Chapter 14 – Geotechnical, April 2020, Rio Tinto Group i prikazane su u tabeli 4.2.26.

Prilikom analize usvojeno je da širina otkopanog prostora u pravcu severoistok-jugozapad iznosi 2300 m, a u pravcu severozapad-jugoistok 2400 m. Za proračun širine zone sleganja korišćen je karakteristični pojednostavljen profil u zoni eksploatacije koji je prikazan na slici 4.2.2. Na osnovu navedenih ulaznih parametara izračunate su zone uticaja eksploatacije na površinu terena i horizontalna rastojanja od granice ležišta do granica zona. Uglovi su određeni posebno za svaki geološki geodomen, a generalni uglovi i širina sleganja prikazani su u tabeli 4.2.23.



Slika 4.2.1. Laubšerov dijagram za određivanje zone uticaja na infrastrukturne objekte



Slika 4.2.2. Litološki stub i geološki domeni ležišta Jadara

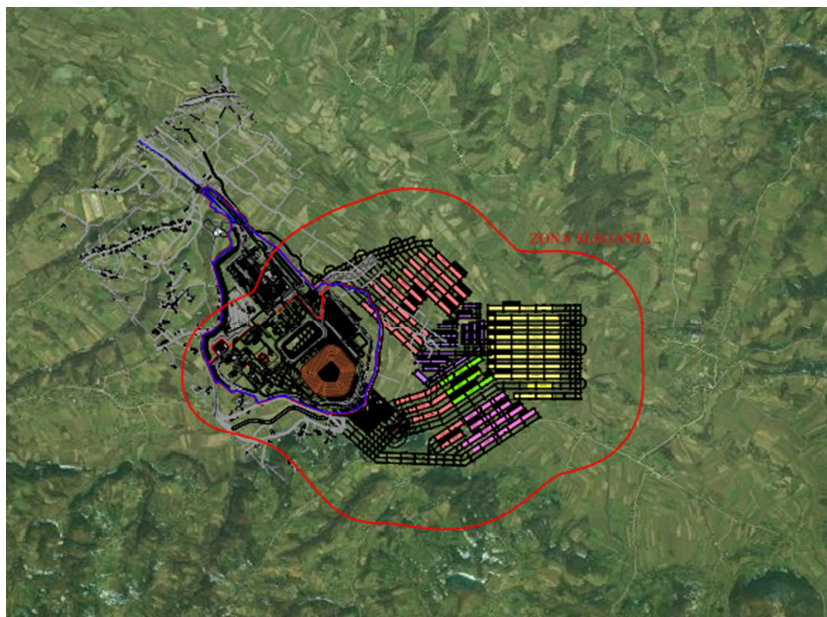
**Tabela 4.2.22. Računske vrednosti RMR**

Geodomen	Zapreminska masa $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	Usvojene RMR vrednost
900	1.90	32
800	2.31	43
700	2.15	42
600	2.05	45
525	2.16	40
500	2.21	40
400	2.33	42
390	2.30	42
380	2.30	42
370	2.31	40
360	2.32	42
350	2.25	44
345	2.27	44
340	2.40	45
330	2.31	44
320	2.31	44
315	2.31	42
100	2.31	42

**Tabela 4.2.23. Karakteristični uglovi i rastojanja**

Geološki profil	Ugao zone sleganja (°)	Širina zone sleganja (m)
Severoistok-jugozapad	57	525
Severozapad-jugoistok	56	531

Na osnovu izračunatih uglova i rastojanja, prikazanih u tabeli 4.2.3, konstruisane su linije koje predstavljaju granice zone zarušavanja i zone uticaja na površini terena. Na slici 4.2.3 granice zone sleganja i uticaja ucrtane su na topografsku kartu terena, kako bi bili vidljivi svi objekti na površini terena koji se nalaze unutar ili u blizini ove zone.

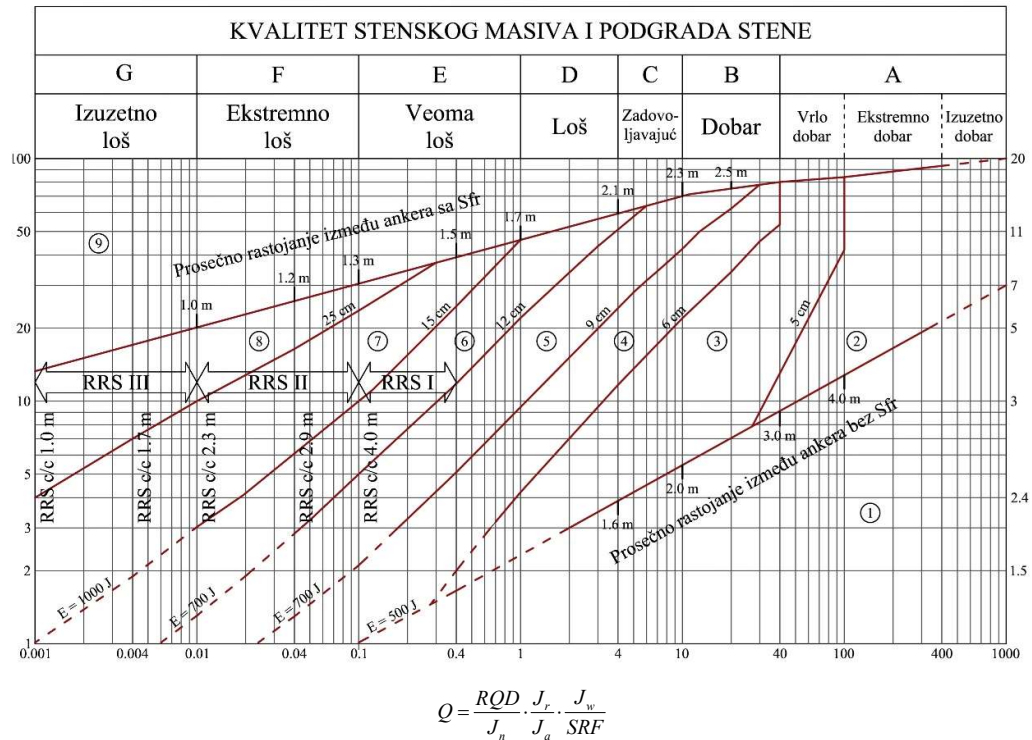


**Slika 4.2.3. Položaj zone sleganja (crvena linija) usled rudarskih radova na površini terena**

#### 4.2.9. Izbor podgrade za horizontalne jamske prostorije

Izbor sistema za podgrađivanje jamskih prostorija je izvršen na osnovu geomehaničkih svojstava karakterističnih geotehničkih zona. Izbor sistema za podgrađivanje je izvršena primenom Q sistema (Indeks kvaliteta stenskog masiva). Primena navedene metode se vrši na osnovu sledećih ulaznih parametra: Vrednosti indeksa kvaliteta stenskog masiva  $Q$  za karakteristične geotehničke zone u donjoj jadaritskoj zoni gde će se vršiti eksploatacija korisne mineralne sirovine, Dimenzija (širine i visine) jamske prostorija i Koeficijenta podgrađivanja prostorije ( $ESR$ ).

Izbor potrebnog sistema za podgrađivanje jamskih prostorija se vrši na osnovu dijagrama prikazanog na slici 4.2.4.



**Slika 4.2.4.** Q sistem za izbor sistema za podgrađivanje

Vrednosti  $Q$  za pojedine geotehničke zone su određene na osnovu raspoloživih podataka za RQD prikazanih u tabelama 4.2.24 do 4.2.28.

**Tabela 4.2.24.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 1

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF_m	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	77	3.2	55	40	0.9
Medijana	89	4.9	62	45	1.5
Treći kvartil	96	7.0	67	49	2.9
Srednja vrednost	83	5.4	60	44	2.1
Standardna devijacija (n-1)	19	3.3	11	6	1.6

**Tabela 4.2.25.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 2

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF_m	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	82	2.9	57	42	1.0
Medijana	92	4.2	63	47	1.6
Treći kvartil	97	6.3	67	49	2.5
Srednja vrednost	87	4.8	61	45	2.0
Standardna devijacija (n-1)	16	2.8	10	5	1.5

**Tabela 4.2.26.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 3

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF_m	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	64	2.6	49	37	0.4
Medijana	82	4.2	57	42	0.7
Treći kvartil	93	6.5	64	49	2.2
Srednja vrednost	76	4.9	55	43	1.2
Standardna devijacija (n-1)	21	3.6	12	7	1.0

**Tabela 4.2.27.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 4

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF_m	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	68	2.3	50	39	0.5
Medijana	84	4.2	59	44	1.2
Treći kvartil	93	6.8	65	49	2.0
Srednja vrednost	78	4.9	56	44	1.3
Standardna devijacija (n-1)	21	3.5	12	6	0.9

**Tabela 4.2.28.** Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u zoni 5

Statistički pokazatelj	Pokazatelji klasifikacije				
	RQD	FF_m	GSI	RMR	Q
Prvi kvartil	75	2.3	53	39	0.8
Medijana	88	3.7	60	45	1.4
Treći kvartil	95	5.6	66	49	2.5
Srednja vrednost	82	4.3	59	44	2.1
Standardna devijacija (n-1)	19	3.0	11	6	1.8

Indeks kvaliteta stenskog masiva Q je određen za 10, 25 i 50 % vrednosti pokazatelja kvaliteta stenskog masiva (RQD) za svaku geotehničku zonu. Vrednosti RQD za pojedine geotehničke zone su prikazane u tabeli 4.2.29.

**Tabela 4.2.29.** Vrednosti pokazatelja kvaliteta stenskog masiva (RQD)

Geotehnička zona	Pokazatelj kvaliteta stenskog masiva RQD		
	10%	25%	50%
1. zona	58	70	83
2. zona	66	76	87
3. zona	48	61	76
4. zona	58	70	83
5. zona	57	69	82

Računske vrednosti indeksa kvaliteta stenskog masiva Q karakterističnih geotehničkih zona su prikazane u tabeli 4.2.30.

**Tabela 4.2.30.** Računske vrednosti indeksa kvaliteta stenskog masiva Q karakterističnih geotehničkih zona

Geotehnička zona	SRF	Vrednost Q		
		10%	15%	50%
1. zona	10	0.4833	0.5833	0.6917
	15	0.3222	0.3889	0.4611
2. zona	10	0.5500	0.6333	0.7250
	15	0.3667	0.4222	0.4833
3. zona	10	0.4000	0.5083	0.6333
	15	0.2667	0.3389	0.4222
4. zona	10	0.4833	0.5833	0.6917
	15	0.3222	0.3889	0.4611
5. zona	10	0.4750	0.5750	0.6833
	15	0.3167	0.3833	0.4556

Dimenzija pojedinih tipova prostorija koje će se izrađivati u toku otvaranja, razrade i eksploatacije ležišta su prikazane u tabeli 4.2.31

**Tabela 4.2.31.** Dimenzija pojedinih tipova prostorija

Tip prostorije	Dimenzije prostorije	
	Širina (m)	Visina (m)
Tip 5	5	5
Tip 6	8	8
Tip 7	10	8
Tip 8	8	5
Tip 9	6	8
Tip 10	12	8
Tip 11	4.5	4.5

Koeficijent podgrađivanja prostorije (ESR) predstavlja kvantifikaciju zahtevane sigurnosti određene prostorije u zavisnosti od njene namene. Vrednost koeficijenta podgrađivanja prostorije (ESR) se određuje iz table 4.2.32.

**Tabela 4.2.32.** Vrednosti koeficijenta podgrađivanja ESR

Kat.	Vrsta podzemne prostorije	Vrednost ESR
A	Privremene rudarske prostorije	3 – 5
B	Vertikalna okna*: i) kružnog poprečnog preseka	2.5
	ii) pravougaonog/kvadratnog preseka	2.0
C	Trajne rudarske prostorije, tuneli za dovod vode za hidroelektrane (izuzev rezervoara pod visokim pritiskom), tuneli za snabdevanje vodom, pilot tuneli, hodnici i čela za velike prostorije	1.6
D	Sporedni transportni hodnici, pristupni hodnici, kanalizacioni tuneli itd.	1.3
E	Komore za elektrane, komore za skladištenje, fabrike za preradu vode, glavni transportni hodnici, atomska skloništa, portal, raskrsnice	1.0
F	Podzemne nuklearne elektrane, železničke stanice, sportski objekti, objekti javne namene, fabrike itd.	0.8
G	Vrlo značajne komore i podzemne prostorije sa dugim vekom trajanja, ≈100 godine ili bez mogućnosti za njihovim održavanjem	0.5

\*zavisí od namene. Može da ima manje vrednosti od predloženih

Na osnovu tabele 4.2.32 i namene pojedinih tipova prostorije u tabeli 4.2.33 su date vrednosti koeficijenta podgrađivanja prostorije (*ESR*), a zatim i ekvivalentne dimenzije prostorije *D<sub>e</sub>*.

**Tabela 4.2.33. Dimenzija pojedinih tipova prostorija**

Tip prostorije	Dimenzije prostorije		Vrednost <i>ESR</i>	Ekvivalentna dimenzija Prostorije	
	Širina (m)	Visina (m)		Širina <i>D<sub>e</sub></i> (m)	Visina <i>D<sub>e</sub></i> (m)
Tip 5	5	5	1.6	3.125	3.125
Tip 6	8	8	1.6	5	5
Tip 7	10	8	1.6	6.25	5
Tip 8	8	5	1.6	5	3.125
Tip 9	6	8	1.6	3.75	5
Tip 10	12	8	1.6	7.5	5
Tip 11	4.5	4.5	1.6	2.8125	2.8125

U tabelama 4.2.34 i 4.2.35 prikazane su kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorije u karakterističnim geotehničkim zonama.

**Tabela 4.2.34. Kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorija u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu *Q* sistema (*SRF* = 15)**

Tip prostorije	Dimenzije prostorije		Vrednost <i>ESR</i>	Kategorije sistema za podgrađivanje prostorija				
	Širina (m)	Visina (m)		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Tip 5	5	5	1.6	4	4	4	4	4
Tip 6	8	8	1.6	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5
Tip 7	10	8	1.6	5	5	5	5	5
Tip 8	8	5	1.6	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5
Tip 9	6	8	1.6	4	4	4	4	4
Tip 10	12	8	1.6	5	5	5	5	5
Tip 11	4.5	4.5	1.6	4	4	4	4	4

**Tabela 4.2.35. Kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorija u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu *Q* sistema (*SRF* = 10)**

Tip prostorije	Dimenzije prostorije		Vrednost <i>ESR</i>	Kategorije sistema za podgrađivanje prostorija				
	Širina (m)	Visina (m)		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Tip 5	5	5	1.6	3 – 4	3 – 4	4	3 – 4	3 – 4
Tip 6	8	8	1.6	4	4	4	4	4
Tip 7	10	8	1.6	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5	4 – 5
Tip 8	8	5	1.6	4	4	4	4	4
Tip 9	6	8	1.6	4	4	4	4	4
Tip 10	12	8	1.6	4 – 5	4 – 5	5	5	4 – 5
Tip 11	4.5	4.5	1.6	3 – 4	3 – 4	3 – 4	3 – 4	3 – 4

Predložene kategorije sistema za podgrađivanje prostorija podrazumevaju sledeće:

**Kategorija 3 i 4** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.4 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.5 do 1.7 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-500), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 60 – 90 mm;

- Kategorija 4** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.4 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.5 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-500), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 60 - 90 mm;
- Kategorija 4 i 5** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.5 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.5 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-700), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 90 - 120 mm;
- Kategorija 5** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.8 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.5 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-700), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 90 - 120 mm;

#### 4.2.10. Izbor podgrade za vertikalne jamske prostorije

U toku otvaranja, razrade i eksploatacije u jami će biti izrađena i četiri tipa vertikalnih jamskih prostorija za otvaranje, ventilaciju, skladištenje i transport rude i za potrebe evakuacije. Prečnici ovih prostorija se kreću od 3.0 do 10.0 m. U toku izrade ovog teksta na raspolaganju je bio karakterističan profil u zoni glavnog izvoznog okna i ventilacionog okna, a za slepa ventilaciona okna i bunkere za rudu na raspolaganju su bili podaci za karakteristične geotehničke zone u donjoj jadaritskoj zoni. Shodno navedenom, kao ulazni podaci za procenu stabilnosti vertikalnih jamskih prostorija korišćene su raspoložive vrednosti geomehaničkih podataka za definisane geodomene i karakteristične geotehničke zone.

Stabilnost vertikalnih jamskih prostorija je analizirana pomoću indeksa kvaliteta stenskog masiva  $Q_r$  vertikalnih jamskih prostorija koji su preporučili MekKaraken i Stejsi (McCracken & Stacey). Koeficijent stabilnosti za vertikalne jamske prostorije ( $RSR$ ) iznosi  $RSR = 1.3$  i isti je preporučen od strane autora primenjene metode za ocenu stabilnosti.

Dimenzija pojedinih tipova prostorija koje će se izrađivati u toku otvaranja, razrade i eksploatacije ležišta su prikazane u tabeli 4.2.36.

**Tabela 4.2.36.** Dimenzija pojedinih tipova vertikalnih prostorija

Tip prostorije	Prečnik vertikalne prostorije $D$ (m)
Tip 1	8.5
Tip 2	6.5
Tip 3	3.0
Tip 4	10.0

Ulazni parametri za određivanje maksimalnog prečnika stabilne vertikalne jamske prostorije (glavno izvozno okno – tip 1 i glavno ventilaciono okno – tip 2) su dati u tabeli 4.2.37.

**Tabela 4.2.37.** Ulazni parametri za određivanje maksimalnog prečnika stabilne vertikalne jamske prostorije (glavno izvozno okno – tip 1 i glavno ventilaciono okno – tip 2)

Geodomen	Vrednost $Q$	Korekcionni faktor za stanje zidova prostorije	Korekcionni faktor za orijentaciju prostorije	Korekcionni faktor za sklonost ka raspadanju	Vrednost $Q_R$
800	6.67	2.5	0.85	0.75	10.63
700	6.27	2.5	0.85	0.75	9.99
600	6.43	2.5	0.85	0.75	10.25
525	1.75	2.5	0.85	0.75	2.79
500	1.88	2.5	0.85	0.75	3.00
400	1.25	2.5	0.85	0.75	1.99
390	1.19	2.5	0.85	0.75	1.90
380	1.20	2.5	0.85	0.75	1.91
370	1.12	2.5	0.85	0.75	1.79
360	1.27	2.5	0.85	0.75	2.02
350	2.26	2.5	0.85	0.75	3.60
345	2.14	2.5	0.85	0.75	3.41
340	1.89	2.5	0.85	0.75	3.01
330	2.23	2.5	0.85	0.75	3.55
320	1.59	2.5	0.85	0.75	2.53
315	1.50	2.5	0.85	0.75	2.39
100	1.19	2.5	0.85	0.75	1.90

Ulazni parametri za određivanje maksimalnog prečnika stabilne vertikalne jamske prostorije (slepa ventilaciona okna – tip 3 i cilindar bunkera – tip 4) su dati u tabeli 4.2.38.

**Tabela 4.2.38.** Ulazni parametri za određivanje maksimalnog prečnika stabilne vertikalne jamske prostorije (slepo ventilaciono okno – tip 3 i cilindar bunkera – tip 4)

Geotehnička zona	Vrednost $Q$	Korekcionni faktor za stanje zidova prostorije	Korekcionni faktor za orijentaciju prostorije	Korekcionni faktor za sklonost ka raspadanju	Vrednost $Q_R$
1. zona	0.4611	2.5	0.85	0.75	0.73
2. zona	0.4833	2.5	0.85	0.75	0.77
3. zona	0.4222	2.5	0.85	0.75	0.67
4. zona	0.4611	2.5	0.85	0.75	0.73
5. zona	0.4556	2.5	0.85	0.75	0.73

Maksimalni prečnik stabilne nepodgrađene vertikalne jamske prostorije glavnog izvoznog okna– tip 1 i glavnog ventilacionog okna – tip 2 su prikazani u tabeli 4.2.39, a za vertikalne jamske prostorije slepih okana i cilindra bunkera u tabeli 4.2.40.

**Tabela 4.2.39.** Maksimalni prečnik stabilne vertikalne jamske prostorije za glavno izvozno okno – tip 1 i glavno ventilaciono okno – tip 2

Geodomen	Vrednost $Q_r$	Koeficijent stabilnosti za vertikalne jamske prostorije $RSR$	Maksimalni prečnik stabilne vertikalne jamske prostorije $D_{max}(m)$
800	10.63	1.3	6.69
700	9.99	1.3	6.53
600	10.25	1.3	6.60
525	2.79	1.3	3.92
500	3.00	1.3	4.03
400	1.99	1.3	3.43
390	1.90	1.3	3.36
380	1.91	1.3	3.37

370	1.79	1.3	3.28
360	2.02	1.3	3.45
350	3.60	1.3	4.34
345	3.41	1.3	4.25
340	3.01	1.3	4.04
330	3.55	1.3	4.32
320	2.53	1.3	3.77
315	2.39	1.3	3.68
100	1.90	1.3	3.36

**Tabela 4.2.40.** Maksimalni prečnik stabilne vertikalne jamske prostorije za slepo ventilaciono okno – tip 3 i cilindar bunkera – tip 4

Geotehnička zona	Vrednost $Q_r$	Koeficijent stabilnosti za vertikalne jamske prostorije RSR	Maksimalni prečnik stabilne vertikalne jamske prostorije $D_{max}(m)$
1. zona	0.73	1.3	2.30
2. zona	0.77	1.3	2.34
3. zona	0.67	1.3	2.22
4. zona	0.73	1.3	2.30
5. zona	0.73	1.3	2.29

Uvidom u vrednosti maksimalnog prečnika vertikalnih prostorija  $D_{max}$  za glavno izvozno okno – tip 1 ( $D = 8.5$  m) može se zaključiti da je neophodno vršiti podgrađivanje ove prostorije celom dužinom. Glavno ventilaciono okno – tip 2 ( $D = 6.5$  m) je potrebno podgrađivati gotovo celom dužinom.

U tabeli 4.2.41. prikazane su kategorije sistema za podgrađivanje prostorija glavnog izvoznog okna – tip 1 i glavnog ventilacionog okna – tip 2 u geodomenima, a u tabeli 4.2.42. prikazane su kategorije sistema za podgrađivanje prostorija slepog ventilacionog okna – tip 3 i cilindra bunkera – tip 4 u karakterističnim geotehničkim zonama.

**Tabela 4.2.41.** Kategorije sistema za podgrađivanje glavnog izvoznog okna – tip 1 ( $D = 8.5$  m) i glavnog ventilacionog okna – tip 2 ( $D = 6.5$  m) u karakterističnim geodomenima na osnovu  $Q$  sistema (SRF = 15)

Geodomen	Vrednost $Q_r$	Vrednost RSR	Ekvivalentni prečnik prostorije $D_e$ (m)		Kategorije sistema za podgrađivanje prostorija	
			Tip 1 ( $D = 8.5$ m)	Tip 2 ( $D = 6.5$ m)	Tip 1 ( $D = 8.5$ m)	Tip 2 ( $D = 6.5$ m)
800	10.63	1.3	6.54	5.00	3	1
700	9.99	1.3	6.54	5.00	3	1
600	10.25	1.3	6.54	5.00	3	1
525	2.79	1.3	6.54	5.00	3	3
500	3.00	1.3	6.54	5.00	3	3
400	1.99	1.3	6.54	5.00	3	3
390	1.90	1.3	6.54	5.00	3	3
380	1.91	1.3	6.54	5.00	3	3
370	1.79	1.3	6.54	5.00	4	3
360	2.02	1.3	6.54	5.00	3	3
350	3.60	1.3	6.54	5.00	3	3
345	3.41	1.3	6.54	5.00	3	3
340	3.01	1.3	6.54	5.00	3	3
330	3.55	1.3	6.54	5.00	3	3
320	2.53	1.3	6.54	5.00	3	3
315	2.39	1.3	6.54	5.00	3	3
100	1.90	1.3	6.54	5.00	3 (4)	3

**Tabela 4.2.42.** Kategorije sistema za podgrađivanje prostorija slepog ventilacionog okna – tip 3 i cilindra bunkera – tip 4 u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu Q sistema (SRF = 15)

Tip prostorije	Vrednost $Q_r$	Vrednost RSR	Ekvivalentni prečnik prostorije $D_e$ (m)	Kategorije sistema za podgrađivanje prostorija
Tip 3 (D = 3.0 m)	0.4222 - 0.4833	1.3	2.31	5 (4)
Tip 4 (D = 10.0 m)	0.4222 - 0.4833	1.3	7.69	3

Predložene kategorije sistema za podgrađivanje glavnog izvoznog okna – tip 1 (D = 8.5 m) podrazumevaju sledeće:

**Kategorija 3** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.8 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.7 do 2.3 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-500), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 50 – 60 mm;

**Kategorija 4** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.8 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.7 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-500), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 60 mm;

Predložene kategorije sistema za podgrađivanje glavnog ventilacionog okna – tip 2 (D = 6.5 m) podrazumevaju sledeće:

**Kategorija 1** bez podgrađivanja ili sporadično podgrađivanje ankerima;

**Kategorija 3** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.5 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.7 do 2.3 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-500), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 50 – 60 mm;

Predložena kategorija sistema za podgrađivanje slepog ventilacionog okna – tip 3 podrazumeva sledeće:

**Kategorija 3** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 1.5 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.5 – 1.7 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-500), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 50 - 60 mm;

Predložene kategorije sistema za podgrađivanje cilindra bunkera – tip 4 podrazumevaju sledeće:

**Kategorija 4** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.8 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.5 – 1.7 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-700), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 60 - 90 mm;

**Kategorija 5** sistematsko podgrađivanje ankerima od rebrastog čelika dužine 2.8 m koji se ugrađuju sa epoksidnom smolom i podložnim pločama kvadratnog oblika dimenzija 150 mm; ankeri se ugrađuju u kvadratnom rasporedu na rastojanju od 1.5 m sa čeličnom armaturnom mrežom (E-700), a preko mreže se ugrađuje prskani beton sa čeličnim vlaknima debljine 90 - 120 mm;



Analizom stabilnosti horizontalnih i vertikalnih jamskih prostorija definisani su sistemi podgrađivanja shodno geološkim sredinama (geotehničke zone i geodomeni) u kojima će se ove prostorije izvoditi. Prilikom izrade prostorija potrebno je posebno obratiti pažnju na sledeće uslove koji vladaju u stenskom masivu:

- Uslovi izrade i podgrađivanja jamskih prostorija zavise od pravca napredovanja prostorija naročito kada je ovaj pravac upravan na pravac delovanja glavnih napona, a što može dovesti do povećanog opterećenja podgrade i pojavu mestimičnih zarušavanja.
- Mogu se očekivati veće deformacije u stropu od deformacija koje se javljaju u bokovima prostorija, a što je očekivano za sedimentna ležišta
- Predviđenom dinamikom izrade otkopnih prostorija i ugradnje podgrade deformacije ovih prostorija će biti u granicama očekivanih, a ukoliko se podgradni sistemi ne ugrade po predviđenoj dinamici mogu se javiti veće deformacije u konturi prostorije.
- Poštovanjem predviđene dinamike izrade otkopnih prostorija neće doći do pojava većih deformacija i zarušavanja navedenih prostorija.
- U zonama gde su svojstva stenskog masiva manja od prosečnih vrednosti može doći do smanjenja brzine napredovanja otkopa zbog izrade podgradnih sistema sa prskanim betonom sa dodacima.

## 4.2.11. Stabilnost otkopa

### 4.2.11.1 Kinematska analiza stabilnosti otkopa

Kinematska analiza sprovedena je za otkope sa različitim orijentacijama pravca napredovanja čime je obuhvaćeno prvih 10 godina eksploatacije. Analiza je sprovedena pomoću probabilističke analize na 20000 proračuna po orijentaciji pravca napredovanja.

Osnovni zaključak sprovedene analize je da postoji visoka verovatnoća od pojave klinastog zarušavanja (20% verovatnoće pojave nestabilnosti) u bokovima otkopnih prostorija. Na osnovu sprovedene analize određen je najpovoljniji pravac napredovanja otkopa kojim se verovatnoća od pojave klinastog zarušavanja smanjuje na oko 10%. U zoni u kojoj će se otpočeti sa radovima na eksploataciji, najpovoljniji pravac napredovanja otkopa je prema jugoistoku. U delovima rudnog tela gde su otkopne prostorije orijentisane sa 57°, verovatnoća od pojave klinastog zarušavanja je veća u zapadnom boku u poređenju sa istočnim bokom prostorije. Rezultati analize pojave klinastog zarušavanja u značajnoj meri zavise od vrednosti kohezije koja se koristi pri proračunima. Navedena verovatnoća pojave klinastog zarušavanja je određena pretpostavkom da su pukotine sa zevom (otvorene), sa ograničenom zatalasnošću i velikom postojanošću..

### 4.2.11.2 Empirijska analiza stabilnosti otkopa

Empirijskom analizom raspona otkopne prostorije zaključeno je da procenjeni nivo linearnog prekoračenja zarušavanja (Estimated Linear Overbreak Slough – ELOS) pri izradi otkopne prostorije iznosi do 1 m, za otkopnu prostoriju raspona 20 m, i 2 m ELOS za otkopnu prostoriju raspona 60m. Ovo praktično znači da će raspon svoda otkopne prostorije efikasno iznositi 9 m, odnosno 10 m. Prethodno navedene procene su određene za medijanske vrednosti karakteristika stenskog masiva. U zonama gde svojstva stenskog masiva odgovaraju svojstvima sa pouzdanošću od 90 % analiziranih svojstava stenskog masiva, ne preporučuju se rasponi otkopnih prostorija veći od 20 m.

Stabilnost svoda otkopnih prostorija će se obezbediti primenom podgradnog sistema koji obuhvata i užetna sidra. Svi prikazani rasponi svoda otkopnih prostorija su analizirani i projektovani sa primenom podgradnog sistema sa užetnim sidrima. Analizama je utvrđeno da, iako se svod otkopne prostorije podgrađen sa užetnim sidrima, na veličinu raspona svoda će uticati i položaj nosećeg stuba između dva susedna otkopna polja.

#### 4.2.11.3 Parametri otkopnih prostorija

Najvažniji parametri otkopnih prostorija koji su korišćeni za projektovanje eksploatacije ležišta Jadar navedeni su u tabeli 4.2.43.

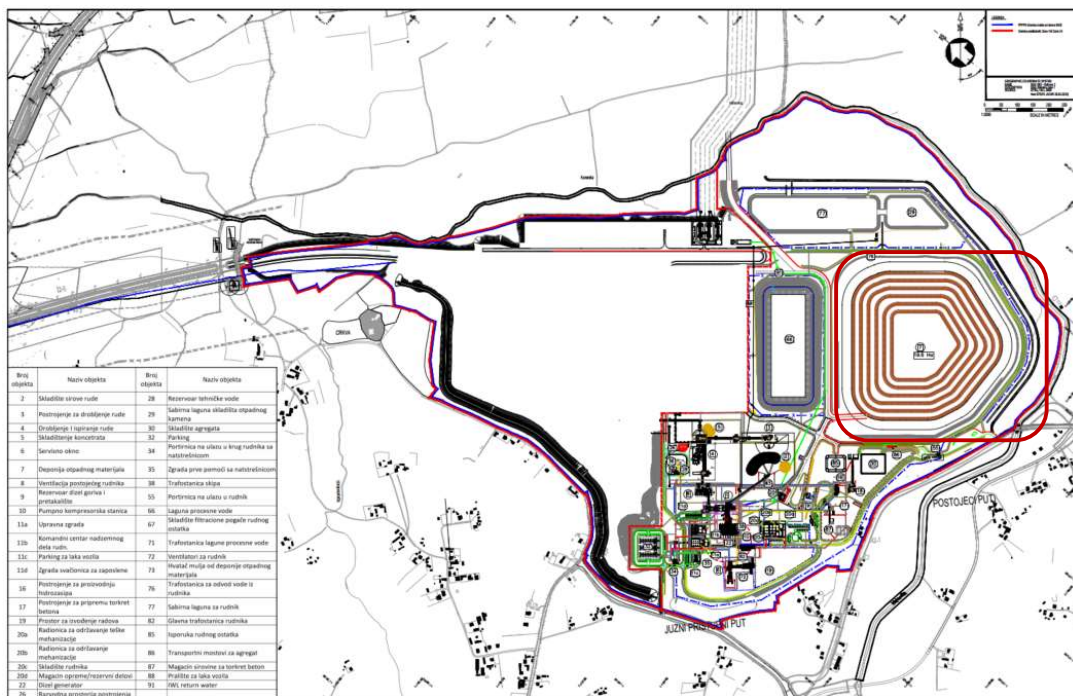
**Tabela 4.2.43.** Najbitniji parametri otkopnih prostorija

Parametar	Položaj/poja	Procena
Razblaženje u otkopnim prostorijama	Bok otkopne prostorije	Procenjeni nivo linearnog prekoračenja zarušavanja ( ) pri izradi otkopne prostorije iznosi do 1 m u bokovima
Razblaženje u otkopnim prostorijama	Zasip	Lučna zona sa dubinom od 0.5 m (8m <sup>3</sup> /m' za otkonu prostoriju visine 24m)
Razblaženje u otkopnim prostorijama	Pojave klinastog zarušavanja (bokovi)	<10% Verovatnoće pojave zarušavanja
Razblaženje u otkopnim prostorijama	Pojave klinastog zarušavanja (strop)	<5% Verovatnoće pojave zarušavanja

#### 4.2.12. Geomehanički uslovi za formiranje odlagališta jalovinskog materijala

Odlagalište jalovinskog materijala je locirano neposredno pored transportnih puteva i glavnih rudarskih infrastrukturnih objekata, slika 4.2.5. Površina koja je zahvaćena odlagalištem u osnovi iznosi 19.6 ha.

Geomehanički uslovi formiranja odlagališta jalovinskog materijala analizirani su na osnovu proračuna granične i dozvoljene nosivosti terena i proračuna stabilnosti kosina odlagališta. Maksimalna visina odloženog materijala je određena na osnovu proračuna granične i dozvoljene nosivosti podloge odlagališta i poređenjem sa maksimalnim opterećenjem od odloženog jalovinskog materijala.



**Slika 4.2.5.** Položaj odlagališta jalovinskog materijala

Definisane vrednosti faktora sigurnosti za završne kosine odlagališta su u intervalu od  $F_s = 1.3$  do  $F_s = 1.50$ . Prilikom definisanja maksimalnog nagiba završne kosine odlagališta kriterijum je bio da faktor sigurnosti iznosi  $F_s \geq 1.30$  bez uticaja seizmičnosti, a da sa uticajem seizmičnosti iznosi  $F_s \geq 1.15$ , a što odgovara uslovu stabilnosti sistema radne kosine odlagališta.

Definisane vrednosti faktora sigurnosti za kosine radnih etaža odlagališta su u intervalu od  $F_s = 1.05$  do  $F_s = 1.10$ . Za definisanje maksimalnog nagiba kosine radne etaže na odlagalištu kriterijum je bio da faktor sigurnosti iznosi  $F_s \geq 1.10$ . Prilikom analize stabilnosti završne kosine odlagališta jalovinskog materijala uticaj vode je uzet preko nivoa podzemne vode u telu odlagališta. Usvojeno je da je nivo podzemne vode na 1.0 m iznad osnove na kojoj se formira odlagalište.

Uvidom u seizmološku kartu Srbije za povratni period od 100 godina, na području odlagališta jalovinskog materijala može se očekivati maksimalni intezitet seizmičkih aktivnosti do VII stepena Merkalijeve skale. Shodno prethodnom, seizmički koeficijent u vertikalnom i horizontalnom pravcu za maksimalne očekivane seizmičke aktivnosti od VII stepena Merkalijeve skale iznosi  $k_s = 0.03$

Analizom raspoložive dokumentacije zaključeno je da deo terena na kome će biti formirano odlagalište izgrađuju, u geološkom smislu, sledeći litološki članovi: površinski-humusni sloj (debljine oko 1.0 m), gornji sloj gline (debljine oko 7.0 m), peskovito-šljunkoviti materijal (debljine oko 3.0 m), donji sloj gline (debljine oko 6.0 m) i marinski sedimenti (debljine veće od 15.0 m). Prilikom formiranja odlagališta predviđeno je uklanjanje površinskog-humusnog sloja. Računski podaci za navedene litološke članove i odloženu jalovinu su izabrani na osnovu raspoloživih podataka i iskustva projektanta, a prikazani su u tabeli 4.2.44.

**Tabela 4.2.44.** Zbirni pregled računskih vrednosti parametara za analizu stabilnosti kosina odlagališta

Litološki član	Debljina $d$ (m)	Zapreminska težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezija $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	Ugao unutrašnjeg trenja $\varphi$ (°)
Površinski-humusni sloj	1.0	-	-	-
Gornji sloj gline	7.0	19.0	15.0	20.0
Peskovito-šljunkoviti materijal	3.0	20.0	0.0	30.0
Donji sloj gline	6.0	19.0	15.0	20.0
Marinski sedimenti	>15	20.0	20.0	25.0
Odloženi materijal	-	20.0	0.0	30.0

Proračun dozvoljene nosivosti je izvršen primenom metode Brinch-Hansen-a. Ova metoda je proširena Terzaghi-eva metoda uvođenjem faktora oblika temelja  $s$ , dubine temelja  $d$  i zakošenosti opterećenja  $i$ . Za proračun dozvoljenog opterećenja tla usvaja se faktor sigurnosti  $F = 2,0 - 3,0$ , u zavisnosti od stepena istraženosti tla, pouzdanosti karakteristika tla, stanja njegove konsistencije i dubine fundiranja. Međutim, mogu se usvojiti i parcijalni faktori sigurnosti za elemente unutrašnjeg otpora tla  $c$  i  $\varphi$ .

Podlogu odloženog materijala čini gornji sloj gline, pa su za proračune dozvoljene nosivosti korišćeni računski parametri ovog litološkog člana, tabela 4.2.48. Za proračun su korišćeni podaci da je širina bloka odložene mase  $B = 100$  m i dužina  $L = 200$  m. Na osnovu rezultata dobijenih proračunom nosivosti podloge odlagališta određena je maksimalna visina odlagališta.

Na osnovu rezultata proračuna nosivosti podloge odlagališta i maksimalne visine odlagališta se može zaključiti da predviđena maksimalna visina odlagališta od  $H = 60$  m i visina etaža na odlagalištu od  $h = 10.0$  m zadovoljava kriterijum nosivosti podloge odlagališta.

#### 4.2.12.1 Analiza stabilnosti kosina

Analiza stabilnosti kosina odlagališta jalovinskog materijala je izvršena za radne etaže i završnu kosinu. Modeli za analizu stabilnosti kosine radnih etaža se sastoje iz odloženog materijala, dok model završne kosine izgrađuju sledeći litološki članovi: odloženi materijal, gornji sloj gline, peskovito-šljunkoviti materijal, donji sloj gline i marinski sedimenti.

Maksimalni nagib završne kosine odlagališta je određen za faktor sigurnosti koji iznosi  $F_s \geq 1.30$  bez uticaja seizmičnosti, a da sa uticajem seizmičnosti iznosi  $F_s \geq 1.15$ , a što odgovara uslovu stabilnosti sistema radne

kosine odlagališta. Maksimalni ugao nagiba kosine radne etaže na odlagalištu je određen za faktor sigurnosti koji iznosi  $F_s \geq 1.10$ .

Analiza stabilnosti kosina odlagališta jalovinskog materijala je vršena primenom metode Morgenstern-Price-a (GLE)..

Odlagalište jalovinskog materijala je predviđeno da se formira etažama visine od  $h = 10.0$  m. Prema idejnom rešenju formiraće se ukupno 6 etaža sa odgovarajućim bermama. Ugao nagiba kosine radne etaže ne sme biti veći od ugla prirodnog držanja odloženog materijala, a što u ovom slučaju podrazumeva da  $\alpha_r \leq 30^\circ$ . Prilikom formiranja svake etaže odloženi materijal će se planirati pomoću buldozera u više prolaza, pri čemu će se vršiti stalno zbijanje odloženog materijala. Na prethodno prikazani način će se formirati stabilne kosine i sprečiti se erozija čela kosine. Analizom stabilnosti su obuhvaćene visine radne etaže od  $h = 5.0, 10.0$  i  $15.0$  m i uglovi nagiba kosine  $\alpha_r = 20, 25, 30, 35, 40, 45$  i  $50^\circ$ . Na osnovu rezultata ispitivanja, ugao nagiba kosine radnih etaža koji zadovoljava kriterijum stabilnosti radnih etaža na odlagalištu ( $F_s \geq 1.10$ ) iznosi  $\alpha_r = 28^\circ$ .

Analiza stabilnosti završne kosine odlagališta jalovinskog materijala je izvršena za visinu kosine  $H = 60.0$  m. Analizom stabilnosti su obuhvaćeni uglovi nagiba završne kosine  $\alpha_z = 10, 15, 20, 25$  i  $30^\circ$ . Detaljnom analizom su obuhvaćene vrednosti kohezije odloženog materijala  $c = 0.0, 3.0$  i  $5.0$  kN/m<sup>2</sup>. Na osnovu rezultata ispitivanja, ugao nagiba završne kosine za tek odloženi jalovinski materijal ( $c = 0$  kN/m<sup>2</sup>) koji zadovoljava kriterijum stabilnosti završne kosine na odlagalištu ( $F_s \geq 1.30$ ) iznosi  $\alpha_z = 23^\circ$ .

Na osnovu prikazanih rezultata analize stabilnosti kosina radnih etaža i završne kosine, definisano idejno rešenje završne kosine odlagališta jalovinskog materijala ima sledeću geometriju:

- radne etaže: visina  $h = 10.0$  m i ugao nagiba kosine  $\alpha_r = 28^\circ$
- završna kosina: visina  $H = 60.0$  m i ugao nagiba kosine  $\alpha_z = 23^\circ$ .

Prema rezultatima analize stabilnosti kosine za projektovano stanje završne kosine odlagališta jalovinskog materijala, ista zadovoljava kriterijum stabilnosti za završne kosine bez uticaja seizmičnosti,  $F_s \geq 1.30$ , odnosno kriterijum stabilnosti za završne kosine sa uticajem seizmičnosti  $F_s \geq 1.15$ .

Računski podaci za zastupljene litološke članove i odloženu jalovinu koji su korišćeni za analize stabilnosti kosina odlagališta su izabrani na osnovu raspoloživih podataka i iskustva projektanta. Navedene podatke je neophodno potvrditi detaljnim istraživanjem dela terena na kojem će biti formirano odlagalište jalovinskog materijala.

Pre otpočinjanja odlaganja jalovinskog materijala potrebno je ukloniti površinski-humusni sloj i izraditi sistem drenažnih rovova. Prilikom odlaganja jalovinskog materijala preporučuje se da se na osnovu na koju se odlaže, a preko drenažnih rovova, postave komadi većih dimenzija kako bi se omogućila drenaža celokupnog odloženog materijala. Ukoliko postoji mogućnost vršiti selektivno odlaganje partija jalovinskog materijala nepovoljnijih mehaničkih svojstava u centralnoj zoni, a partije jalovinskog materijala povoljnijim mehaničkih svojstava u graničnim zonama. Na prethodno prikazani način će se obezbediti dugotrajna stabilnost završnih kosina odlagališta.

Naporedno sa formiranjem najniže etaže odlagališta je potrebno izraditi i obodne kanale u zoni nožice kosine. Navedenim kanalima će se sprečiti prodor površinske vode u telo odlagališta. Vodu prihvaćenu obodnim kanalima je neophodno odvesti u odgovarajuće vodosabirnike i odatle dalje van zone uticaja na odlagalište i ostale objekte.

### 4.3. Planiranje dinamike eksploatacije

Na osnovu eksploatacionih rezervi i godišnjeg kapaciteta eksploatacije, a imajući u vidu da će puni kapacitet eksploatacije biti dostignut u šestoj godini rada rudnika, kao i da će se u poslednjim godinama eksploatacije proizvodnja smanjivati zbog ograničenja u dimenzijama ležišta, dinamika otkopavanja po godinama data je u tabeli 4.3.1.



Tabela 4.3.1. Dinamika proizvodnje

	Ukupna proizvodnja	Ruda	Ruda (marginalno)	Jalovina	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O	CO <sub>3</sub> (izračunato)	Razblaženo B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Razblaženo Li <sub>2</sub> O	Razblaženo CO <sub>3</sub> (izračunato)	Razblaženo B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Li <sub>2</sub> O
	(t)	(t)	(t)	(t)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	odnos
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Σ	73.599.156	64.077.236	2.094.910	7.305.594	13	2	16	12	2	16	7
2022	143.038	-	-	29.733	-	-	-	-	-	-	-
2023	333.900	-	-	325.790	-	-	-	-	-	-	-
2024	25.826	-	-	25.826	-	-	-	-	-	-	-
2025	945.617	382.686	155.931	407.000	11,80	1,54	16,71	11,66	1,52	16,68	7,67
2026	1.022.371	522.879	64.733	434.760	13,08	1,69	15,02	12,77	1,65	14,97	7,72
2027	1.653.156	1.135.131	119.019	399.005	13,67	1,72	15,20	13,31	1,68	15,15	7,94
2028	1.955.381	1.465.249	172.297	317.836	13,50	1,71	15,00	13,15	1,66	14,97	7,91
2029	2.156.456	1.584.142	142.408	429.906	12,88	1,72	14,88	12,56	1,68	14,83	7,48
2030	2.295.413	1.571.563	95.517	628.333	12,73	1,72	15,08	12,40	1,67	15,00	7,41
2031	2.169.203	1.571.997	76.784	520.422	12,96	1,73	14,97	12,64	1,68	14,90	7,51
2032	1.970.380	1.570.864	111.768	287.748	13,36	1,78	14,61	13,01	1,73	14,54	7,51
2033	1.784.249	1.560.757	66.641	156.851	13,15	1,79	14,68	12,82	1,75	14,57	7,34
2034	2.193.419	1.568.408	103.759	521.252	13,05	1,82	15,31	12,72	1,77	15,22	7,18
2035	2.053.818	1.567.264	107.537	379.016	13,04	1,81	14,96	12,70	1,76	14,87	7,20
2036	1.969.938	1.578.630	55.007	336.301	12,68	1,77	15,28	12,32	1,72	15,20	7,14
2037	1.953.300	1.597.069	86.934	269.297	12,33	1,73	15,56	11,99	1,68	15,48	7,12
2038	1.905.305	1.607.918	54.753	242.634	12,14	1,72	15,89	11,82	1,68	15,79	7,04
2039	1.776.466	1.561.593	58.868	156.005	12,46	1,78	15,85	12,11	1,73	15,75	7,01
2040	2.019.331	1.622.981	59.427	336.922	12,48	1,80	16,27	12,13	1,75	16,15	6,93
2041	1.970.133	1.624.898	26.827	318.408	12,70	1,84	16,33	12,37	1,80	16,22	6,89
2042	1.894.249	1.670.521	59.973	163.755	12,60	1,83	16,36	12,28	1,78	16,24	6,90
2043	1.885.260	1.671.789	43.984	169.487	12,30	1,79	16,30	11,98	1,74	16,18	6,89
2044	1.818.057	1.653.796	44.056	120.205	12,11	1,76	16,40	11,79	1,71	16,29	6,88
2045	1.709.124	1.623.647	34.378	51.099	12,20	1,79	16,64	11,86	1,74	16,52	6,80
2046	1.694.311	1.620.677	38.724	34.911	12,19	1,81	16,48	11,87	1,77	16,37	6,72
2047	1.652.145	1.620.127	28.917	3.101	12,14	1,81	16,70	11,81	1,76	16,55	6,72
2048	1.716.857	1.679.959	12.284	24.615	12,27	1,79	16,48	11,89	1,75	16,44	6,81
2049	1.721.498	1.679.964	15.255	26.279	12,25	1,76	16,64	11,81	1,72	16,70	6,87
2050	1.695.198	1.679.974	10.908	4.317	12,31	1,74	16,93	11,89	1,71	17,10	6,93
2051	1.693.358	1.679.966	13.392	-	12,54	1,75	16,55	12,13	1,73	16,90	7,01
2052	1.649.368	1.619.981	20.665	8.722	12,80	1,77	16,64	12,37	1,75	17,01	7,07
2053	1.682.193	1.619.971	39.600	22.623	12,77	1,75	16,37	12,33	1,72	16,56	7,18
2054	1.678.289	1.619.959	23.678	34.652	13,25	1,83	15,71	12,81	1,78	16,08	7,20
2055	1.651.995	1.619.946	10.675	21.374	13,11	1,80	15,77	12,91	1,76	16,14	7,34
2056	1.634.462	1.619.957	7.864	6.641	13,14	1,82	15,17	13,11	1,77	15,51	7,39
2057	1.619.428	1.595.971	7.925	15.532	13,30	1,86	15,24	13,29	1,80	15,29	7,38
2058	1.605.777	1.577.036	16.771	11.970	13,04	1,83	15,04	13,09	1,78	15,08	7,36
2059	1.226.114	1.192.189	19.231	14.694	13,10	1,84	16,16	13,18	1,80	16,02	7,31



	Ukupna proizvodnja	Ruda	Ruda (marginalno)	Jalovina	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O	CO <sub>3</sub> (izračunato)	Razblaženo B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Razblaženo Li <sub>2</sub> O	Razblaženo CO <sub>3</sub> (izračunato)	Razblaženo B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Li <sub>2</sub> O
	(t)	(t)	(t)	(t)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	odnos
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2060	1.233.822	1.213.247	5.099	15.477	13,11	1,90	16,17	13,10	1,88	16,04	6,98
2061	1.340.287	1.340.287	-	-	12,69	1,84	16,11	12,67	1,82	15,99	6,96
2062	967.828	967.828	-	-	12,48	1,82	16,10	12,40	1,79	15,96	6,94
2063	653.811	651.987	1.823	-	12,46	1,83	16,31	12,27	1,78	16,17	6,88
2064	762.644	762.644	-	-	12,28	1,80	17,28	12,11	1,77	17,07	6,85
2065	720.592	717.188	3.403	-	11,89	1,73	17,46	11,68	1,70	17,37	6,89
2066	624.756	621.257	3.499	-	11,75	1,72	17,66	11,51	1,68	17,61	6,84
2067	443.119	429.951	-	13.167	12,44	1,69	16,01	12,06	1,65	16,23	7,29
2068	415.890	404.829	-	11.061	12,75	1,69	15,74	12,34	1,66	16,02	7,44
2069	326.086	325.613	472	-	15,16	1,96	16,01	14,49	1,90	16,20	7,62
2070	180.152	170.801	9.351	-	13,89	1,86	16,41	13,42	1,82	16,43	7,38
2071	231.773	231.773	-	-	12,80	1,72	17,27	12,33	1,69	17,28	7,31
2072	283.729	283.729	-	-	12,71	1,73	17,41	12,25	1,70	17,38	7,22
2073	288.293	288.293	-	-	12,95	1,79	17,34	12,44	1,75	17,48	7,11
2074	286.822	286.822	-	-	12,24	1,76	17,83	11,88	1,73	17,97	6,85
2075	259.783	259.783	-	-	11,68	1,72	17,50	11,40	1,69	17,41	6,75
2076	123.747	119.266	4.481	-	10,93	1,67	17,78	10,79	1,65	17,46	6,53
2077	137.773	135.978	1.795	-	11,27	1,71	17,95	10,80	1,64	18,13	6,57
2078	159.181	156.546	2.635	-	10,54	1,62	18,19	10,27	1,57	18,25	6,55
2079	443.589	417.954	18.882	6.753	11,68	1,65	18,09	11,77	1,62	17,94	7,27
2080	430.096	416.794	13.302	-	12,37	1,71	17,71	12,26	1,66	17,54	7,37
2081	362.213	336.621	23.680	1.911	12,74	1,73	17,65	12,60	1,69	17,65	7,45
2082	142.692	142.488	-	203	13,36	1,77	17,42	13,11	1,74	17,37	7,55
2083	104.105	104.105	-	-	13,44	1,79	17,22	13,27	1,76	17,15	7,52
2084	98.198	98.198	-	-	13,52	1,79	17,06	13,36	1,77	16,99	7,55
2085	53.795	53.795	-	-	12,67	1,62	17,58	12,56	1,61	17,52	7,82
Σ	73.599.156	64.077.236	2.094.910	7.305.594	13	2	16	12	2	16	7

## 4.4. Dimenzionisanje sistema eksploatacije ležišta

### 4.4.1. Tehnologija izrade jamskih prostorija

Osim prostorija otvaranja (izvozno i ventilaciono okno, koji će se izrađivati bušačko-minerskim radovima) u sklopu pripreme i razrade ležišta neophodna je izrada više tipova horizontalnih, kosih i vertikalnih prostorija (ventilacione veze). Planirano je da se pristupni niskopi na eksploatacione nivoe izrađuju mehanizovanim načinom. Za izradu ovih prostorija predviđene su mašine koje osim iskopa i uklanjanja stenskog materijala imaju i mogućnost ugradnje ankera u krovinu i bokove prostorije (CBM – continuous bolter miner). Ovakav način izrade primenjivaće se i za izradu ostalih prostorija gde to radni uslovi i nagibi dozvoljavaju.

#### 4.4.1.1 Dimenzionisanje prostorija otvaranja i razrade

Određivanje dimenzija slobodnog poprečnog preseka jamskih prostorija izvršeno je na osnovu sledećih kriterijumima: Dimenzija i pozicije opreme i instalacija u preseku jamske prostorije, Sigurnosno-tehničkih propisa vezanih za ovu oblast i Zahtevu za dopremu potrebnih količina vazduha.

Prilikom definisanja slobodnog poprečnog preseka jamskih prostorija u obzir su uzeti i zahtevi poslodavca.

Oblici poprečnih preseka jamskih prostorija određeni su na osnovu karakteristika radne sredine i iskustava iz rudnika sa sličnim karakteristikama radne sredine i načinom otvaranja.

Prostorije su podeljene po grupama i tipovima prostorija. Grupe prostorija su: vertikalne (grupa 1) i horizontalne i kose (grupa 2). Tipovi prostorija u svakoj grupi zavise od veličine poprečnog preseka prostorije.

Na osnovu navedenih zahteva, kao i na osnovu vrste i oblika podgrade koja će se koristiti, usvojeni su sledeći tipovi prostorija:

- TIP 1: za prostorije otvaranja, odnosno za glavno izвозno okno, kružnog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$R = 8.500 \text{ m } (S_{sl}=56,70 \text{ m}^2, S_{isk}=70,80 \text{ m}^2),$$

- TIP 2: za prostorije otvaranja, odnosno za glavno ventilaciono okno, kružnog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$R = 6.500 \text{ mm } (S_{sl}=33,18 \text{ m}^2, S_{isk}=44,15 \text{ m}^2),$$

- TIP 3: za vertikalne prostorije namenjene za uspostavljanje ventilacije - slepa ventilaciona okna, koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, kružnog oblika poprečnog preseka dimenzije:

$$R = 3.000 \text{ mm } (S_{sl}=7,07 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste primenjene podgrade}),$$

- TIP 4: za vertikalnu prostoriju u sklopu bunkera za rudu (cilindar bunkera) koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, pravougaonog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$R = 10.000 \text{ mm } (S_{sl}=78,50 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste primenjene podgrade}),$$

- TIP 5: za kose i horizontalne prostorije različitih namena koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, pravougaonog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$b \times h = 5.000 \times 5.000 \text{ mm } (S_{sl}=25,00 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste podgrade}),$$

- TIP 6: za kose i horizontalne prostorije različitih namena koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, pravougaonog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$b \times h = 8.000 \times 8.000 \text{ mm } (S_{sl}=64,00 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste podgrade}),$$

- TIP 7: za kose i horizontalne prostorije različitih namena koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, pravougaonog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$b \times h = 10.000 \times 8.000 \text{ mm } (S_{sl}=80,00 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste podgrade}),$$

- TIP 8: za kose i horizontalne prostorije različitih namena koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, pravougaonog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$b \times h = 8.000 \times 5.000 \text{ mm } (S_{sl}=40,00 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste podgrade}),$$

- TIP 9: za kose i horizontalne prostorije različitih namena koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, pravougaonog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$b \times h = 6.000 \times 8.000 \text{ mm } (S_{sl}=48,00 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste podgrade}),$$

- TIP 10: za kose i horizontalne prostorije različitih namena koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, pravougaonog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

$$b \times h = 12.000 \times 8.000 \text{ mm } (S_{sl}=96,00 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste podgrade}),$$

- TIP 11: za kose i horizontalne prostorije različitih namena koje se ne podgrađuju ili se podgrađuju ankerima, ankerima sa mrežom ili u kombinaciji: anker, mreža i torkret beton, blagozasvođenog oblika poprečnog preseka, dimenzija:

$$b \times h = 4.500 \times 4.500 \text{ mm } (S_{sl}=20,25 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste podgrade}).$$

#### **4.4.1.2 Izbor metode izrade jamskih prostorija**

Metode izrade jamskih prostorija biće posebno definisane za:

- 1) Vertikalne jamske prostorije i
- 2) Horizontalne i kose jamske prostorije.

##### **4.4.1.2.1 Metoda izrade vertikalnih jamskih prostorija**

#### **Izrada okana i bunkera za rudu**

Za izradu okana usvojena je metoda izrade bušačko-minerskim radovima. Radni ciklus obuhvata sledeće glavne operacije: Bušenje minskih bušotina, Punjenje, povezivanje i miniranje, Provetravanje, Obezbeđenje bezopasnosti nastavka radova, Utovar i izvoz odminiranog materijala, Privremeno ili stalno podgrađivanje i Pomoćne operacije.

Prema redosledu kojim se vrši miniranje i podgrađivanje, organizaciono mogu se primeniti uzastopna, paralelna i kombinovana šema izrade.

Za izradu bunkera (prostorije TIP 4) može se usvojiti metoda bušačko-minerskih radova (koja je već opisana) ili kombinovana metoda izrade: izrada centralne bušotine (bušenjem – raiseboring) i miniranjem. Način izrade podzemnih prostorija na ovaj način, sastoji se od:

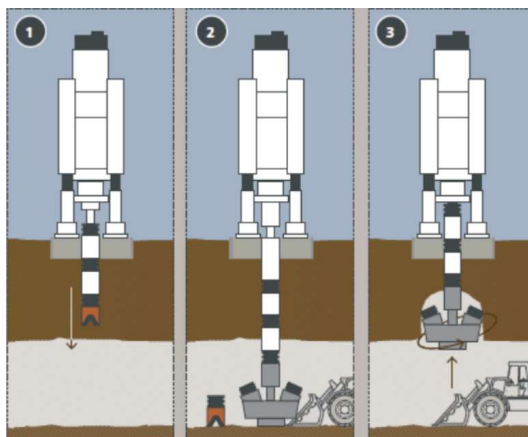
- bušenja bušotine manjeg prečnika sa višeg horizonta na niži,
- nakon izrade pilot bušotine manjeg prečnika do nižeg horizonta, postavlja se rezna glava za izradu punog prečnika (3m),
- izrada prostorije rezanjem punog profila prečnika 3m odozdo na gore,
- utovar materijala vrši se na nižem horizontu,
- dorada do punog profila (do prečnika od 10m) bušačko-minerskim radovima,
- utovar materijala vrši se na nižem horizontu,
- podgrađivanje (privremeno ili stalno u zavisnosti od uslova radne sredine).

#### **Izrada ventilacionih veza**

Za izradu ventilacionih veza (prostorije TIP 3) usvojiće se metoda izrade bušenjem cele površine poprečnog preseka sa nižeg horizonta na viši, u stranoj literaturi poznato kao raiseboring. Opis ovog načina izrade podzemnih prostorija sastoji se od: Bušenja bušotine manjeg prečnika sa višeg horizonta na niži, Nakon izrade pilot bušotine manjeg prečnika do nižeg horizonta, postavlja se rezna glava za izradu punog prečnika

(3m), Izrada prostorije rezanjem punog profila prečnika 3m odozdo na gore, Utovar materijala vrši se na nižem horizontu, Podgrađivanje (privremeno ili stalno u zavisnosti od uslova radne sredine).

Na slici 4.4.1. dat je prikaz načina izrade okna bušenjem punog profila odozdo na gore.



**Slika 4.4.1.** Izrada okna rezanjem odozdo na gore metodom „raise boring“, 1) bušenje pilot bušotine, 2) montiranje rezne glave, 3) izrada prostorije

#### 4.4.1.2.2 Metode izrade horizontalnih i kosih jamskih prostorija

Izrada horizontalnih i kosih prostorija nagiba do 15° izvodiće se u normalnim radnim uslovima. Predviđene metode su:

- Izrada horizontalnih i kosih prostorija mehanizovanim putem i
- Izrada horizontalnih i kosih prostorija bušačko-minerskim radovima.

#### Metode izrade horizontalnih i kosih jamskih prostorija mehanizovanim načinom

Radni ciklus kod mehanizovanog načina izrade kombinovanom mašinom obuhvata sledeće glavne operacije: Kontinualno razaranje i uklanjanje stenskog masiva, Uklanjanje i odvoz razorenog stenskog masiva, Podgrađivanje ankerima (anker + mreža + torkret beton), Provetranje, Obezbeđenje bezopasnosti nastavka radova, Pomeranje mašine, Pomoćne operacije.

Sve prostorije dimenzije  $b=5\text{m}$  i  $h=5\text{m}$  i većih radiće se mehanizovanim načinom primenom mašine za izradu prostorija – Continuous Bolter Miners (CBM). Prostorije čija je visina preko 6,2m radiće se etažno do postizanja maksimalne visine.

Neophodno je, po potrebi koristiti mašinu za nanošenje torkret betona.

Prostorije koje imaju manju širinu od CBM mašine mogu se raditi Roadheader mašinama ili bušačko-minerskim radovima. Za podgrađivanje ovih prostorija mora se predvideti uređaj za ugradnju ankera i nabacivanje torkret betona.

#### Metode izrade horizontalnih i kosih jamskih prostorija bušačko-minerskim radovima

U rudniku Jadara predviđena je primena i bušačko-minerskih radova u sklopu razvoja rudnika i eksploatacije. Čela pripremnih hodnika za eksploataciju i otkopavanje predviđaju primenu bušačko-minerskih radova koji treba da budu definisani tako da ostvare planiranu zapreminu rude unutar definisanih granica (izbegavanja vanprofilskog iskopa) kao i adekvatnu granulaciju materijala uz minimalno razletanje odminiranih komada stenske mase. Osim ovih prostorija, bušačko-minerskim radovima radiće se i ostale prostorije koje se ne

mogu mašinski uraditi (prostorije u sklopu magacina eksploziva, početni radovi na izradi navozišta, deo prostorija bunkera za rudu i za korekcije (doru) profila).

Radni ciklus kod izrade prostorija bušačko-minerskim radovima obuhvata sledeće glavne operacije: Bušenje minskih bušotina (ručnim bušačim čekićem ili bušačim kolima), Punjenje minskih bušotina (ručno ili mašinskim putem), Opremanje minskih punjenja sredstvima za iniciranje, začepljenje, povezivanje i miniranje, Provetravanje, Obezbeđenje bezopasnosti nastavka radova, Podgrađivanje (ankerima; anker+mreža, anker+mreža+torkret beton), Utovar i odvoz odminiranog materijala, Pomoćne operacije.

Za podgrađivanje ovih prostorija mora se predvideti uređaj za ugradnju ankera i nabacivanje torkret betona.

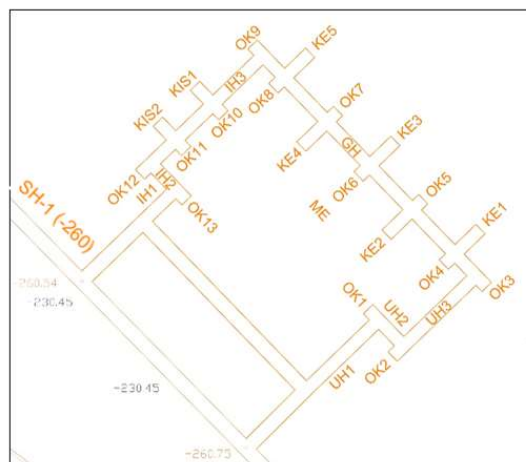
Utovar odminiranog materijala obavljaće se dizel utovarivačem. Odvoz odminiranog materijala vršiće se utovaračima sa kašikom do mesta gde se ovaj materijal deponuje ili utovarom u jamske kamione.

### Magacin eksploziva i sredstava za iniciranje

Prostorije magacina eksploziva su horizontalne, dimenzija 4,5 x 4,5 metara (TIP 11). Komore su projektovane prema propisima, tako da naspram svake komore, na drugoj strani iz boka glavnog hodnika, mora biti izgrađena odbojna komora (OK – dužine najmanje 3 metra). Takođe, hodnici magacina treba da su najmanje dva puta lomljeni pod pravim uglom, s tim da se na prelomima hodnika moraju izraditi 3 m duboke odbojne komore istog profila kao i profil hodnika.

Rastojanje između komora se proračunava, ali ne sme biti manje od 6 metara.

Prostorije magacina radiće se zbog malih dužina i pravih uglova bušačko-minerskim radovima. Prikaz magacina eksploziva dat je na slici 4.4.2.



**Slika 4.4.2.** Prikaz janskog magacina eksploziva i eksplozivnih sredstava na nivou 2 (PH – pristupni hodnik, UIH – utovarno istovarni hodnik, UH – ulazni hodnik, OK - odbojna komora, KIS – komora za inicijalna sredstva, KE – komora za eksploziv, IH – izlazni hodnik)

#### 4.4.1.3 Podgrađivanje horizontalnih i kosih prostorija

Bez obzira na način izrade prostorija, primenom mašine (CBM) ili bušačko-minerskim radovima, podgrađivanje će se obavljati u dva prolaza. Predložena podgrada za kapitalne prostorije (Tabela 4.4.1), dimenzija većih od 5 x 5m, od strane poslodavca, predstavlja podgradu u kategoriji 6 (Tabela 4.4.2) sa ankerima dužine do 2,7 m na rastojanju od 1,25 m sa minimalnom debljinom torkret betona od 100mm. Takođe su definisane podgrade niskopa, prostorija razrade i pripreme. Vrste podgrade po kategorijama podgrađivanja prikazane su u tabeli 4.4.2.

Prostorije koje se izrađuju za potrebe eksploatacije (hodnici iz kojih će vršiti bušenje dubokih bušotina u lepeznom rasporedu) zbog svog veka eksploatacije, koji je kratak, biće podgrađene čeličnom mrežom

umesto torkret betonom. Zbog toga usvojen tip podgrade pripada kategoriji 4A. Permanizacija radova je planirana za tri godine nakon izrade prostorija, ukoliko to bude potrebno.

Ciklus podgrađivanja generalno se sastoji od ugradnje ankera odgovarajuće dužine, postavljanja čelične mreže po potrebi i ugradnje torkret betona (običnog ili mikroarmiranog) odgovarajuće debljine.

**Tabela 4.4.1. Projektovana podgrada prostorija**

Profil prostorije	Element	TIP B	TIP C	TIP D
5 x 5 m – kapitalne	Torkret	125mm	100mm	75mm
5 x 5 m – kapitalne	Ankeri	11,5/m	10,4/m	8,9/m
5 x 5 m – kapitalne	Užetni ankeri	0,1/m	0,1/m	0,1/m
5 x 5 m – kapitalne	Mreža	2,5 komada/m	2,23 komada/m	2,23 komada/m
5 x 5 m – kapitalne	Liveni beton	1,2 m <sup>3</sup> /m	1,2 m <sup>3</sup> /m	1,2 m <sup>3</sup> /m
5 x 5 m – pripremne	Torkret	75mm	50mm	50mm
5 x 5 m – pripremne	Ankeri	17/m	17/m	10,4/m
5 x 5 m – pripremne	Užetni ankeri	1/m	1/m	1/m
5 x 5 m – pripremne	Mreža	2,9 komada/m	2,9 komada/m	2,4 komada/m
4,5 x 4,5 m - otkopne	Torkret	75mm	60mm	50mm
4,5 x 4,5 m - otkopne	Ankeri	10,4/m	8,5/m	6,9/m
4,5 x 4,5 m - otkopne	Užetni ankeri	0,77/m	0,23/m	0,23/m
4,5 x 4,5 m - otkopne	Mreža	1,7 komada/m	1,7 komada/m	1,1 komada/m
4,5m x 4,5m – pripremne	Torkret	75mm	60mm	50mm
4,5m x 4,5m – pripremne	Ankeri	10,4/m	8,5/m	6,9/m
4,5m x 4,5m – pripremne	Užetni ankeri	0,77/m	0,23/m	0,23/m
4,5m x 4,5m – pripremne	Mreža	1,7 komada/m	1,7 komada/m	1,1 komada/m
8,0m x 8,0m – radionice	Torkret	200mm	100mm	100mm
8,0m x 8,0m – radionice	Ankeri	23,1/m	20/m	13,9/m
8,0m x 8,0m – radionice	Užetni ankeri	3,9/m	2,3/m	2,3/m
8,0m x 8,0m – radionice	Mreža	3,1 komada/m	3,1 komada/m	3,1 komada/m
8,0m x 8,0m – radionice	Liveni beton	1,5 m <sup>3</sup> /m	1,5 m <sup>3</sup> /m	1,5 m <sup>3</sup> /m

**Tabela 4.4.2. Vrste podgrade prostorija po kategorijama**

Kategorija podgrade	Ankeri	Minimalna debljina torkret betona
3	2,4 m dužine na rastojanju 2,0 m	25 mm
4	2,4 m dužine na rastojanju 1,75 m	40 mm
4A	2,4 m dužine na rastojanju 1,25 m	Čelična mreža
5	2,4 m dužine na rastojanju 1,5 m	50 mm
5A	2,4 m dužine na rastojanju 1,0 m	Čelična mreža
6	2,4 m dužine na rastojanju 1,3 m	90 mm
6A	2,4 m dužine na rastojanju 0,8 m	Čelična mreža
7	2,4 m dužine na rastojanju 1,1 m	120 mm
7A	2,4 m dužine na rastojanju 0,8 m, 2 x 6 m užetni ankeri na 2 m rastojanja	Čelična mreža

#### 4.4.2. Izbor metode otkopavanja

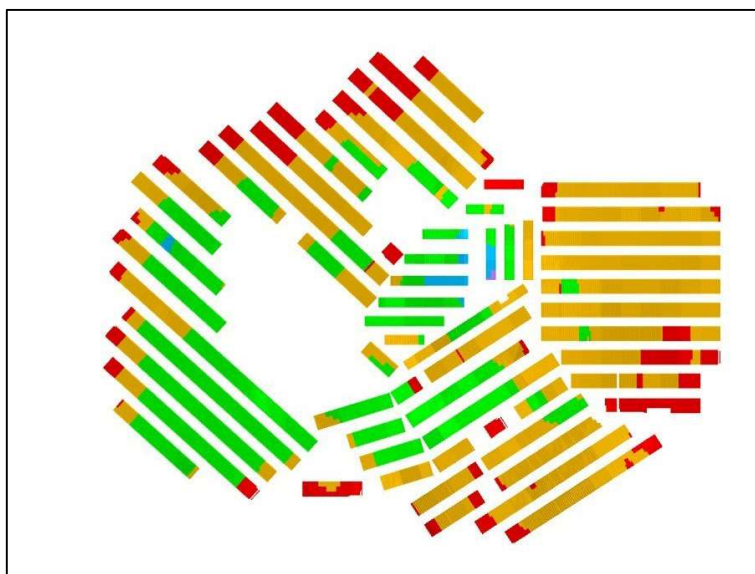
Kod izbora metode otkopavanja, na osnovu strukturno-geoloških, geometrijskih i geomehaničkih karakteristika ležišta, sadržaja korisne komponente, karakteristika stenske mase, a imajući u vidu ekonomske efekte, izdvojeno je nekoliko metoda otkopavanja koje su ušle u razmatranje. Metoda otkopavanja biće usvojena prema projektovanoj visini otkopa ili ograničenja. Predložene su sledeće varijante:

1. Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem (visina otkopa 3 – 8m) (Cut and fill mining),
2. Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem sa visinom otkopa 8 – 22m (Mini bench stoping),
3. Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem sa visinom otkopa 22 – 32m (Bench stoping),
4. Kombinovana Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem visina (otkopa preko 34m) (Combo bench).

Metode otkopavanja u rudniku Jadar primenjuju se u skladu sa projektovanom visinom otkopa. Rezultirajuća primena metode otkopavanja prikazana je u tabeli 4.4.3 i na slici 4.4.3.

**Tabela 4.4.3** Primena metode otkopavanja

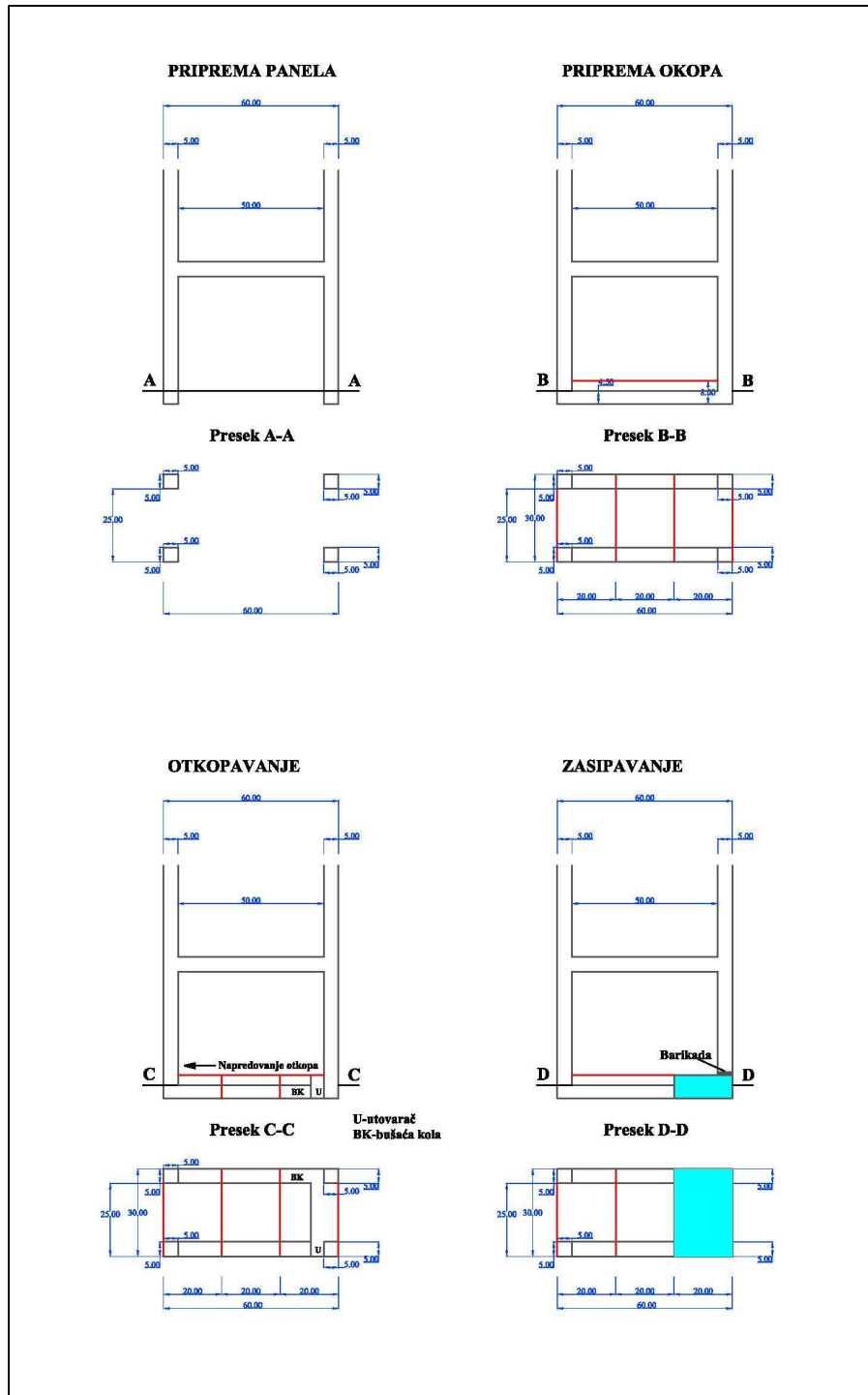
Metoda	Visina (m)	Boja
Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem	3-8	Crvena
Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem	8-22	Žuta
Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem	22-32	Zelena
Kombinovana metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem	34+	Plava



**Slika 4.4.3.** Prostorna primena metode otkopavanja.

##### 4.4.2.1 Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem – visina otkopa 22 – 32m (Bench stoping)

Panelno otkopavanje koristi se u delovima gde je moćnost ležišta veća od 22 metara. Gornji pristupni hodnik se nalazi iznad samog otkopa kako bi omogućio prilaz na etažu sa koje se vrši bušenje i miniranje. Donji pristupni hodnik služi za utovar i izvoz odminirane rude. Šematski prikaz metode dat je na slici 4.4.4.



**Slika 4.4.4.** Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem i visinom otkopa 22 – 32m.

Otkopavanje se odvija u sledećim koracima:

- Iz panela rade se dva pristupna hodnika dimenzija 4,5 x 4,5 m. Sama izrada vrši se bušenjem i miniranjem. Gornji pristupni hodnik radi se uz krovinu, dok se donji radi uz podinu;
- Oba hodnika se rade na rastojanju od 3,5 m u odnosu na zasuti otkop;
- Bušenje i miniranje se vrši tako da je napredovanje 2m;



- Podgrađivanje se vrši ankerima i mrežom;
- Ankerisanje čeličnim sajlama u gornjem hodniku radi se u svim uslovima da bi se osigurala krovina;
- Zasek se radi u prvom otkopu;
- Bušenje i miniranje lepeza vrši se iz gornjeg pristupnog hodnika;
- Otkopavanje se vrši u paketima dužine 20 m;
- Nakon otkopavanja rade se barikade u oba pristupna hodnika kako bi se izvršilo zasipavanje otkopanog prostora;
- Otkopani prostor mora se zapuniti zasipom. Zasip mora da očvrsne pre nego što se otvori novi otkop. Postrojenje za pasta zasip projektovano je za zasipavanje 165 m<sup>3</sup>/h. predviđeno je da se otkop zapuni u kontinuitetu.

Minimum od 14 dana je potrebno da pasta zasip očvrsne kako bi se otvorio novi otkop koji se nalazi bočno od zasutog otkopa.

#### 4.4.2.2 Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem – visina otkopa 8 – 22m (Mini Bench Stoping)

Varijanta predložena za otkopavanje delova ležišta moćnosti od 8 do 22m. Kao i kod metode panelnog otkopavanja sa visinom otkopa do 32m otkopavanje se vrši na isti način. Razlika je u tome što se donji pripremi hodnici nalaze ispod nivoa otkopa u jalovini.

Opis metode:

- Paneli se rade u širini od 60m i 120m dugačkim poprečnim hodnicima;
- Pristupni hodnici se nalaze, jedan u krovini, drugi u podini sa druge strane otkopa;
- Pristupni hodnik iz koga se vrši bušenje lepeza poprečnog je preseka 4,5 x 4,5m. Za njegovu izradu vrši se bušenje i miniranje;
- Kako bi se otkop povezao donjim izvoznim hodnicima koji se nalaze u jalovini potrebno je napraviti veze u dužini do 10m;
- Kada je otkop pripremljen vrši se otkopavanje u dužini od 60m pre nego se pristupi zasipavanju.

Na slici 4.4.5. prikazana je metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem i visina otkopa 8 – 22m.

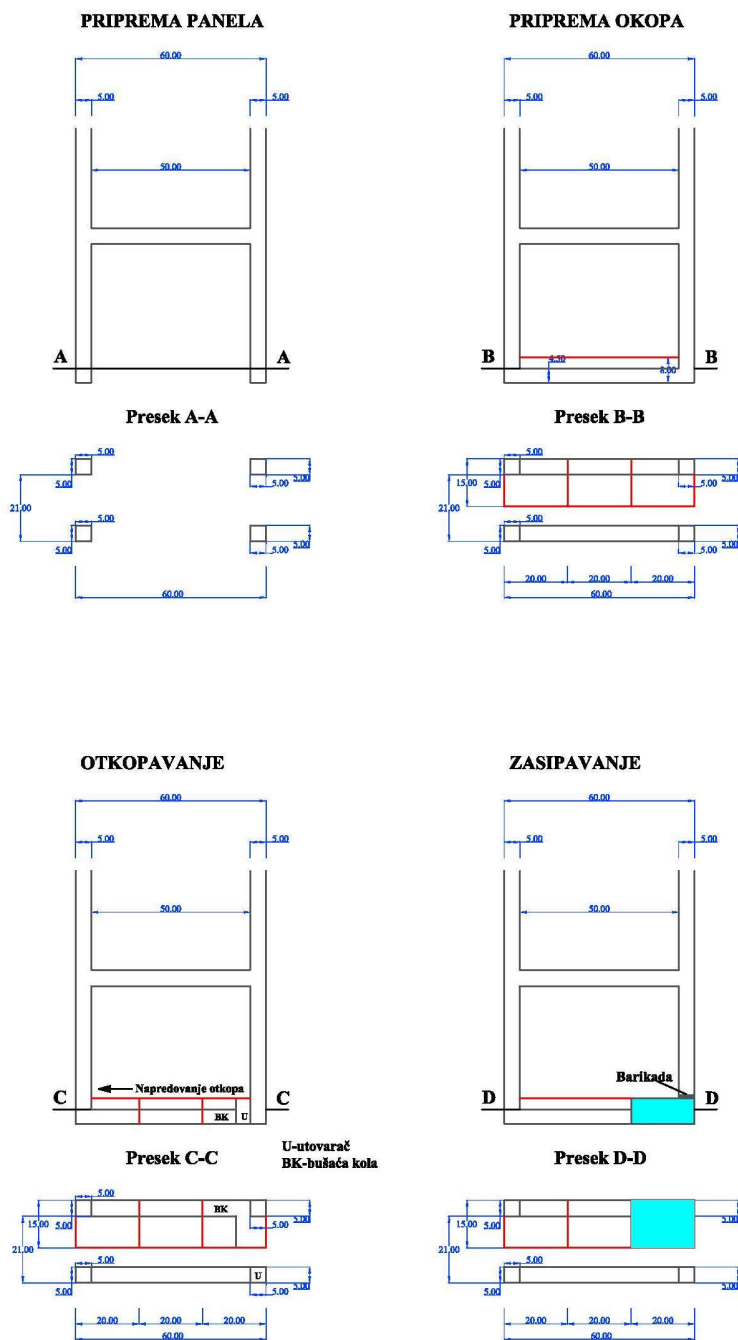
#### 4.4.2.3 Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem (Cut and fill mining)

Predviđena je za otkopavanje delova ležišta moćnosti do 8m i širine otkopa 60m.

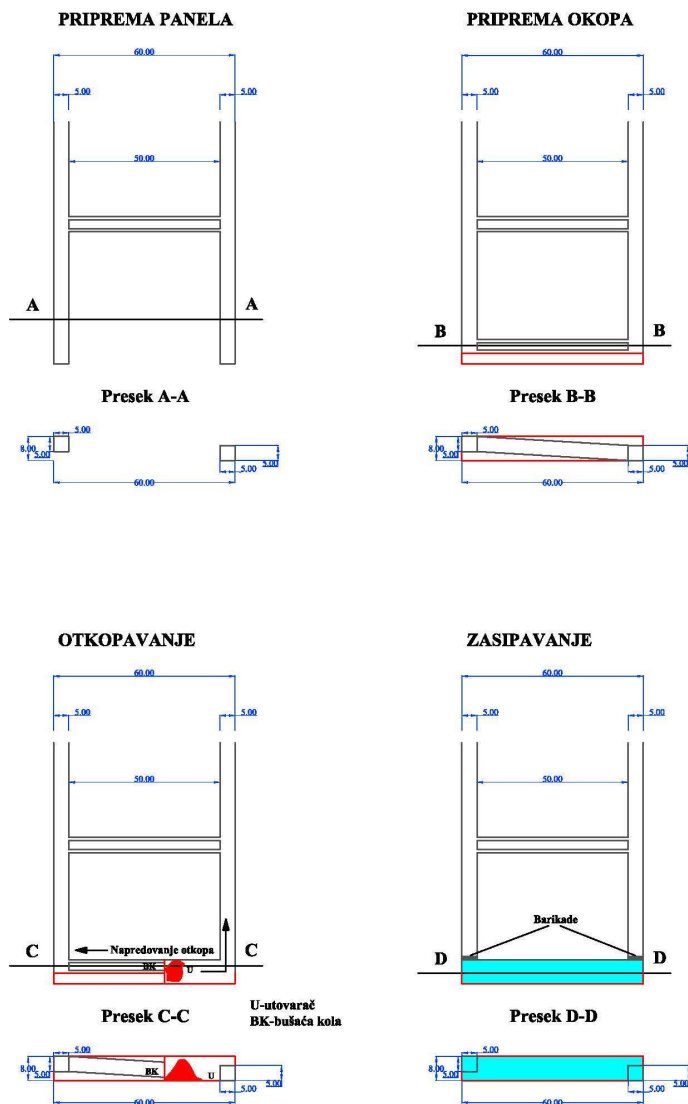
Opis metode:

- Pristupni hodnici se rade sa obe strane otkopa;
- Jedan pristupni hodnik se nalazi u krovini, dok se drugi nalazi u podini;
- Pristupni niskop se izrađuje poprečnog preseka 5 x 5m bušenjem i miniranjem do kraja panela;
- Iz niskopa se formira otkop do 8m širine;
- Nakon postavljanja cevi za pasta zasip barikada prostor se zasipava.

Na slici 4.4.6. prikazana je metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem.



Slika 4.4.5. Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem i visinom otkopa 8 – 22m



Slika 4.4.6. Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem (visina otkopa do 8m)

### 4.4.3. Bušenje i miniranje

Izrada etažnih hodnika kao i otkopavanje u rudniku Jadar obavljaće se bušenjem i miniranjem. Parametri bušenja i miniranja usvojeni su u skladu sa geomehaničkim osobinama stena i prikazani su u tabeli 4.4.4.

Tabela 4.4.4. Parametri bušenja i miniranja

	Jedinica	Hodnik	Otkop
Prečnik bušenja	[mm]	45	76
Rastojanje među lepezama	[m]	0.9	1.8
Rastojanje krajeva bušotina	[m]	1	1.8 to 2.9
Iskorišćenje eksploziva	[t/m]	-	7.9
Tip zaloma	-	Zalomne bušotine	Bušotina velikog prečnika
Gustina eksploziva	[t/m <sup>3</sup> ]	1.1	0.8
Specifična potrošnja eksploziva	[kg/m <sup>3</sup> ]	2.6	1



U tabeli 4.4.5. prikazani su proizvodni parametri miniranja prilikom korišćenja tipičnog zaloma sa centralnom bušotinom zaloma velikog prečnika koji će se koristiti u rudniku Jadar.

**Tabela 4.4.5** Proizvodni parametri miniranja

<b>Ø mm</b>	<b>76</b>
<b>W<sub>1</sub> mm</b>	150
<b>C-C</b>	225
<b>W<sub>2</sub> mm</b>	320
2 <sup>nd</sup> Square $a = 1.5 \theta$ $W_2 = 1.5W_1\sqrt{2}$ $C-C = 1.5W_1$ $a$ = distance between reamer & blast hole centres $W_1$ distance between blast-hole centres.	

Kako bi se miniranje izvelo tako da kontura hodnika odgovara projektovanom stanju, potrebno je da položaj bušotina ne odstupa više od 100 mm od projektovanog, da devijacija bušotine ne bude veća od 2% tj. tolerancija za položaj kraja bušotine treba da se nađe unutar prečnika od 0,02 x dužina bušotine i da dužina ne odstupa više ili manje od 200 mm od projektovane.

#### 4.4.3.1 Eksplozivi

U odabiru eksploziva za rudnik Jadar kako bi se zadovoljila i bezbednost i efikasnost tretirani su sledeći pokazatelji: čvrstoća stene, gustina eksploziva koji su na raspolaganju, otpornost na vodu, brzina detonacije i predviđena oštećenja stena i sigurno i lakoća iniciranja. Najbolji izbor za rudnik Jadar svakako bi bili emulzioni eksplozivi koji su po svojim karakteristikama pogodni sa više aspekata: transporta, sigurnosti, skladištenja i rukovanja. Takođe imaju odlične eksplozivne sposobnosti, visoki udarni momenat, različitih su gustina, vodootporni su i najmanji rizik od izazivanja zagađenja prilikom punjenja bušotina.

#### 4.4.3.2 Miniranje

Postoje male ali bitne razlike između metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem sa visinom otkopa od 8 m do 22 m i visinom otkopa od 22 m do 32 m, koje mogu utiču na fragmentaciju prilikom miniranja. Glavna razlika je u to što kod metode sa visinom otkopa od 8 m do 22 m bušenje lepeza minskih bušotina se obavlja u otkopu gde ne postoji donji odnosno izvozni pristupni hodnik. Kod obe metode miniranja se vrši prema slobodnoj površini što potencijalno omogućava pojavu neravnomerne fragmentacije, odnosno pojavu velikih fragmenata.

Granulacija odminirane rude je ključni pokazatelj uspešnosti produktivnog miniranja, odnosno miniranja na otkopima. Procenjena je prosečna i najnepovoljnija fragmentacija kako bi se omogućilo usvajanje neophodne opreme. Ishodi modeliranja biće potvrđeni tokom faze probnog otkopavanja kao i u fazi eksploatacije rudnog tela.

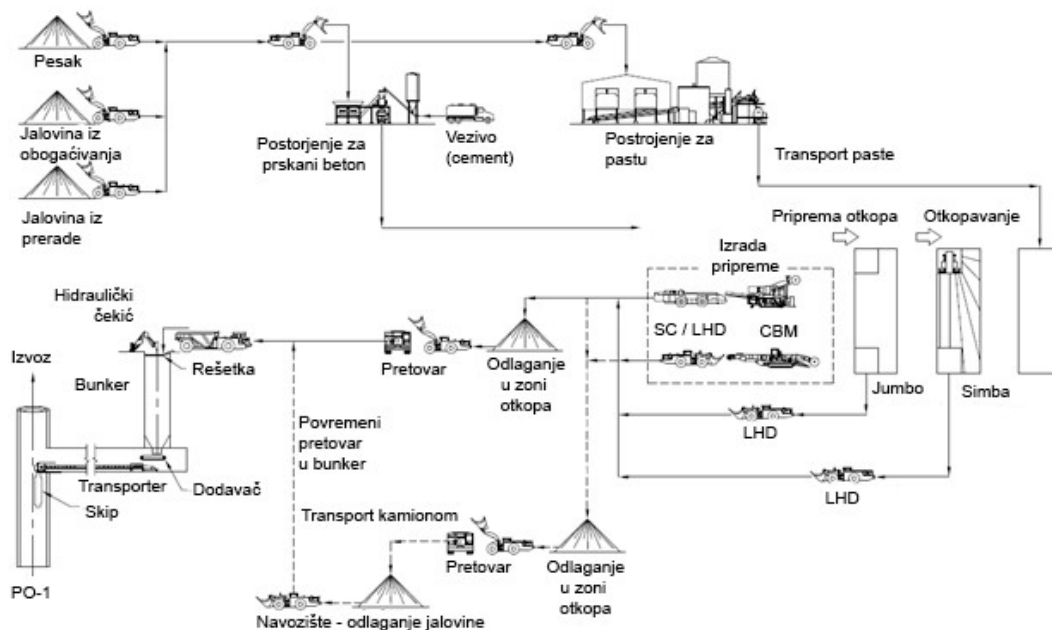
#### 4.4.4. Transport otkopanog materijala

Osnovni jamski transport u planiranom rudniku Jadar će se organizovati tako da se brzo i efikasno sa svih radilišta transportuje sav iskopani materijal do navozišta izvoznog okna, odakle će se izvoznom mašinom sa skipovima transportovati na površinu.

Radovi u planiranom rudniku Jadar će se odvijati na različitim lokacijama, pri čemu će se lokacije radilišta prostorno prilagođavati trenutnim proizvodnim potrebama. Pored ovoga, potrebno je planirati da se jamskim transportom prevoze tri različite sirovine: rovna ruda, rovna ruda niskog

kvaliteta i jalovina, i to tako da se one međusobno ne mešaju. Kapacitet jamskog transporta će takođe biti promenljiv . U periodu rada rudnika do 2059. godine, godišnji kapacitet transporta će se kretati od maksimalnog nivoa od oko 2,2 miliona tona do oko 1,5 miliona tona rovne rude i jalovine, da bi se zatim u periodu od 2060. do 2067. smanjivao i stabilizovao na manje od 500.000 t/god tokom poslednjih 20 godina rada rudnika (2067-2087.). U svrhu izrade Studije izvodljivosti usvojen je kapacitet od 2.200.000 t/god.

Diskontinualni sistem jamskog transporta je praktično jedino fleksibilno i robusno rešenje koje može da ispuni ovakve zahteve. Zbog toga je u ovoj fazi planiranja projekta Jadar predviđeno je da se sistem transporta zasniva na jamskim utovaračima, jamskim kamionima i izvozu sa skipovima. Šematski prikaz proizvodnog sistema u rudniku Jadar je dat na slici 4.4.7.



Slika 4.4.7. Šematski prikaz proizvodnog sistema rudnika Jadar

Predviđeno je da se otkopani materijal razvrstava u 3 klase kvaliteta: rovna ruda, rovna ruda niskog kvaliteta i jalovina, kako bi se omogućilo upravljanje kvalitetom sirovine. Na osnovu svega navedenog, sistem osnovnog jamskog transporta će se sastojati od tri podsistema:

- transport od otkopnog radilišta ili radilišta na izradi podzemnih prostorija do mesta pretovara,
- transport od mesta pretovara do bunkera na navozištu i
- transport od navozišta do površine terena pomoću izvozne mašine sa skipovima.

Na osnovu navedenog mogu se odrediti sledeći kapaciteti transporta:

- Dnevni kapacitet izvoza skipovima:  $2.200.000 \text{ t} / 335 \text{ d} = 6.567 \text{ t/dan}$ ;
- Časovni kapacitet izvoza skipovima:  $6567 \text{ t/d} / 20\text{h/d} = 328 \text{ t/h}$ ;
- Usvojeni kapacitet izvoza skipovima: 340 t/h odnosno 6.800 t/dan.

Karakteristike materijala koji se transportuje su prikazane u tabeli 4.4.6.

Tabela 4.4.6. Karakteristike materijala

Karakteristika	Vrednost
Gustina rude u masivu (čm, in-situ)	2,35 t/m <sup>3</sup>
Koeficijent rastresitosti	1,35 – 1,40
Gustina rude u nasutom stanju (rm)	1,68 - 1,74 t/m <sup>3</sup>

#### 4.4.5. Izbor osnovne i pomoćne rudarske opreme

Rudnik sa podzemnom eksploatacijom i pripadajuće tehnološke celine na površini terena u okviru projekta Jadar će biti visoko mehanizovane, sa minimalnim učešćem manuelnog rada.

U skladu sa dosadašnjim nivoom planiranja projekta Jadar i utvrđenim obimom poslova na površini terena predviđena je rudarska oprema navedena u tabeli 4.4.7. Navedena utovarna i transportna oprema je predviđena za rad sa rasutim teretom, i to utovarne mašine za snabdevanje postrojenja za izradu prskanog betona i postrojenja za pripremu paste sa puniocem (pesak ili jalovina), a ista ili slična utovarna i transportna oprema za rad sa rasutim materijalom izveženim iz podzemnog dela rudnika (utovarna mašina i zglobni kamioni).

Preostalu opremu i vozila na površini čine još i laka terenska vozila za prevoz ljudi i mobilni generator električne energije.

**Tabela 4.4.7.** Spisak nominalne opreme za rad u industrijskom krugu rudnika Jadar

Naziv	Broj mašina u određenim godinama				Proizvođač	Model
	2027.	2029.	2039.	2046.		
ITC	1	1	1	1	Caterpillar	914M
Utovarna mašina (pasta)	1	1	1	1	Caterpillar	980M
Utovarna mašina (ruda)	1	1	1	1	Caterpillar	980M
Lako vozilo	6	6	6	6	Toyota	Lancruiser 70 Series
Mobilni generator <sup>1)</sup>	1	1	1	1	Genset	MPM8 - 300-S-R
Platforma za rad na visini	1	1	1	1	JLG	E300AJP – El. Boom Lift
Kamion, zglobni	2	2	2	2	Volvo	A60H
Buldozer	1	1	1	1	Caterpillar	D10T
Grejder	1	1	1	1	Caterpillar	12M
Kamion cisterna, zglobni	1	1	1	1	Caterpillar	740 Articulated

<sup>1)</sup> Za zavarivanje, sa dizel pogonom

Utovarna mašina koja bi radila na površini terena pripada klasi utovarača Caterpillar 980M i 914M (slika 4.4.8.). U industrijskom krugu rudnika Jadar predviđeno je da radi 3 utovarača ove klase (2+1).

Za transport rasutog materijala (rovne rude/jalovine od IO ili snabdevanje postrojenja za pripremu prskanog betona/paste) predviđeni su zglobni kamioni nosivosti do 60t. Primer ove klase zglobnih kamiona je Volvo A60H (slika 4.4.9.).

Grejder M12, koji je planiran za održavanje zemljanih puteva na površini, je prikazan na slici 4.4.10.



**Slika 4.4.8.** Utovarač Caterpillar 980M



**Slika 4.4.9.** Zglobni kamion Volvo A60H



**Slika 4.4.10.** Grejder Caterpillar M12

Pored navedenih mašina, u industrijskom krugu rudnika Jadar će kao pomoćna mehanizacija raditi još buldozer i auto-cisterna (slika 4.4.1.). Buldozer će biti angažovan na unutrašnjoj deponiji jalovine i radiće na zemljanim radovima i planiranju etaža. Auto-cisterna će služiti za prskanje trasa kretanja mobilne mehanizacije sa vodom, radi obaranja i smanjenja emisije prašine.



**a) Buldozer Cat D10T**



**b) Auto-cisterna Cat 740**

**Slika 4.4.11.** Ostala pomoćna mehanizacija angažovana na površini

U sadašnjoj fazi razvoja projekta Jadar je predviđeno da se u industrijskom krugu rudnika koriste i vozila za prevoz radnika (Toyota), portabl dizel generator i platforma za rad na visini.

Osnovna i pomoćna mehanizacija predviđena za angažovanje u podzemnom delu rudnika Jadar, na sadašnjem nivou planiranja, je navedena u tabeli 4.4.8. Osnovnu mehanizaciju čine diskontinualne mašine, predviđene za rad po bušačko-minerskoj tehnologiji. Ovo znači da će se u budućem rudniku Jadar angažovati mašine za bušenje – bušača kola (slike: 4.4.12., 4.4.13, 4.4.14.), utovarne mašine (utovarači sa kašikom) (slika 4.4.15) i jamski kamioni (slika 4.4.16.).

**Tabela 4.4.8. Spisak opreme za rad u podzemnom rudniku Jadar**

Naziv	Broj mašina u određenim godinama				Proizvođač	Model
	2027.	2029.	2039.	2046.		
CBM	4	3	2	1	Sandvik	MB670-1
Utovarna mašina (LHD)	6	7	7	6	Epiroc	ST14 or ST14B
Kamion	6	7	7	6	Epiroc	MT42
Bušača kola <sup>1)</sup>	3	5	5	5	Epiroc	Boomer S2
Bušača kola <sup>2)</sup>	2	3	3	3	Epiroc	Simba M4
Bušača kola <sup>3)</sup>	1	2	2	2	Nordmeyer SMAG	FA 523 VED
Mašina za ugradnju prskanog betona	4	3	4	2	Epiroc	Meyco ME3
Kamion mešalica za beton	3	3	4	2	Normet	Uitmec LF 600
Grejder	2	3	3	3	Paus	PG 10 HA
Kamion za prevoz eksploziva i punjenje minskih bušotina	2	2	3	3	Normet	Charmec MF 605 DA
Servisni kamion	3	3	4	4	Paus	Universa 50
ITC	3	3	4	4	Caterpillar	914M
Platforma	1	1	1	1	Normet	Utilift MF 540
Servisna utovarna mašina	3	3	3	3	Volvo	L90H
Ambulantno vozilo	1	1	1	1	Paus	Minca 18A
Lako vozilo	5	5	8	8	Paus	Minca 18A
Lako vozilo	7	7	7	7	John Deer	Progator 2030A
Mobilni generator <sup>4)</sup>	2	2	2	2	Genset	MPM8 - 300-S-R
Platforma za rad na visini	2	2	2	2	JLG	E300AJP – El. Boom Lift
Električni viljuškar	2	2	2	2	Toyota	7FBCU55

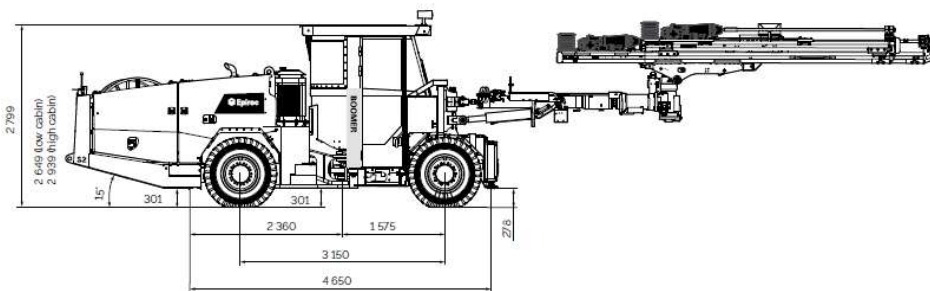
<sup>1)</sup> Izrada PP i ugradnja viseće podgrade, <sup>2)</sup> Proizvodno bušenje, <sup>3)</sup> Ugradnja viseće podgrade, <sup>4)</sup> Za zavarivanje, sa dizel pogonom

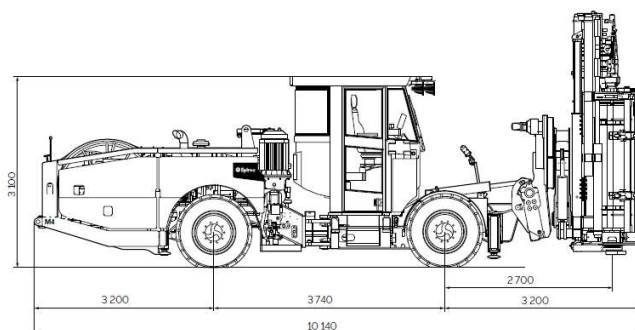
Pored ovih mašina predviđen je i primena kombajna sa reznim valjkom, za izradu podzemnih prostorija, opremljenih sa bušilicama za ugradnju viseće podgrade (Continuous Bolter Miner – CBM) (slika 4.4.17.).

Pomoćna mehanizacija relevantna za proizvodni proces su kamioni za prevoz prskanog betona (slika 4.4.18) i mašina za ugradnju prskanog betona (slika 4.4.19.), oprema za održavanje transportnih trasa (grejderi (slika 4.4.20) i auto cisterna), servisni kamioni (pokretne radionice, prevoz maziva i drugih fluida) (slici 4.4.21), kao i visinske radne platforme i viljuškari.

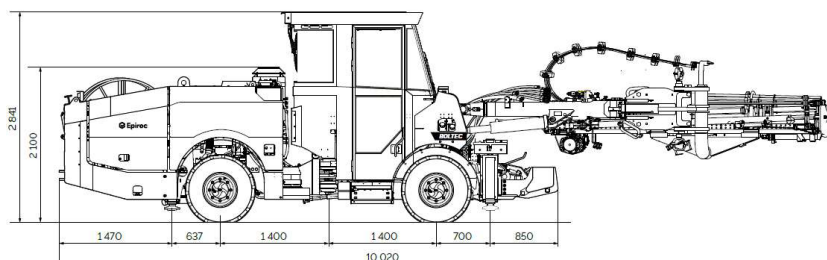
Za prevoz ljudi u podzemnom delu rudnika će se koristiti laka terenska vozila, a predviđeno je po jedno spasilačko i ambulantno vozilo. Dimenzije ambulantnog vozila će biti takve da će se moći navesti u glavni izvozni koš izvozne mašine, kako bi se eventualni povređeni što brže izveo iz jame i doveo do lekara.

Oprema i vozila koji su navedeni sa proizvođačem i modelom treba prihvatiti sa rezervom pošto će investitor konačnu odluku o nabavci opreme doneti naknadno.

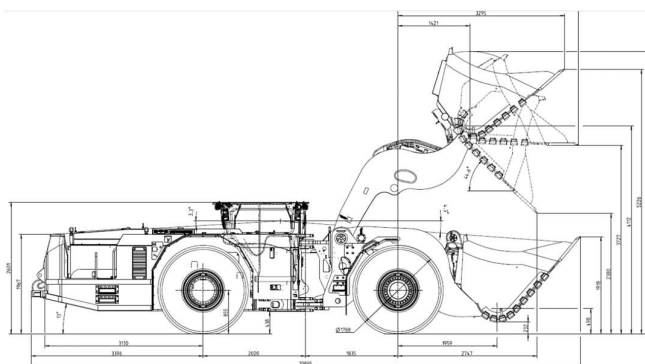

**Slika 4.4.12. Bušača kola tipa Epiroc Boomer S2, sa dve bušače grane**



**Slika 4.4.13.** Bušaća kola tipa Epiroc Simba M4



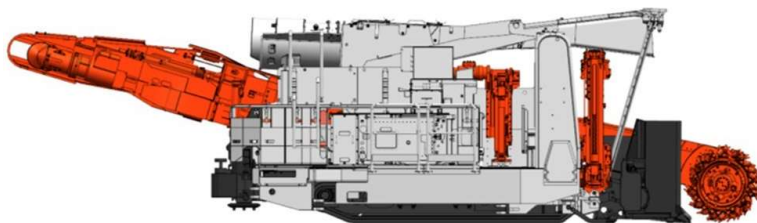
**Slika 4.4.14.** Mašina za ugradnju viseće podgrade tipa Epiroc Boltec S



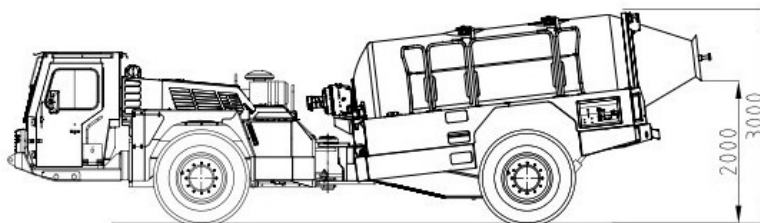
**Slika 4.4.15.** Utovarna mašina tipa Epiroc ST14 (verzija sa baterijama)



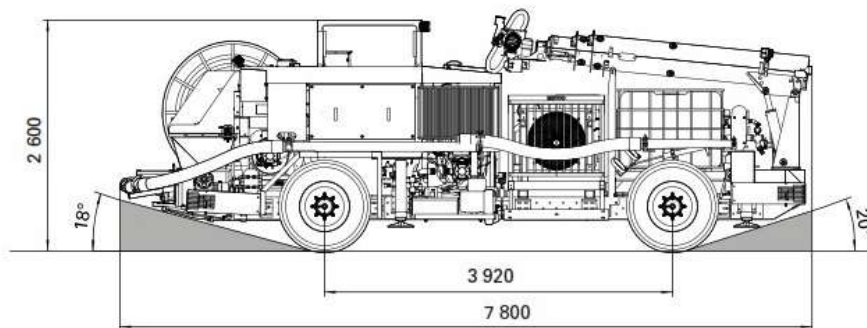
**Slika 4.4.16.** Jamski kamion tipa Epiroc Minetruck MT42 Battery



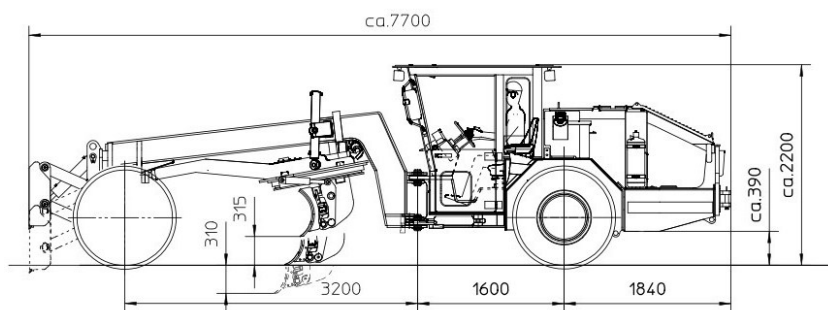
**Slika 4.4.17.** Continuous Bolter Miner (CBM) tipa Sandvik MB 670-1, pogled sa strane



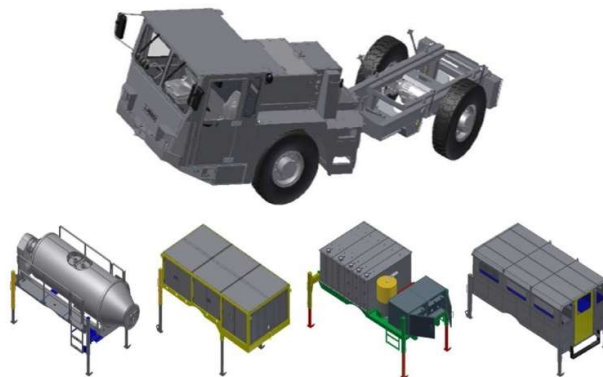
**Slika 4.4.18.** Kamion za transport prskanog betona tipa Normet LF 600 Transmixer



**Slika 4.4.19** Dimenzije mašine za ugradnju prskanog betona tipa Epiroc Meyco ME 3



**Slika 4.4.20.** Grejder tipa PG10HA



**Slika 4.4.21.** Servisni kamion tipa Paus Universa 50, sa zamenljivim kasetama

Vozilo za transport i punjenje bušotina sa eksplozivom namenjeno je za transport eksploziva od jamskog magacina eksploziva do mesta miniranja. U sadašnjoj fazi razvoja projekta Jadar i izrade planova budućeg rudnika sa podzemnom eksploatacijom ispituju se različita eksplozivna sredstva koja će se koristiti za primenu u otkopima i na radilištima izrade podzemnih prostorija. Planirana je izrada jamskog magacina eksploziva, sa procenjenim kapacitetom skladištenja od 50t. Vozilo za punjenje bušotina eksplozivom – platforma koje odgovara zahtevima projekta jadar je Normet Charmec MC 605 DA, prikazano na slici 4.4.20.



**Slika 4.4.22.** Vozilo za transport i punjenje bušotina eksplozivom tipa Charmec MF 605 DA

Laka jamska vozila će se koristiti za prevoz nadzornog osoblja, održavalaca i radnika koji rade na proizvodnji. Ova vozila mogu biti uobičajena terenska vozila za rudarsku industriju sa pogonom na svim točkovima i opremljena za korišćenje u uslovima podzemne eksploatacije ili namenska vozila. U sadašnjoj fazi razvoja projekta, za navedene poslove je planirana primena višenamenskog trenskog vozila kao što je Paus Minca 18A (predviđeno i kao ambulantno vozilo, koje se može prevesti glavnim košem izvozne mašine) i John Deer Progator 2030A (slika 4.4.23.).



Servisno vozilo tipa  
Paus Minca 18A



Servisno vozilo tipa John  
Deer Progator 2030A



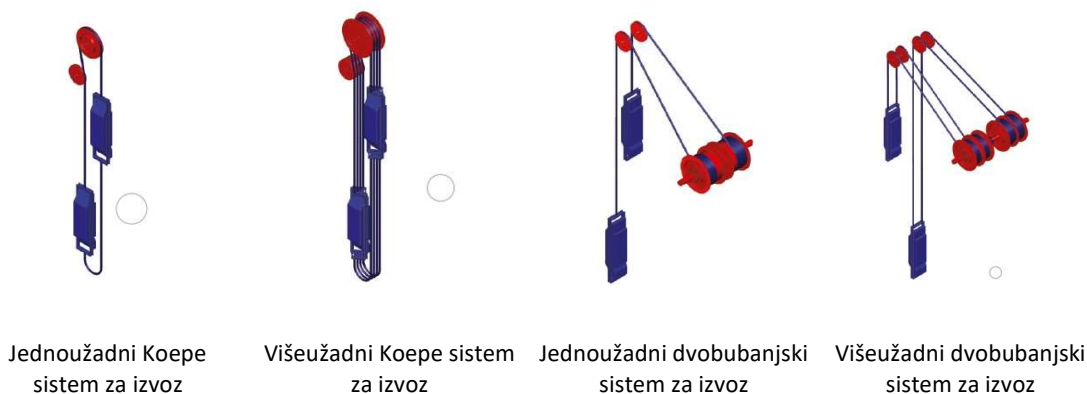
Ambulantno vozilo tipa  
Paus Minca 18A

**Slika 4.4.23.** Laka vozila predviđena za rad u rudniku Jadar

Ostala pomoćna mehanizacija predviđena za rad u podzemnom delu rudnika Jadar, u sadašnjoj fazi razvoja projekta, su lake utovarne mašine tipa Caterpillar 914M (3 do 4 komada) ili Volvo L90H (3 komada), platforme za rad na visini tipa Normet Utilift MF 540 (1 komad) i JLG E300 AJP (2 komada), električni viljuškar tipa Toyota 7FBCU55 (2 komada) i 2 komada mobilnih generatora MPM8-300.

#### 4.4.6. Izvoz materijala i ljudi

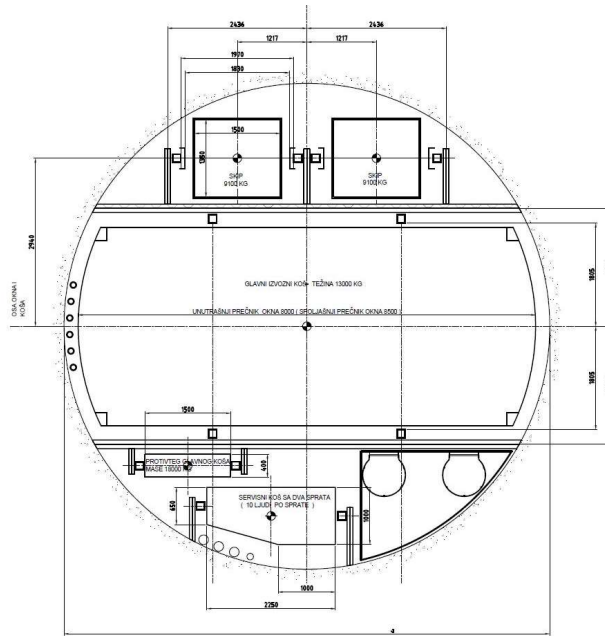
Prosečna proizvodnja u rudniku litijuma i bora Jadar je 1.600.000 t, sa ukupnim obimom otkopavanja od 2.200.000 t uključujući i jalovinu. Na osnovu prethodnih proračuna i podataka sa kojima se raspolagalo, planirano je da izvozni sistem sa skipovima radi 335 dana godišnje i 20 sati dnevno. Pored ovoga, planirano je da se rad odvija u 3 smene i to tako da se zamena smena obavlja na navozištu okna zbog efikasnije organizacije rada. Tokom svake smene planirana je pauza u trajanju od jednog sata na sredini smene, a uračunaće se još pola sata za odlazak radnika na radilišta na početku smene i povratak sa radilišta na kraju smene, tako da će efektivno smensko radno vreme biti 6,5 sati. Na osnovu prethodnih iskustava i preporuka proizvođača opreme za izvoz, za rudnike slične rudniku litijuma i bora Jadar, moguće je da se za izvoz rude, ljudi i repromaterijala koristi izvozni sistem sa cilindričnim bubnjevima (dva cilindrična bubnja), mada je za ovakav tip rudnika moguće koristiti izvozno postrojenje sa Koepe sistemom. Na slici broj 4.4.24. prikazani su Koepe sistem (jednoužadni i višeužadni) i sistem sa dva cilindrična bubnja (jednoužadni i višeužadni).



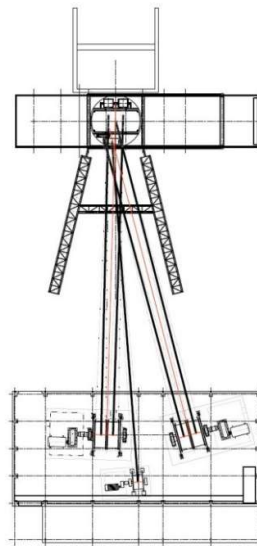
**Slika 4.4.24.** Koepe sistem (jednoužadni i višeužadni) i sistem sa dva cilindrična bubnja (jednoužadni i višeužadni).

Projekat predviđa izradu dva okna i to: Proizvodnog okna i Ventilacionog okna. Proizvodno okno će biti finalnog prečnika 8,5 m. U njemu će se nalaziti: izvozna mašina za izvoz rude i jalovine skipovima, izvozna mašina za transport ljudi i repromaterijala izvoznim košem i izvozna mašina za pomoćni koš za transport ljudi i repromaterijala i inspekciju okna. Šema rasporeda skipa i dva koša u proizvodnom izvoznom oknu je prikazana na slici 4.4.25.

Izvozne mašine za sva tri izvozna postrojenja se nalaze na površini u rudničkom krugu. Sastavni deo izvoznih mašina se deli na radni deo i opremu sa upravljačkim delom. Oba ova dela se nalaze u zgradi izvozne mašine koje su različite za sva tri izvozna sistema. Raspored izvoznih mašina prikazan je na slici 4.4.26.



**Slika 4.4.25..** Šematski prikaz elemenata proizvodnog okna

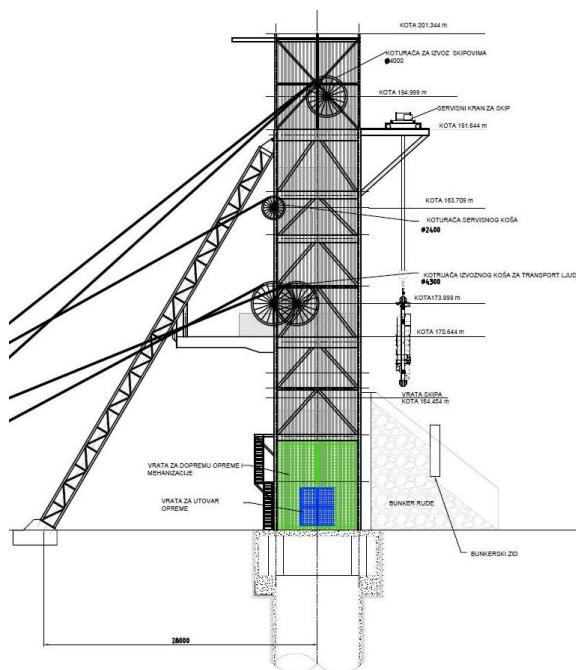


**Slika 4.4.26.. Raspored izvoznih mašina za izvoz u rudniku**

#### 4.4.6.1 Izvozni toranj i elementi izvoznog tornja

Izvozni toranj je karakterističan izvozni objekat na odvozištu, koji se postavlja iznad okna, a čija je namena uspostavljanje veze između izvoznih sudova koji se kreću po oknu i izvozne mašine. Izvozni toranj prima eksploataciona opterećenja koja se javljaju tokom rada izvoznog sistema preko toranjskih koturača. Izvozni toranj mora biti tako izveden i konstruisan da se omogući njegova trajna i sigurna upotreba. Izvozni toranj i temelji moraju primiti sva pogonska i vanredna opterećenja koja mogu nastati u toku rada. Konstrukcija tornja mora biti čelična, armirano betonska ili od prenapregnutog betona.

Na slici 4.4.27. prikazan je izvozni toranj sa opremom na njemu i dispoziciji elemenata tornja.



Slika 4.4.27. 28 Dispozicija servisnog koša u jami

## 4.5. Ventilacija rudnika

### 4.5.1. Opis osnovne koncepcije sistema provetravanja rudnika

Ležište Jadar je otvoreno sa dva okna: izvoznim oknom, prečnika  $d=8,5$  m, od kote 147,3 m do kote -286,1 m i ventilacionim oknom, prečnika  $d=6,5$  m, od kote 149,9 m do kote -230,5 m. Okna su locirana na zapadnoj granici ležišta. Podzemni infrastrukturni objekti se u najvećem obimu nalaze raspoređeni oko izvoznog okna na nivou k -230,5 m. Prostorijama osnovne pripreme ležište Jadar je otvoreno krilno prema severozapadu i istoku. Svako od krilnog dela ležišta je podeljeno u određen broj panela, uglavnom po pružanju ležišta, u cilju pripreme ležišta za formiranje otkopa u panelima. Konfiguracija podzemnog proizvodnog sistema eksploatacije ležišta Jadar prikazana je na slici 4.1.1.

Sistem ventilacije rudarskih radova na eksploataciji ležišta litijuma i bora Jadar je planiran i projektovan kao depresiono provetravanje koje se ostvaruje setom glavnih rudničkih ventilatora u depresionom radu instaliranim na površini terena nad glavnim ventilacionim oknom. Osnovna koncepcija sistema razvođenja vazduha se sastoji u uvođenju sveže vazdušne struje u rudnik kroz izvozno okno do prostorija osnovne pripreme, kojima se krilno sveža vazdušna struja distribuira na dva nivoa do proizvodnih panela sa otkopima i prostorija pripreme u fazi izrade. Krilna osnovna priprema se izvodi sa po tri para prostorija na dva nivoa od kojih su dva para prostorije za vođenje sveže vazdušne struje a jedan za vođenje istrošene. Razvođenje vazduha do proizvodnih otkopa sa pripremnim i eksploatacionim radovima vrši se preko prostorija duž projektovanih panela na dva nivoa koji prate krovinu i podinu ležišta. Povratna vazdušna struja (istrošeni vazduh) iz navedenih proizvodnih panela i panela u pripremi se vodi preko para ventilacionih prostorija osnovne pripreme prema glavnom ventilacionom oknu. Ukupna istrošena vazdušna struja se pomoću glavnih rudničkih ventilatora ispušta u atmosferu kroz ventilaciono okno. Provetravanje otkopnih hodnika i pripremnih radova vrši se separatno kompresionim načinom.

Raspodela količina vazduha u ventilacionom sistemu se ostvaruje ugradnjom prigušivača (regulatora protoka) u svežoj i povratnoj vazdušnoj struji kako bi se osiguralo da svaki aktivni nivo u sistemu dobija potreban protok vazduha za angažovanu opremu/aktivnost. Postojanje dve odvojene sveže vazdušne struje

u ventilacionom sistemu obezbeđuje dodatni nivo bezbednosti za rudarske aktivnosti što u velikoj meri može pomoći u hitnom izlasku ukoliko to postane neophodno iz bilo kog razloga.

Strategija automatskog upravljanja ventilacijom radova na eksploataciji ležišta Jadar planirana je prema konceptu „ventilacije na zahtev“ (Ventilation on demand). Koncept ventilacije na zahtev ima za cilj inteligentno i kontrolisano snabdevanje vazduhom pojedinih delova rudničkog ventilacionog sistema potrebnim količinama vazduha u određenom vremenu. U primeni koncepta ventilacije na zahtev posebna pažnja je posvećena:

- identifikovanju zahteva za vazduhom u funkciji različitih izvora emisija u ventilacionom sistemu za čije je razređenje potrebna određena količina vazduha,
- podešavanju i regulaciji raspodele vazduha u ventilacionom sistemu pomoću podesivih glavnih ventilatora, separatnih ventilatora, regulatora protoka i ventilacionih vrata,
- određivanju tipa, broja i rasporeda uređaja za merenje protoka vazduha, koncentracije gasova i koncentracije prašine.

Projektno rešenje i scenarija ventilacije rudnika za potrebe Studije su razvijena korišćenjem softverskog paketa VentSim za modeliranje i projektovanje ventilacije rudnika.

Kriterijumi za projektovanje ventilacije rudnika, u okviru predmetne Studije, zasnovani su na srpskoj rudarskoj regulativi kao i međunarodno priznatim standardima i praksi u oblasti ventilacije rudnika. U tabeli 4.5.1 dat je prikaz određenih važnijih kriterijuma koji su korišćeni u planiranju i projektovanju ventilacije rudnika projekta Jadar.

**Tabela 4.5.1** Kriterijumi za projektovanje ventilacije rudnika u projektu Jadar

Opis	Vrednost	Izvor
Minimalna brzina strujanja vazduha u rudarskim prostorijama	0,5 m/s	Izabrana zbog toplotnog režima.
Maksimalna brzina strujanja vazduha u prostorijama za transport i redovan prolaz	8 m/s	Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina
Maksimalna brzina strujanja vazduha u ventilacionim prostorijama bez obzira na povremeni prolaz	10 m/s	Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina
Maksimalna brzina strujanja vazduha u izvoznom oknu	8 m/s	Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina
Maksimalna brzina strujanja vazduha u ventilacionom oknu	25 m/s	Brzina strujanja vazduha u vetrenim oknima, kanalima i bušotinama za provetravanje se ne ograničava prema srpskoj zakonskoj regulativi. Svetska rudarska praksa ograničava brzinu strujanja vazduha u ventilacionim oknima na 25 m/s zbog ekonomskih razloga.
Količina vazduha potrebna za za razblaženje izduvnih gasova rada dizel opreme	0.067m/s/kW	Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina
Temperatura vlažnog termometra atmosferskog vazduha	21,6°C	ASHRAE baza podataka
Temperatura suvog termometra atmosferskog vazduha	28,6°C	ASHRAE baza podataka
Maksimalna temperatura u podzemnim rudarskim prostorijama	25°C efektivne temperature	Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju uglja
Temperaturni gradijent	4,56°C na 100m	Podaci bušenja
Temperatura stena na površini terena	15,8°C	Podaci bušenja
Maksimalno dozvoljena koncentracija prašine u vazduhu, koja sadrži bor-oksidi	1mg/m <sup>3</sup>	SRPS Z.B0.001/1

Pri podzemnoj eksploataciji rude litijuma i bora posebna pažnja biće poklonjena upravljanju nivoom koncentracije prašine u rudarskim prostorijama zbog prisustva prašine rude bora. Srpski standard SRPS

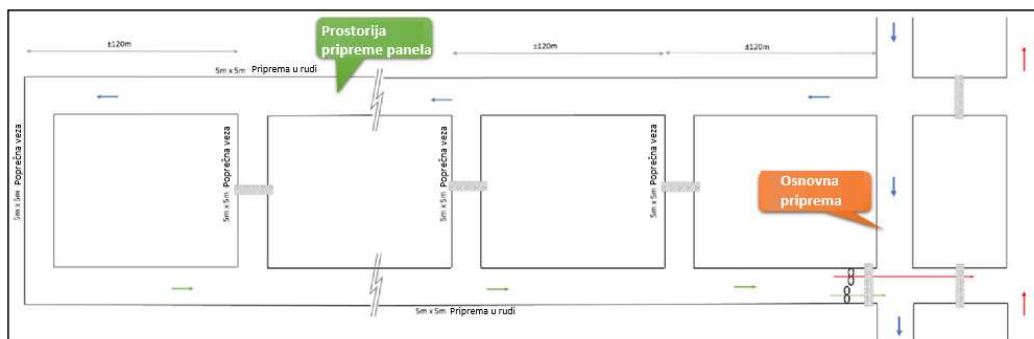
Z.B0.001/1 definiše vrednost maksimalno dozvoljene koncentracije prašine u vazduhu, koja sadrži bor-oksidi, od  $1 \text{ mg/m}^3$ . Prema postojećim istraživanjima, kod ljudi koji rade na radnim mestima sa pojavom prašine pri otkopavanju i preradi borata konstatovane su pojave iritacije sluzokože nosa, grla i očiju. Iriracija ne traje dugo nakon napuštanja lokacije sa pojavom prašine. Nisu identifikovani drugi efekti na zdravlje radnika. Može se pretpostaviti da prašina rude bora neće zahtevati poseban tretman u odnosu na standardnu praksu upravljanja prašinom u podzemnim rudnicima, što je uzeto u obzir pri planiranju i projektovanju ventilacije.

Pri eksploataciji i preradi rude litijuma i bora na projektu Jadar biće vršen monitoring koncentracije prašine sa planom mera za sprečavanje stvaranja i obaranje prašine iz vazduha na radnim mestima. Posebna pažnja posvećena je upravljanju koncentracijama prašine oko Continuous Bolter Miner-a gde se zahteva ugradnja ventilatora za usisavanje vazduha i skruber sistem za otprašivanje na vozilu, zavisno od uslova. Bez ovih sistema, minimalne brzine vazduha u prostorijama u kojima radi navedena oprema bi trebalo povećati na  $1 \text{ m/s}$  zbog emisije prašine, što predstavlja dodatno ograničenje za sistem ventilacije.

#### 4.5.2. Konceptcija ventilacije panela

U cilju procene potrebne količine vazduha za ventilaciju rudarskih aktivnosti tokom proizvodnog ciklusa rudnika, potrebno je analizirati strategiju ventilacije panela kao i zahteve za protokom vazduha različitih rudarskih aktivnosti. U zavisnosti od vrste aktivnosti koja se realizuje u panelu, ventilacija panela će zahtevati različite konfiguracije ventilacije i različite količine vazduha po panelu i po nivou.

Izrada prostorija pripreme panela se vrši Continuous Bolter Miner-ima na elektro-pogon. Ona obuhvata izradu prostorija duž panela na oba nivoa kao i izradu veznih poprečnih prostorija u panelu. Svaki panel će biti u potpunosti razvijen pre nego što započne proizvodnja. Primer potpuno razvijenog panela prikazan je na slici 4.5.1.



Slika 4.5.1. Primer razvijenog panela pre početka otkopavanja (proizvodnje) rude

Kako se sa slike 4.5.1. može videti, sveža vazдушna struja ulazi iz bliže prostorije osnovne pripreme u jednu prostoriju duž panela. Istrošena vazдушna struja se vraća kroz paralelnu prostoriju duž panela na istom nivou. Na kraju prostorije izlazne vazdušne struje iz panela ugrađena je pregrada sa dva ventilatora i čeličnim cevovodima prečnika  $d=1,4 \text{ m}$  kroz pregradu. Jednim ventilatorom se izlazna vazдушna struja ponovo vodi u svežu, ako u panelu ne radi dizel oprema ili nije bilo miniranja. Ukoliko se vrši provetravanje radova na utovaru dizel utovaračem ili posle miniranja u panelu, drugi ventilator se uključuje i vodi vazduh direktno u glavnu izlaznu vazдушnu struju. Protok vazduha kroz panel se omogućava zatvaranjem poprečnih veznih prostorija vetrenim vratima po potrebi kako bi se izbegli kratki spojevi svežeg i istrošenog vazduha.

#### 4.5.3. Potrebna količina vazduha za provetravanje rudnika

Primena opreme na dizel pogon pri izvođenju rudarskih radova predstavlja osnovni i preovlađujući kriterijum za određivanje potrebne količine vazduha za ventilaciju rudnika. U slučaju planiranja ukupne potrebne količine vazduha za provetravanje radova na eksploataciji ležišta Jadar, primarni zahtevi ne uzimaju u obzir samo razređenje izduvnih gasova dizel motora na osnovu broja i rasporeda opreme na dizel pogon, već se u razmatranje uzima u obzir i raspodela vazduha za aktivne panele u ležištu, gubici vazduha

u sistemu kao i potrebna količina vazduha za provetravanje pojedinih infrastrukturnih objekata. Potrebna količina vazduha za provetravanje rudnika planirana je na osnovu sledećih kriterijuma:

- broja i karakteristika opreme na dizel pogon (razređenje izduvnih gasova),
- broj aktivnih otkopa/panela i aktivnosti,
- minimalne brzine strujanja vazduha,
- potrebnog vazduha za hlađenje emisija toplote primenjene opreme (dizel/elektro).

Količina vazduha potrebna za provetravanje rudarskih prostorija po kW snage primenjene opreme na dizel pogon prema Pravilniku o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina (član 250) iznosi  $4 \text{ m}^3/\text{min}/\text{kW}$  ( $0,067 \text{ m}^3/\text{s}/\text{kW}$ ).

Imajući u vidu planirane kapacitete otkopavanja rude i dinamiku eksploatacije u proizvodnom ciklusu eksploatacije ležišta Jadar u planiranju ventilacije rudnika izdvojene su tri karakteristične godine:

2029. godina: prva godina nakon podizanja kapaciteta proizvodnje (blizu infrastrukture izvoznog okna),

2040. godina: maksimalna proizvodnja (dalje od infrastrukture izvoznog okna),

2046. godina: prva godina ujednačenog kapaciteta proizvodnje uz maksimalno planirane aktivnosti.

Ukupna količina vazduha za ventilaciju radova po pojedinim godinama eksploatacije ležišta Jadar prema navedenom normativu prikazana je u tabeli 4.5.2. U tabeli 4.5.2 pri proceni potrebne ukupne količine vazduha planirani su gubici vazduha u sistemu u obimu dodatnih 20 % vazduha kao i količina od  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  vazduha za provetravanje magacina eksploziva, skladišta goriva i prostorija za boravak.

**Tabela 4.5.2.** Količina vazduha potrebna za provetravanje rudarskih prostorija po kW snage primenjene opreme na dizel pogon

Oprema	Broj			Motor	Snaga (kW)	Uobičajeno iskorišćenje	$Q_{\text{vazd}}/\text{kW}$	$Q_{\text{vazd}}$		
	2029	2039	2046					2029	2039	2046
CBM	3	2	1	Electric	0	1	0,067	0,0	0,0	0,0
Utovarač	7	7	6	Tier IV	250	1	0,067	117,3	117,3	100,5
Kamion	7	7	6	Electric	0	1	0,067	0,0	0,0	0,0
Bušača kola – priprema	5	5	5	Tier IV	90	0,5	0,067	15,1	15,1	15,1
Bušača kola – otkopi	3	3	3	Tier IV	115	0,5	0,067	11,6	11,6	11,6
Bušača kola – podgrada (sidra)	2	2	2	Tier IV	95	0,5	0,067	6,4	6,4	6,4
Vozilo za torkretiranje	3	4	2	Tier IV	56	0,75	0,067	8,4	11,3	5,6
Mešalica	3	4	2	Tier IV	168	0,75	0,067	25,3	33,8	16,9
Grejder	3	3	3	Tier IV	105	1	0,067	21,1	21,1	21,1
Vozilo za punjenje bušotina ekspl.	2	3	3	Tier IV	119	0,5	0,067	8,0	12,0	12,0
Servisni kamion	3	4	4	Tier IV	104	0,75	0,067	15,7	20,9	20,9
ITC – utovarna mašina	3	4	4	Tier IV	74	0,25	0,067	3,7	5,0	5,0
Platforma za rad na visini	1	1	1	Tier IV	119	0,75	0,067	6,0	6,0	6,0
Oprema za izradu slepih okana	0	0	0	Tier IV	100	0,75	0,067	0,0	0,0	0,0
Utovarna mašina	3	3	3	Tier IV	137	1	0,067	27,5	27,5	27,5
Vozilo za prevoz ljudi	0	0	0	Tier IV	90	0,3	0,067	0,0	0,0	0,0
Ambulantno vozilo	1	1	1	Tier IV	90	0,1	0,067	1,8	1,8	1,8
Laka vozila	5	8	8	Tier IV	90	0,5	0,067	15,1	24,1	24,1
Servisno vozilo	7	7	7	TBA	16.5	0,8	0,067	3,9	3,9	3,9
Portabilni generator	2	2	2	Tier IV	15	0,75	0,067	1,5	1,5	1,5
Platforma	2	2	2	Electric	0	0,2	0,067	0,0	0,0	0,0
Viljuškar na elektro pogon	2	2	2	Electric	0	0,2	0,067	0,0	0,0	0,0
<b>Σ</b>	<b>66</b>	<b>73</b>	<b>66</b>				<b>Σ</b>	<b>288,3</b>	<b>319,0</b>	<b>279,8</b>
<b>Gubici vazduha (20%)</b>								<b>57,7</b>	<b>63,8</b>	<b>56,0</b>
<b>Ukupno</b>								<b>346</b>	<b>382,8</b>	<b>335,8</b>
<b>Određeni podzemni infrastrukturni objekti</b>								<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
<b>Ukupno</b>								<b>406,</b>	<b>442,8</b>	<b>395,8</b>

Za kriterijum minimalne brzina strujanja vazduha u rudarskim prostorijama, pri razmatranju ventilacije panela i ostalih podzemnih prostorija u ležištu, usvojena je vrednost od  $0,5 \text{ m/s}$ , vodeći računa da je

navedena brzina strujanja vazduha iznad vrednosti minimalnih zahteva Pravilnika o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalčnih i nemetalčnih mineralnih sirovina.

Pri modeliranju i analizi ventilacije rudnika u funkciji obezbeđivanja zahtevanih temperaturnih uslova u budućem rudniku, kao kriterijum klimatskog komfora uzeta je efektivna temperatura u opsegu od 10 do 25 efektivnih stepeni.

#### 4.5.4. Modeliranje distribucije protoka vazduha

U cilju definisanja maksimalnih zahteva ventilacije podzemnih rudarskih prostorija tokom razvoja projekta izgradnje i rada rudnika Jadar identifikovane su tri ključne tačke fizičkog razvoja rudnika koje su od značaja za planiranje sistema ventilacije:

2029. godina: prva godina nakon podizanja kapaciteta proizvodnje,

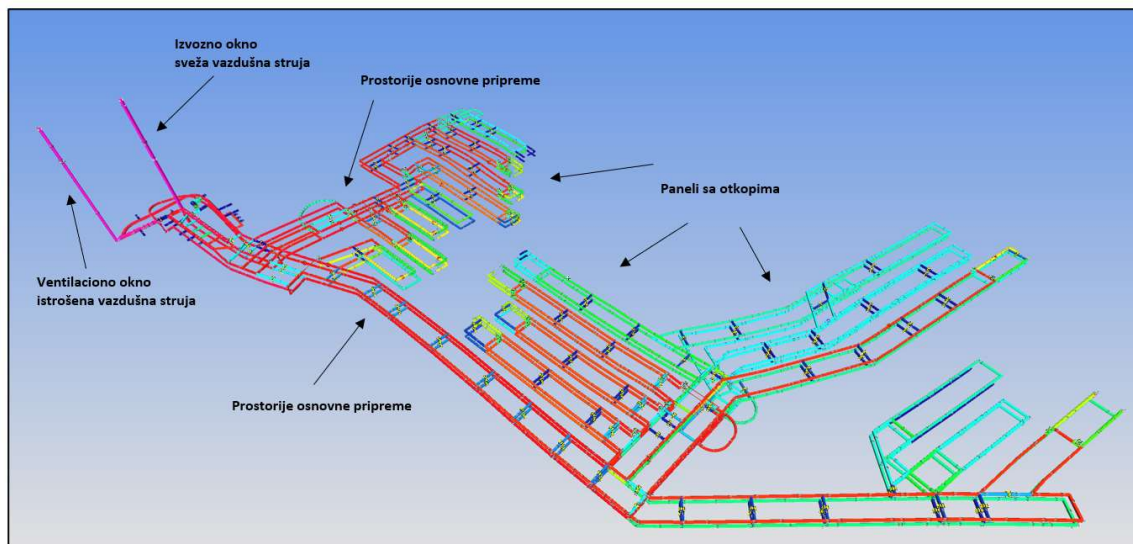
2040. godina: maksimalna proizvodnja,

2046. godina: prva godina ujednačenog kapaciteta proizvodnje.

U svakoj analiziranoj fazi razvoja rudnika, raspodela protoka vazduha modelirana je prema zahtevima za potrebnim količinama vazduha.

Konceptija sistema razvođenja vazduha za provetravanje planiranih rudarskih radova u projektu Jadar u 2029. godini se sastoji u uvođenju sveže vazdušne struje u rudnik kroz izvozno okno do prostorija osnovne pripreme kojima se krilno sveža vazdušna struja vodi na dva nivoa do proizvodnih panela sa otkopima i prostorija pripreme u izradi. Krilna osnovna priprema se izvodi sa po dve prostorije na svakom od nivoa od kojih je po jedna prostorija na nivou za vođenje sveže a druga prostorija istrošene vazdušne struje. Razvođenje vazduha do proizvodnih otkopa sa pripremnim i eksploatacionim radovima vrši se preko prostorija izrađenim duž projektovanih panela na dva nivoa koji prate krovinu i podinu ležišta. Planirano je provetravanje ukupno 8 aktivnih panela na otkopavanju rude na oba krila ventilacionog sistema i 4 radilišta na pripremnim radovima. Provetravanje otkopnih hodnika i pripremnih radova vrši se separatno kompresionim načinom.

Povratna vazdušna struja iz proizvodnih panela i panela u pripremi vodi se preko para ventilacionih prostorija osnovne pripreme prema glavnom ventilacionom oknu. Za provetravanje planiranih rudarskih radova u 2029. godini u skladu sa zahtevima broja aktivnih otkopa/panela i rudarskih aktivnosti koje se realizuju potrebno je 400 m<sup>3</sup>/s vazduha (slika 4.5.2.).



Slika 4.5.2. Prikaz sistema ventilacije u 2029. godini

Raspodela količina vazduha u ventilacionom sistemu se ostvaruje ugradnjom prigušivača (regulatora protoka) u svežoj i povratnoj vazdušnoj struji kako bi se osiguralo da svaki aktivni nivo u sistemu dobija potreban protok vazduha za angažovanu opremu/aktivnost.

Ventilaciono okno (okno izlazne vazdušne struje) je opremljeno košem za hitni izlazak iz rudnika i glavnom ventilatorskom stanicom na površini sa glavnim i rezervnim rudničkim ventilatorima.

Predloženo projektno rešenje podrazumeva ventilaciono okno kao namensku prostoriju za ventilaciju tokom planiranih rudarskih operacija. Ključni razlog ovog operativnog rešenja je taj što bi sa većom dimenzijom ventilacionog okna brzine vazduha u ventilacionom oknu pale u raspon moguće pojave suspenzija kapljica vode (7-12m/s) (McPherson, 2018).

Sistem ventilacije rudnika je povezan sa sistemom za monitoring a upravljenje ventilacionim sistemom se bazira na konceptu ventilacije po zahtevu (potrebama) u realnom vremenu. Navedeni model upravljanja ventilacijom rudnika će obezbediti upravljanje brzinama protoka vazduha prema planu upravljanja ventilacijom u predviđenim situacijama pa tako i u periodima eventualne vožnje i prolaska ljudi kroz ventilaciono okno.

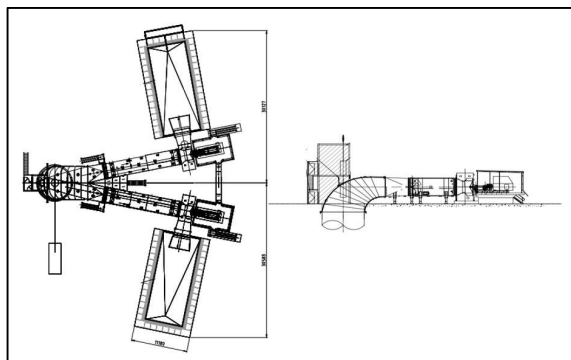
#### 4.5.5. Kapacitet i režim rada glavnih rudničkih ventilatora

U cilju obezbeđivanja podrške za varijacije u konfiguraciji sistema kao i fleksibilnosti u obimu angažovane opreme, predlaže se da glavno ventilatorsko postrojenje uključi pogon sa frekventnom regulacijom. Pogoni sa promenljivom frekvencijom, kada su upareni sa ventilatorima odgovarajuće veličine, omogućavaju maksimalnu operativnu fleksibilnost i energetska efikasnost za ventilacioni sistem. U tabeli 4.5.3 prikazane su procenjene radne tačke glavnih ventilatora za provetravanje rudarskih radova tokom izgradnje i rada rudnika Jadar.

**Tabela 4.5.3** Procenjene karakteristike ventilacionog sistema

Karakteristike ventilacionog sistema	Jedinica	Vrednost		
		2029	2040	2046
Protok vazduha kroz glavnu ventilatorsku stanicu	m <sup>3</sup> /s	400	450	500
Broj glavnih ventilatora	Broj	2	2	2
Protok vazduha po jednom glavnom ventilatoru	m <sup>3</sup> /s	200	225	250
Ukupni pritisak	kPa	1,9	2,7	4,2
Potrebna snaga po jednom glavnom rudničkom ventilatoru	kW	500	800	1400
Ukupna potrebna snaga glavnih rudničkih ventilatora	kW	1000	1600	2800
Ukupna instalisana snaga motora	MW	3,5 (2x1,75)		

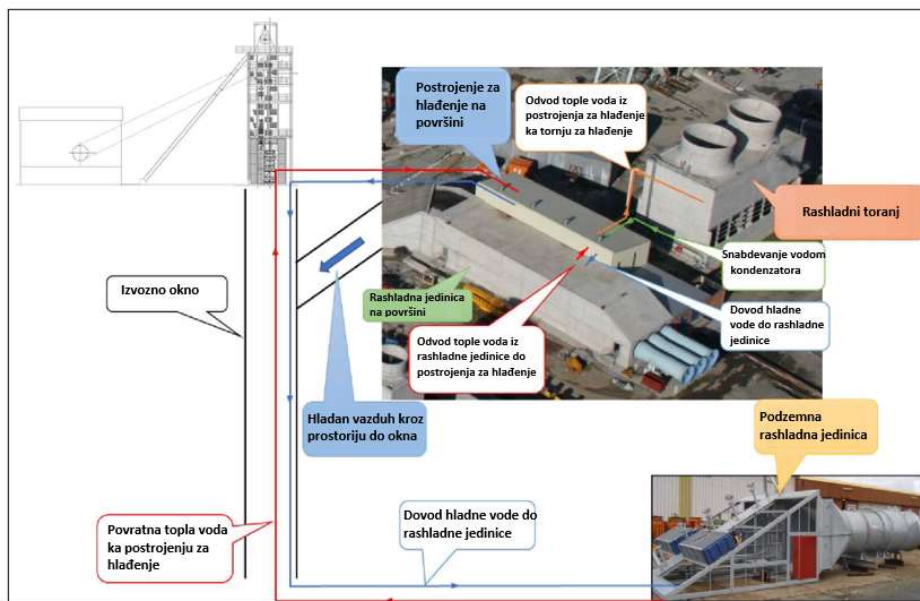
Na slici 4.5.3. prikazano je moguće rešenje bifurkacione ventilatorske stanice. Treba imati u vidu i da je ventilatorska stanica sa tri glavna ventilatora koja rade paralelno takođe moguća opcija koja bi rezultirala zahtevom za motorima manje pojedinačne snage (iako bi ukupna snaga ostala vrlo slična). Pored navedenog i prikazano rešenje horizontalnih položaja difuzora glavnih ventilatora ima alternativu u njihovom vertikalnom položaju. Sva ova pitanja biće konačno definisana u Glavnom rudarskom projektu.



Slika 4.5.3. Glavna ventilatorska stanica

#### 4.5.6. Konceptija sistema za hlađenje vazduha

Procene potreba za hlađenjem vazduha u cilju obezbeđivanja zahtevanih normativa za klimatske prilike u podzemnim rudarskim prostorijama dobijene su na osnovu rezultata modeliranja primenom softvera VentSim za procenu toplotnog opterećenja ventilacionog sistema. Analiza toplotnog opterećenja ventilacionog sistema je obuhvatila: autokompresiju vazduha, primenjenu oprema na dizel i elektro pogon, okoline stene kao izvor toplote, otkopani stenski material, vodu u pukotinama stena, instalirane separatne i pomoćne ventilatore kao i prirodni kapacitet hlađenja vazduha. Cilj planiranja ventilacije podzemnih rudarskih radova pri eksploataciji ležišta Jadar je da se osigura da efektivna temperatura vazduha ne prelazi 25°C, za šta će biti potrebno mehaničko hlađenje vazduha.



Slika 4.5.4. Prikaz konceptije rashladnog sistema

Ventilacionom sistemu rudnika će biti potrebno mehaničko hlađenje vazduha za upravljanje toplotnim režimom zbog strogih zahteva zakonske regulative (maksimalna efektivna temperatura od 25°C) i značajnog temperaturnog gradijenta stena u ležištu. Maksimalna potrebna snaga hlađenja vazduha procenjuje se na 21 MW rashladne snage, pri čemu će se hlađenje vazduha obezbediti kombinacijom postrojenja za hlađenje ukupne količine vazduha na površini terena i rashladnim jedinicama u podzemnim prostorijama određenih područja rudnika. Predviđeno je da postrojenje za hlađenje vazduha na površini terena (približno 10MW snage) bude opskrbljeno rashlađenom vodom iz površinskog rashladnog postrojenja radi hlađenja vazduha

na oko 8 °C temperature vlažnog termometra. Pored postrojenja za hlađenje vazduha na površini terena, predviđene su i 3 podzemne rashladne jedinice snage po 4MW, koje će se iz površinskih rashladnih mašina snabdevati rashlađenom vodom. Na slici 4.5.4. dat je grafički prikaz predložene koncepcije rashladnog sistema. Godišnja procena potreba za hlađenjem vazduha za provetravanje rudarskih radova izražena kao procenat instaliranog rashladnog kapaciteta data je u tabeli 4.5.4.

**Tabela 4.5.4** Godišnja procena potreba za hlađenjem vazduha

Sezona	Temperatura atmosferskog vazduha (°Cvt/st)	% instalisanog kapaciteta hlađenja
Leto	21,5/28,5	90 – 100
Zima	6,3/8,3	0 – 10
Jesen	15,8/19,8	65 – 75
Proleće	13,3/18,6	50 – 60

## 4.6. Odvodnjavanje rudnika

Osnovna koncepcija sistema odvodnjavanja rudnika bazira se na zaštiti podzemnog rudnika od prodora vode iz spoljnih izvora, sakupljanju vode koja je prodrla u podzemno rudarsko okruženje i uklanjanje iste, opšteprihvaćenim metodama odvodnjavanja, do odgovarajućeg postrojenja, na površini, na dalji tretman.

Voda koja se pojavljuje u podzemnim prostorijama rudnika po pravilu se sakuplja i usmerava ka centralnim lokacijama (glavnim vodosabirnicima) primenom kanala, bušotina i cevovoda koji su postavljeni tako da spreče nakupljanje vode kao i da ograniče taloženje nečistoća (čvrstih čestica) u njoj. Objekti za upravljanje su vodosabirnici (glavni, etažni i sl.) i/ili rezervoari, koji moraju biti dovoljnog kapaciteta kako bi u slučaju nestanka struje ili kvara pumpe sprečili potapanje rudnika ili njegovih delova. Sva voda koja se pojavi u rudniku će se odgovarajućim pumpama ispumpavati na površinu. Glavni izvori dotoka vode u podzemni rudnik mogu biti: padavine – atmosferske vode, podzemne vode i servisne vode (voda iz operacija bušenja, kontrola zaprašenosti radne sredine i upotreba u radionicama).

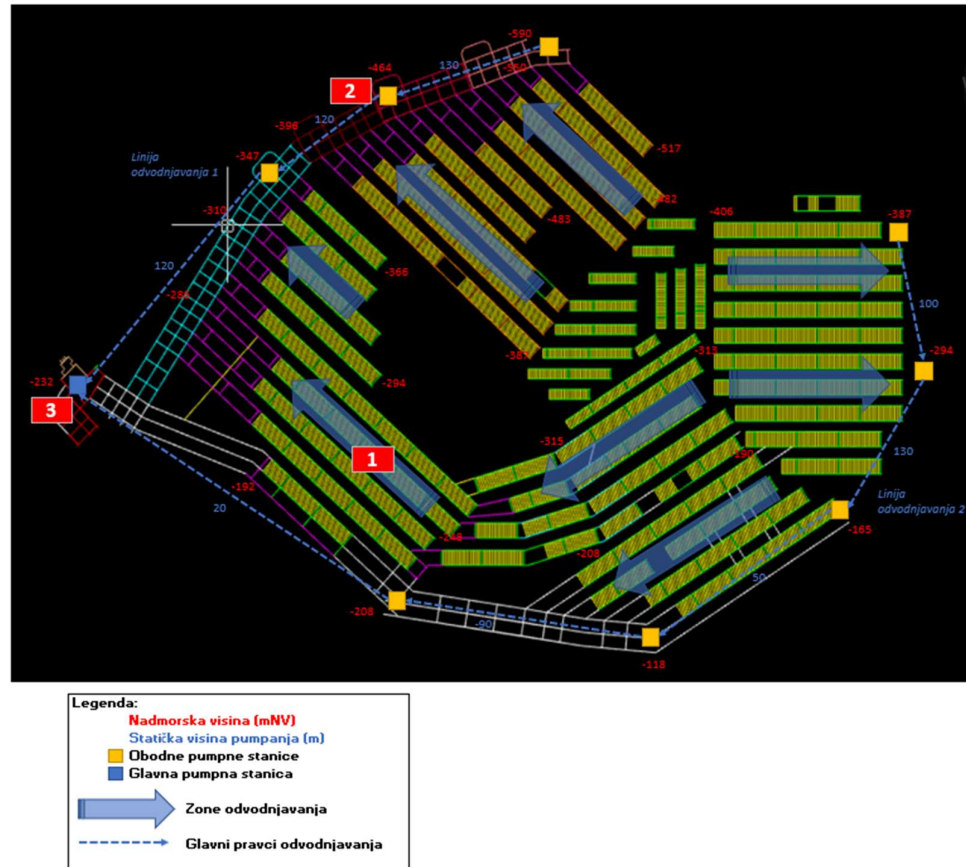
Potrebni kapaciteti pumpanja značajno će varirati tokom veka trajanja rudnika. Kako bi se nosio sa ovim varijacijama, sistem za odvodnjavanje rudnika mora biti tako projektovan da efikasno funkcioniše u širokom rasponu radnih uslova. Osnovna koncepcija odvodnjavanja podrazumeva ispumpavanje vode iz vodosabirnika kroz čelični cevovod, nominalnog prečnika 150 mm, koji je postavljen duž izvoznog okna, do postrojenja za tretman vode na površini. Uporedo sa razvojem rudarskih radova radi će se i vodosabirnici.

Osnovna koncepcija odvodnjavanja podrazumeva tri glavna dela, kako je to prikazano na slici 4.6.1.

- 1. Odvodnjavanje duž prostorija za pripremu otkopnih blokova – prostorije otkopne pripreme.** Pretpostavka je da će aktivno biti odvodnjavano do pet prostorija otkopne pripreme u jednom momentu, sa po maksimalno dve lokacije pumpanja po prostoriji. Dotoci vode će se cevovodima pumpati do ukrštanja sa najbližom prostorijom osnovne pripreme, na oba nivoa – gornjem i donjem, gde će oni biti spojeni na cevovode za odvodnjavanje postavljene duž obodnih prostorija – prostorija osnovne pripreme.
- 2. Odvodnjavanje duž obodnih prostorija – prostorije osnovne pripreme.** Obodne pumpne stanice će biti smeštene duž prostorija osnovne pripreme, na nižim nivoima. Stanice će se nalaziti u blizini pojedinih niskopa (rampi), u njihovom podnožju, koji povezuju gornji i donji nivo prostorija osnovne pripreme, na rastojanjima koja treba da obezbede približno jednake visine pumpanja. Stanice će zatim, uzastopnim pumpanjem, duž prostorija osnovne pripreme na donjem nivou, vodu sprovoditi do glavne pumpne stanice u podnožju izvoznog okna, usput sakupljajući vodu iz cevovoda za odvodnjavanja prostorija otkopne pripreme, na donjim nivoima. Na gornjim nivoima, cevovod duž prostorija osnovne pripreme vodu će sprovoditi, od ukrštanja sa cevovodima odvodnjavanja prostorija otkopne pripreme, na gornjem nivou, do prvog sledećeg niskopa

(rampe), a potom niz niskop do najbliže pumpne stanice, na donjem nivou prostorija osnovne pripreme.

3. **Glavno odvodnjavanje.** Svi dotoci vode u jami će biti usmeravani ka glavnoj pumpnoj stanici u blizini okna, odakle će se, cevovodom postavljenim duž okna, ispumpavati na površinu, na dalji tretman.



**Slika 4.6.1.** *Koncepcija odvodnjavanja*

Glavni sistem za odvodnjavanje rudnika sastoji se od: rezervoara na površini terena – u funkciji prihvata ispumpanih rudničkih voda; glavne pumpne stanice – za priхват svih voda iz jame; obodnih pumpnih stanica – za prihvat vode iz obodnih prostorija - prostorija osnovne pripreme i privremenih vodosabirnika – prikupljanje voda na nivoima prostorija otkopne pripreme.

#### 4.6.1. Potrošnja vode u podzemnom proizvodnom sistemu

Procena verovatnih potreba za vodom u podzemnom rudniku bazirana je na potrebama za pojedine rudarske aktivnosti tokom trajanja rudnika, uključujući upotrebu vode u vezi sa rudarskom mehanizacijom, suzbijanjem prašine i potrebama hlađenja.

Potrošnja vode u vezi sa planiranom rudarskom mehanizacijom bazira se na: potrošnji vode pojedine opreme – tipova mehanizacije (Tabela 4.6.1.) procenjene na osnovu podataka iz različitih izvora<sup>1</sup>, pomnožene sa ukupnim radnim satima opreme na nivou godine (računajući zastoje i iskorišćenje pojedine opreme).

Suzbijanja prašine duž transportnih puteva definisano je od strane RS, a potrebne količine vode su procenjene pretpostavljajući kombinaciju prskanja kamionom – cisternom za vodu i primenom vodenih

zavesa. Potrošnja vode za zavesu za obaranje i sprečavanje distribucije prašine, procenjena je na bazi preporuka u vezi sa primenom vazdušnih i vodenih sistema sa prskalicama za unapređenje kontrole prašine u rudnicima.

**Tabela 4.6.1. Procena potrošnje vode pojedinih tipova mehanizacije**

Tip opreme	Operativna potrošnja vode (m <sup>3</sup> /h)
Bušača kola za izradu podzemnih prostorija	9,7
Bušača kola – Proizvodno bušenje	10,4
Oprema za izradu slepih okana	5,4
Kombajn za izradu prostorija sa reznim valjkom (CBM)	5,4
Bušača kola – Ugradnja viseće podgrade	6,8
Oprema za prskani beton	1,1
Oprema za izradu vertikalnih otvora malog prečnika	5,4
Oprema za kontrolu kvaliteta rude	1,1

<sup>1</sup> De la Vergne, J. 2000. 'Hard Rock Miners Handbook', Stantec Consulting; Prostański, D. 2013. 'Use of Air-and-Water Spraying Systems for Improving Dust Control in Mines', Journal of Sustainable Mining, 12 pp.29-34; Atlas Copco (Epiroc). Various. Handbooks and publications for Underground Mine Equipment, Face Drilling, Production Drilling and 'Mining Methods in Underground Mining'; Kissell, F. N. 2003. 'Handbook for Dust Control in Mining', National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); Brune, J (ed). 2010. 'Extracting the Science – A Century of Mining Research', SME; Kinnonmonth, RJ and Baafi, EY (eds), 2009, 'Australasian Coal Mining Practice Monograph 12', Third edition, AusIMM.

Prosečna godišnja procenjena potreba za servisnom vodom tokom radnog veka rudnika doseže maksimalnih 81 m<sup>3</sup>/h u 2040. godini sa uračunatom potrošnjom rashladne vode za sistem ventilacije, ili 53 m<sup>3</sup>/h u 2029. godine, isključujući hlađenje.

#### 4.6.2. Tretman voda

Razmatrane su dve glavne mogućnosti za tretman (uključujući upravljanje talogom - sedimentom) vode koja se koristi u podzemnom rudniku:

- Podzemna kontrola sedimenta sa vodosabirnicima i/ili lamelarnim zgušnjivačima (uz daljnji tretman vode tamo gde je to potrebno) do nivoa prikladnog za njenu ponovnu upotrebu, a zatim ispumpanje suvišnih voda na površinu. Tretman podzemnih voda znatno je skuplji od opcija tretmana nadzemnih voda. Nadalje, podzemna obrada vode obično zahteva potpuno odvajanje „prljave“ vode (koja ističe iz aktivnih rudarskih područja) i „čiste“ vode (iz zona koje nisu rudarske), kako bi se optimizovali tokovi obrade vode. To zahteva dvostruko više cevovoda, što dovodi do dodatnih troškova i složenosti sistema. Međutim, dodatni troškovi se ponekad mogu anulirati mogućnošću raspolaganja servisnom vodom bez potrebe da se ista obezbeđuje sa površine terena, kao i nižim troškovima pumpanja čiste vode.
- Minimalno podzemno taloženje i ispumpanje svih podzemnih dotoka na površinu kao „prljave“ vode, pomoću pumpi sposobnih za pumpanje voda sa većim sadržajem čvrstih primesa (mulja), obrada vode na površini (izdvajanje taloga i postizanje određenog kvaliteta), a zatim vraćanje pročišćene rudarske vode pod zemlju radi potrošnje iste kao servisne vode.

RS je procenio ove mogućnosti i odabrao nadzemnu obradu podzemnih voda (opcija 2) kao preferiranu opciju. Opcija 2 takođe omogućuje jednostavniji konceptualni dizajn i troškove odvodnjavanja.

## 4.7. Priprema i distribucija zasipa

### 4.7.1. Recepture za pravljenje zasipnog materijala

Kada se želi pristupiti zasipanju otkopanih rudničkih prostora jedan od najvažnijih problema vezan je za iznalaženje recepture za mešanje različitih, što je moguće više otpadnih, materijala koji će obezbediti lak transport, sigurno razlivanje po rudničkoj komori, relativno brzo početno vezivanje i očvršćavanje te zadovoljavajuću trajnu čvrstoću. Dakle, materijal treba da bude transportabilan (pumpabilan), ali da odmah po izlasku iz cevovoda i razlivanju u predviđenom prostoru započne proces očvršćavanja, te da ne bude viška vode. Zbog ovoga je RioTinto izveo obimna ispitivanja u periodu od 2014 do 2020.g. Ukupno je testirano 145 različitih receptura koje su se razlikovale po tipu veziva koje je korišćeno (različiti cementi, leteći pepeo), po agregatima različite krupnoće i porekla (šljunak - 4 mm, kameni agregati krupnoće -14 mm i -31 mm, različiti otpadi), varirane su količine pojedinih materijala koji su ulazili u zasip (otpad iz PMS, otpad iz digestije, krečni mulj), a vršeni su i opiti sa vodama različitog sastava.

Sposobnost tečenja formirane mešavine (pumpabilnost) je ispitivana na testnim instalacijama (petljama) uz snimanje pada pritiska u zavisnosti od brzine mešavine i koncentracije čvrstog. Dodatno su ispitivani i različiti aditivi kako bi se popravila pumpabilnost.

Posle svih ispitivanja definisan je sastav zasipnog materijala kako je to prikazano u tabeli 4.7.1.

**Tabela 4.7.1 Sastav zasipne mešavine**

	Jedinica	Vrednost	
		Bez veziva	Sa vezivom
Agregat/pesak	%, maseno, suvo	57	53
PMS jalovina, pesak	%, maseno, suvo	30	28
Jalovina iz digestije	%, maseno, suvo	13	12
Vezivo	%, maseno, suvo		7
Masena koncentracija	% maseno	69	
Ubrzivač	%	3	
Napon smicanja	Pa	128 (u nekim opitima 170)	
Viskozitet	Pa.s	0,41	
Odnos voda:cement		4,39	
UCS, jednoaksijalna čvrstoća posle 28 dana	kPa	2013 (u nekim opitima 3732)	

Saglasno sastavu sačinjen je bilans masa za nominalni transportni (odlagališni) kapacitet od 165 m<sup>3</sup>/h, tabela 4.7.2.

**Tabela 4.7.2 Sastav zasipne mešavine**

	Pesak jalovine iz PMS	Otpad posle digestije	Agregat	Suvo vezivo	Mešavina zasipa	Voda/eluat (visoko učešće hlor)	ZASIP	Konso-lidovani zasip	Povratna voda	Voda od ispiranja
čvrsto (t/h)	73	32	138	18	261	-	261	261	-	-
voda (t/h)	21	6	7	-	33	36	69	65	4	30
ukupno (t/h)	94	37	146	18	295	36	331	326	4	30
čvrsto (m <sup>3</sup> /h)	27	20	50	6	103	-	96	96	-	-
voda (m <sup>3</sup> /h)	21	6	7	-	34	36	69	65	4	30
ukupno (m <sup>3</sup> /h)	48	26	57	6	137	36	165	161	4	30
Gustina mešavine (t/m <sup>3</sup> )	1,96	1,46	2,54	3,02	2,15	1,00	2,00	2,03	1,00	1,00
Masena koncentracija, %	78	85	95	100	89	0	79	80	0	0
Gustina čvrstog, t/m <sup>3</sup>	2,68	2,59	2,76	3,02	2,53	1,00	2,73	2,73	1,00	1,00
Učešće u mešavini, na bazi čvrstog %	28	12	53	7						



Očekivane maksimalne potrebe za popunjavanjem biće godišnje 796.000 m<sup>3</sup> za maksimalni kapacitet rude od 1,86 miliona tona. Godišnje potrebe za kamenim agregatom su oko 527.000 tona, a za cementom oko 74.000 tona. Ostalo otpada na jalovinu.

#### **4.7.2. Prikaz tehnološke šeme pripreme zasipa**

Tehnološka šema pri zasipa prikazana je na slici 4.7.1.

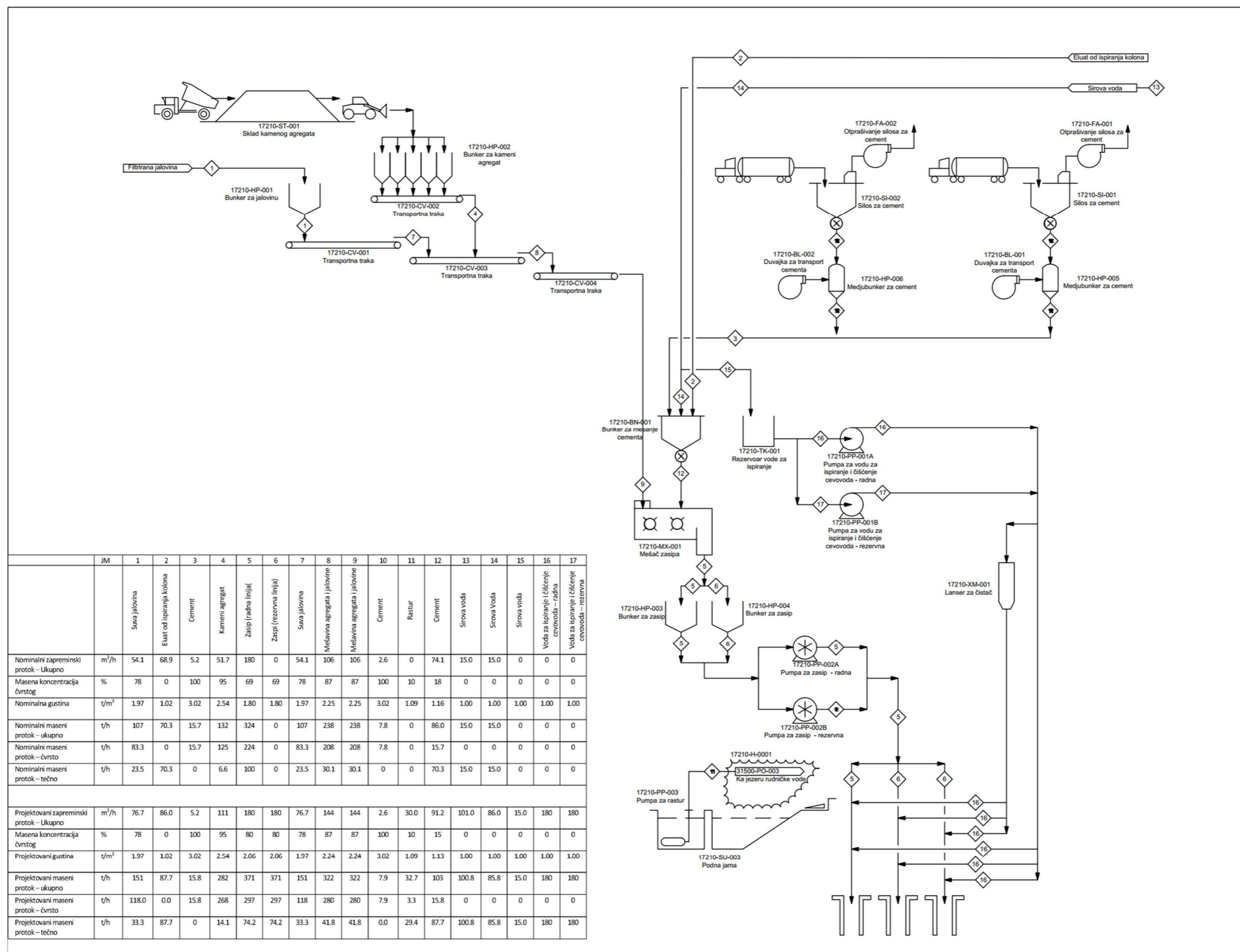
Saglasno podacima prikazanim u tabeli 4.7.1. zasip se priprema od peska jalovine iz postrojenja za pripremu rovne rude, najkrupnijih klasa otpada iz postrojenja za digestiju koncentrata jadarita, kamenog agregata krupnoće -4+0 mm, suvog veziva (cementa) i tečne faze (voda i eluat).

Cement se nabavlja od spoljašnjeg snabdevača, dovozi se specijalizovanim cisternama i skladišti u dva silosa, dok se kameni agregat i jalovina skladište na otvorenim skladovima.

Kameni agregat (krečnjak krupnoće -4+0 mm) se sa otvorenog sklada (poz. 17210-ST-001) utovarivačem prebacuje u silose (poz. 17210-HP-002), a skupna jalovina (iz postrojenja za PMS i za digestiju) sa svog otvorenog sklada (sklad je pokriven) u bunker (poz. 17210-HP-001).

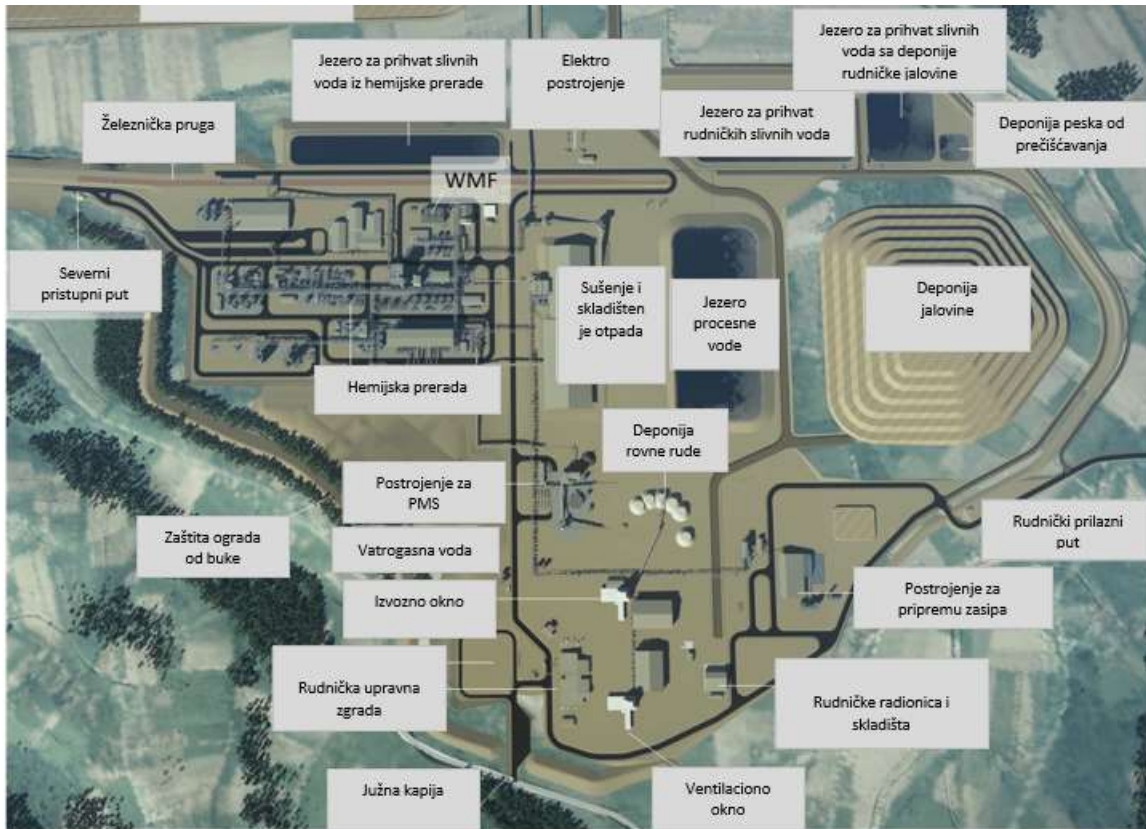
Sve četiri suve komponente se potom transportuju do mešača (poz. 17210-MX-001) u kojem se vrši njihovo mešanje i mešanje sa tečnom fazom do uspostavljanja karakteristika potrebnih za transport zasipa ka radilištima. Mešanje veziva i tečne faze sa kamenim agregatom i jalovinom obavlja se u dvoosnom mešaču, sa naizmenično postavljenim pedalama (poz. 17210-MX-001). Formirana mešavina se privremeno skuplja u bunkerima (poz. 17210-HP-003 i 004) odakle se gravitacijski kroz bušotine transportuje ka klipnim pumpama (poz. 17210-PP-002 A i B) koje mešavinu transportuju do radilišta. Pumpe rade u režimu: jedna radna i jedna rezervna. Transport zasipa obavlja se kroz 2 nezavisna čelična cevovoda ND200, od kojih je jedan radni, a jedan rezervni sa mogućnošću dogradnje još jednog cevovoda.

Priprema zasipa obavlja se u postrojenju koje je locirano na površini, istočno od proizvodnog okna u blizini istočne ulazne kapije, a pripremljena mešavina se kroz bušotine spušta ka radilištima. Situacioni položaj postrojenja u odnosu na druge rudarske objekte i objekte površinskog dela postrojenja prikazana je na slici 4.7.2. Prostor predviđen za smeštaj otvorenih skladova i opreme ima dimenzije 88x141 m.

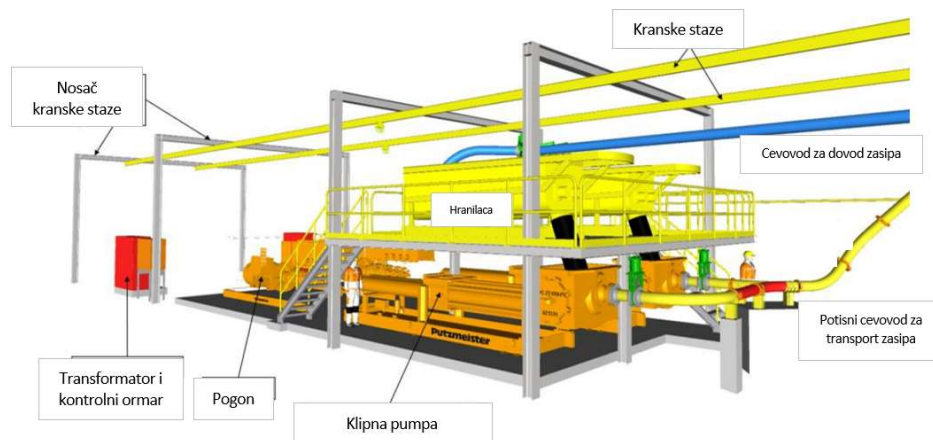


Slika 4.7.1. Tehnološka šema pripreme zasipa

Jedan deo jame, bliže bušotinama, može se zapunjavati gravitacijski (procenjuje se da će to biti moguće u prve 2-4 godine rada), dok će se za dalja radilišta transport zasipne mešavine vršiti klipnim pumpama, koje su smeštene unutar rudnika. Pumpe će biti smeštene u komore na oko 1,8 km od dna bušotina. Glavne komponente pumpne stanice prikazane su na slici 4.7.3.

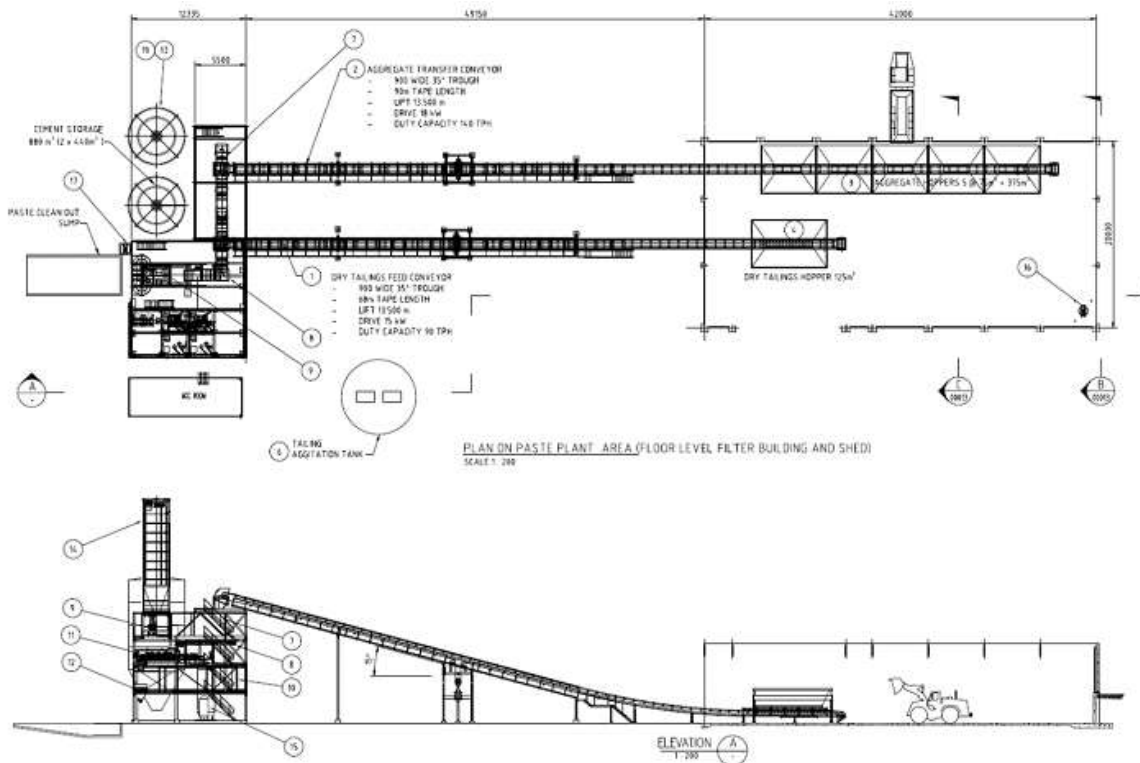


Slika 4.7.2. Situacija rudarskih objekata na površini i površinski deo postrojenja za pripremu zasipa



Slika 4.7.3. Pumpna stanica za transport zasipa

Opšti izgled postrojenja za pripremu zasipa na slici 4.7.4.



Slika 4.7.4. Opšti izgled postrojenja za pripremu zasipa

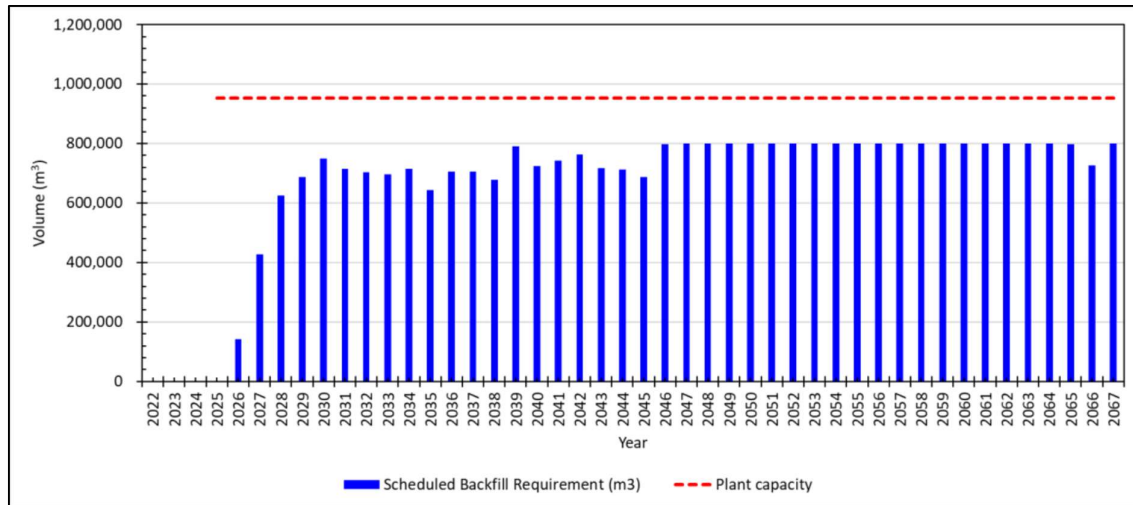
Postrojenje za pripremu zasipa snabdeveno je i sledećim pomoćnim sistemima:

- Sistem za otprašivanje silosa za cement (poz. 17210-FA-001 i 002),
- Sistem za ispiranje cevovoda: rezervoar (poz. 17210-TK-001) i pumpe (poz. 17210-PP-001 A i B), ispiranje cevovoda će se vršiti pre početka zasipanja i po prestanku zasipanja, potrošnja vode se planira na nivou od 30 m<sup>3</sup>, vreme ispiranja je 20 minuta, a transportna brzina vode biće 1,5 m/s,
- Sistem za čišćenje cevovoda od naslaga (inkrustacije): lanser čistača (poz. 17210-XM-001), ovaj sistem koristi vodu za ispiranje cevovoda, i
- Sistem za prikupljanje rastura u postrojenju: pumpa (poz. 17210-PP-003) i podna jama (poz. 17210-SU-003).

Rad postrojenja za pripremu zasipa i zasipanje otkopanih prostora predviđeno je da radi neprekidno tokom godine. Radne aktivnosti biće vezane za kontrolu raspoloživosti i karakteristika komponenti od kojih se spravlja zasip, opsluživanje i kontrolu rada postrojenja za pripremu i transport zasipa, pripremu prostorija za prihvatanje zasipa, produženje cevovoda do aktuelnog radilišta, kontrolu vode koja se izdvaja i sl. Dnevni rad na pripremi i transportu zasipa organizovaće se saglasno potrebama.

#### 4.7.3. Zasipavanje otkopa pasta zasipom

Izrada rasporeda zasipavanja zasniva se na programu dužine životnog veka rudnika uzimajući u obzir srednjoročne i dugoročne planove kao i potrebom za godišnju proizvodnju pasta zasipa od 792.000 m<sup>3</sup> + 10%. (slika 4.7.5.).



Slika 4.7.5. Raspored potrebnih količina pasta zasipa po godinama

Raspored zasipavanja se rukovodi zahtevima otkopavanja i potrebom da se 100% ispune otkopani prostori, da bi se maksimizovala stabilnost, minimizovala deformacija tla i da se proizvodnja odvija prema programu. Da bi se ujednačio proces i maksimizovalo korišćenje postrojenja za zasipavanje, razmatra se da se uvede konstruisanje barikada u program otkopavanja. Zasipavanje je deo programa otkopavanja, ali predstavlja i tačku zastoja gde dolazi do usporavanja otkopavanja, pošto samo jedna po jedna otkopna etaža može da se zasipava. (slika 4.7.6.).



Slika 4.7.6. Ciklus zasipavanja. Zasipavanje je integrisano u raspored izrada barikada i očvščavanja zasipa kao i u rasporedu zastoja u otkopavanju.

Važne tačke u rasporedu zasipavanja obuhvataju:

- kapacitet postrojenja
- zahteve koji se odnose na otkopavanje
- vlaženje i
- zasipavanje



Kapacitet pogona usklađen je sa kapacitetom otkopa, a vlaženje je procenjeno u skladu sa iskustvom na drugim mestima.

Veličina postrojenja je usklađena sa 66% efektivnog iskorišćenja takođe u skladu sa referentnim operativnim rudnicima i uzima u obzir 100% rada rudnika prema jednoj metodi otkopavanja tokom godine i maksimalnog kapaciteta. Dužina punjenja zasniva se na upotrebi jedne DN200 linije punjenja i pretpostavljene brzine protoka paste. Kada se uzmu u razmatranje operacije pre i posle početka punjenja, određuje se efektivna stopa punjenja koja treba da bude integrisana u program.

Stope punjenja variraju od metode do metode i onog momenta kada aktivnosti koje se ne odnose na punjenje budu uključene u program, tada se efektivna stopa punjenja shodno tome redukuje. Prethodne analize pokazale su da kontinualno punjenje pruža najpogodniji način punjenja. Rezultati su dati sumarno u tabeli 4.7.3.

**Tabela 4.7.3.** Stope popunjenosti prilagođene da uključuju aktivnosti na proveri sistema i planiranim zastojima pri kapacitetu postrojenja od 165 m<sup>3</sup>/h

	Jedinica	Cut & Fill	Mini Bench	Bench 30m	Bench 20m
Dužina	M	30	20	30	20
Širina	M	8	8	8	8
Visina	M	8	24	32	32
Ukupna zapremina	m <sup>3</sup>	1920	3840	7680	5120
Kapacitet	m <sup>3</sup> /h	136	143	153	148

Transport zasipa vršice se korišćenjem cevovoda mrežastog dizajna.

Mreža cevovoda će biti izgrađena tako će sve pripremljene prostorije biti pokrivene glavnim vodovima koje sadrže čelične cevi tipa DN 200 i debljine zida 0,018mm. Za spajanje glavnih vodova biće korišćene spojnice sa navojem 900# i 600#. Periferni delovi mreže cevovoda sadrže spojnice tipa 77 i tipa 99. Cevovod koji se nalazi u servisnoj bušotini biće zavaren. Cevovod se postavlja uz plafon hodnika i osigurava se vođicama.

#### 4.7.4. Spisak opreme

Spisak opreme sistema za pripremu i transport zasipa prikazan je u tabeli 4.7.4.

**Tabela 4.7.4.** Spisak opreme sistema za pripremu i transport zasipa

Pozicija	Oprema
17210-SI-001 i 002	Silos za skladištenje cementa <ul style="list-style-type: none"> <li>• prečnik 2 m,</li> <li>• zapremina 2x440 m<sup>3</sup>,</li> <li>• kom 2</li> </ul>
17210-FA-001 i 002	Sistem za otprašivanje silosa za cement 17210-SI-001 i 002, kom 2
17210-HP-005 i 006	Međubunker za doziranje cementa, kom. 2
17210-ST-001	Otvoreni sklad za skladištenje kamenog agregata
17210-HP-002	Silos za kameni agregat, <ul style="list-style-type: none"> <li>• broj boksova 5 boksova</li> <li>• zapremina po boksu 75 m<sup>3</sup>, ukupno 375 m<sup>3</sup></li> </ul>
17210-HP-001	Silos za mešavinu jalovina, <ul style="list-style-type: none"> <li>• broj boksova 1</li> <li>• zapremine 125 m<sup>3</sup></li> </ul>
17210-MX-001	Mešač za pripremu zasipa <ul style="list-style-type: none"> <li>• snaga elektromotora 90 kW</li> </ul>
17210-BL-001 i 002	Duvaljke za transport cementa do bunkera poz. 17210-BN-001 do transportne trake 17210-CV-003
17210-BN-001	Bunker za mešanje cementa sa vodom



17210-CV-001	Transportna traka za transport jalovine od bunkera 17210-HP-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet 90 t/h</li><li>- Širina trake 900 mm</li><li>- Dužina trake 68 m</li><li>- Visina dizanja 13,5 m</li><li>- Snaga elektromotora 15 kW</li></ul>
17210-CV-002	Transportna traka za transport kamenog agregata iz bunkera 17210-HP-002 do transportne trake 17210-CV-003 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet 140 t/h</li><li>- Širina trake 900 mm</li><li>- Dužina trake 90 m</li><li>- Visina dizanja 13,5 m</li><li>- Snaga elektromotora 18 kW</li></ul>
17210-CV-003 i 004	Transportne trake za transport jalovine do mešača 17210-MX-001
17210-HP-003 i 004	Bunker za privremeno skladištenje zasipne mešavine
17210-PP-002 A i B	Pumpe za transport zasipa
17210-TK-001	Rezervoar za prihvatanje vode za ispiranje cevovoda za transport zasipa
17210-PP-001 A i B	Pumpe za ispiranje cevovoda za transport zasipa
17210-XM-001	Lanser za ubacivanje čistača cevovoda za transport zasipa
17210-SU-003	Podna jama za prikupljanje rastura u postrojenju za pripremu zasipa
17210-PP-003	Pumpa za transport rastura
	Čelični cevovod za transport zasipa DN200

#### **4.8. Snabdevanja jame rudnika Jadar dizel gorivom, komprimovanim vazduhom, industrijskom i pijaćom vodom**

Snabdevanje jame rudnika Jadar električnom energijom, komprimovanim vazduhom i industrijskom vodom vršiće se kroz zaštitne cevi postavljene na obodu proizvodnog okna. Cevi će biti montirane celom dužinom okna i biće pričvršćene za bokove okna.

Distribucija i snabdevanje dizel goriva u jami obavljaće se posudama za transport dizel goriva zapremine do 1.000 litara preko servisnog koša izvoznog postrojenja u proizvodnom oknu. Dizel gorivo koje se transportuje iz rezervoara dizel goriva na površini, će se prazniti u rezervoare u skladištu za dizel gorivo u jami. Dva rezervoara od 30.000 l na razdaljini od 15 m biće postavljena na lokaciji postrojenja, na površini terena. Ovi rezervoari će se puniti sa jednog mesta iz cisterne za dopremu goriva. Glavni rezervoari za skladištenje napajaće: Pumpu za pojedinačno (separatno) snabdevanje lakih vozila, Pumpu za tešku rudarsku opremu i Pumpu za punjenje posuda za gorivo koje će se transportovati u jamu preko servisnog izvoznog postrojenja. Ove posude će se prazniti u rezervoare za skladištenje dizel goriva u jami. Kapacitet skladišta dizel goriva u jami će biti 10.000 litara, što prema sadašnjem nivou razvoja projekta odgovara dnevnoj potrošnji (jamski kamioni na elektro-baterijski pogon, ostala mehanizacija na dizel pogon). U fazi izrade rudarskih projekata će se detaljno rešiti način snabdevanja goriva do pojedinačnih mašina, odnosno definisaće se mesta za točenje goriva i oprema koja bi dopremala gorivo do udaljenih mašina.

Komprimovani vazduh na površini potreban je za servisiranje radionice za održavanje, za alate na vazdušni pogon, pumpe za mazivo koje koriste pogon sa komprimovanim vazduhom i punjenja pneumatika. Kompresorsko odeljenje će se sastojati od dva kompresora (jedan u radu, jedan u rezervi), prijemnika vazduha i postrojenja za sušenje i prečišćavanje vazduha. Standardni pritisak dovoda komprimovanog vazduha u industrijskim primenama je u opsegu od 7 do 9 bara. Pritisak napajanja će se podesiti unutar ovog opsega, pri čemu će izbor zadate vrednosti zavisiti od udaljenosti distribucije i zahteva korisnika.

Detaljna rešenja snabdevanja potrošača komprimovanog vazduha će se uraditi u fazi izrade glavnog rudarskog projekta i odgovarajućih tehničkih projekata.

Tehnička (industrijska) voda nije direktno dostupna. Javno preduzeće "Vodovod i kanalizacija" inače ne dozvoljava korišćenje postojećeg vodovodnog sistema pijaće vode za korišćenje u tehnološke svrhe.

Pojedina preduzeća u industrijskoj zoni, koriste tehnološki sistem vodosnabdevanja koji pumpa vodu direktno iz reke Drine.

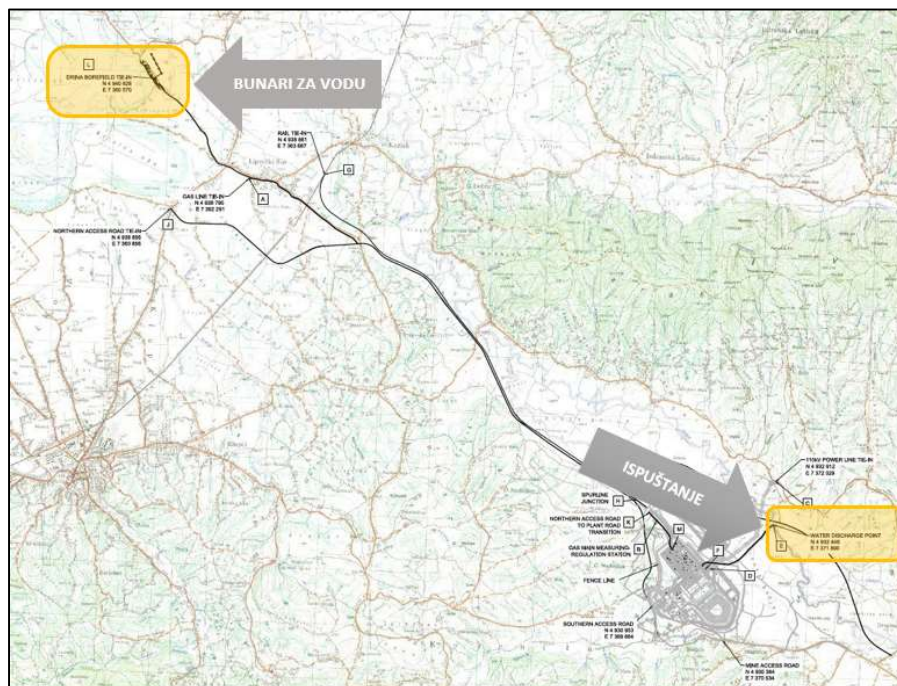
Očekivani maksimalni priliv voda u jamu rudnika Jadar iznosi oko 50 l/s. Ova voda se posle pumpanja i prečišćavanja može vratiti u proces eksploatacije mineralne sirovine u rudniku Jadar kao tehnička voda. Jedino ograničenje koje u ovom slučaju može da se pojavi jeste hemijski sastav vode, posle prečišćavanja u postrojenju za tretman podzemnih voda, koji mora da zadovolji tehničke zahteve opreme koja koristi tehničku vodu u svojim radnim procesima.

Postrojenje za upravljanje vodama koristi će se za prečišćavanje viška vode iz prihvatnih bazena i bazena za procesnu vodu radi proizvodnje vode visoke čistoće reverznom osmozom (RO), za upotrebu u postrojenju za pripremu mineralnih sirovina, kao i nižeg kvaliteta industrijske vode koja se dopunjuje vodom koja se transportuje cevovodom iz reke Drine. Postrojenje za prečišćavanje vode je dimenzionisano tako da u svim okolnostima održava zalihe prihvatnih bazena ispod 400 miliona litara.

Sveža – sirova voda crpeće se iz pet proizvodnih bunara sa vodom u bušotinama u blizini reke Drine. Detalji cevovoda prikazani su na slici 4.8.1. Cevovod je dugačak oko 13,3 km, prečnika 225 mm, izveden sa HDPE cevima za dovod vode od bušotina do lokacije.

Kao deo strategije za maksimizaciju ponovne upotrebe vode i minimiziranje potrošnje vode, voda je podeljena u različite klase, koje su definisane na sledeći način:

- Prečišćena voda dobijena postupkom reverzne osmoze (RO): Voda iz prihvatnih bazena slivne vode i procesne vode prečišćava se kroz dva prolaza RO radi uklanjanja rastvorenih čvrstih materija.
- Sveža voda se sastoji od neprocesnog oticanja, procesne vode prečišćene jednim prolazom RO, tretirane vode iz Sistema za odvodnjavanje jame i vode dopunjene iz reke Drine. Korisnici sveže vode su postrojenja za pranje filtera, zaptivke pumpe, čišćenje i pranje.



*Slika 4.8.1. Cevovod za dovod sveže vode sa Drine do lokacije*

- Procesna voda: Procesna voda se sastoji od vode iz postrojenja za preradu voda, dopunjene vodom iz prihvatnih bazena slivne i procesne vode. Voda iz cevovoda iz reke Drine koristi se ako su prva

dva izvora nedovoljna. Tipični korisnici su korisnici koji upotrebljavaju vodu za obogaćivanje i pročišćavanje otpadnih gasova

- Topla voda: Topla voda se sastoji od kondenzata iz procesnih isparivača. Tipični korisnici uključuju, zaptivke filtera, predgrevanje filtera, tečnost za uklanjanje kamenca itd.
- Rashladna vode: Voda za hlađenje se sastoji od sirove vode i vode kojoj je dodat kondenzat iz kristalizatora borne kiseline. Tipični korisnici rashladne vode su izmenjivači toplote i rashladna postrojenja.
- Efluent: Efluent se sastoji od koncentrata za ispuštanje Eco-Tec, drenažnih voda, voda od ispiranja filtera i ispusnih voda. Tipičan korisnik je backfill plant. Višak efluenata se distribuira u bazen (rezervoar) sa procesnom vodom.
- Pitka voda: Pitka voda je prečišćena voda iz cevovoda iz reke Drine. Ova voda se koristi za pitku vodu u jami, pranje, tuširanje i fontane sa vodom za piće.
- Voda za gašenje požara: se skladišti u namenskom rezervoaru sa pumpama koje osiguravaju pritisak i protok vode do najudaljenijeg korisnika u postrojenja na površini. Za podzemne objekte predviđena je odvojena mreža sa sopstvenim rezervoarom i pumpama. Sirova voda se koristi za nadoknadu vode za gašenje požara za oba sistema.
- Para se generiše iz kondenzata pare različitih korisnika i dopunjuje vodom RO.

Snabdevanje pijaćom vodom obavljaće se kanisterima za pitku vodu od polietilena, zapremine 20 l sa izlivnom slavinom, koja će se sa površine dopremati transportnim sredstvom na početku svake smene.

## 4.9. Radna snaga

Na sadašnjem nivou planiranja i razvoja projekta Jadar i budućeg rudnika sa podzemnom eksploatacijom predviđeno je angažovanje od 400 do preko 500 radnika u različitim fazama rada rudnika. Ovaj broj je utvrđen na osnovu planiranog kapaciteta proizvodnje, planiranog obima radova, angažovanja opreme i organizacije rada. Organizacija rada je planirana tako da se proizvodnja ostvaruje neprekidno, u tri smene. Ovo znači da će se rad organizovati u 3 smene: dnevnu, popodnevnu i noćnu. Svaka smena će trajati 9 sati, što uključuje prisustvo raportu pre početka smene i prevoz radnika do radilišta. Rad u tri smene uslovljava organizovanje 4 posade/brigade, koje će se smenjivati posle 7 dana rada, i to tako da se svaka posada posle 7 dana rada odmara 2 dana (posada koja je radila noćnu smenu će se odmarati 3 dana). Ovakva organizacija daje prosečnu radnu nedelju od oko 47 časova na godišnjem nivou.

Sadašnji nivo razvoja projekta Jadar sa pripadajućim rudnikom podzemne eksploatacije, u smislu organizacije rada rudnika za, zasnovan je na sledećim postavkama:

- radnici će biti srpski državljani, uglavnom angažovani iz okruženja rudnika;
- očekuje se da će se određeni broj stranaca angažovati na određenim stručnim i upravljačkim pozicijama, u početnim fazama (tokom prve 4 godine);
- neprekidan rad rudnika: 24 sata dnevno, 7 dana nedeljno;
- postojaće dve grupe radnika: radnici koji će raditi po smenama i radnici koji će raditi samo u prvoj smeni;
  - Radnici po smenama će raditi u smeni koja traje 9 sati/dan. Radnici će se grupisati u 4 posade/brigade, uz očekivane obuke, odmora i odsustva po drugim osnovama.
  - Radnici koji rade samo u prvoj smeni, će posao obavljati u trajanju od 8 sati/dan i 5 dana nedeljno (40 sati/nedeljno).
  - Posebne kvalifikacije i sertifikati će biti potrebni za određena radna mesta.

Radnici zaposleni u planiranom rudniku Jadar će biti organizovani u 4 organizacione celine:

- Proizvodni sektor
- Tehnički sektor
- Sektor održavanja
- Administrativni sektor (komercijala, bezbednost na radu, ljudski resursi)

Ukupan broj radnika zaposlenih u rudniku Jadar, u sadašnjoj fazi razvoja projekta, će se menjati u zavisnosti od faze u kojoj se nalazi rudnik tokom svog životnog veka. U tabeli 4.9.1. je naveden očekivani broj radnika po pojedinim sektorima, kao i ukupan broj zaposlenih, u nekim godinama životnog veka rudnika.

**Tabela 4.9.1** Očekivani broj radnika u rudniku Jadar, u nekim godinama

Period	Proizvodni sektor	Tehnički sektor	Sektor održavanja	Administrativni sektor	UKUPNO
Prva proizvodnja (jan. 2025.)	146	9	29	8	192
Projektovani kapacitet (jan. 2028.)	354	34	80	21	489
2030.	391	34	80	21	526
2040.	307	34	80	21	442
2050.	283	34	80	21	418

Maksimalan broj radnika koji će raditi u planiranom rudniku Jadar je 526 (2030. godina). Očekivani procenat angažovanja jamskih i površinskih radnika je 71% : 29%.

## 4.10. Mere tehničke zaštite ljudi i objekata

Bezbednost i zdravlje na radu je jedna od osnovnih funkcija poslovnog sistema i podrazumeva primenu mera i sredstava koji su neophodni za ostvarivanje bezbednih uslova rada. Bezbedni uslovi rada se ostvaruju primenom savremenih tehničkih, organizacionih, zdravstvenih, socijalnih i drugih mera i sredstava zaštite na radu. Sprovođenje odgovarajućih mera zaštite od strane preduzeća je njegova zakonska obaveza. Preduzeće je dužno da preduzima odgovarajuće mere za zaštitu zdravlja i bezbednost radnika, kao i da radi na sprečavanju pojave profesionalnih oboljenja. Cilj ovih mera je smanjenje fizičko-mehaničkih i drugih rizika u procesu rada, odnosno otklanjanje ili svođenje u dozvoljene granice svih prisutnih štetnosti po zdravlje i bezbednost radnika. U skladu sa tim mora se primenjivati važeća zakonska regulativa (zakoni, uredbe i pravilnici) u vezi sa tehnologijom podzemne eksploatacije mineralnih sirovina i sa njom u vezi odgovarajući standardi.

### 4.10.1. Opšte i kolektivne mere zaštite

Prema Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu (Sl. glasnik RS br. 101/2005, 91/2015 i 113/2017) poslodavac je dužan da poslove zaštite na radu uredi opštim aktom. Ovim aktom se bliže definišu: mere zaštite na radu i način njihovog sprovođenja, prava, obaveze i odgovornosti svih zaposlenih, način obavljanja poslova zaštite na radu, način utvrđivanja i provere zdravstvenog stanja zaposlenih, način osposobljavanja i provere osposobljenosti zaposlenih, korišćenje sredstava i opreme lične zaštite i druga pitanja od značaja za zaštitu na radu.

U skladu sa Zakonom o bezbednosti i zdravlju na radu, poslodavac je dužan da donese akt o proceni rizika za sva radna mesta i da utvrdi način i mere za otklanjanje rizika saglasno odredbama Pravilnik o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i u radnoj okolini ("Sl. glasnik RS", br. 72/2006, 84/2006-ispr., 30/2010 i 102/2015). Procenjivanje rizika se vrši za svaku utvrđenu opasnost ili štetnost, upoređivanjem sa dozvoljenim vrednostima u skladu sa merama i normativima zaštite na radu. Na osnovu procenjenih rizika, poslodavac utvrđuje, planira i predlaže mere i način sprečavanja, otklanjanja ili smanjenja nivoa rizika na

najmanju moguću meru. Za rad na radnim mestima na kojima postoji povećana mogućnost povređivanja ili pojave štetnosti po zdravlje radnika odgovorno lice je dužno da izda uputstva za rad sa odgovarajućim merama zaštite na radu u pisanom obliku.

Odgovorno lice rudarskog preduzeća nadležno za sprovođenje i unapređivanje zaštite na radu je dužno da utvrdi: obim, način i rokove pregleda i ispitivanja oruđa za rad, električnih instalacija i cevovoda, postupak njihovog održavanja u ispravnom stanju i vođenja evidencije o održavanju; način sprovođenja i primene mera zaštite na radu, koje se ostvaruju preko organizovanih službi zaštite na radu; način osposobljavanja lica koja obavljaju poslove zaštite na radu i program osposobljavanja radnika za bezbedan rad.

Radnici rudarskog preduzeća koji obavljaju poslove tehničkog rukovođenja, stručni nadzor i druge stručne poslove (tehnički rukovodilac, upravnik, poslovođa, nadzornik, i dr.) u skladu sa kolektivnim ugovorom, svaki u delokrugu svoga rada, odgovorni su za sprovođenje zaštite na radu, a naročito u pogledu pravilnog raspoređivanja radnika, obezbeđenja ispravnosti oruđa za rad, instalacija i sredstava i opreme lične zaštite, zabrane rada radniku koji se ne pridržava propisanih mera zaštite na radu i koji je pod uticajem alkohola i drugih sredstava zavisnosti, upoznavanja radnika sa opasnostima i merama zaštite na radu i drugo.

U cilju ostvarivanja adekvatne zdravstvene zaštite zaposlenih, istu je neophodno organizovati u saradnji sa odgovarajućim medicinskim ustanovama tipa dispanzera medicine rada ili slične ustanove, u skladu sa Zakonom o zdravstvenoj zaštiti ("Sl. glasnik RS", br. 25/2019).

Sistem zaštite od požara, prava i obaveze privrednih društava, pravnih i fizičkih lica, organizacija vatrogasne službe, nadzor nad sprovođenjem ovog zakona i druga pitanja od značaja za sistem zaštite od požara regulisana su Zakonom o zaštiti od požara ("Sl. glasnik RS", br. 111/2009, 20/2015, 87/2018 i 87/2018). U zavisnosti od kategorije ugroženosti od požara, privredno društvo odnosno drugo pravno ili fizičko lice, koje je vlasnik odnosno korisnik objekta ili zemljišta obavezno je da organizuje: sprovođenje preventivnih mera zaštite od požara, obezbedi tehnički opremljenu i obučenu vatrogasnu jedinicu sa potrebnim brojem vatrogasaca, odnosno stalno dežurstvo, sa potrebnim brojem lica stručno osposobljenih za sprovođenje mera zaštite od požara i obezbedi adekvatnu opremu i uređaje za gašenje požara, sa obavezom donošenja Plana zaštite od požara (I i II kategorija), odnosno Pravila zaštite od požara (III kategorija). Bez obzira na kategoriju ugroženosti od požara subjekti moraju imati Plan evakuacije i uputstva za postupanje u slučaju požara, koji moraju biti istaknuti na vidljivom mestu.

#### **4.10.2. Lična zaštitna sredstva**

U slučaju kada se opštim i kolektivnim merama zaštite zaposleni ne može zaštititi u dovoljnoj meri, koriste se lična zaštitna sredstva, sa ciljem otklanjanja štetnog uticaja radne sredine, sprečavanja profesionalnih oboljenja i povreda na radu. U lična zaštitna sredstva spadaju: radna odela, cipele, čizme, rukavice, šlemovi, zaštitne naočare, respiratori, antifoni itd. Poslodavac je dužan da obezbedi zaposlenom sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu koja moraju da: 1) budu izrađena u skladu sa propisima o bezbednosti proizvoda; 2) odgovaraju postojećim uslovima na radnom mestu i u radnoj okolini; 3) budu namenski izrađena za otklanjanje ili smanjenje rizika na radnom mestu i kao takva ne smeju da povećavaju postojeće ili proizvedu nove rizike za bezbednost i zdravlje zaposlenih; 4) odgovaraju specifičnim ergonomske zahtevima na radnom mestu i zdravstvenom stanju zaposlenog; 5) budu tako izrađena da ih zaposleni može pravilno i na jednostavan način koristiti i posle podešavanja, popravke, dorade i sl.

Kada zaposleni, zbog više opasnosti i štetnosti kojima je izložen, mora koristiti istovremeno različita sredstva i/ili opremu za ličnu zaštitu na radu, poslodavac je dužan da obezbedi da ta sredstva i oprema budu međusobno prilagodljiva i da pri tome efikasno štite zaposlenog od opasnosti i štetnosti kojima je izložen na radu

Kod nabavke lične zaštitne opreme treba imati u vidu da sredstva za ličnu zaštitu, pored prethodno iznetih uslova, moraju ispunjavati i uslove koji su određeni odgovarajućim srpskim standardima o čemu je proizvođač dužan da uz svako proizvedeno sredstvo priloži i odgovarajuće uverenje o ispunjenosti uslova.

### 4.10.3. Posebne mere zaštite

Posebne mere zaštite obuhvataju elemente zaštite koji nisu obuhvaćeni opštim i kolektivnim merama zaštite a posledica su posebnih i specifičnih uslova pod kojima se odvija tehnološki proces podzemne eksploatacije. Ove mere zaštite, u rudarskoj praksi se po običaju svrstavaju u sledeće grupe mera:

- Mere zaštite pri izradi jamskih prostorija;
- Mere zaštite u procesu podgrađivanja;
- Mere zaštite pri bušenju i miniranju;
- Mere zaštite pri skladištenju i rukovanju eksplozivnim sredstvima;
- Mere zaštite pri utovaru i transportu;
- Mere zaštite u vezi sa organizovanjem i sprovođenjem ventilacije rudnika;
- Mere zaštite u procesu odvodnjavanja rudnika;
- Mere zaštite od opasnog dejstva električne struje.

Generalno posmatrano, a u cilju što efikasnijeg sprovođenja mera iz pojedini grupa, odgovarajuće službe izrađuju jasna i sveobuhvatna tehnička uputstva o manipulacijama, radu i bezbednosti pri radu, kao i tehnička uputstva za pogon, održavanje, reviziju i remont angažovane opreme, postrojenja, uređaja i instalacija.

Kroz ova uputstva je potrebno definisati sve procedure, sve organizacione i tehničke uslove, svu prateću radnu dokumentaciju, sva ovlašćenja i odgovornosti i druge potrebne mere za sve elemente u okviru pojedinih grupa mera zaštite.

### 4.10.4. Stanice za spasavanje

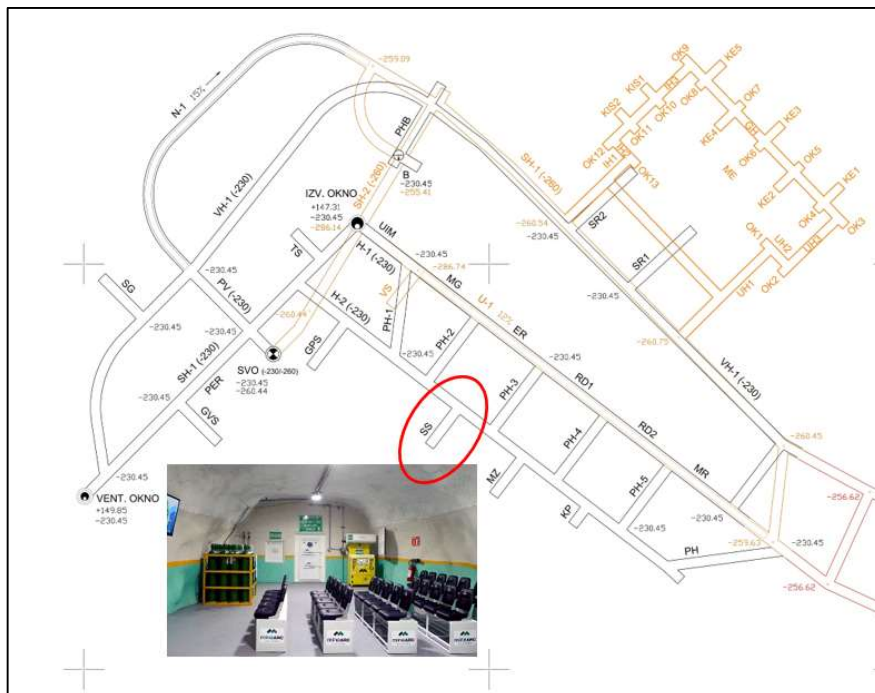
Atmosfera se smatra neprihvatljivom u uslovima u kojima postoji neposredna opasnost po život ili uslovi koji mogu dovesti do nepovratnih štetnih posledica po zdravlje. U takvim uslovima stanice za spasavanje mogu pružiti sigurno utočište dok se čeka da se dovod svežeg vazduha ponovo uspostavi ili da se izvrši akcija spasavanja. U tom cilju trebalo bi preduzeti sveobuhvatnu procenu rizika kako bi se odredila mogućnost stvaranja neprihvatljive atmosfere. Rudnik Jadar će biti opremljen sa glavnom i više pomoćnih, mobilnih stanica za spasavanje. U okviru podzemnih infrastrukturnih objekata, u neposrednoj blizini izvoznog okna, biće izgrađena glavna stanica (slika 4.10.1.). Izgled pomoćnih, mobilnih stanica za spasavanje dat je na slici 4.10.2.

Događaji koji mogu rezultirati neprihvatljivom atmosferom u podzemnom rudniku uključuju: požar, eksploziju, neadekvatna ili gubitak ventilacije, potapanje, provala mulja, izboji gasa, prašina, kontaminirana atmosfera (stari radovi ...). Postoje tri nivoa operativnog stanja stanice za spasavanje. U cilju povećanja nezavisnosti, to su sledeća stanja: pripravnost, eksterno podržana i samostalni rad.

Kada nema hitnih slučajeva, stanica je u stanju pripravnosti. Nisu aktivirani sistemi za preživljavanje. Izvor struje (baterija) za hitne slučajeve je napunjena i, ako su ugrađeni, omogućeni su sistemi za nadgledanje i komunikaciju sa komorom.

Mobilne stanice će biti maksimalno udaljene od otkopa u radu i ostalih radnih lokacija u rudniku 750 m ili procenjenom rastojanju koje rudar može da pređe pod maskom za spasavanje za 30 min (kada su u pitanju niskopi i sl. rastojanje se smanjuje na 600m ili 500 m).

U slučaju hitnosti, očekuje se da stanice radi pod spoljnim uslovima – eksterno podržana, bez mogućeg prekida snabdevanja strujom, vazduhom pod pritiskom i pijaćom vodom. U tom slučaju, navedeni sistema snabdevanja moraju omogućiti kontinuirano snabdevanje stanice.



**Slika 4.10.1.** Lokacija glavne stanice za spasavanje



**Slika 4.10.2.** Izgled pomoćnih, mobilnih stanica za spasavanje

Stanje samostalnog rada nastaje kada dođe do prekida veze između stanice za spasavanje i napred navedenih sistema snabdevanja. Od stanice se očekuje da funkcioniše potpuno nezavisno kako bi se osiguralo preživljavanje rudara u njoj, na način koji će izazvati što manje stresa kod onih koji je u tom momentu koriste. Potpuna isključenost sa eksternih napajanja je moguća, u hitnim slučajevima, i tada se moraju preduzeti mere da se obezbedi potpuna, nezavisna podrška za život rudara u stanici. Osnovni uslovi pod ovim potpuno izolovanim okolnostima su: atmosfera koja se može udisati, izvor električne energije za održavanje sistema podrške, snabdevenost vodom za piće i mogućnost termičkog regulisanja uslova u stanici kako bi se izbeglo toplotno opterećenje.

#### 4.10.5. Konceptija sistema zaštite od požara podzemnog proizvodnog sistema

Osnovni kriterijumima za projektovanje koncepcije sistema zaštite od požara se odnose na ispunjavanje zahteva kao što su obezbeđivanje bezbednosti osoblja, minimiziranje rizika za protivpožarni tim, minimiziranje potencijalnih gubitaka imovine i smanjenje poslovnog potencijala i ograničavanje uticaja na životnu sredinu. Glavni prioriteti u razvoju koncepta zaštite od požara bili su upotreba robusnog, brzo reagujućeg i umreženog sistema za otkrivanje i dojavu požara, koji pruža sve informacije dispečerskom centru. Takođe, posebna pažnja je posvećena kritičnoj imovini i procesnim objektima.

Važnost, značaj i obaveza obuke zaposlenih iz oblasti zaštite od požara predviđena je Zakonom o zaštiti od požara ("Službeni glasnik RS" br. 111/09). Osnovna obuka iz oblasti zaštite od požara organizuje se za sve zaposlene, najkasnije u roku od jedne godine od dana stupanja na rad. Nakon teoretskih predavanja, zaposleni su dužni da obave i praktičnu obuku u svojim pogonima i radnim mestima u rukovanju sa aparatima za gašenje požara. Po završetku obuke vrši se provera znanja putem pismenog testiranja koje je obavezno za sve zaposlene.

Svi zaposleni radnici u rudniku moraju biti upoznati sa Planom odbrane i spasavanja od udesa u jami i učestvovati u svim, zakonom predviđenim, periodičnim vežbama koje imaju za cilj obuku u vezi sa postupcima u slučaju pojave požara u jami.

#### **4.10.5.1 Opis sistema protivpožarne zaštite**

Sistem za zaštitu od požara će obuhvatiti stacionarni sistem na navozištima i mobilnu opremu za gašenje požara koja se odnosi na ručne i transportne protivpožarne aparate. Analiza rizika od požara ukazala je na upotrebu vode, pene i inertnog gasa. Koncept uključuje snabdevanje i distribuciju vatrogasne vode, sistem prskalice i aparate za gašenje požara. Sistem treba da bude opremljen dovoljnim brojem rezervoara za vodu sa pripadajućim pumpnim kapacitetom, raspoređenim u grupe na nivou glavnog navozišta.

Na osnovu namene podzemnih objekata i tehnoloških procesa koji se u njima izvode, podela objekata se može izvršiti na osnovu sredstava koja se koriste za njihovo gašenje:

- Prostor koji se ne smeju tretirati vodom (trafostanice, prostorija za nadzor, prostorija prve pomoći, sigurnosna soba, prostor namenjen dizel generatorima, transformatorima, razvodnim uređajima i razvodnim uređajima / ormarima);
- Prostor za koje voda nije pogodno sredstvo za gašenje (skladište dizela, stanica za pretakanje i odvođenje, skladište maziva, skladište guma);
- Prostor za koje voda može ugasiti (druga područja rudnika, hodnici, komunikacije i sve radionice).

Za gašenje početnih požara predviđeni su mobilni aparati za gašenje požara, uključujući ručne i transportne aparate. Pri određivanju vrste, kapaciteta i broja uređaja treba uzeti u obzir sledeće kriterijume:

- procenu rizika od požara,
- namenu objekta i prostorija,
- upotrebu zapaljivih i opasnih materijala,
- požarno opterećenje objekta i prostorija,
- moguće klase požara i
- druge uslovi od značaja za zaštitu od požara.

Prema standardima EN 1838 i EN 60598-2-22, površine i mesta okupljanja veća od 60 m<sup>2</sup> klasifikuju se kao otvorene površine. Jačina osvetljenja iznad nivoa poda na otvorenim površinama mora biti najmanje 0,5 lux. Rubovi i područje oko ivica unutar 0,5 metara nisu obuhvaćeni ovim opsegom. Odnos veličine osvetljenosti između najviše i najmanje osvetljenih tačaka na otvorenim površinama ne sme biti veći od 40: 1.

Pogodna vrsta protiv paničnog osvetljenja za analizirani prostor podzemnih infrastrukturnih objekata oko navozišta su dvostrane lampe za protiv panično osvetljenje koje se mogu postaviti na zid ili plafon. Moraju biti najmanje zaštite IP 56. Pored protiv paničnog osvetljenja, potrebno je postaviti i znakove za evakuaciju radi označavanja puta evakuacije u situacijama smanjene vidljivosti. U tabeli 4.10.1. dat je sumarni pregled opisa zaštite od požara planiranog protivpožarnog sistema.



**Tabela 4.10.1. Sumarni pregled opisa planiranog protivpožarnog sistema**

Br.	Objekat	Nivo	Opis zaštite od požara
1	Komora na navozištu	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * otkrivanje požara na kablovskoj instalaciji, * prskalice / drenčeri za gašenje požara - komunikacija * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
2	Skladište goriva	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * otkrivanje eksplozivnih gasova, * rezervoari za penu za aparate za gašenje požara, pumpna stanica za gorivo * isključivanje prskalica / drenčera za gašenje požara - komunikacija * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
3	Magacin eksploziva	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * gašenje aerosolom - eksplozivne kutije, detonatori * prskalice / drenčeri za gašenje požara - komunikacija * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
4	Izmenjivač toplote	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * Gašenje požara - automatska oprema - električna oprema (INERGEN, FM200) * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
5	Elektropodstanica	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * termovizijske kamere, aspiracioni sistem * Sistem za gašenje požara - Inergen, CO2 * mobilni i transportni aparati za gašenje požara (CO2) * protiv panično osvetljenje
6	Prostorija za boravak i prvu pomoć	Glavni nivo	* kontrolna tabla za otkrivanje požara (optički i kombinovani detektor) * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
7	Parking za laka vozila	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
8	Parking za osnovne mašine	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
9	Dispečerska soba	Glavni nivo	* kontrolna tabla za otkrivanje požara (optički i kombinovani detektor) * otkrivanje u RACK kutiji - sistem za aspiraciju * Sistem za gašenje požara - server soba (inergen, FM 200) * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
10	Praonica za vozila	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
11	Radionica za osnovne mašine	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
12	Servisna radionica za laka vozila	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
13	Servisna radionica za pneumatike	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje



Br.	Objekat	Nivo	Opis zaštite od požara
14	Magacin	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčer za gašenje požara - komunikacija * aparati za gašenje požara - pena – skladišta guma * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
15	Glavna pumpna stanica sistema odvodnjavanja	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * Gašenje požara - automatska oprema - električna oprema (INERGEN, FM200), * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
16	Podzemno skladište maziva	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * rezervoari za penu za aparate za gašenje požara, pumpna stanica za gorivo, * mobilni i transportni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
17	Točilište dizel goriva	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * otkrivanje eksplozivnih gasova, * rezervoari za penu za aparate za gašenje požara, pumpna stanica za gorivo, * mobilni i transportni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
18	Podzemni rezervoari vode za protivpožarnu zaštitu	Glavni nivo	* protiv panično osvetljenje
19	Podzemne ventilacione pregrade	Glavni nivo	* protiv panično osvetljenje
20	Radionica za zavarivanje	Glavni nivo	* otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčer za gašenje požara * mobilni i transportni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje

#### 4.10.5.2 Informacioni sistem za otkrivanje i dojavu požara i integrisanu kontrolu

Sistem za otkrivanje i dojavu požara je skup umreženih perifernih razvodnih tabli (centrala) povezanih u jednu petlju (prsten), gde se nalazi glavna razvodna tabla. Integrisani kontrolno-informacioni sistem čine:

- mrežna oprema, serveri, računari, kontroleri, pojačala itd., smešteni u ormarima kao centralne celine sistema za dojavu požara, video nadzora i sistema za uzbunu i dojavu i
- odgovarajući serveri i srodni softver za grafički i vizuelni prikaz i tretman u slučaju inicijalizacije požara (otkrivanje, automatska vizuelizacija prostora, uzbunjivanje, obaveštavanje, gašenje i dalji rad i nadzor).

Sistem za video nadzor čine serveri, snimači, rezervni serveri i serveri sa softverom za analitiku, integrisani nadzorni i informacioni sistemi, mrežna i kablovska oprema i kamere itd. Kamere bi trebalo da pokrivaju sva područja, tako da operater u sobi za nadzor može u potpunosti nadgledati sve objekte i područja u kojima može doći do požara, posebno područja u kojima se planira automatsko gašenje požara.

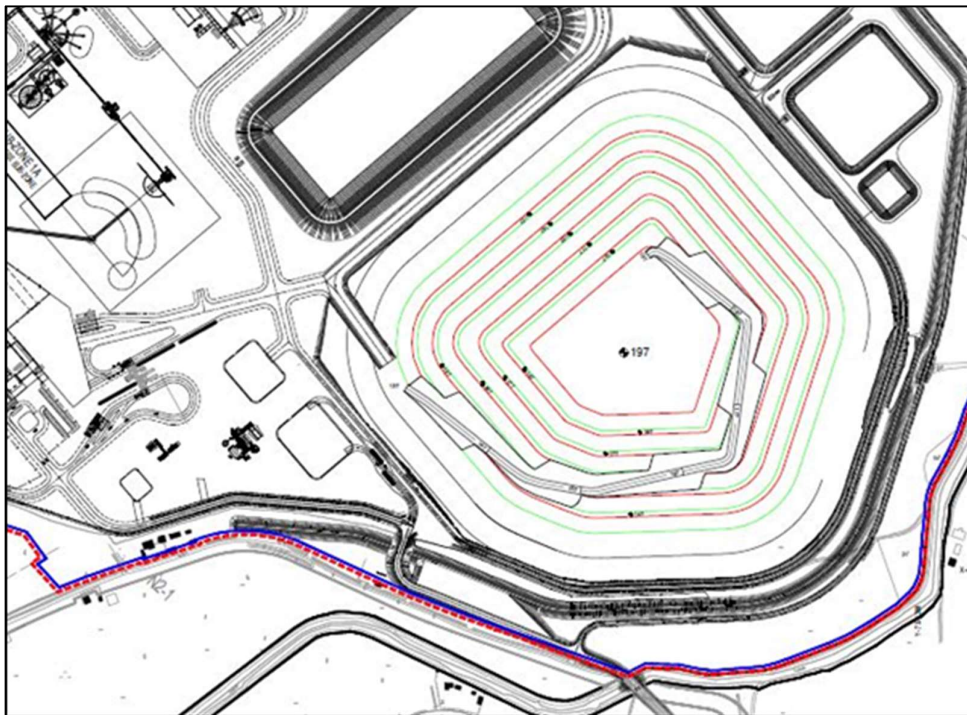
Kamere bi trebale biti integrisane u jedan sistem video nadzora. Sistem treba da ima mogućnost grafičkog prikazivanja pojave požara, otkrivanja požara, vizuelizacije ugroženog područja, kao i praćenje daljih uputstava u procesu automatskog ili ručnog gašenja požara.

Sistem informacija i ranog upozoravanja treba integrisati u jedinstveni informacioni sistem.

## 5. Odlaganje rudničke jalovine

### 5.1. Konceptija formiranja odlagališta rudničke jalovine

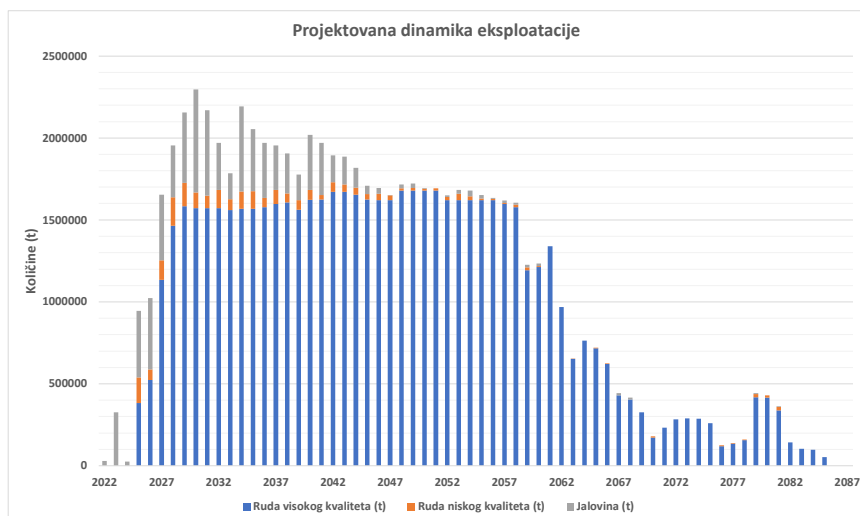
Za potrebe odlaganja jalovinskog materijala i siromašne rude izvezenih iz podzemnog dela rudnika „Jadar“ koristiće se novoprojektovano odlagalište locirano u neposrednoj blizini transportnih puteva i glavnih rudarskih infrastrukturnih objekata. Prostorni položaj odlagališta rudničke jalovine dat je na slici 5.1.1.



**Slika 5.1.1.** Prostorni položaj odlagališta jalovinskog materijala

Projektno rešenje formiranja odlagališta, podrazumeva konstrukciju površine od 195.000m<sup>2</sup> (19,5 ha), kao i upotrebu diskontinualnog sistema kamion-buldozer. Odlagalište se formira u sekcijama – etažama visine po 10m, počev od kote K+137 mnv do kote K+197 mnv, što znači da će se odlagalište sastojati od šest etaža (po 10m) ukupne visine 60m.

Odlaganja rasutog materijala izvezenog iz podzemnog dela rudnika, tj. jalovine i siromašne rude, odvijać se u skladu sa projektovanom dinamikom eksploatacije, koja je prikazana na dijagramu (slika 5.1.2.). Sa prezentovanog dijagrama se može videti da će se najveće količine jalovine i siromašne rude eksploatisati tokom prvih 25 godina eksploatacije, što praktično znači da će i samo odlagalište većinski biti formirano tokom ovog perioda.



**Slika 5.1.2.** Projektovana dinamike eksploatacije rude i jalovine

Tokom projektovanog veka rudnika, otkopaće se 7.305.500 t jalovine i 2.095.000 t siromašne rude odnosno ukupno 9.400.500 t materijala koji je potrebno odložiti na odlagalište. Shodno tome potrebno je obezbediti odlagališni prostor od približno 5.530.000 m<sup>3</sup>.

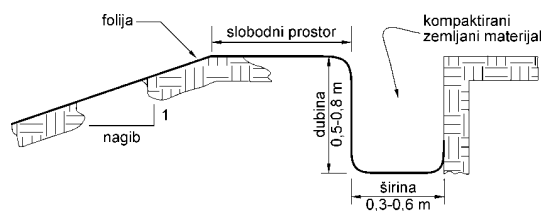
U daljem tekstu opisana je procedura dimenzionisanja odlagališta saglasno potrebnoj zapremini za smeštaj ukupnih količina jalovine i siromašne rude i u skladu sa geomehničkim uslovima za formiranje istog.

Uredbom o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu (Službeni glasnik RS, br. 53, 2017.) bliže se uređuju uslovi i postupak izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu. Rio Sava Exploration D.O.O. planira da izvrši karakterizaciju jalovog stenskog materijala koji se odlaže na odlagalištu unutar industrijskog kruga rudnika. Imajući u vidu da će se na odlagalištu pored jalovog stenskog materijala odlagati i mineralizovana jalovina sa određenim sadržajem litijuma i bora odlagalište rudničke jalovine će zbog prisustva bora u delovima mineralizovane jalovine najverovatnije potpasti pod grupu „kategorija A“. Ovo znači da prostor planiran za predmetno odlagalište treba štititi HDPE folijom koja se postavlja po dnu odlagališta kao i organizovati monitoring kvaliteta voda i zemljišta u neposrednom okruženju odlagališta. Iz navedenih razloga, u okviru ove studijske analize, uzeta je u obzir i ugradnja vodonepropusne folije.

## 5.2. Ugradnja vodonepropusne folije

Za hidroizolaciju prostora budućeg odlagališta rudničke jalovine i zaštitu okruženja, u prvom redu voda, od mogućeg negativnog uticaja voda iz odlagališta predviđeno je postavljanje visoko kvalitetne folije izrađene od polietilena visoke gustine, oko 97,5 %, čađi, oko 2,5 % i u malim količinama antioksidanasa i stabilizatora toplote. Folija treba da je hemijski otporna na hemikalije koje se mogu naći u odlagalištu, da poseduje odlične mehaničke osobine, da bude otporna na naprezanja koja se prirodno očekuju u okruženju odlagališta, dimenzionalno bude stabilna i termootporna, otporna na UV zračenja i da može biti izložena delovanju sunčeve svetlosti. Karakteristike koje folija treba da ispunjava definisane su pravilnikom koji je izradio američki Geosynthetic Research Institute (GRI) Test method GM 13 “Test Methods, Test Properties and Testing Frequency for High Density Polyethylene (HDPE) Smooth and Textured Geomembranes”.

Folija se postavlja po dnu budućeg odlagališta. Pre postavljanja potrebno je izvršiti pripremu terena na koji se folija postavlja. Priprema se, u principu zasniva na tome da se dobije ravna i mekana podloga bez komada koji izazivaju štrče i koji mogu mehanički oštetiti foliju. Ankerisanje folije obavlja se ukopavanjem u namenski izrađeni kanal na krajevima prostora za deponovanje. Tipski detalj ankerisane folije dat je na slici 5.2.1.

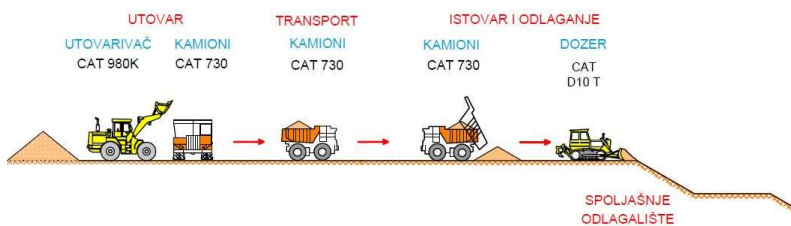


Slika 5.2.1. Detalj ankerisanja folije na nasipu

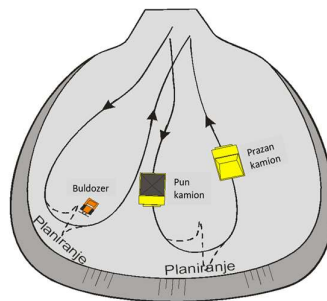
Kada se celokupni predviđeni prostor zastre folijom potrebno je izvršiti ispitivanje/kontrolu svih varova i izvršiti eventualne popravke.

### 5.3. Tehnologija formiranja odlagališta

Tehnologija formiranja odlagališta podrazumeva primenu sistema kamion-buldozer. Rasut materija (jalovina i ruda slabijeg kvaliteta) koji je neophodno odložiti na odlagalište, prethodno će se utovarati pomoću utovarivača iz klase Caterpillar 980K (zapremine kašike u opsegu od 4.2 m<sup>3</sup> do 12 m<sup>3</sup>). Ovako utovaren materijal će se dalje transportovati i istovarati kamionima nosivosti od 20-55 t (u ovom slučaju zglobni kamion nosivosti 28 t – Caterpillar 730) do prostora predviđenog za smeštaj na odlagalištu, nakon čega se buldozerom vršiti planiranje istovarenog materijala do i preko ivice etaže odlagališta. Vršnu etažu odlagališta, potrebno je formirati pod nagibom od 1%-2%, kako bi usmeravala kišnicu, odnosno smanjila mogućnost pojave neželjenih vodenih površina na vrhu objekta. Projektovana šema formiranja odlagališta prikazana je na slici 5.3.1., dok je na slici 5.3.2. data šema izvođenja radova na planiranju istovarenog materijala.



Slika 5.3.1. Projektovana šema formiranja odlagališta



Slika 5.3.2. Šema odlaganja i planiranja istovarenog materijala

### 5.4. Konstrukcija odlagališta

Konstrukcija odlagališta izvršena je u skladu sa geomehničkim karakteristikama materijala za njegovo formiranje. Na osnovu izvršene analize stabilnosti kosina radnih etaža i završne kosine definisano je idejno rešenje izgleda završne kosine odlagališta jalovinskog materijala sledeće geometrije:

- radne etaže: visina  $h = 10.0$  m i ugao nagiba kosine  $\alpha_r = 28^\circ$  (prirodan nagib materijala),
- završna kosina: visina  $H = 60$  m i ugao nagiba kosine  $\alpha_z = 23^\circ$  (geomehnički verifikovan nagib generalne kosine odlagališta).

Na slici 5.4.1. dati su osnovni konstruktivni elementi odlagališta.

Kako bi se obezbedio pristup do svake etaže, konstruisan je transportni put, od osnove do vrha odlagališta. Konstruisan put je jednosmeran, delom zbog malih dimenzija odlagališnog prostora, a delom što relativno mali godišnji kapaciteti, ne zahtevaju intenzivne komunikacije. Takođe zbog skromnih dimenzija odlagališta i ukupne visine od 60 m, konstruisani put je celom dužinom pod nagibom od 8%. Konstruisan put ima ukupnu dužinu od 750 m i širinu od 9m.



**Slika 5.4.1.** Konstruktivni elementi spoljašnjeg odlagališta

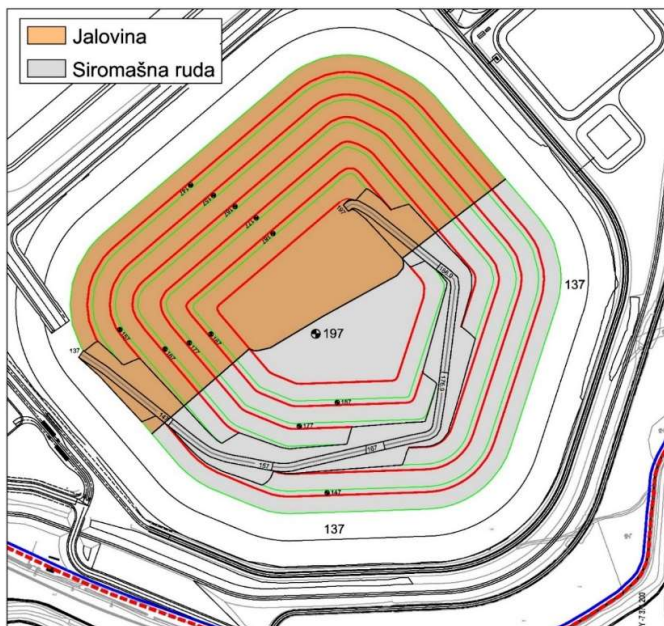
U skladu sa određenim konstruktivnim elementima i u skladu sa neophodnom zapreminom za smeštaj materijala, konstruisano je odlagalište čiji je finalni oblik u planu prikazana slici 5.4.2.



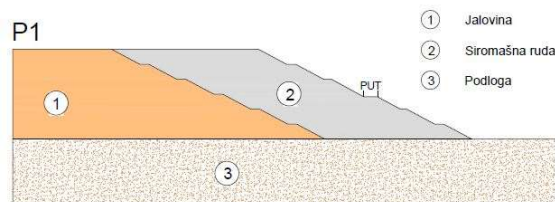
**Slika 5.4.2.** Izgled finalne konture spoljašnjeg odlagališta u planu

Odlagalište je konstruisano prema rezervisanom prostoru na posmatranoj lokaciji, a u cilju što boljeg iskorišćenja planirane površine. U okviru detaljnog inženjeringa dato konceptualno rešenje može biti modifikovano prema potrebi kako bi se poboljšale operativne karakteristike.

Posebnu problematiku prilikom konstrukcije odlagališta, predstavljala je potreba zasebnog odlaganja jalovine i siromašne rude. Selektivnim odlaganjem, obezbeđuje se mogućnost eventualnog uzimanja siromašne rude, zavisno od potrebe. U praktičnom smislu ovo znači da će se samo odlagalište formirati sa dva fronta odlaganja duž svake etaže. Ista etaža razvijaće se iz dva različita pravca (front odlaganja jalovine i front odlaganja siromašne rude). Ovi frontovi će se u određenom trenutku spojiti u jedinstvenu konstrukciju. Generisana granica između jalovine i siromašne rude na odlagalištu, prikazana je u planu na slici 5.4.3. Izgled generisane granice odlaganja između siromašne rude i jalovine dat je i na profilu P1, koji je prikazan na slici 5.4.4. U operativnim uslovima tokom procesa odlaganja, podela na odlagalištu će pre svega zavisiti od dinamike odlaganja različitih materijala. Konstruisano rešenje, prilagođeno je trenutno dostupnim podacima.



**Slika 5.4.3.** Generisana granica odlaganja između jalovine i siromašne rude u planu

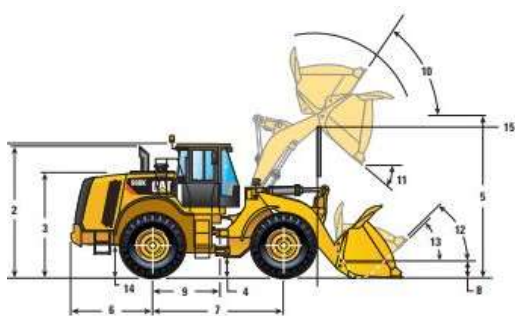


**Slika 5.4.4.** Generisana granica odlaganja prikazana na profilu P1

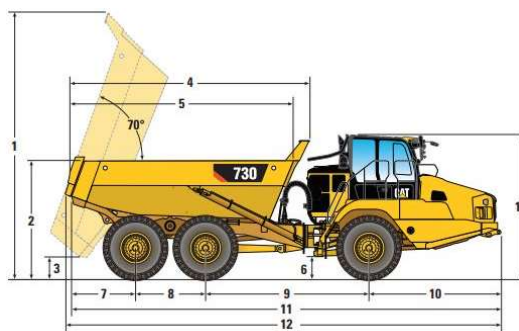
## 5.5. Rudarska oprema na odlaganju rudničke jalovine

U skladu sa dosadašnjim nivom planiranja projekta Jadar i utvrđenim obimom poslova na površini terena, predviđena je odgovarajuća oprema za utovar i transport rudničke jalovine kao i odgovarajuća pomoćna mehanizacija. Planirana utovarna i transportna oprema (utovarivač i zglobni kamioni) predviđena je za rad sa rasutim materijalom izvezenim iz podzemnog rudnika odnosno za rad sa materijalom koji će se odlagati na odlagalištu rudničke jalovine.

U skladu sa projektovanim kapacitetom eksploatacije, za utovarnu mašinu koja bi radila na površini, usvojen je utovarač tipa Caterpillar 980K (slika 5.5.1), dok je za transportnu jedinicu usvojen zglobni kamion tipa Caterpillar 730 (slika 5.5.2.). Oprema korišćena u proračunu, samo je primer. Investitor zadržava pravo da radove izvrši opremom sličnih karakteristika, nabavljenu od drugih proizvođača.



**Slika 5.5.1.** Utovarivač Caterpillar 980K



**Slika 5.5.2.** Zglobni kamion Caterpillar 730

Analiza sistema utovarivač-kamioni urađena je u cilju utvrđivanja realno mogućih godišnjih količina materijala koje se mogu realizovati sa određenom strukturom sistema. Navedena analiza potrebne utovarne i transportne opreme predviđene za rad sa rasutim materijalom izveženim iz podzemnog dela rudnika predviđa jednu utovarnu mašinu Caterpillar 980K i dva zglobna kamiona Caterpillar 730.

Od pomoćne mehanizacije namenski vezane za radove na odlagalištu neophodno će biti angažovanje buldozera na radovima planiranja niveleta etaža odlagališta, dok će za održavanje transportnih komunikacija biti angažovan grejder i jedna auto-cisterna za vodu. Grejder će biti angažovan samo na održavanju kamionskih puteva, odnosno puteva koji nisu asfaltirani, dok će se auto-cisterna koristiti za obaranje prašine.

Rad buldozera na odlagalištu odnosi se na planiranje iskipanog materijala iz kamiona i ravnanje nivelete etaže, kao i formiranje zaštitne berme na ivici etaže, izradu kanala za odvodnjavanje na etažama i transportnim putevima i izradu pomoćnih pristupnih puteva. Za ove potrebe koristiće se jedan buldozer tipa Caterpillar D10 T (slika 5.5.3.) koji je opremljen univerzalnim plugom.



Slika 5.5.3. Buldozer CAT D10



Slika 5.5.4. Grejder CAT 12M

## 5.6. Rekultivacija odlagališta rudničke jalovine

Rekultivacija predstavlja skup mera i aktivnosti koje se sprovode sa ciljem ponovnog uspostavljanja funkcionalnog ekosistema, odnosno, osposobljavanje i privođenje nekvalitetnih i degradiranih terena, prirodnoj funkciji i korisnoj nameni (podizanje šume, zelenih površina i dr.).

U zavisnosti od stepena narušenosti zemljišta i mogućnosti izvođenja procesa rekultivacije razlikujemo više tipova rekultivacije: autorekultivacija, polurekultivacija i potpune rekultivacije – eurekultivacije. Optimalni rezultati u pogledu rekultivacije, postižu se primenom potpune rekultivacije. Potpuna rekultivacija označava postupak kada se izvode sve predviđene faze rekultivacije: tehnička, agrotehnička i biološka rekultivacija.

### 5.6.1. Model rekultivacije i struktura površina

Za rekultivaciju predmetnog odlagališta rudničke jalovine biće primenjena eurekultivacija sa sledećim fazama:

- Tehnička rekultivacija koja podrazumeva:
  - osposobljavanje pristupnih puteva na jalovištu kao i nivelisanje završnih ravni - platoa jalovišta,
  - protiverozione radove - usecanje terasnih ravni na etažnim kosinama jalovišta,
  - nanošenje i planiranje slojeva zemlje (humusa) i drenažnog sloja kako bi se prekrila deponovana jalovina;
- Agrotehnička rekultivacija koja obuhvata sledeće mere: kalcizaciju, đubrenje, oranje, tanjiranje, drljanje, predsetvenu pripremu, setvu;
- Biološka rekultivacija koja podrazumeva kompleks biotehničkih i fitomeliorativnih mera u cilju ozelenjavanja površina na prethodno pripremljenim površinama, setvom travno-leguminozne smeše i pošumljavanjem.

Uzimajući u obzir fizičke, hemijske i mehaničke osobine jalovinskog materijala, neposrednu blizinu rudnika, geomorfološke osobine jalovišta i prirodnu vegetaciju u neposrednom okruženju, rekultivacija na odlagalištu vršiće se na kosim i ravnim površinama. Struktura površina za rekultivaciju prikazana je u tabeli 5.6.1 (slika 5.1.1). Ukupna površina za rekultivaciju jalovišta iznosi oko 20.5 ha.

Konačni morfološki oblik odlagališta biće definisan kroz tehnički projekt odlaganja rudničke jalovine i tehnički projekat rekultivacije odlagališta nakon definisanja namene prostora.

**Tabela 5.6.1. Struktura površina za rekultivaciju odlagališta**

Odlagalište	m <sup>2</sup>	ha
Etaža E197	29759.5	3.0
Etaža E187	3993.0	0.4
Etaža E177	4678.4	0.5
Etaža E167	5708.5	0.6
Etaža E157	6678.0	0.7
Etaža E147	7750.3	0.8
<b>Ukupna površina etažnih ravni</b>	<b>58567.7</b>	<b>5.9</b>
Terasna ravan E192	2496.5	0.2
Terasna ravan E182	2741.3	0.3
Terasna ravan E172	3457.0	0.3
Terasna ravan E162	4164.1	0.4
Terasna ravan E152	4761.7	0.5
Terasna ravan E142	5792.6	0.6
<b>Ukupno terasne ravni</b>	<b>23413.2</b>	<b>2.3</b>
<b>Ukupna površina etažnih i terasnih ravni</b>	<b>81980.9</b>	<b>8.2</b>
Etažna kosina E197/187	11463.8	1.1
Etažna kosina E187/177	12386.6	1.2
Etažna kosina E177/167	15710.4	1.6
Etažna kosina E167/157	18456.8	1.8
Etažna kosina E157/147	20995.3	2.1
Etažna kosina E147/137	25556.8	2.6
Kosine useka puta	18278.1	1.8
<b>Ukupna površina etažnih kosina</b>	<b>122847.8</b>	<b>12.3</b>
<b>Ukupno</b>	<b>204828.7</b>	<b>20.50</b>

### 5.6.2. Tehnička rekultivacija

Tehnička rekultivacija odlagališta se sastoji od tri faze:

- Nivelisanje ravnih površina odlagališta;
- Zasecanje terasnih ravni na kosini odlagališta;
- Nanošenje i planiranje(nivelisanje) sloja zemlje i drenažnog sloja kako bi se prekrila deponovana jalovina.

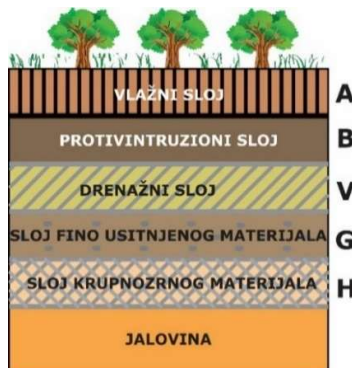
Nivelisanje završne ravni buldozerom vrši se pre pripreme ravnih površina za agrotehničku i biološku rekultivaciju. Na završnim ravnama ostavljaju se prolazi - prazni prostori širine 6,0 m i služe kao transportni putevi i kao zaštitni prostori od širenja požara.

Za izvođenje radova na nivelisanju površine etažnih platoa na kotama K+197, K+187, K+177, K+167, K+157 i K+147 mnv koristeće se buldozer Caterpillar D10T ili neki drugi sličnih tehničkih karakteristika.

Za lakše i sigurnije kretanje mašina i ljudi po završnim kosinama odlagališta i sprečavanja erozije nasutog humusnog materijala, potrebno je izvršiti usecanje terasnih ravni. Na odlagalištu usecanje se vrši na svakih visinski 5 m i širine 4.0 m. Formiranje terasnih ravni na odlagalištu izvodi se angldozerom Caterpillar D6R ili neki drugi sličnih tehničkih karakteristika od vrha kosine etažnih kosina do podnožja kosine. Nagib završnih kosina na odlagalištu iznosi 23°. Nagib terasne ravni prema unutrašnjoj terasnoj kosini iznosi 3-5%. Usecanje svake naredne niže terasne ravni sukcesivno se ponavlja na svakih visinskih 5 m od vrha do podnožja etaže. Za rad na zasecanju terasnih ravni dovoljan je jedan angldozer. Broj zasecanih terasnih ravni na odlagališta je 6 i to na kotama K+192, K+182m, K+172m, K+162m, K+152m, K+142m.

Posle formiranja terasnih ravni, pristupa se njihovom čišćenju tildozerom. Za čišćenje terasnih ravni dovoljan je jedan tiltadozer. Nagib terasne ravni prema unutrašnjoj kosini iznosi 3 - 5 % i ima za cilj da prihvati atmosferske vode koje treba da poniru u tlo i kao takve ne eroduju vrh spoljnjeg kosine terasne ravni.

Vodeći računa o klimatskim prilikama, konfiguraciji terena, faznom razvoju odlagališta, veličini odlagališta i raspoloživim materijalima na licu mesta odabrana je metodologija suvog zatvaranja nanošenjem više slojeva oko 1.6m. Saglasno preporukama Međunarodne komisije za visoke brane (ICOLD) zatvaranje je projektovano nanošenjem 5 slojeva (slika 5.6.1).



**Slika 5.6.1** Raspored slojeva pri zatvaranju jalovišta

- A - Vlažni sloj, sloj na kojem će se kasnije formirati bio pokrivač (trava, žbunje, drveće) – 0.5m,
- B - Protivintruzioni sloj, sloj koji treba da spreči prodiranje vode ka odlagalištu – 0.2m,
- V - drenažni sloj, sloj koji treba da izvede (izdrenira) svu vodu koja je prodrla kroz prethodni sloj van kontura odlagališta – 0.2,
- G – Sloj fino usitnjenog materijala, koji treba da predstavlja fizičku prepreku između slojeva i odloženog materijala – 0.2,
- H – sloj krupnozrnog (beskapilarnog) materijala – 0.2.

Pomenute slojeve je potrebno dopremiti i isplanirati po odlagalištu.

Za otkopavanje potrebnog materijala može se koristiti buldozer Caterpillar CAT D10T ili neki drugi sličnih tehničkih karakteristika. Utovar materijala za potrebe faze tehničke rekultivacije vršiće se utovarnom mašinom Caterpillar 980M ili nekom drugom kapaciteta  $Q_h$ =od 504 do 1464 m<sup>3</sup>/h (prema specifikaciji proizvođača) ili sličnih karakteristika.

Za transport materijala na odlagalištu korišće se kamioni tipa Volvo A60H čija je nosivost 55t ili drugi slične nosivosti. Utovar materijala vršiće se utovaračem zapremine kašike 4.2 - 12.2m<sup>3</sup> (prema specifikaciji proizvođača). Za nivelisanje završnih ravni na odlagalištu nakon nanošenja slojeva zemlje korišće se buldozeri CAT D10T i zadržava se isti princip sa ostavljanjem prolaza koji služe kao transportni putevi i kao zaštita prostora od širenja požara.

### 5.6.3. Agrotehnička rekultivacija

Agrotehnička faza rekultivacije predstavlja skup mera koje imaju za cilj stvaranje i potpomaganje inicijalnih uslova za prirast zasada i aktiviranje procesa formiranja zemljišnog pokrivača (pedogenze) na novoformiranom tipu zemljišta. Adekvatna primena agrotehničkih mera obezbeđuje poboljšanje fizičko-hemijskih karakteristika degradiranog zemljišta, čime se postiže povećanje količine organskog ugljenika kao esencijalnog faktora pri sprečavanju dalje degradacije zemljišta, poboljšanje kvaliteta supstrata, smanjenje potencijala erozije, povećanje kapaciteta zadržavanja vode i povećanje otpornosti na sušu, dok bonitetna klasa zemljišta treba primenom agrotehničkih mera ostati ista ili bi se primenjenim merama trebala povećati.

Primenom pravilne agrotehlike mogu se prevenirati štete, povećati prinosi i plodnost zemljišta. Pripremom zemljišta na adekvatan način obezbeđuje odgovarajuće agrotehničke uslove za što bolju klijavost semena i kasniji razvoj biljaka.

Planirana površina za agrotehničku rekultivaciju jeste završna ravan-plato, etažne ravni (K+197, K+187, K+177, K+167, K+157 i K+147) i terasne ravni (K+192, K+182, K+172, K+162, K+152 i K+142). Ukupna površina za agrotehničku rekultivaciju iznosi 8.2 ha.

Agrotehnička rekultivacija na odlagalištu, izvodiće se u više faza i to: mašinsko rasturanje mineralnog đubriva traktorom, oranje na dubini do 30 cm, tanjiranje, drljanje. Skup agrotehničkih mera predviđenih za predmetno odlagalište rudničke jalovine izvodiće se postepeno, nadovezujući se jedna na drugu.

Kao prva mera agrotehničke rekultivacije vrši se đubrenje, mašinskim rasturanjem mineralnog đubriva, upotrebom traktora. Đubrenje je agrotehnička mera kojom se u zemljište unose hranljive materije, u vidu mineralnog đubriva, potrebne za ishranu gajenih biljaka, ali i održavanja plodnosti zemljišta. Inicijalno đubrenje vrši se kompleksnim mineralnim đubrivom NPK (15:15:15) u količini 400 kg/ha.

Nakon đubrenja sledi oranje. Agrotehnička mera, oranje, osnovni je i glavni način obrade zemljišta, koja se po pravilu treba obavljati u jesen, a prema tome i osnovno đubrenje se po pravilu treba obavljati u istom periodu. Unošenjem đubriva (kompleksnog mineralnog đubriva NPK 15:15:15) oranjem, omogućava se unošenje hranljivih materija biljkama na punu dubinu obrađenog zemljišnog profila, kao i održavanje plodnosti zemljišta. Odnosno, osnovnom obradom se plugom najveći deo planirane norme đubriva unosi na dubinu zemljišta od 15 do 30 centimetara, a to je dubina do koje se razvija najveća masa korenovog sistema biljnih vrsta. Oranje se vrši na dubini od 23-30 cm.

Kada se završi oranje, potrebno je zatvoriti brazde, tanjiračem. Brazde treba zatvoriti pre prvih zimskih mrazeva ili što je pre moguće u proleće. Cilj tanjiranja kao agrotehničke mere je zadržavanje vlage u zemljištu kao i postizanje uniformnosti strukture zemljišta.

Završna faza kojom se usitnjava zemljište jeste drljanje. Usled specifičnosti kvaliteta i vrste zemljišta, poželjno je sačekati kišu pre nego se izvede ova operacija. Ako uslovi dozvoljavaju, veća radna brzina mašine će obezbediti postizanje boljih rezultata.

#### **5.6.4. Biološka rekultivacija**

Biološka rekultivacija podrazumeva formiranje vegetacionog pokrivača uz primenu neophodnih mera koje treba da olakšaju i ubrzaju pokretanje pedoloških procesa na novoformiranom tipu zemljišta. Biološka rekultivacija, uopšteno, ima dva cilja, jedan je privođenje novoformiranog tipa zemljišta nekoj kulturi (poljoprivrednoj, šumskoj itd.) i drugi, stvaranje novih predeonih celina koje će imati iste ili veće vrednosti koje su bile pre degradacije zemljišta. Biološka rekultivacija obuhvata melioracione i biološke mere kojima se obnavlja i popravlja plodnost oštećenog zemljišta na kome se planira formiranje veštačkih zajednica.

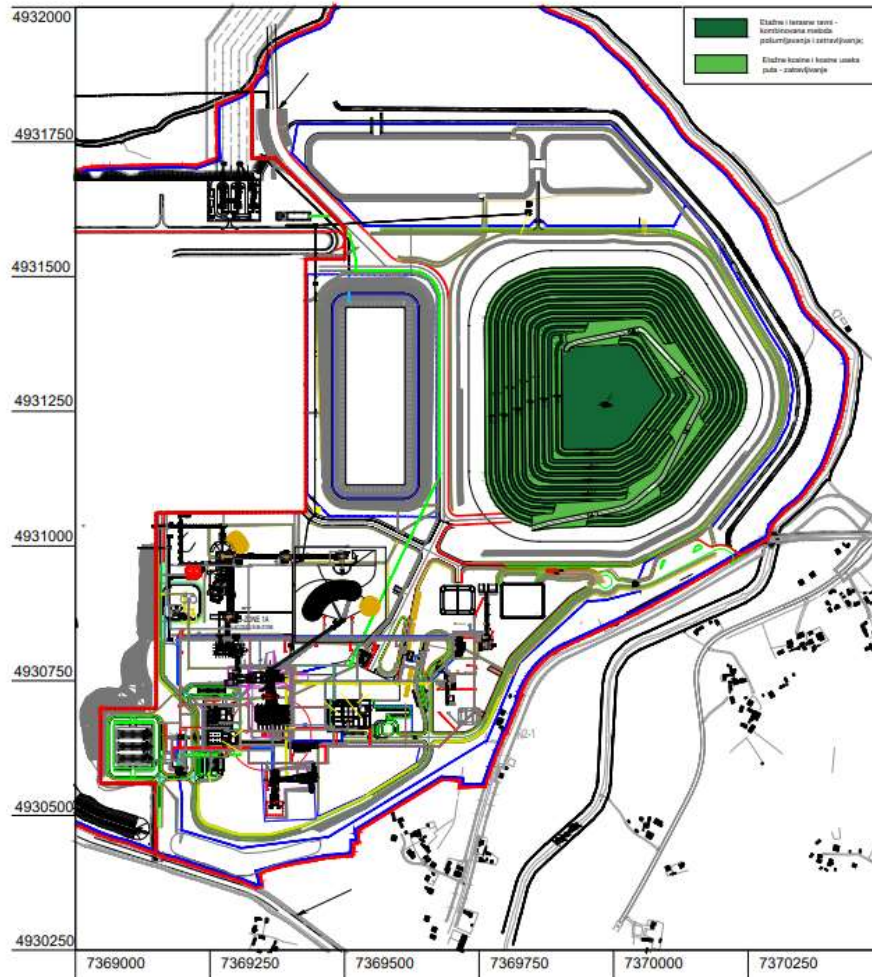
Na prostoru predmetnog odlagališta rudničke jalovine, biološka rekultivacija uključuje primenu fitomelioracionih mera koje se sastoje iz sledećih faza:

- Pošumljavanjem i pejzažnim uređenjem, ekološki odgovarajućim vrsta – (završna ravan odlagališta (plato), etažne ravni i terasnim ravnima);
- Zasnivanjem travnjaka - sejanjem smeše travno - leguminoznih biljaka (na svim ravnim (završna etaža – plato odlagališta, terasne i etažne ravni) i kosim površinama (etažne kosine) jalovišta).

Model biološke rekultivacije prikazan je na slici 5.6.2. U tabeli 5.6.2. prikazane su strukture površina za biološku rekultivaciju prema tipu rekultivacije.

Na osnovu preliminarne pedološke ispitivanja, analize klimatskih i mikroekoloških uslova kao posledica novoformiranog reljefa, analize spontane vegetacije, pristupa se odabiru drvenastih vrsta predviđenih za pošumljavanje odlagališta rudničke jalovine. Drvenaste vrste se koriste u rekultivaciji rudničkih površina jer stvaraju velike količine organske materije koja podstiče procese kruženja materije na odloženom materijalu. Ove biljke mogu da modifikuju osobine podloge kroz održavanje ili povećanje količine organske materije, biološku fiksaciju azota, uvećanje infiltracije vode i njenog zadržavanja u podlozi, redukcijom gubitka hranljivih

materija putem erozije i luženja, popravkom fizičkih osobina zemljišta, redukovanjem kiselosti zemljišta i poboljšanjem uslova za rad zemljišnih mikroorganizama (Dožić et al., 2002).



Slika 5.6.2 Model biološke rekultivacije

Tabela 5.6.2. Struktura površina odlagališta za biološku rekultivaciju prema tipu rekultivacije

Struktura površina za rekultivaciju odlagališta			
Odlagalište	Površine		Tip Rekultivacije
	m <sup>2</sup>	Ha	
Etaža E197	29759.5	3.0	Zatavljanje i pošumljavanje
Etaža E187	3993.0	0.4	Zatavljanje i pošumljavanje
Etaže E177	4678.4	0.5	Zatavljanje i pošumljavanje
Etaže E167	5708.5	0.6	Zatavljanje i pošumljavanje
Etaže E157	6678.0	0.7	Zatavljanje i pošumljavanje
Etaže E147	7750.3	0.8	Zatavljanje i pošumljavanje
<b>Ukupno etažne ravni</b>	<b>58567.7</b>	<b>5.9</b>	
Terasne ravni E192	2496.5	0.2	Zatavljanje i pošumljavanje
Terasne ravni E182	2741.3	0.3	Zatavljanje i pošumljavanje
Terasne ravni E172	3457.0	0.3	Zatavljanje i pošumljavanje
Terasne ravni E162	4164.1	0.4	Zatavljanje i pošumljavanje
Terasne ravni E152	4761.7	0.5	Zatavljanje i pošumljavanje
Terasne ravni E142	5792.6	0.6	Zatavljanje i pošumljavanje
<b>Ukupne terasne ravni</b>	<b>23413.2</b>	<b>2.3</b>	
<b>Ukupne etažne ravni i terasne ravni</b>	<b>81980.9</b>	<b>8.2</b>	

Etažne kosine E197/187	11463.8	1.1	Zatavljanje
Etažne kosine E187/177	12386.6	1.2	Zatavljanje
Etažne kosine E177/167	15710.4	1.6	Zatavljanje
Etažne kosine E167/157	18456.8	1.8	Zatavljanje
Etažne kosine E157/147	20995.3	2.1	Zatavljanje
Etažne kosine E147/137	25556.8	2.6	Zatavljanje
Kosine useka puta	18278.1	1.8	Zatavljanje
Ukupno etažne kosine	122847.8	12.3	
<b>Ukupno</b>	<b>204828.7</b>	<b>20.5</b>	

Za formiranje inicijalnih stupnjeva šumske vegetacije na ovom području preporučuje se upotreba meliorativnih vrsta koje od prirode naseljavaju dato područje, i to: edifikatora ili vrsta sa velikim stepenom prisutnosti u okonim prirodnim zajednicama. Fitocenološka i ekološka analiza predmetnog područja opredeljuje na korišćenje hrasta cera (*Quercus cerris* L.) kao glavne, uz mogućnost korišćenja pratećih vrsta kao što su crni jasen (*Fraxinus ornus* L.), klen (*Acer campestre* L.) i divlja kruška (*Pyrus pyraeaster* L.) za pošumljavanje završne ravni-platoa odlagališta i etažnih i tersnih ravni. Kod izbora vrsta za pošumljavanje, glavni kriterijum je bio otpornost na stresne uslove sredine kao i njihove ekofiziološke karakteristike.

Tehnologija pošumljavanja izabrana je u odnosu na predviđenu strukturu površina rudničkog odlagališta kao i na vrstu biljke, a kompatibilna je sa načinom pripreme supstrata. Planira se primena metode pošumljavanja sadnjom u jame na rastojanju 2 x 2m na zaravnjenim delovima prema kvadratnom rasporedu sa normativom od 2.500 sadnica po hektaru.

Period pogodan za sadnju sadnica je onaj u kome se korenov sistem snažno razvija, jer je tada i njegova regenerativna sposobnost najizraženija. Proletnji meseci odlikuju se nešto manjom količinom padavina od jesenjih. Iz ovog razloga preporučljivo je vršiti sadnju u jesen.

Primarni cilj rekultivacije kod odlagališta čije su etaže sa nagibom iznad 15% je kontrola erozije koja se mora sprovesti u što kraćem roku. Za biološku stabilizaciju i sanaciju kosina u ovakvim slučajevima biraju se najčešće zeljaste biljne vrste. Uspešan razvoj inicijalnog biološkog pokrivača početna je faza u oživljavanju ovakvih staništa.

Analiza postojećih i potencijalnih uslova sredine nakon razastiranja plodnog sloja upućuje na efikasnost korišćenja namenskih leguminozno-travnih smeša za potrebe rekultivacije a čije su osobine prilagođene uslovima suvljih brdskih terena u kontinentalnom području. Preporučuje se odabir onih smeša koje u svom sadržu određeni procenat semena leguminoznih krmnih biljaka, kako bi se u određenom periodu uvećao potencijal za korišćenje ovih površina u stočnoj ishrani (tabela 5.6.3).

**Tabela 5.6.3 Sadržaj travno-leguminozne smeše**

Komponenta	Maseno učešće, kg/ha	Procentualno učešće u smeši (%)
Žuti zvezdan ( <i>Lotus corniculatus</i> L.)	4	11,12
Crvena detelina ( <i>Trifolium pratense</i> L.)	4	11,11
Lucerka ( <i>Medicago sativa</i> L.)	4	11,11
Crveni vijuk ( <i>Festuca rubra</i> L.)	12	33,33
Prava livadarka ( <i>Poa pratensis</i> L.)	12	33,33
Ukupno	36	100

Analiza postojećih i potencijalnih uslova sredine nakon eksploatacije, opredeljuje na upotrebu heterogene travno - leguminozne smeše koje se odlikuju tolerancijom na relativno nepovoljne mikroklimatske kao i edafske uslove. Kvalitetno seme trava treba da je visokog stepena klijavosti (preko 80%), što mora biti jasno naznačeno na deklaraciji proizvođača.

Nakon izvršene biološke rekultivacije potrebno je nastaviti sa merama očuvanja uspostavljenog ekosistema, jer uticaji okoline (temperaturne amplitude, mraz, suša, entomološka i fitopatološka oboljenja) mogu ponovo narušiti svojstva vegetacijskog pokrivača.

## 6. Priprema rude jadarita za hemijsku preradu

### 6.1. Principi projektovanja

Postrojenje „Jadar“ je projektovano za preradu prosečno (približno) 1,6 Mt/god do maksimalne proizvodnje od oko 1,8 Mt/g rovne rude jadarita, što obezbeđuje proizvodnju do 286 kt/god borne kiseline, do 58 kt/god litijum-karbonata i 259 kt/god natrijum-sulfata, kao korisnih proizvoda. Očekuje se da će dostizanje punog kapaciteta trajati oko 36 meseci nakon puštanja u rad. Projekat je razvijen kako bi se obezbedilo postrojenje koje je bezbedno, funkcionalno, ekonomski isplativo i omogućava kasnije proširenje. Postrojenja za obogaćivanje i preradu nalaze se neposredno uz rudnik u dolini Jadra, a sva jalovina iz postrojenja skladištiće se zajedno sa ostalim otpadima na zajedničkoj deponiji industrijskog otpada.

Postrojenje „Jadar“ je projektovano za proizvodnju granulisanе borne kiseline tehničkog kvaliteta kako bi zadovoljilo specifikacije kvaliteta za RioTintov Optibor® TG proizvod iz njegove američke firme Boraks. Litijum karbonat se proizvodi prema specifikacijama proizvođača baterija, a natrijum sulfat se proizvodi prema hemijskim specifikacijama za ciljanu industriju tekstila i deterdženata.

Većina delova postrojenja ima projektantski faktor 1,1 (DF) kako bi se osiguralo nesmetan rad i minimiziralo preveliko povećanje postrojenja. Deo obogaćivanja rovne rude je projektovan sa projektantskim faktorom 1,2, kako bi se postrojenje lako prilagodilo očekivanoj promenljivosti rude.

Količine i kapaciteti privremenih skladišta prilagođeni su kako bi se osigurala ciljana propusnost postrojenja. Izračunata efikasnost korišćenja za glavna procesna područja kreće se od 77%, pri usitnjavanju, do 88%, u oblastima za unutrašnjeg transporta proizvoda.

Tehnološka šema je uspešno testirana na poluindustrijskom nivou, razume se promene u mineralogiji sirove rude, inženjering i projekat su postepeno analizirani i razvijani jer u kritičnim operativnim jedinicama nema nove ili prototipske opreme.

Minimizacija otpada i optimizacija energije su svojstveni projektu za procesno postrojenje Jadar. To uključuje maksimalnu upotrebu povratne i procesne vode.

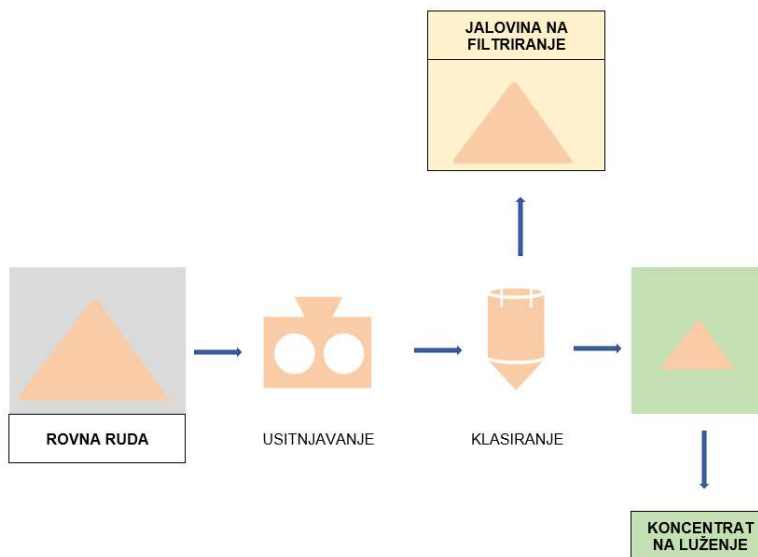
Raspored objekata i opreme je razvijen, koristeći pristup zasnovan na smanjenju rizika, kako bi se obezbedio objekat koji je siguran, funkcionalan, ekonomski isplativ i omogućava kasnije proširenje. Ključna razmatranja su bila: lociranje područja za skladištenje reagenasa i proizvoda u blizini železničkog i putnog pristupa lokaciji, odvajanje saobraćajnica od pristupa železničkoj pruzi, uređenje zajedničkog nosača magistralnih cevi između pojedinih područja i minimiziranje dužine cevovoda i transportera.

### 6.2. Prikaz tehnološkog procesa pripreme rude jadarita

Osnovni zadatak procesa pripreme rude jadarita svodi se na usitnjavanje rude za dalju preradu i izdvajanje klase -4,3+0,212 mm u kojoj su koncentrisane korisne komponente. Klasa -0,212+0 mm sačinjena je uglavnom od gline i ona se odbacuje kao jalovina iz postrojenja za pripremu mineralne sirovine (PMS). Deo

te jalovine koristi se za pripremu rudničkog zasipa, a ostatak se deponuje na zajedničkoj deponiji sa otpadom iz hemijske prerade koncentrata jadarita.

Krajnje uprošćeno šema tehnološkog procesa pripreme rude jadarita može se prikazati na sledeći način, slika 6.2.1.



**Slika 6.2.1** Uprošćena šema pripreme rude jadarita

Tehnološki process pripreme rude jadarita (PMS) može se uslovno izdeliti u nekoliko faza:

- Usitnjavanje rovne rude,
- Klasiranje usitnjene rude,
- Izdvajanje i skladištenje koncentrata jadarita,
- Zgušnjavanje sitnozrne jalovine,
- Zgušnjavanje krupnozrne jalovine,
- Filtriranje jalovine.

Šema tehnološkog procesa od skladištenja rovne rude do izdvajanja koncentrata jadarita, koji se šalje na dalju hemijsku preradu, i jalovine prikazana je na Prilogu 6.2.1. Pozicije uređaja koji se koriste za pripremu ruda preuzete su iz Hatch-ovog dokumenta „Mass and energy balance central case“ i sa „Process flow diagram“.

Na istom prilogu je prikazana i šema kretanja masa, koja je izdvojena iz dokumenta „Mass and energy balance central case“ Hatch, 2020.

### 6.2.1. Usitnjavanje rovne rude

Otkopana rovna ruda se, preko odlagača, privremeno odlaže na skladištu rovne rude (poz. 21100-ST-001), odakle se utovarivačem uzima i transportuje do bunkera sa rešetkom (poz. 21100-HP-001) na kojoj se izdvajaju vangabaritni komadi rude. Ruda okvirne krupnoće -500+0 mm se preko trakaste hranilice (poz. 21100-FE-001) dodaje u primarnu drobilicu tipa sajzer (poz. 21100-CR-001). Zadatak primarne drobilice (poz. 21100-CR-001) je da rudu usitni do krupnoće -150+0 mm. Primarno usitnjena ruda gravitacijski odlazi na sito (poz. 21100-SC-004), sa otvorima veličine 50 mm, gde se izdvajaju odsev (+50 mm) i prosev (-50 mm). Odsev odlazi na dodatno usitnjavanje u sekundarnu drobilicu, tipa sajzer (poz. 21100-CR-005), a prosev pada na transportnu traku (poz. 21100-CV-001), na koju dolazi i sekundarno izdrobljena ruda pa

zajedno idu na vibro rešetku (poz. 21100-SC-003). Zadatak ove vibro rešetke je da izdvoji zrna krupnija od 50 mm i da ih vrati na primarno drobljenje.

Prosev vibro rešetke (poz. 21100-SC-003) odlazi u bunker sekundarno izdrobljene rude (poz. 21100-HP-002) u koji se dodaje i odsev sita (poz. 21100-SC-001), na kojem se prosejava ruda posle tercijarnog drobljenja. Transport odseva ovoga sita obavlja se preko transportnih traka (poz. 21100-CV-004 i 21100-CV-005).

Skupljena ruda krupnoće +50 mm, preko hranilice na kojoj je instalisana vaga (poz. 21100-FE-002) i trakaste hranilice (poz. 21100-CV-002), odlazi na tercijalno drobljenje u drobilicu sa valjcima tipa HPGR (poz. 21100-CR-003). Zadatak ove drobilice je da rudu usitni do krupnoće 80% -4,3+0 mm. Proizvod HPGR drobilice je u obliku pogače (keka) pa se najpre mora izvršiti njegova deaglomerizacija. Pogača se transportuje transportnom trakom (poz. 21100-CV-003) do deaglomerizatora (poz. 21100-CR-004).

Razbijena (usitnjena) pogača gravitacijski odlazi u napojni sanduk (poz. 21100-PB-001) muljne pumpe (poz. 21100-PP-001). Instaliraju se dve pumpe (radna i rezervna). U napojni sanduk se dodaje i voda iz preliva zgušnjivača (poz. 21300-TH-001) kako bi se formirala transportabilna pulpa podesna za prosejavanje na vibro situ (poz. 21100-SC-001). Prosejavanje je mokro, a dodatna količina vode stiže iz preliva zgušnjivača (poz. 21300-TH-001). Na vibro situ se izdvaja odsev, +4,3 mm, koji se vraća nazad u proces tercijarnog drobljenja preko bunkera (poz. 21100-HP-002) i prosev koji odlazi na dalje klasiranje.

Pošto se usitnjavanje vrši na suvo predviđen je sistem otprašivanja transportera, bunkera i drobilica. Sistem čini otprašivač (poz. 21100-DC-001), ventilator (poz. 21100-FA-001) i izduvna cev (dimnjak) za ispuštanje prečišćenog vazduha (poz. 21100-SK-001). Oborene čestice prašine se preko pužnog transportera (poz. 21100-CX-002) transportuju do hranilice (poz. 21100-FE-002) i trakaste hranilice (poz. 21100-CV-002) preko koje odlazi na tercijalno drobljenje u drobilicu sa valjcima tipa HPGR (poz. 21100-CR-003).

Sav rastur koji se pojavi u odeljenju usitnjavanja skuplja se u odgovarajućoj podnoj jami odakle se vertikalnom pumpom (poz. 21100-PP-002) transportuje do zgušnjivača za sitne klase (poz. 21300-TH-001).

### **6.2.2. Klasiranje usitnjene rude**

U procesu klasiranja rude treba izdvojiti klasu krupnoće -4,3+0,212 mm, koja će se kao koncentrat procesa pripreme uputiti na dalju hemijsku preradu. Zrna sitnija od 0,212 mm smatraće se jalovinom. Proces klasiranja započinje sakupljanjem proseva vibro sita (poz. 21100-SC-001) i mešanjem sa prelivom zgušnjivača (poz. 21300-TH-001).

Ova hidromešavina ide kroz trostepeno klasiranje kako bi se izdvojila željena klasa krupnoće. U prvom stepenu klasiranje se obavlja u hidrociklonu (poz. 21200-CY-003 A/B). Hidrociklon hidromešavinom snbdeva muljna pumpa (poz. 21200-PP-002 A/B). Preliv hidrociklona preskače drugi stepen klasiranja i direktno ide na treći stepen klasiranja u hidrociklon (poz. 21200-CY-004 A/B). Drugi stepen klasiranja je u RE-Flux klasifikatoru (poz. 21200-CS-001). Snabdevanje ovoga klasifikatora hidromešavinom ide preko muljne pumpe (poz. 21200-PB-006). Deo vode od preliva zgušnjivača (poz. 21300-TH-001) koristi se za razređenje u donjoj zoni ovoga klasifikatora. Klasifikator (poz. 21200-CS-001) ima dva proizvoda. Krupniji proizvod – pesak ide na dodatno odvodnjavanje na situ (poz. 21200-SC-002), dok sitniji proizvod – preliv ide na treći stepen klasiranja. Na situ za odvodnjavanje (poz. 21200-SC-002) prosev se upućuje u napojni sanduk muljne pumpe pre prvog stepena klasiranja (poz. 21200-PB-002), a odsev, kao koncentrat ide dalje u proces.

Preliv klasifikatora (poz. 21200-CS-001) preko muljne pumpe (poz. 21200-PP-004) ide na treći stepen klasiranja u hidrociklon (poz. 21200-CY-004 A/B). Oba proizvoda ovoga hidrociklona smatraju se jalovinom, s tim što preliv ide u zgušnjivač za sitne klase (poz. 21300-TH-001), a pesak u zgušnjivač za krupnije klase (poz. 21300-TH-002).

Sav rastur koji se pojavi u odeljenju klasiranja skuplja se u podnoj jami i vertikalnom pumpom (poz. 21200-PP-005) se transportuje do napojnog sanduka (poz. 21200-PB-003) pumpe kojom se hidromešavinom snbdeva hidrociklon, kao treći stepen klasiranja.

### 6.2.3. Izdvajanje i skladištenje koncentrata jadarita

Koncentrat jadarita izdvaja se kao odsev sita za odvodnjavanje (poz. 21200-SC-002), odakle se transportnom trakom (poz. 21400-CV-001) odlaže na skladištu koncentrata jadarita. Sa privremene deponije koncentrat se utovarivačem dodaje na tračnu vagu (poz. 21400-FE-001), posle koje se transportnim trakama (poz. 21400-CV-002 i 21400-CV-003 ) transportuje u sektor hemijske prerade.

### 6.2.4. Zgušnjavanje sitnozrne jalovine

Zgušnjavanje najsitnije jalovine obavlja se radijalnom zgušnjivaču (poz. 21300-TH-001).

U ovaj zgušnjivač se dodaju sledeći proizvodi:

- Preliv hidrociklona, poz. 21200-CY-0004 A/B,
- Otpad iz ultrafiltracije, iz rezervoara poz. 33100-TK-020
- Otpad iz ultrafiltracije rudničke vode, iz rezervoara poz. 33100-TK-037,
- Procesna voda, iz rezervoara poz. 33100-TK-002,

Posredno se, preko rezervoara poz. 21300-TK-001 u zgušnjivač se dodaju i:

- Preliv iz zgušnjivača krupnozrne jalovine, poz. 21300-TH-002, preko rezervoara poz. 21300-TK-002E
- Voda iz procesa filtriranja jalovine iz PMS-a

Pored navedenih povremeno se u zgušnjivač dodaju i.

- otok, iz rezervoara 21100-PP-002
- repulpirani filter kolač iz procesa uklanjanja primesa kreča, preko rezervoara poz. 24100-TK-026,
- rastur iz odeljenja za zgušnjavanje, preko vertikalne pumpe poz. 21300-PP-006

Da bi se proces zgušnjavanja unapredio (ubrzao) u procesnu vodu dodaje se flokulant. Flokulacija se vrši u posebno izdvojenom postrojenju u kojem se mešaju tehnička voda i flokulant.

Preliv zgušnjivača, poz. 21300-TH-001 odlazi, preko pumpe poz. 21300-PP-001 A/B u:

- napojni sanduk poz. 21200-PB-002 ili rezervoar 21200-TK-001
- napojni sanduk 21100-PB-001 ili na sito 21100-SC-001,

a povremeno na:

- vibro sito posle tercijarnog drobljenja, poz. 21100-SC-001, i
- bunker sa rešetkom, poz. 21100-HP-001, na samom početku procesa pripreme.

Prema šemi kretanja masa u 519 m<sup>3</sup>/h preliva ima 0,254 t/h čvrste faze što znači da se preliv može tretirati kao zaprljana voda koja je upotrebljiva u drugim delovima procesa.

Pesak zgušnjivača se transportuje u rezervoar 29100-TK-001.

U pesku ovoga zgušnjivača ima 64,9 t/h jalovine pomešane sa 178 m<sup>3</sup>/h vode. Masena koncentracija čvrstog iznosi 26,5%.

### 6.2.5. Zgušnjavanje krupnozrne jalovine

Zgušnjavanje krupnozrne jalovine obavlja se radijalnom zgušnjivaču, poz. 21300-TH-002. U ovaj zgušnjivač kontinuirano dolazi pesak hidrociklona, poz. 21200-CY-004 A/B i procesne vode pomešane sa flokulantom i koagulantom.



Preliv zgušnjivača, poz. 21300-TH-002, odlazi u rezervoar 21300-TK-001 (rezervoar za pripremu flokulanta), dok se pesak transportuje pumpom, poz. 21300-PP-022 A/B u rezervoar 29100-TK-004.

Preliv je praktično slabo zaprljana voda sa 0,025 t/h čvrstog u 118 m<sup>3</sup>/h vode. U pesku ima 39,8 t/h čvrstog pomešano sa 47,4 m<sup>3</sup>/h vode. Koncentracija čvrstog u pesku iznosi 45,4%.

### 6.2.6. Filtriranje i sušenje jalovine

Filtriranju se podvrgava pesak zgušnjivača poz. 21300-TH-001 i 21300-TH-002. Proces filtriranja se može obavljati na dva postrojenja:

- filtriranje jalovine koja se odlaže na industrijsku deponiju, i
- filtriranje jalovine koja se koristi za pripremu rudničkog zasipa.

Za filtriranje jalovine koja se odlaže na industrijsku deponiju koristi se filteri, poz. 29100-FL-001 do 003. Pesak zgušnjivača se, u agitatoru poz. 29100-TK-001, meša sa rasturom koji se skupio u podnim jamama po odeljenjima, a potom se pumpom transportuje do filtera.

Filtere vazduhom snabdevaju kompresori, poz. 21900-CP-001 do 004.

Filterski kolač se transportnom trakom odlaže na posebnu deponiju, poz. 29100-ST-001, odakle se zahvata i šalje na sušenje i zajedničko deponovanje.

Voda koja se izdvoji filtriranjem (filtrat) skuplja se u rezervoaru poz. 29100-TK-002 odakle se dalje koristi za ispiranje filterskog platna.

Kada se jalovina koristi za pripremu zasipa onda se pesak oba zgušnjivača skuplja u agitatoru poz. 17200-TK-001, odakle se transportuje na filtriranje, na filter poz. 17200-FL-001. Filterski kolač se odlaže na deponiju filterskog kolača za pripremu zasipa, poz. 29200-ST-003. Sa ove deponije filtrirana jalovina se može slati na postrojenje za pripremu zasipa ili, ako za zasipom nema potrebe, može se pomešati sa ostalom jalovinom na deponiji, poz. 29200-ST-001.

## 6.3. Bilans koncentracije procesa pripreme rude jadarita

Procesom pripreme rude jadarita postižu se rezultati prikazani u tabeli 6.3.1.

**Tabela 6.3.1** Kvalitet rude, koncentrata i jalovine iz procesa pripreme jadarita, maseno, suvo, ukupno

Komponenta	Rovna ruda	Koncentrat	Jalovina iz procesa PMS		
			Krupnozrna	Sitnozrna	Koja se suši
Litijum, Li, %	0,87	1,41	0,238	0,238	0,218
Bor, B, %	3,61	6,55	0,831	0,831	0,82
Kalcijum, Ca, %	6,12	4,24	7,89	7,89	8,76
Hlor, Cl, ppm	146	106	185	185	170
Gvožđe, Fe, %	2,73	2,35	3,09	3,09	3,06
Kalijum, K, %	1,96	1,46	2,44	2,44	2,24
Magnezijum, Mg, %	3,72	2,45	4,92	4,92	5,04
Natrijum, Na, %	4,38	6,39	2,48	2,48	2,28
Sumpor, S, %	0,467	0,418	0,516	0,516	1,56
Silicijum, Si, %	15,6	14,6	16,4	16,4	15,1

Dakle, u koncentratu je došlo do koncentrisanja litijuma, bora i natrijuma, a u jalovini svih ostalih analiziranih elemenata.

Bilans koncentracije rude jadarita, za elemente koji se koncentrišu u koncentratu, dat je u tabeli 6.3.2.

**Tabela 6.3.2 Bilans koncentracije rude jadarita**

Proizvod	Masa		Kvalitet, %			Iskorišćenje/raspodela, %		
	%	t/h	Li	B	Na	Li	B	Na
Ulaz	100,00	193,3	0,807	3,61	4,38	100,00	100,00	100,00
Koncentrat	48,5	93,7	1,41	6,55	6,39	84,8	88,1	70,8
Jalovina	51,5	99,6	0,238	0,831	2,48	15,2	11,9	29,2

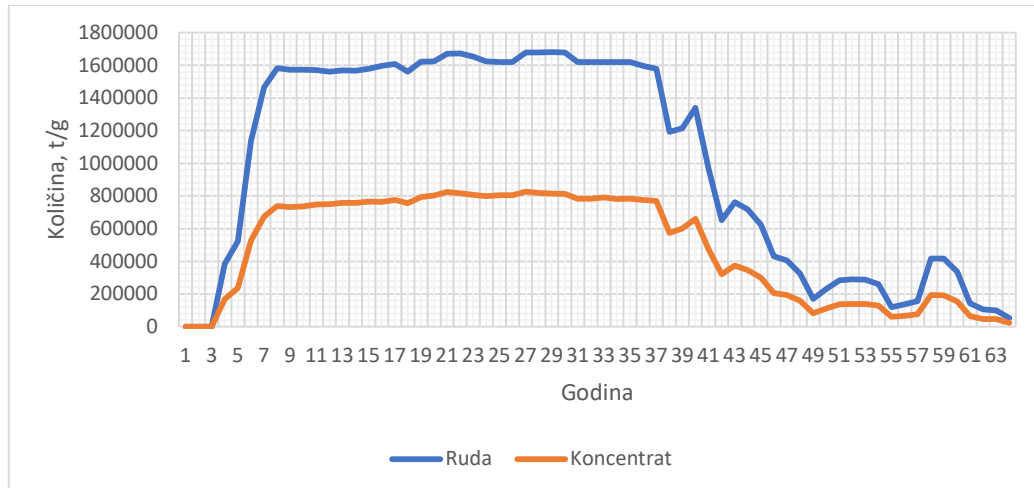
Rezultati rada postrojenja za pripremu jadarita prikazani na godišnjem nivou za prosečne uslove koncentracije dati su u tabeli 6.3.3.

**Tabela 6.3.3 Godišnji bilans koncentracije**

Parametar	Vrednost
Kapacitet postrojenja, t/g, suvo	1.691.000
Količina litijuma (Li) u rovnoj rudi, t/g	13.649
Količina litijuma (Li) u koncentratu, t/g	11.574
Količina bora (B) u rovnoj rudi, t/g	60.968
Količina bora (B) u koncentratu, t/g	53.713
Količina natrijuma (Na) u rovnoj rudi, t/g	74.066
Količina natrijuma (Na) u koncentratu, t/g	52.439

Bilansi koncentracije prikazani po godinama, saglasno promenama kapaciteta i kvalitetima na ulazu prikazani su u tabeli 6.3.4. (u 6 delova).

Na slici 6.3.1. dat je grafički prikaz razvoja rudnika, preko promene količine rude, i sledstveno tome količine koncentrata koja se izdvaja po godinama.



**Slika 6.3.1 Količina prerađene rude i izdvojenog koncentrata po godinama eksploatacije**

Vidi se da u prve tri godine nema eksploatacije rude niti izdvajanja koncentrata, a potom se kapacitet postepeno povećava da bi se do (približno) nominalnog kapaciteta došlo u 8. godini rada rudnika. Rudnik bi sa (približno) nominalnim kapacitetom radio narednih 30 godina (bez delimičnog iskorišćenja sigurnosnih stubova), a onda bi se kapacitet postepeno smanjivao. Saglasno promenama kapaciteta rovne rude menja se i količina izdvojenog koncentrata, uz zadržavanje količine koncentrata od oko 48,5% u odnosu na količinu rovne rude.



Tabela 6.3.4. Bilans koncentracije, ukupno

Parametar	j.m.	1-64 god.
Količina rude	T	64.077.236
Količina koncentrata	T	30.936.281
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> posle razblaženja	%	12,70
Li <sub>2</sub> O posle razblaženja	%	1,78
CO <sub>3</sub> (računski), posle razblaženja	%	16,06
Masa koncentrata	T	48,28
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> u koncentratu	%	22,56
Li <sub>2</sub> O u koncentratu	%	3,06
CO <sub>3</sub> (računski), u koncentratu	%	10,84
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> iskorišćenje	%	87,81
Li <sub>2</sub> O iskorišćenje	%	84,96
CO <sub>3</sub> (računski), iskorišćenja	%	32,73

## 6.4. Bilans vode

Bilans vode se uobičajeno pravi na nivou celog tehnološkog procesa zato što se snabdevanje vodom vrši centralizovano pa je zbog mešanja vode između različitih delova procesa relativno teško zatvoriti na nivou dela procesa. Postrojenje za pripremu rude projektovano je tako da voda stalno kruži od zgušnjivača nazad u proces usitnjavanja i klasiranja čime se značajno štedi voda kao resurs, ali se smanjuju i troškovi (nema prečišćavanja vode, manja potrošnja sveže vode itsl).

U proces pripreme rude na različitim pozicijama ulaze različite količine vode, tabela 6.4.1.

Tabela 6.4.1 Količina vode koja ulazi u proces PMS, procesna i voda iz drugih delova procesa

Poreklo vode	Hatch-ova pozicija	Količina vode, m <sup>3</sup> /h	Komentar
Voda koja dolazi sa rovnom rudom	0040	9,02	
Voda iz postrojenja za filtriranje PMS jalovine	0337	135	Povratna voda
Mulj iz krečnog postrojenja	1022	21,3	Povratna voda iz hemijske prerade koncentrata
Voda od prečišćavanja	2891	23,7	Povratna voda
Voda od UF prečišćavanja rudničke vode	3303	7,99	Povratna voda
Procesna voda za pripremu flokulanta	2940	31,9	Procesna voda
Voda koja stiže sa flokulantom	3141	4,54	Procesna voda
Procesna voda za pripremu flokulanta	3940	0,955	Procesna voda
Voda koja stiže sa koagulantom	3243	0,768	Procesna voda
Ostala voda		6,627	Nema kontinuiran dotok
UKUPNO, ULAZ		241,8	

Voda iz postrojenja za PMS izlazi kroz koncentrat i jalovinu, tabela 6.4.2.

Tabela 6.4.2 Količina vode koja izlazi iz procesa za PMS

Poreklo vode	Hatch-ova pozicija	Količina vode, m <sup>3</sup> /h	Komentar
Voda koja odlazi sa koncentratom	0320	16,4	
Voda koja odlazi sa sitnom jalovinom	0335	178	
Voda koja odlazi sa krupnom jalovinom	0336	47,4	
UKUPNO, IZLAZ		241,8	



Dakle, ukupna potrošnja nove (sveže, procesna) vode u postrojenju za pripremu rude iznosi 38,163 m<sup>3</sup>/h, odnosno 0,19 m<sup>3</sup>/t prerađene rude u postrojenju za PMS. Ova voda će se obezbediti od odvodnjavanja jame, od sušenja jalovine i gotovih proizvoda, sa slivnog područja koje gravitira ka jazerima projektovanim za te namene i sa vodotokova u okruženju (Drina).

## 6.5. Spisak opreme u postrojenju za pripremu rude

U tabeli 6.5.1. dat je spisak opreme u postrojenju za pripremu rude.

**Tabela 6.5.1** Spisak opreme u postrojenju za pripremu rude

Pozicija	Uređaj i karakteristike
<b>21100 – USITNJAVANJE RUDE</b>	
21100-ST-001	DEPONIIJA ROVNE RUDE <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapacitet ..... 25.000 t rovne rude + 3.500 t rude slabe mineralizacije</li> <li>- Veličina ..... visina – 8 m, širina – 28 m, ugao odlaganja rovne rude 135°</li> </ul>
	ODLAGAČ NA DEPONIIJI ROVNE RUDE POZ. 21100-ST-001 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tip ..... radijalni</li> </ul>
	UTOVARIVAČ NA DEPONIIJI ROVNE RUDE POZ. 21100-ST-001 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapacitet..... 202 t/h</li> </ul>
21100-HP-001	BUNKER SA REŠETKOM ZA ODBACIVANJE VANGABARITNIH KOMADA ROVNE RUDE <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapacitet ..... 200 m<sup>3</sup></li> <li>- Dimenzije ..... 11,1 x 13,8 x 3,7 m</li> </ul>
21100-FE-001	HRANILICA ISPRED PRIMARNE DROBILICE POZ. 21100-CR-001 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tip ..... trakasta</li> <li>- Kapacitet ..... 202 t/h</li> <li>- Dužina ..... 30 m</li> <li>- Visina ..... 2 m</li> <li>- Širina ..... 1,5 m</li> <li>- Snaga elektromotora ..... 40 kW</li> </ul>
21100-MA-001	MAGNET ZA UKLANJANJE MAGNETIČNIH KOMADA ISPRED DROBILICE POZ. 21100-CR-001 <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimenzije ..... 1,7 x 0,6 x 1,7 m</li> <li>- Snaga elektromotora ..... 5 kW</li> </ul>
21100-CR-001	PRIMARNA DROBILICA <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tip ..... sajzer</li> <li>- Kapacitet ..... 202 t/h</li> <li>- Dimenzije ..... 4,5 x 0,9 x 1,84 m</li> <li>- Snaga elektromotora..... 300 kW</li> </ul>
21100-SC-004	SITO ZA PROSEJAVANJE PRIMARNO IZDROBLJENE RUDE <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapacitet ..... 202 t/h</li> <li>- Broj prosevnih površina ..... 1</li> <li>- Veličina otvora na mreži ..... 50 mm</li> <li>- Dužina ..... 5 m</li> <li>- Visina ..... 1 m</li> <li>- Širina ..... 2 m</li> </ul>
21100-CR-005	SEKUNDARNA DROBILICA <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tip ..... sajzer</li> <li>- Kapacitet ..... 162 t/h</li> <li>- Dimenzije ..... 4,5 x 0,9 x 1,84 m</li> <li>- Snaga elektromotora ..... 300 kW</li> </ul>
21100-SA-002	UZIMAČ UZORAKA SEKUNDARNO IZDROBLJENE RUDE <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimenzije ..... 1,5 x 1 x 1 m</li> <li>- Snaga elektromotora ..... 3 kW</li> </ul>
21100-BN-001	BUNKER ZA SMEŠTAJ UZORKOVANE RUDE <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapacitet ..... 1 m<sup>3</sup></li> <li>- Dimenzije ..... 1 x 1 x 1 m</li> </ul>



21100-CV-001	TRANSPORTNA TRAKA ZA TRANSPORT PRIMARNO I SEKUNDARNO IZDROBLJENE RUDE <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 202 t/h</li><li>- Dužina ..... 119,3 m</li><li>- Širina ..... 1000 mm</li><li>- Visina dizanja ..... 19,1 m</li><li>- Brzina ..... 1,51 m/s</li><li>- Snaga elektromotora ..... 45 kW</li></ul>
21100-SC-003	VIBRO REŠETKA <ul style="list-style-type: none"><li>- Tip ..... vibro rešetka, poliuretan</li><li>- Kapacitet ..... 202 t/h</li><li>- Veličina otvora ..... 40 mm</li><li>- Dužina ..... 3,6 m</li><li>- Visina ..... 1,2 m</li><li>- Širina ..... 1,2 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 15 kW</li></ul>
21100-HP-002	BUNKER SEKUNDARNO IZDROBLJENE RUDE <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 7 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 1,2 x 3,7 x 1,8 m</li></ul>
21100-MA-002	MAGNET ZA UKLANJANJE MAGNETIČNIH KOMADA ISPOD BUNKERA POZ. 21100-HP-002 <ul style="list-style-type: none"><li>- Dimenzije ..... 1 x 0,6 x 1 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 5 kW</li></ul>
21100-FE-002	HRANILICA SA TRAKOM VAGOM ISPOD BUNKERA POZ. 21100-HP-002 <ul style="list-style-type: none"><li>- Tip ..... trakasta</li><li>- Kapacitet ..... 324 t/h</li><li>- Dužina ..... 95 m</li><li>- Visina ..... 20 m</li><li>- Širina ..... 0,9 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 55 kW</li></ul>
21100-DC-001	OTPRAŠIVAČ <ul style="list-style-type: none"><li>- Dimenzije ..... 2,5 x 6 x 2,5 m</li></ul>
21100-FA-001	VENTILATOR IZA OTPRAŠIVAČA POZ. 21100-DC-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Snaga elektromotora ..... 15 kW</li></ul>
21100-SK-001	DIMNJAK OTPRAŠIVAČA POZ. 21100-DC-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Visina ..... 32 m</li><li>- Širina ..... 0,36 m</li></ul>
21100-CX-002	PUŽNI TRANSPORTER MATERIJALA IZ OTPRAŠIVAČA POZ. 21100-DC-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Tip..... pužni transporter</li><li>- Dužina ..... 4 m</li><li>- Širina ..... 229 mm</li><li>- Snaga elektromotora ..... 3 kW</li></ul>
21100-CV-002	HRANILICA HPGR DROBILICE POZ. 21100-CR-003 <ul style="list-style-type: none"><li>- Tip ..... trakasta</li><li>- Kapacitet ..... 324 t/h</li><li>- Dužina ..... 103,8 m</li><li>- Širina ..... 1000 mm</li><li>- Visina ..... 18,2 m</li><li>- Brzina ..... 1,51 m/s</li><li>- Snaga elektromotora ..... 45 kW</li></ul>
21100-CR-003	HPGR DROBILICA ZA TERCIJARNO DROBLJENJE <ul style="list-style-type: none"><li>- Tip ..... HPGR</li><li>- Kapacitet ..... 324 t/h</li><li>- Dimenzije ..... 7 x 3,14 x 5 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 622 kW</li></ul>
21100-CV-003	TRANSPORTNA TRAKA ZA PRIHVAT I TRANSPORT PROIZVODA TERCIJARNOG DROBLJENJA <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 324 t/h</li><li>- Dužina ..... 119,3</li><li>- Širina ..... 1000 mm</li><li>- Visina dizanja ..... 19,1 m</li><li>- Brzina ..... 1,5 m/s</li><li>- Snaga elektromotora ..... 45 kW</li></ul>



21100-CR-004	UREĐAJ ZA DEAGLOMERIZACIJU PROIZVODA TERCIJARNOG DROBLJENJA <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 538 t/h</li><li>- Dimenzije ..... 4,5 x 0,9 x 1,84 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 37 Kw</li></ul>
21100-PB-001	NAPOJNI SANDUK MULJNE PUMPE <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina ..... 74 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 4,2 x 4,2 x 4,2 m</li></ul>
21100-PP-001 A/B	MULJNA PUMPA ZA TRANSPORT FINO USITNJENOG MATERIJALA NA SITO POZ. 21100-SC-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 609 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Napor ..... 15 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 110 kW</li></ul>
21100-SC-001	VIBRO SITO ZA PROSEJAVANJE PROIZVODA POSLE TERCIJARNOG DROBLJENJA <ul style="list-style-type: none"><li>- Tip ..... vibro</li><li>- Kapacitet ..... 801 t/h, 764 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Broj prosevnih površina ..... 2, poliuretan</li><li>- Veličina otvora..... gornja – 10 mm, donja 2,36 mm</li><li>- Dužina ..... 5,9 m</li><li>- Visina ..... 3 m</li><li>- Širina ..... 2,9 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 55 kW</li></ul>
21100-CV-004	TRANSPORTNA TRAKA ZA TRANSPORT ODSEVA SITA 21100-SC-001 POSLE TERCIJALNOG DROBLJENJA U BUNKER POZ. 21100-HP-002 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 324 t/h</li><li>- Snaga elektromotora ..... 8 kW</li></ul>
21100-CV-005	TRANSPORTNA TRAKA ZA TRANSPORT ODSEVA SITA 21100-SC-001 POSLE TERCIJALNOG DROBLJENJA U BUNKER POZ. 21100-HP-002 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 177 t/h</li><li>- Snaga elektromotora ..... 4 kW</li></ul>
21100-PP-002	VERTIKALNA PUMPA ZA PRIHVAT RASTURA U ODELJENJU DROBLJENJA <ul style="list-style-type: none"><li>- Napor ..... 20 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 6 kW</li></ul>
21200 - KLASIRANJE RUDE	
21200-PB-002	NAPOJNI SANDUK HIDROCIKLONSKJE PUMPE POZ. 21200-PP-002 A/B ZA PRIHVATANJE PROSEVA VIBRO SITA POZ. 21100-SC-001, PRELIVA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001 I PROSEVA SITA ZA ODVODNJAVANJE POZ. 21200-SC-002 <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina ..... 91 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 4,5 x 4,5 x 4,5 m</li></ul>
21200-PP-002 A/B	HIDROCIKLONSKA MULJNA PUMPA <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 609 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Snaga elektromotora ..... 90 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2 (radna + rezervna)</li></ul>
21200-CY-003 A/B	HIDROCIKLON KONCENTRATA JADARITA <ul style="list-style-type: none"><li>- Veličina (prečnik) ..... 1,6 m</li><li>- Broj hidrociklona ..... 2</li></ul>
21200-PB-004	NAPOJNI SANDUK PUMPE, POZ. 21200-PP-006, ZA PRIHVAT PESKA HIDROCIKLONA 21200-CY-003 I PRELIVA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina..... 11 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 2,2 x 2,2 x 2,2 m</li></ul>
21200-PP-006 A/B	MULJNA PUMPA ZA TRANSPORT MATERIJALA DO KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 128 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Snaga elektromotora ..... 90 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2 (radna + rezervna)</li></ul>
21200-CS-001	KLASIFIKATOR KONCENTRATA JADARITA <ul style="list-style-type: none"><li>- dimenzije ..... 7 x 4 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 250 kW</li></ul>
21200-SC-002	SITO ZA ODVODNJAVANJE KONCENTRATA JADARITA POSLE KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 140 t/h</li><li>- Broj prosevnih površina ..... 1</li><li>- Dužina ..... 4 m</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"><li>- Visina ..... 1,1 m</li><li>- Širina ..... 1,1 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 13 kW</li></ul>
21200-PB-003	NAPOJNI SANDUK PUMPE POZ. 21200-PP-004 ZA PRIHVAT PRELIVA KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 I PRELIVA HIDROCIKLONA 21200-CY-003 <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina ..... 11 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 2,2 x 2,2 x 2,2 m</li></ul>
21200-PP-004 A/B	HIDROCIKLONSKA MULJNA PUMPA ZA TRANSPORT PRELIVA KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 I PRELIVA HIDROCIKLONA 21200-CY-003 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 802 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Napor ..... 20 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 6 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2 (radna + rezervna)</li></ul>
21200-CY-004 A/B	HIDROCIKLON ZA DODATNO KLASIRANJE PRELIVA KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 I PRELIVA HIDROCIKLONA 21200-CY-003 <ul style="list-style-type: none"><li>- Veličina ..... 1,6 m</li><li>- Broj hidrociklona ..... 2</li></ul>
21200-PP-005	VERTIKALNA PUMPA ZA PRIHVAT RASTURA U ODELJENJU KLASIRANJA <ul style="list-style-type: none"><li>- Napor ..... 20 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 6 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 1</li></ul>
21300 - JALOVINA	
21300-SI-001	SILOS ZA SKLADIŠTENJE FLOKULANTA
21300-DC-001	VENTILATOR NA SILOSU FLOKULANTA <ul style="list-style-type: none"><li>- Dimenzije ..... 0,7 x 1,5 x 0,7 m</li></ul>
21300-CX-001	PUŽNI TRANSPORTER FLOKULANTA <ul style="list-style-type: none"><li>- Dužina ..... 2,5 m</li><li>- Širina ..... 200 mm</li><li>- Snaga elektromotora ..... 2 kW</li></ul>
21300-TK-001	REZERVOAR ZA PRIPREMU FLOKULANTA
21300-AG-001	AGITATOR ZA PRIPREMU FLOKULANTA <ul style="list-style-type: none"><li>- Dimenzije ..... 3 x 1 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 12 kW</li></ul>
21300-PP-020 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT RASTVORENOG FLOKULANTA <ul style="list-style-type: none"><li>- Snaga elektromotora ..... 1 kW</li><li>- Dimenzije ..... 0,4 x 0,3 x 0,3 m</li><li>- Broj pumpi ..... 2 (radna + rezervna)</li></ul>
21300-TK-006	REZERVOAR ZA PRIVREMENO SKLADIŠTENJE RASTVORENOG FLOKULANTA
21300-PP-005 A/B	DOZIRNA PUMPA ZA FLOKULANT <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 4,56 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Snaga elektromotora ..... 1,5 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2</li></ul>
21300-TK-008	REZERVOAR ZA REPULPIRANJE FILTER KOLAČA KREČA <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina ..... 198 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 7 x 6 m</li></ul>
21300-AG-007	AGITATOR ZA REPULPIRANJE KREČNOG FILTER KOLAČA
21300-PP-023 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT REPULPIRANOG KREČNOG FILTER KOLAČA <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 23,6 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Dimenzije ..... 0,3 x 0,4 x 0,3 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 4 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2</li></ul>
21300-TH-001	RADIJALNI ZGUŠNJIVAČ ZA ZGUŠNJAVANJE FINIH KLASA JALOVINE <ul style="list-style-type: none"><li>- Prečnik ..... 15 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 22 kW</li></ul>
21300-TK-001	REZERVOAR ZA PRIHVAT PRELIVA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina ..... 106 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 4,3 x 5,6 m</li></ul>



21300-PP-001 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT PRELIVA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 771 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Napor ..... 20 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 110 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2</li></ul>
21300-PP-004 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT PESKA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 204 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Napor ..... 17 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 90 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2</li></ul>
21300-PP-025	DOZIRNA PUMPA ZA KOAGULANT
21300-SM-002	POSUDA ZA MEŠANJE FLOKULANTA NA LINIJI ZA PROCESNU VODU IZ 33100-TK-002
21300-SM-003	POSUDA ZA MEŠANJE FLOKULANTA NA LINIJI ZA PROCESNU VODU IZ 33100-TK-002
21300-TH-002	RADIJALNI ZGUŠNJIVAČ ZA ZGUŠNJAVANJE KRUPNIH ČESTICA JALOVINE <ul style="list-style-type: none"><li>- Prečnik ..... 11 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 22 kW</li></ul>
21300-PP-022 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT PESKA RADIJALNOG ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-002 <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 62,9 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Dimenzije ..... 0,45 x 0,35 x 0,35 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 85 kW</li><li>- Broj pumpi ..... 2</li></ul>
21300-PP-006	VERTIKALNA PUMPA ZA PRIHVAT RASTURA U ODELJENJU ZGUŠNJAVANJA
21400 - KONCENTRAT JADARITA	
21400-CV-001	ODLAGAČ KONCENTRATA <ul style="list-style-type: none"><li>- Dimenzije ..... 45 x 14 x 1 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 15 kW</li></ul>
21400-FE-001	TRAČNA VAGA ZA KONCENTRAT <ul style="list-style-type: none"><li>- Dimenzije ..... 10 x 2 x 0,6 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 30 kW</li></ul>
21400-ST-001	DEPONIJU KONCENTRATA JADARITA
	UTOVARIVAČ
21400-CV-002	TRANSPORTNA TRAKA BR.1 ZA TRANSPORT KONCENTRATA <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 144 t/h</li><li>- Dužina ..... 187,3 m</li><li>- Širina ..... 800 mm</li><li>- Visina ..... 10,1 m</li><li>- Brzina ..... 1,51 m/s</li><li>- Snaga elektromotora ..... 18,5 kW</li></ul>
21400-CV-003	TRANSPORTNA TRAKA BR.2 ZA TRANSPORT KONCENTRATA <ul style="list-style-type: none"><li>- Kapacitet ..... 144 t/h</li><li>- Dužina ..... 200 m</li><li>- Širina ..... 800 mm</li><li>- Visina ..... 10 m</li><li>- Brzina ..... 1,66 m/s</li><li>- Snaga elektromotora ..... 18,5 kW</li></ul>
29100 – FILTRIRANJE JALOVINE	
29100-TK-001	REZERVOAR ZA PRIHVAT MATERIJALA IZ POSTROJENJA ZA PMS ZA FILTRIRANJE <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina ..... 211 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 7,3 x 6,1 m</li></ul>
	MULJNA PUMPA ZA TRANSPORT MATERIJALA IZ REZERVOARA POZ. 29100-TK-001 DO FILTERA
29100-FL-001	FILTER ZA FILTRIRANJE JALOVINE <ul style="list-style-type: none"><li>- Dimenzije ..... 24 x 5015 x 5,3 m</li><li>- Snaga elektromotora ..... 81 kW</li></ul>
29100-CP-001 do 002	KOMPRESOR ZA SNABDEVANJE KOMPRIMOVANIM VAZDUHOM FILTERA POZ. 29100-FL-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Snaga elektromotora ..... 450 kW</li><li>- Broj kompresora ..... 2</li></ul>



29100-CP-003 do 004	KOMPRESOR VISOKOG PRITISKA ZA SNABDEVANJE KOMPRIMOVANIM VAZDUHOM FILTERA POZ. 29100-FL-001 <ul style="list-style-type: none"><li>- Snaga elektromotora ..... 200 kW</li><li>- Broj kompresora ..... 2</li></ul>
29100-TK-002	REZERVOAR ZA PRIHVAT FILTRATA (VODE) IZ FILTERA <ul style="list-style-type: none"><li>- Zapremina ..... 120 m<sup>3</sup></li><li>- Dimenzije ..... 6,1 x 5,1 m</li></ul>
	TRANSPORTNA TRAKA ZA TRANSPORT FILTERSKOG KOLAČA NA DEPONIJU POZ. 29200-ST-001

## 7. Elektroenergetske instalacije

### 7.1. Opšte

Projekat “Jadar” će biti realizovan na području grada Loznice i to oko 15 km istočno od Loznice, na oko 150km od Beograda. Projektovani kapacitet rudnika je oko  $1.6 \cdot 10^6$  t rude minerala jadarita sa sadržajem  $\text{Li}_2\text{O}$  oko 1,6-1,7 %. Na nadzemnom delu rudnika izvršiće se priprema rude i proizvodnja koncentrata jadarita sa oko 2,88%  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Za potrebe ovog projekta u studiji su obrađene elektroenergetske instalacije, instalacije automatskog upravljanja, merenja i regulacije, telekomunikacione instalacije i protivpožarne instalacije. Studija je bazirana na podzemnu eksploataciju i pripremu mineralnih sirovina.

Koncepcijski Rudnik Jadar se može podeliti na celine date u tabeli 7.1.1. sa procenjenim instalisanim elektroenergetskim kapacitetima .

**Tabela 7.1.1.** Kompleks Jadar sa procenjenim maksimalnim kapacitetima

Rudnik sa podzemnom eksploatacijom	Priprema mineralnih sirovina	Hemijska prerada Odlaganje jalovine Pomoćna infrastruktura
14 MVA	2 MVA	45 MVA
očekivana vršna (max) snaga 61MVA @ 0,9 PF prosečna (avg) snaga 45MVA @0,9 PF		

Studija opisuje napajanje rudnika električnom energijom kako nadzemnog tako i površinskog dela kao i objekte rudarstva kao što su: rudarske kancelarije i prostorije za boravak ljudstva, kontrolne sobe, radionice za održavanje opreme, magacine repromaterijala i rezervnih delova, postrojenje za pripremu odlaganja jalovine, fabrike šaržnog betona, postrojenja za komprimovani vazduh, objekti vodosnabdevanja , objekti za prečišćavanje otpadnih voda, prostor za popravku guma, skladište goriva, prostor za pranje vozila itd. Pored toga studija opisuje telekomunikacione instalacije, automatiku i instrumentaciju rudničkog postrojenja, analizirajući pojedine tehnologije koje zbog svoje brzine razvoja nisu obrađene zakonskim propisima. Svi infrastrukturni i proizvodni delovi na površini napajaće se najviše sa 35 kV i 6 kV naponom. Svi infrastrukturni i proizvodni delovi u podzemnom delu napajaće se najviše sa 6 kV naponom.

### 7.2. Napajanje rudnika i procesne proizvodnje Jadar

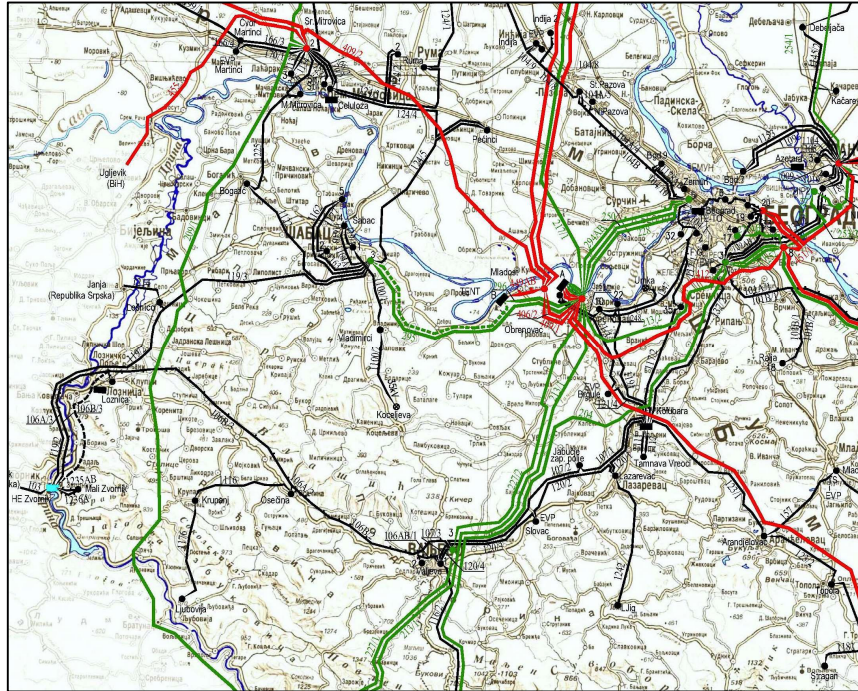
#### 7.2.1. Napojna i prenosna mreža Srbije

Projekat Jadar snabdevaće se iz dva pravca sa dva nezavisna dalekovoda 110 kV koji spajaju TS Valjevo 3 i TS Loznicu 2 (dalekovodi 106A/2) i TS Osečina i TS Loznica 106B/3). Ovi dalekovodi pripadaju i njima upravljaju Elektromreže Srbije (EMS). Na slici 7.2.1. prikazano je trenutno stanje prenosnog sistema Srbije

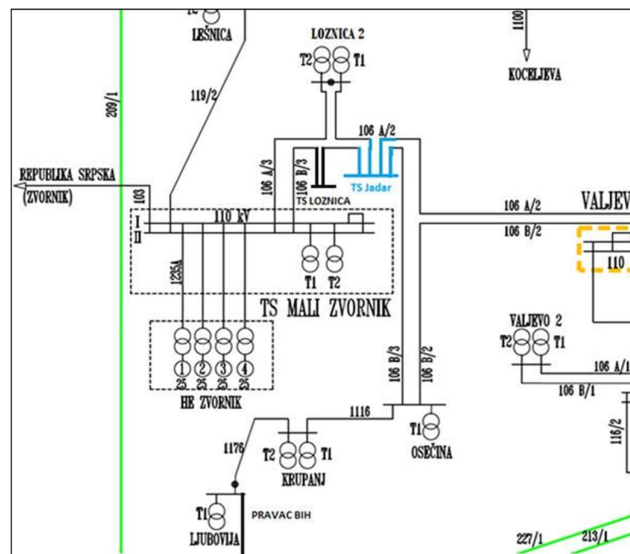
na potezu Valjevo - Loznica, dok je na slici 7.2.2. Data jednopolna šema sa uklapanjem Priključnog Razvodnog Postrojenja PRP Jadar. Presecanjem dalekovoda 106A/2 i 106B/3 i uvođenjem sa četiri dalekovodna polja omogućice se napajanje PRP Jadar. Na ovaj način dobiće se četiri nova dalekovoda sa novim oznakama:

- DV 110kV br. 106A/6 TS Valjevo 3 - PRP Jadar,
- DV 110kV br. 106A/7 PRP Jadar - TS Loznica 2,
- DV 110kV br. 106B/6 TS Osečina - PRP Jadar,
- DV 110kV br. 106B/7 PRP Jadar - TS Loznica.

Upravljanje dalekovodima i napajanje TS Jadar su u nadležnosti Elektromreža Srbije (EMS).



**Slika 7.2.1.** Prenosni sistem Srbije na potezu Valjevo-Loznica



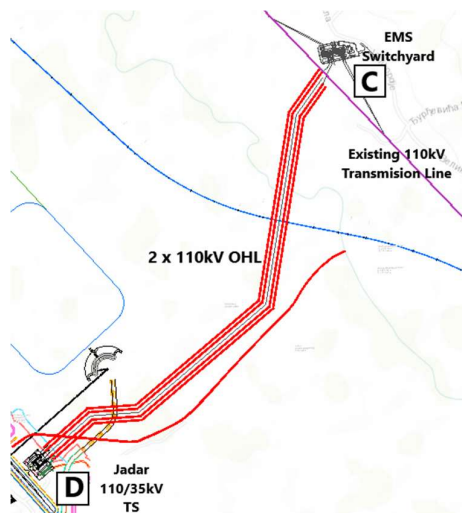
**Slika 7.2.2.** Prenosni sistem Srbije na potezu Valjevo-Loznica

Električna energija se uglavnom proizvodi u Srbiji, i obezbeđena je iz četiri vrste elektrana. Ukupna maksimalna snaga procesne fabrike i rudnika Jadar je procenjena na nivou 63MW uz faktor snage @0,95 PF što daje vršnu prividnu snagu od 66.5 MVA, dok je prosečno godišnje opterećenje 45 MVA.

Sistem ima visoku pouzdanost preko 99,994 %, dok je pouzdanost napajanja dalekovoda Valjevo - Loznica 99,9998 %.

### 7.2.2. Razvodno postrojenje 110 kV i trafostanica Jadar 110 kV /35 kV

Za potrebe projekta planira se izgradnja 110 kV/35kV transformatorske stanice sa dvostrukim sabirničkim sistemom sa dve sekcije. Ovakva konfiguracija omogućuje Elektromreža Srbije (EMS) napajanje sa četiri nezavisna napajanja (po dva sa svakog dalekovoda). Napajanje TS Jadar 110kV/35kV vršiće se sa severnog dela lokacije sa postojećeg dalekovoda gde se planira izgradnja razvodnog postrojenja 110 kV. Ovo razvodno postrojenje nalazi se na 2.5 km od proizvodne lokacije Jadar što je prikazano na slici 7.2.3. Na ovoj slici se vidi položaj razvodnog postrojenja 110 kV i uklapanje na postojeće dalekovode 106A/2 i 106B/3, kao i položaj buduće trafostanice Jadar TS 110/35 kV/kV. Dok je na slici 7.2.4 dat detalj razvodnog postrojenja 110 kV na postojećoj liniji.



Slika 7.2.3. Trasa dalekovoda za TS Jadar 110/35 kV/kV



Slika 7.2.4. Razvodno postrojenje 110/35 kV/kV i uklapanje na postojeći dalekovod

Razvodno postrojenje 110 kV koje će se izgraditi pripadaće i njime će upravljati Elektromreže Srbije. Odnosi oko izgradnje postrojenja između Rio Tinta i EMS regulisane se posebnim ugovorima.

Od priključnog mesta na dalekovodu 106A/2 i 106B/3 do proizvodnje izradiće se dva nezavisna dalekovoda 110 kV na posebnim stubovima. Jedan od dalekovoda biće projektovan i izrađen kao dvostruki dalekovod (šest faznih provodnika) tako da u budućnosti omogući napajanje kompleksa Jadar usled proširenja kapaciteta rudnika i fabrike za preradu. Svaki dalekovod će se sastojati iz tri fazna provodnika sa optičkim vlaknom i zaštitnim provodnikom. Provodnik je tipa AlČe i zaštitno uže sa optičkim vlaknima (OPGW). Predviđeno je oko 11 stubova između kojih je rastojanje približno 250 m. Ukupna procenjena dužina provodnika dalekovoda je 2500m. Potrebno je obezbediti službenost na parcelama kroz koje prolazi dalekovod. Širina ovog koridora je 90 m.

Dalekovodi iz razvodnog postrojenja 110 kV napajaće TS JADAR 110/35 kV. U trafostanici će biti postavljena dva transformatora 63/75 MVA 110/35 kV/kV. Oba ova transformatora rade nezavisno i mogu se napajati sa bilo koja dva dolazna dalekovoda. U slučaju kvara na jednom dalekovodu razdvajanje mesta kvara i napajanje sa drugog dalekovoda će moći nesmetano da se izvrši, kako ne bi došlo do većeg prekida u napajanju. U normalnom radu opterećenje transformatora bi bilo između 40 i 60%. U okviru samog proizvodnog prostora i rudnika Jadar napajanje će se vršiti preko TS 35/6 kV/kV i TS 35/0,4 kV/kV.

Kompenzacija reaktivne energije i filteri za suzbijanje harmonika biće izvršeni na 35 kV strani centralno za celu proizvodnju. Veličine kondenzatorskih baterija i filtera biće izabrana na osnovu posebne studije. Treba težiti da se popravka faktora snage izvrši tako da se on nalazi u granicama od 0,9 do 0,95 kako bi se izbegla prekompenzacija i pojava prenapona na motorima. Kompenzaciju projektovati tako da se baterije uključuju automatski u stepenima. Projektom odrediti optimalan broj stepeni. U glavnom projektu razmotriti i mogućnost kompenzacije na nižim naponskim nivoima 35kV i 0,4 kV kao i pojedinačnu kompenzaciju motora većih snaga. U rudničkom delu na pogonima izbeći kompenzaciju zbog sigurnosti u radu i manje mogućnosti pojave kvarova.

Na prostoru proizvodnje Jadar ukupno je planirana izgradnja 11 trafostanica koje opslužuju infrastrukturu i preradu, i dve trafostanice za područje rudarske infrastrukture. Deo pogona biće napajan i iz niskonaponskog razvoda.

### 7.2.3. Primenjeni nazivni naponi na rudniku Jadar

Prema zahtevima za rudnička postrojenja usvojeni su sledeći naponski nivoi na rudniku Jadar i prikazani u tabeli 7.2.1. dok su u tabeli 7.2.2. data maksimalna odstupanja napona za izabrane naponske nivoe.

**Tabela 7.2.1. Primenjeni nazivni naponi na rudniku Jadar**

Glavna napojna trafostanica Transformatori	110kV/50Hz 110kV/35kV
Maksimalni naponi napajanja postrojenja i objekata	35kV/50Hz
Pogoni srednjeg napona	35 kV, 6 kV kV/50Hz
Pogoni niskog napona	1 kV i 0,4kV/50Hz
Napon sopstvene potrošnje (osvetljenje...)	230V/50Hz
Napon za upravljanje u trafostanicama	110 VDC
Napon za upravljanje automatikom	48 i 24 V

**Tabela 7.2.2. Maksimalna dozvoljena odstupanja napona**

Nazivni napon mreže	Minimalni napon u normalnom pogonu	Minimalni napon u poremećenom pogonu	Maksimalni napon u normalnom pogonu
kV	kV	kV	kV
110	99	99	121
35	31.5	31.5	38
6	5,7	5,4	6,4

## 7.2.4. Plan razvoja elektroenergetske mreže i instalacija

Ova studija treba da obezbedi osnove za projektovanje podzemne i površinske infrastrukture što prevashodno uključuje projektovanje napojne mreže, trafostanice i razvodna postrojenja, niskonaponske mreže i razvodnih ormana, sistema nužne rasvete itd.

Specifikacija delova i infrastrukture rudnika Jadar na površini data je u tabeli 7.2.3.

**Tabela 7.2.3. Specifikacija potrošača na površini**

1.	Prostor za radionice za opravku rudarske opreme i teških vozila, radionica za popravku guma, pralište za teška vozila, skladište goriva i maziva i magacini, namotači, glavni ventilatori za ventilaciju, sistemi za hlađenje
2.	Upravna zgrada rudnika obuhvata kancelarije, glavnu sobu za kontrolu--dispečerski centar, prostorije za presvlačenje radnika-garderobe, prostorije za sastanke posade, prostorije za punjenje baterija.
3.	Postrojenje za doziranje povratne jalovine i fabrika šaržnog betona
4.	Postrojenje za vodu i kanalizaciju koje se sastoji od kompresorske stanice, rezervoara za vodu, pumpi, protivpožarne pumpe i postrojenja za tretman otpadnih voda.
5.	Okno PS1
6.	Okno ES1

**Tabela 7.2.4. Specifikacija potrošača na podzemnom delu**

1.	Glavni ventilatori za ventilaciju
2.	Sistem za odvodnjavanje
3.	Pomoćni ventilatori
4.	Rudničke prostorije, skloništa i prostorije za punjenje baterija
5.	Osvetljenje i drugi mali potrošači
6.	Vitlo u slučaju hitnosti

Za određenu mobilnu opremu kao što su bušilice, platforme itd. takođe je potrebno obezbediti određenu elektro infrastrukturu. Specifikacija rudarskih mašina napajanih sa mreže ili AKU baterija.

**Tabela 7.2.5. Specifikacija rudarskih mašina**

1.	Kontinualni rudarski kopač (CBM- Continuous bolter miners)
2.	Električni kamioni
3.	Bušilica za duge rupe
4.	Razvojni jambo
5.	Plafonski bolters
6.	Mašina za mlazni beton
7.	Bušilice

Razvoj električne mreže i instalacija može se vršiti etapno u zavisnosti od razvoja rudnika. Razvoj površinske elektroenergetske infrastrukture planiran je u tri godišnje etape, dok se podzemni deo planira razvijati u desetogodišnjem periodu. Plan je da se započne sa izradom okna ES1 (VO1 - ventilaciono okno), a po njegovom završetku da se započne izrada okna PS1 (PO1 - proizvodno okno). Većina površinske infrastrukture neće biti potrebna u početnom periodu, ali potrebna je izgradnja mreže 6kV i 0,4 kV za napajanje vratila na oba okna PS1 i ES1.

Glavna trafostanica 35/6/0,4 kV (SUB 33330-020) imaće dve sabirnice A i B spojene međusobno sa spojnim poljem. Na sabirnicu A i B predviđene su po dve dovodne ćelije za dovod 35kV napona iz TS 110/35. . Ovakvo duplo napajanje omogućava veliku pouzdanost sistema, jer u slučaju otkaza kabla ili prekidača omogućeno je neprekidno napajanje opreme rudnika. Trafostanica će imati dva transformatora 35/6 kV za napajanje podzemnog dela rudnika kroz okna PS1 i ES1 do rudničke podstanice. Oprema bi trebalo da je tako izabrana da se u slučaju kvara na liniji PS1 napajanje može vršiti preko ES1.

Ukupna snaga koja se može preneti jednom dovodnom linijom je:

$$S_{max} = \sqrt{3} U I = \sqrt{3} 6 1200 = 12,45 \text{ MVA}$$

ukoliko se izabere prekidač 1200A. Pošto je maksimalna vršna snaga (peak) podzemnog dela 10.27 MVA jasno je da se bez redukcije može vršiti napajanje podzemnog dela rudnika sa jednom linijom.

U trafostanici 33330-SUB-020 planirana je i izgradnja dizel agregatskog postrojenja 6kV za napajanje i slučaju hitnosti. Trafostanica je predviđena i za napajanje potrošača površinske infrastrukture naponom 6kV i 0,4 kv. iz ove trafostanice planirano je i napajanje TS 33330-SUB-022 za proizvodnju mlaznog betona.

### 7.2.5. Nužno napajanje u slučaju hitnosti

U sklopu infrastrukture na površini predviđena je dizel agregatska stanica sa ukupno četiri dizel agregatske jedinice snage od po 1,5MVA. Agregatsko postrojenje obuhvata instalaciju niskonaponskih i visokonaponskih postrojenja, kablova, akumulatora za start, panela i opreme za upravljanje, rezervoara za dizel gorivo i pripadajućih cevovoda i protivpožarni sistem.

Po dve agregatske jedinice povezane su na jedan transformator 6/35 kV/kV snage 1.5 MVA (Bus A i Bus B). Postrojenje je sa svoje strane napona 6 kV vezano na sabirnicu 6kV sa dva nezavisna odvoda. Prekidačke ćelije na 6kV za dizel agregate su 630A struja agregata je 144A.

$$I_{dea} = \frac{S_{dea}}{U_6} = \frac{1500}{\sqrt{3} 6} = 144A < 630A$$

$S_{dea}=1500\text{kVA}$

Nominalna prividna snaga dizel električnog agregata

$I_{dea}$

Nominalna prividna struja dizel električnog agregata

Maksimalna instalisana struja na sabanicama sistema A i B je :

$$I = \frac{2 S_{dea}}{\sqrt{3} U_6} = \frac{2 1500}{\sqrt{3} 6} = 289A < 630A$$

Ukupna instalisana snaga generatorskog postrojenja je  $4 \times 1,5\text{MVA} = 6\text{MVA}$

Postrojenje je namenjeno za napajanje jednog glavnog ventilatora , pumi za vodu, kompresora i sušača vazduha. Jedno ovakvo postrojenje dato je na slici 7.2.5a i b.



**Slika 7.2.5a.** Izgled dizel agregatskog postrojenja velike snage



**Slika 7.2.5b.** Generator set montiran u kontejner

U slučaju nestanka napona sa mreže dizel agregati se automatski pokreću i obezbeđuju napajanje jednog ventilatora kako bi radnici mogli da ostanu u podzemnom delu i započnu sa bezbednom evakuacijom. Sa smanjenom ventilacijom vozila se odmah isključuju i prestaje se sa svim rudarskim aktivnostima koje u tom momentu nisu neophodne. Mogućnosti rada u slučaju nestanka mrežnog napona moraju se posebno proveriti i projektovati.

### **7.2.6. Napojna mreža za podzemnu eksploataciju**

Prema Pravilniku o podzemnoj eksploataciji maksimalni naponski nivo koji se sme uvesti u podzemni rudnik je 10kV, za projekat Jadar izabran je napon 6kV Izabran je ovaj napon jer se radi o velikim udaljenostima i velikim snagama potrošača. Ovakvim izborom omogućiće se dalja proširenja napojne mreže u slučaju nadogradnje nove opreme, kao i smanjeni gubici, manji preseki kablova itd..

Podzemna eksploatacija napajaće se iz trafostanice 35 kV (33330-SGH-020) koja ima dva sistema sabirnica. Za napajanje podzemnog dela obezbeđena su dva transformatora 35/6kV koja će napajati trafostanicu u podzemnom delu (19300-SUB-010) koja takođe poseduje dva sistema sabirnica tako da se u slučaju kvara i spojnog polja može obezbediti redundantnost u napajanju preko okna PS01 ili ES01. Postrojenje (19300-SUB-010) imaće dve dovodne ćelije, jednu trafo ćeliju i četiri izvodne ćelije. U postrojenju je potrebno predvideti i dve rezerve ćelije. Sa trafo ćelije će se napajati transformator 6/0,4kV za napajanje potrošača na naponu 0,4kV sa razvodne table (19300-MCC-010). izvodne ćelije će se koristiti za napajanje mobilnih jedinica RMU (19300-RMU-xxx) .

Rudarska oprema u podzemnoj eksploataciji veće snage (ventilatori, pumpe...) može koristiti naponski nivo od 1kV. Posebno treba obratiti pažnju na izbor opreme u podzemnom delu rudnika. Transformatori ne smeju biti napunjeni uljem već se moraju koristiti suvi transformatori. Kablovi moraju biti sa niskom emisijom dima prilikom požara, tzv. bezhalogeni kablovi.

RMU jedinice 6 kV koristiće se za razvod električne energije u rudniku. RMU jedinice su mobilne i napravljene su na sankama tako da se mogu lako prenositi prilikom razvoja rudnika. Svaka RMU ima dve zavisne dovodne ćelije i jednu ili dve odvodne ćelije, zavisno od potreba. Jedinice RMU će biti povezane u prsten čime će se omogućiti napajanje sa dve strane preko okna PS1 i ES1.

U normalnom radu planirano je napajanje preko okna PS1, mada je moguće napajanje i preko okna ES01. Ako je došlo do kvara na napojnoj liniji preko okna PS1 (kabal, dovodna ćelija 19300-SUB-010, odvodna ćelija na površini 33330-SUB-020) tada bi se napajanje vršilo preko ES1 iz postrojenja 33330-SUB-020 . Prema tome kabal treba projektovati tako da nosi maksimalno opterećenje od 3 MVA..

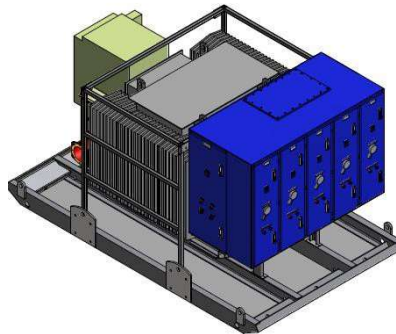
Prilikom projektovanja kablova razmotriti mogućnost kasnijeg proširenja i povećanja snage.

### **7.2.7. Prenosno razvodno postrojenje i trafostanica (RMU) za podzemni deo rudnika**

Jamski razvod energije vršiće se pomoću podstanica (RMU) koje će biti montirane u zoni radionice adruge u zoni glavne pumpne stanice. Ove dve podstanice napajaće se kablom kroz okna PS1 i ES1 i one će biti povezane u stalni prsten. Podstanice će biti montirane u posebne niše kako bi se omogućio bezbedan rad i pristup. Razvojem rudnika postaviće se više distributivnih jedinica koje će biti prenosne zavisno od potreba. Sve ove jedinice biće vezane u prsten radi rezervnog napajanja.

Prenosno razvodno postrojenje i trafostanice za podzemni deo rudnika montiraju se na sankama , skica je prikazana na slici 7.2.6. RMU mobilna postrojenja su upravo izrađena zbog mogućnosti lakog i brzog pomeranja u rudniku prema različitim frontovima otkopa. Postrojenje se sastoji iz zavisne dovodne i odvodne ćelije 630A za vezu u prsten i dovod napona 6kV i trafo ćelije 200A za napajanje transformatora 6/1 kV/kV 2MVA. Po potrebi se na postrojenje mogu instalirati i dodatne ćelije. Na strani niskog napona transformatora montirana je niskonaponska razvodna tabla 1kV sa šest izvodnih linija 1 kV maksimalne

stuje 400A. Svaka linija napajanje distributivne razvodne table 1kV (19300-MCC-xxx ). Ova distributivna ploča koristiće se za napajanje startera mašina, pumpi za odvodnjavanje, mašina za šaržni beton, jambo bušilica , mašina za krovni zasun, bušilice za bušenje rupa za miniranje, postrojenje za napajanje napon 0,4kV. Predviđena su dva tipa ovih razvodnih tabli data u tabeli 7.2.6.



**Slika 7.2.6.** Tipika prenosna trafostanica RMU

**Tabela 7.2.6.** Tipovi niskonaponskih tabli RMU

TIP 1	TIP 2
400 A dovodni prekidač	250 A dovodni prekidač
2 x 250A odvodni prekidač	2 x 160A odvodni prekidač
2 x 160A odvodni prekidač	1 x 40A odvodni prekidač
1 x 40A odvodni prekidač	

Svi prekidači su opremljeni sa kontrolom zemljospoja.

Najveće opterećenje čine kontinuirane spiralne bušilice koje su snage 545 kW i one se napajaju direktno sa razvodne table 1kV. Sa jedne RMU jedinice moguće je napajanje CBM (kom 1) stim što postoji mogućnost da se smanji broj izvoda od 250A i 160 A tako da se omogući da sa jedne RMU jedinice rade dva CBM. Ostale rudarske mašine prema listi potrošača imaju snage ispod 90 kW tako da se na izvodce 2 x 250A i 2 x160 A može priključiti do 4 mašine.

Na frontu otkopa predviđene su sledeće mašine i oprema: pomoćni ventilatori, kontinualne bušilice, oprema za beton i krovne potpore, bušilice za duge rupe, stabilne i prenosne pumpe, skloništa itd..

**Tabela 7.2.7.** Broj instaliranih RMU po godinama

Godina	Broj RMU donje okno	Broj RMU gornje okno	Ukupno
0-1	1	0	1
1-3	2	0	2
3-5	3	1	4
>5	4	2	6

Za osvetljenje i sopstvenu potrošnju koristiće se posebne razvodne table sa transformatorima 1000/400V/V sa izolovanom mrežom (IT sistem).

## 7.2.8. Napajanje podzemnog dela u slučaju kvarova

Sistem napajanja treba tako projektovati da omogući visoku raspoloživost sa velikom pouzdanošću i efikasnošću u slučaju višestrukih otkaza opreme. Iz jednopolne šeme podzemnog i površinskog dela jasno se vide kombinacije za otklanjanje pojedinih otkaza.

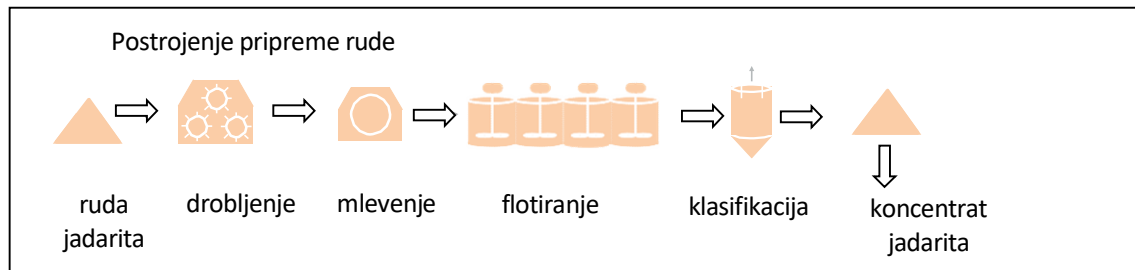
Trafostanica 35 kV na površini (33330-SUB-020) napaja se sa dva voda 35kV iz trafostanice 33310-SUB-001 sa različitih sabirnica, tako da u slučaju kvara na jednom sistemu omogućeno napajanje preko drugog trafoa. Takođe napajanje podzemnog dela rudnika vrši se preko dva sistema sabirnica vezanih u prsten čime je omogućeno dvostrano napajanje. Ako dođe do greške na obe linije napajanja iz TS 33310-SUB-001, napajanje će se vršiti iz agregatskog postrojenja 4 x1.5MVA.

Sve RMU jedinice su vezane u prsten tako da se postigne maksimalna redundantnost u slučaju kvarova na pojedinim delovima rudnika. Primenjenim sistemom moguće je veoma lako i brzo razdvojiti mesto kvara od ostatka mreže.

Svaki kvar se može brzo otkloniti isključenjem dela mreže na kojoj se pojavio kvar i uključenjem alternativnog napajanja.

### 7.2.9. Napajanje električnom energijom postrojenja za drobljenje i pripremu rude

Postrojenje za preradu rude sastoji se iz sledećih delova: drobljenje rude(21100), separacija rude(21200), uklanjanje vode iz rudnog ostatka(21300) i skladišta koncentrovane rude(21400). Blok šema je data na slici 7.2.7. dok je na slici 7.2.8. tehnološka šema.

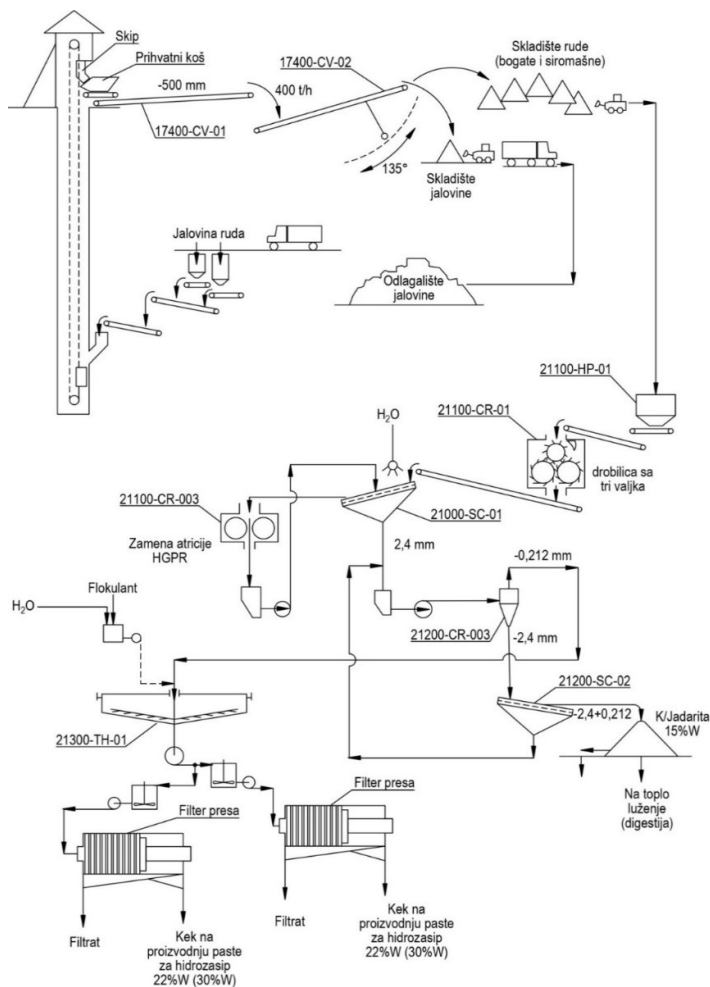


Slika 7.2.7. Postrojenje pripreme rude Jadarit- blok šema

Ukupna instalisana snaga postrojenja za preradu rude jadarita (21100,21200,21300,21400) prema CDM.02- 00000-EE-LST-00004 je 2984 kW (3.3MVA @0,9PF), maksimalna jednovremena snaga je 1626 kW( 1.8 MVA @0,9 PF) i očekivano prosečno opterećenje je 1258 kW (1.4MVA @0.9 PF). Ukupna godišnja potrošnja ovog dela postrojenja je 10719 MWh/god, dok je ukupna reaktivna energija 6424 MVarh/god.

Na površini je planirana izrada trafostanice 33320-SUB-025 za priključenje ovih potrošača. U TS i postrojenju će biti instalirani:

- razvodno postrojenje 6 kV,
- transformatori 6/0,4 kV/kV,
- NN 400V razvodno postrojenje,
- sistem merenja i zaštite,
- sistem UPS i baterija,
- frekventni regulatori za upravljanje pogonima,
- kontrolni ormani i oprema,
- razvodni ormani niskog napona,
- alarmne centrale za dojavu požara,
- komunikaciona oprema,
- instalacije opšte namene ( kablovi , nosači, osvetljenje, uzemljenje, sopstvena potrošnja...).



Slika 7.2.8. Postrojenje pripreme rude Jadarit- tehnološka šema

Za postrojenje Drobljenje i ispiranja rude predviđeno je i postavljanje dizel agregata za napajanje nužnih potrošača.

### 7.3. Potrošnja električne energije u rudniku Jadar

Procena cene električne energije data je tabeli 7.3.1. u studiji Power market study for Jadar project izrađena od strane Electrical Coordinating Centar Ltd. Vojvode Stepe 412, Beograd.

Tabela 7.3.1. Procenjena cena energije na period od 20 godina

Godina	Glavni scenario	Alternativni scenario	Optimistički scenario
	€	€	€
2021	53,0	53,0	53,0
2022	53,5	53,5	53,5
2023	54,0	54,0	54,0
2024	54,5	54,5	54,5
2025	53,9	52,0	53,9
2026	53,9	52,4	53,9
2027	53,9	53,0	53,9



2028	53,9	53,4	53,9
2029	53,9	53,9	53,9
2030	64,4	56,2	53,7
2031	63,6	58,5	53,1
2032	62,7	60,7	52,3
2033	61,9	62,9	51,6
2034	61,1	65,0	51,0
2035	60,3	67,1	50,3
2036	59,4	68,9	49,6
2037	58,6	70,8	48,9
2038	57,6	82,7	48,2
2039	56,9	73,8	47,5
2040	60,8	71,0	50,7

Usvojicemo cenu od 57 €/MWh za aktivnu energiju i 4€ MVarh. U tabeli 7.3.2 data je potrošnja podzemng i površinskog dela rudnika Jadar u prvih pet godina i nakon 5 godina.

**Tabela 7.3.2. Potrošnja električne energije rudnika Jadar po godinama razvoja**

	PODZEMNO		POVRŠINSKI		UKUPNO	
Godina	Aktivna	Reaktivna	Aktivna	Reaktivna	Aktivna	Reaktivna
	kWh	kVarh	kWh	kVarh	kWh	kVarh
0-1			18.709.086,3	9.061.224,1	18.709.086,3	9.061.224,1
1-2	8.872.073,8	4.381.927,9	6.147.514,4	3.098.082,0	15.019.588,2	7.480.009,9
2-3	25.794.700,4	12.505.458,4	23.078.115,5	11.336.321,1	48.872.815,9	23.841.779,5
3-4	24.382.236,8	11.850.913,6	7.930.510,2	4.012.429,7	32.312.747,0	15.863.343,3
4-5	24.382.236,8	11.850.913,6	7.930.510,2	4.012.429,7	32.312.747,0	15.863.343,3
5-	38.636.406,9	18.993.579,5	15.781.096,4	7.643.133,8	54.417.503,3	26.636.713,3

Nakon uspostavljanja proizvodnje potrošnja električne energije u podzemnom delu rudnika i na površini ukupna utrošena energija je 54.417,5 MWh aktivne i 26.636,7 MVarh reaktivne energije. Na osnovu prosečne cene, ukupna cene električne energije je:

$$C = 584402 \cdot 57 + 24531 \cdot 4 = 3.328.914,00 + 98.124,00 = 3.427.038,00 \text{ €}$$

ako uzmemo da je prosečna proizvodnja  $1.6 \cdot 10^6$  t rude dobijamo prosečnu potrošnju električne energije po toni rude:

$$w_{rudnik} = \frac{58402000}{1\ 600\ 000} = 36,5 \frac{kWh}{tona\ rude}$$

ili 2,08€ po toni iskopane rude za trošak električne energije.

Vidi se da se deo rektivne energije može kompenzovati i time uštedeti deo novca utrošenog za električnu energiju. Planirano je da se popravka faktora snage vrši centralno na naponu 35kV. Preporuka je da se uradi studija popravke faktora snage i harmonijska analiza na celom delu proizvodnje Jadar.

Potrošnja električne energije postrojenja za preradu rude data je u tabeli 7.3.3. koristeći analogiju po prethodnom proračunu dobijamo prosečnu potrošnju električne energije po toni rude za postrojenje pripreme:

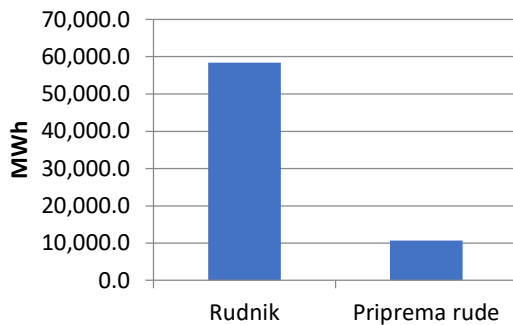
$$w_{priprema\ rude} = \frac{10\ 719\ 000}{1\ 600\ 000} = 6,70 \frac{kWh}{tona\ rude}$$

što je 0,39 €/t. Sabiranjem prethodnih vrednosti dolazimo do 43,20 kWh po toni iskopane rude ili 2,46 €/t.

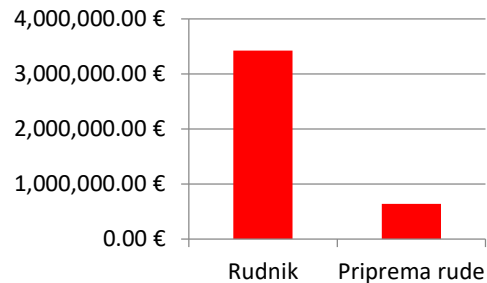
**Tabela 7.3.3.** Ukupna potrošnja energije za rudnik i pripremu rude na godišnjem nivou

	UKUPNO		Jedinična cena		UKUPNO		UKUPNO
Godina	Aktivna	Reaktivna	Aktivna	Reaktiv.	Aktivna	Reaktivna	Energija
	MWh	MVarh	€/MWh	€/MVarh	€	€	€
Rudnik	58.402,0	24.531,0	57	4	3.328.914,00 €	98.124,00 €	3.427.038,00 €
Priprema rude	10.719,0	6.424,0	57	4	610.983,00 €	25.696,00 €	636.679,00 €
UKUPNO:	69.121,0	30.955,0			3.939.897,00 €	123.820,00 €	4.063.717,00 €

Na slici 7.3.1. i 7.3.2 dat je grafik potrošnje električne energije na godišnjem nivou za rudnik uključujući zbirno podzemni i površinski deo i pripremu rude.



**Slika 7.3.1.** Godišnja potrošnja električne energije u MWh



**Slika 7.3.2.** Godišnja potrošnja električne energije u €

## 7.4. Osoblje i oprema za elektroodržavanje rudnika

U rudniku Jadar potrebno je da se planira preventivno , operativno i remontno održavanje mašina, uređaja i postrojenja. Nadzor, upravljanje i održavanje mogu raditi samo stručno osposobljene osobe koja su prošla obuku i položila stručni ispit u rudarstvu.

Planirano je rad od 54 dana u punom kapacitetu. Grupa za održavanje izvodi sva tri vida održavanja: preventivno, operativno i remontno . Podela ljudi na pojedine pogone može se odraditi interno u okviru grupe.

Godišnji fond radnih sati provedenih na poslovima održavanja jednog radnika je datu u tabeli 7.4.1. Na osnovu nje se vidi da je maksimalno vreme koje jedan radnik može provesti na održavanju 226 dana. Pošto je nedeljno radno vreme 40h to je broj časova jednog radnika u toku godine  $226 \times 8 = 1808$  h/god. Imajući u vidu bolovanja, uzimamo efektivan broj časova  $1808 \times 80\% = 1446$  h/god.

**Tabela 7.4.1.** Godišnji broj provedenih dana rada jednog radnika na poslovima održavanja

Broj dana u godini	Broj neradnih dana u godini	Državni praznici	Godišnji odmor	Plaćeno odsustvo	neplaćeno odsustvo	Broj mogućih radnih dana
365	104	7	24	4		226

Ako usvojimo da je ukupna težina opreme na rudniku 25000t, normu 20h/t opreme za održavanje i 15% udeo elektro održavanja dolazimo do ukupnog broja sati potrebnih za održavanje:

$$25000 \text{ t} \cdot 15\% \cdot 20 \frac{\text{h}}{\text{t}} = 75000 \text{ h/god}$$

Na osnovu prethodno iznetog dolazimo do broja radnika na održavanju:

$$N_r = 75000 : 1446 \approx 51 \text{ radnika}$$

Struktura radnika po kvalifikacijama okvirno se može odrediti na osnovu određenog potrebnog broja radnika ( $N_r$ ) na održavanju i sledeće preporuke:

Inženjersko tehnički kadar	0,133 $N_r$ ,
VKV I KV električari	0,606 $N_r$ ,
Ostali radnici i službenici	0,061 $N_r$ ,
Pomoćni radnici	0,200 $N_r$ .

**Tabela 7.4.2.** Ukupan broj radnika na elektro održavanju rudnika Jadar

Kvalifikacija	Norma	Broj radnika
Inženjersko tehnički kadar	0,133 x 51	6
VKV I KV električari	0,606 x 51	32
Ostali radnici i službenici	0,061 x 51	4
Pomoćni radnici	0,200 x 51	10
	<b>UKUPNO:</b>	<b>52</b>

Napomena: U okviru ovog broja radnika potrebno je planirati i određen broj radnika na poslovima održavanja elektronike i telekomunikacionih sredstava.

Grupu radnika potrebno je organizovati po zaduženjima za odgovarajuće pogone i po vrsti posla koji obavljaju. Može se računati i sa integracijom elektro održavanja drugih delova rudnika i pripreme mineralnih sirovina. U 7.4.3. dat je ukupan broj radnika na elektro održavanju uključujući sve vrste održavanja i posluživanja rudarske opreme, kao i izvršioce za popravku elektronike i telekomunikacionih sredstava. U ovom broju je obuhvaćen i nadzorno tehnički kadar. Minimizacija broja radnika je moguća kroz integraciju održavanja sa drugim delovima što je svakako preporuka radi efikasnijeg upravljanja i smanjenih troškova.

**Tabela 7.4.3.** Raspored radnika elektro održavanja po pogonima rudnika Jadar

Deo postrojenja	Broj električara i pom. osoblja
Podzemni deo rudnika	11
Nadzemni deo rudnika	23
Priprema rude	6
Skladište jalovine i postrojenje za vodu	6
Ukupno:	46

Na osnovu sračunatog broja radnika, a usvajajući da je po radniku potrebno 15m<sup>2</sup> prostora to je ukupna površina radionica i prostorija za električare 690 m<sup>2</sup> na površini rudnika. U ovu površinu ulaze i površine prostorija za električare u okviru postrojenja i podzemnog dela rudnika.

Sve aktivnosti održavanja biće planirane na godišnjem, mesečnom i dnevnom nivou i usklađeni sa planiranim rudarskim aktivnostima. Zato je potrebno uvesti i odgovarajuću propratnu dokumentaciju i zapise bilo u papirnoj ili elektronskoj formi. Za ovu svrhu preporuka je da se u rudniku Jadar implementira Modular Underground 2015 Fleet Management System firme MODULAR MINING ili sličan tipu koji će značajno olakšati i upravljanje održavanjem. Sva oprema u rudniku se mora održavati u ispravnom stanju, sve popravke moraju biti dokumentovane, mašine moraju biti probane i ispitana njihova funkcionalnost nakon opravki. Prilikom opravki potrebno je pridržavati se uputstava i mera zaštite.

## 8. Informacioni sistem i tehnologija (IS&T)

Ukupna efikasnost koju zahtevaju proizvodnja i neophodnost komunikacije u proizvodnom okruženju najnovije 4.0 tehnologije, IS&T infrastruktura i portfolio aplikacija, zasnivaju se na savremenom skupu mogućnosti, koje rade na bazi infrastrukture velike raspoloživosti. Navedene mogućnosti i preporuke ne predstavljaju konačan spisak, tako da sa napredovanjem istraživanja i usavršavanjem informacionih sistema i tehnologija, iste se mogu, po potrebi, unapređivati i usklađivati sa najsavremenijim rešenjima.

### 8.1. IS&T infrastruktura

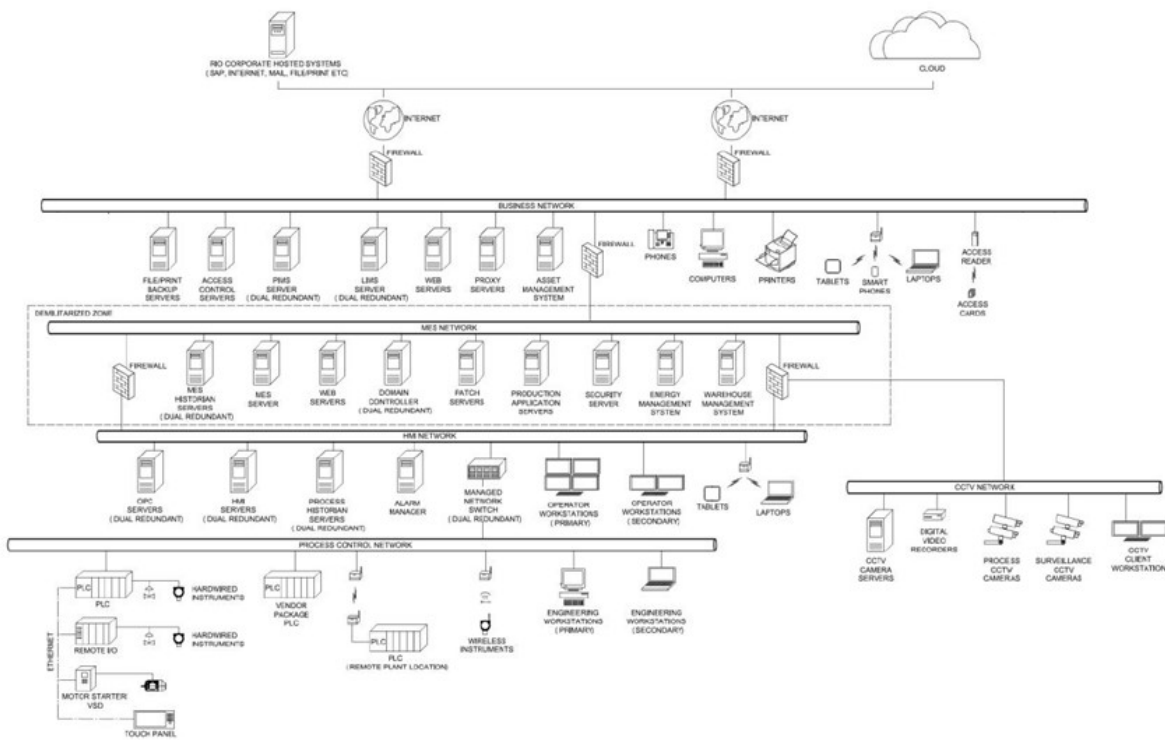
Komunikaciona i računarska infrastruktura projekta Jadar, zasniva se na pouzdanoj i sigurnoj arhitekturi, koja treba da obezbedi odsustvo svih grešaka, a koju čine:

- Dvostruka povezanost sa RioNet WAN mrežom, obezbeđena pomoću dve Internet veze koje dolaze iz dve nezavisne mreže;
- 2 fizički odvojene serverske prostorije (rudnik i procesno postrojenje);
- Pouzdani izvor napajanja, podržan mrežom UPS-a i generatora;
- Kičma optičkih vlakana je potpuno redundantna;
- Par osnovnih prekidača;
- 2 farme VM servera, redundantne za usluge koje zahtevaju rad bez grešaka;
- LTE usluge širom postrojenja, bez grešaka i za nadzemne i za podzemne objekte;
- Uobičajena usluga mobilne komunikacije na nivou celog objekta.

Pored toga, za sve funkcije ključne za rad ili funkcije povezane sa bezbednošću, strategija je takva da se one nadgledaju lokalno i nezavisno od WAN mreže.

Slika 8.1.1 prikazuje blok dijagram koji ilustruje, konceptualno, konekcije između komunikacionog i informacionog sistema upravljanja.

Bezbednost infrastrukture će biti pažljivo procenjena. Politika informacione bezbednosti Rio Tinto i zahtevi u vezi sa projektom Jadar biće standardizovani i pravilno definisani. Cilj je da se njihovom doslovnom primenom, na svim nivoima okruženja projekta Jadar, obezbedi informaciona sigurnost, po širini, a posebno po dubini sistema.



Slika 8.1.1. Mrežna arhitektura projekta Jadar - koncept.

## 8.2. Portfolio aplikacija

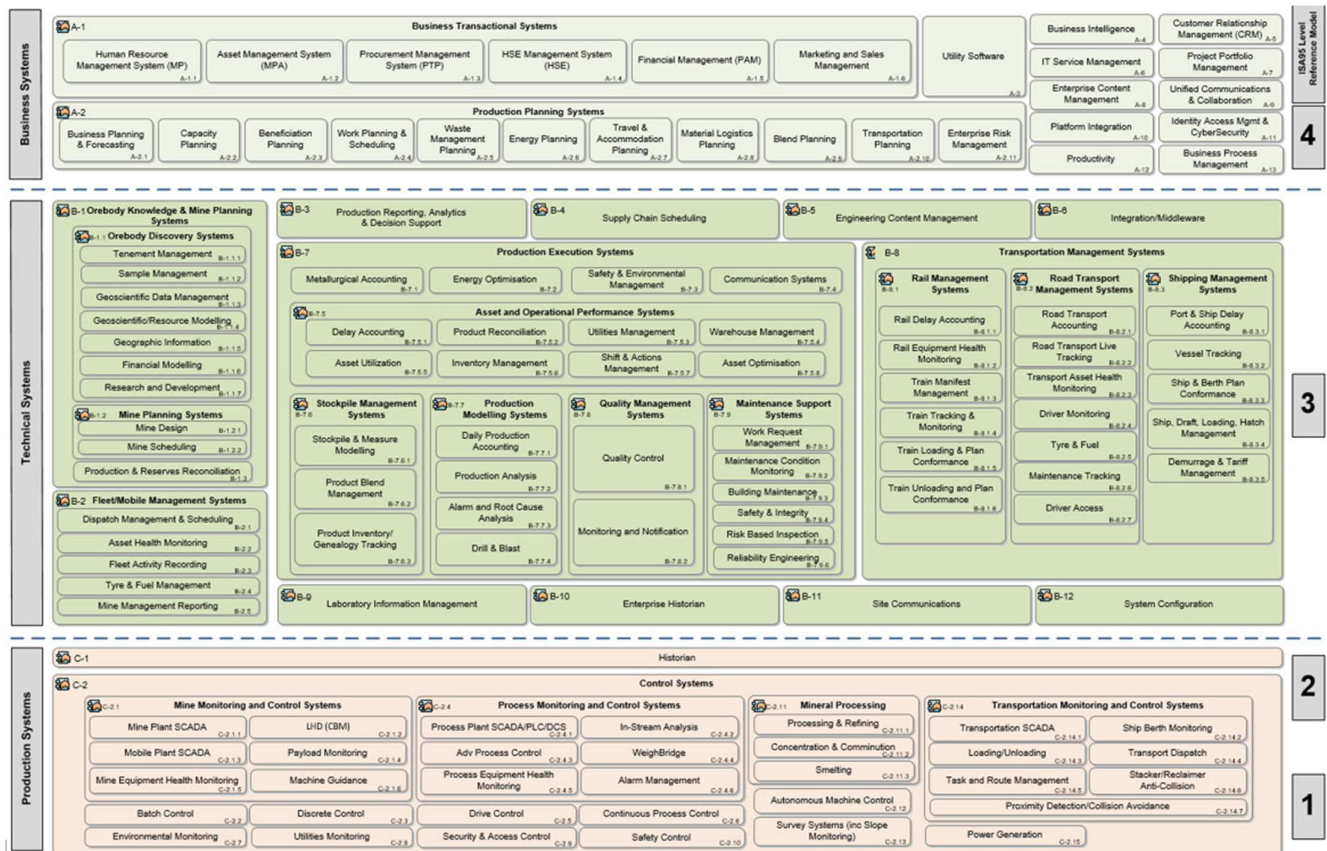
Projekat Jadar je „greenfield“ projekat i kao takav savršeno je pogodan za primenu najboljih aplikacija koje zahteva moderna 4.0 industrija i tehnologija. Na svim nivoima portfolio projekta Jadar će se sastojati od standardnih korporativnih aplikacija, dokazanih rešenja, vodećih uslužnih programa i računarske analitike na principu „cloud computing“-a.

Portfolio će biti sačinjen od:

- Poslovne aplikacije
  - RTBS (*Rio Tinto Business Solution*) sistem
  - Servisi i usluge u vezi sa bezbednošću i zdravljem na korporativnom nivou;
  - Upravljanje poslovima u vezi sa zajednicom
  - Druge poslovne aplikacije
- Infrastruktura
  - Personalne aplikacije u kancelarijama, servisi i kapaciteti za skladištenje i „backup“ kompanijskih podataka;
  - Servisi za slanje i razmenu elektronske pošte;
  - Servisi za štampanje;
  - Servisi i kapaciteti za održavanje konferencija;
  - Zaštita informacionog sistema;
  - Kontrola pristupa;
  - Nadzorno-sigurnosne kamere (CCTV)
- Procesno postrojenje

- Sistem za skladištenje podataka praćenja rada procesnog postrojenja;
- Sistema aplikacija za upravljanje proizvodnjom (MES-*Manufacturing Applications System*);
- Sistema za upravljanje radom Laboratorija (LIMS - *Laboratory Information Management System*);
- Upravljanje imovinom i njeno održavanje;
- Skladištenje;
- Upravljanje transportnom flotom;
- Rudnik
  - Projektovanje rudnika;
  - Modeliranje ležišta;
  - Planiranje proizvodnje;
  - Praćenje i monitoring;
  - Upravljanje imovinom i njeno održavanje;
  - Sistem za vanredne situacije;
  - Komunikacija u podzemnom proizvodnom sistemu;

U nastavku teksta je prikazan LARM model – Referentni - Preporučeni Model Logičke Primene (*Logical Application Reference Model*), koji je u osnovi generalni konceptualni model koji formalizuje preporučene prakse za izvestan domen. LARM model su zajednički razvili Rio Tinto i rudarska industrija, kako bi prikazali mogućnosti, koje se mogu pronaći u domenu industrije od interesa za kompaniju Rio Tinto, od istraživanja rude do isporuke.



Slika 8.2.1. LARM model

U saradnji sa upravljačkim timom, biće detaljno definisani zahtevi po pitanju portfolija aplikacija i funkcionalnosti u vezi sa operativnom filozofijom i konkretnim zahtevima lokacije, gde god to donosi adekvatnu vrednost.

### 8.3. Kontrolni sistem rudnika

Kontrola i automatizacija procesnog postrojenja i procesa u podzemnom proizvodnom sistemu će biti objedinjeni u jedan glavni sistem za kontrolu postrojenja (PCS - *Plant Control System*). PCS tehnologija će biti izabrana tako da obezbedi najefikasnije, dosledno i održivo funkcionisanje u oba proizvodna sistema - procesnom postrojenju i rudniku. PCS će biti povezan sa svim uređajima na terenu, procesnim i rudarskim operacijama i biće potpuno automatizovan sa mogućnošću daljinskog upravljanja.

PCS sistem će se sastojati od sledećih komponenti:

- Kontrolnog nivoa – sloja;
- HMI (*Human Machine Interface*) nivoa – sloja;
- Sistemi za operativnu podršku;
- Sistemi za sprovođenje proizvodnje;
- Sistemi podrške;

PCS sistem će biti u vezi sa:

- Instrumentima na terenu i elementima krajnje kontrole;
- Električnom opremom za kontrolu;
- IED-ovima („Inteligentni“ elektronski uređaji);
- MPR-ovima - Relejima za zaštitu motora;
- VSD-ovima – Pogonima sa promenljivom brzinom;
- Sistemom za skladištenje podataka;
- CCTV sistemima;
- Sigurnosnim sistemima (uključujući protivpožarni sistem).

PCS sistem će raditi što je moguće autonomnije, a operateri će biti uključeni samo kada to operativni problem zahteva, na primer tokom kvara, gašenja, pokretanja, održavanja, itd.

PCS sistem će isporučiti operateru sve alarme i informacije potrebne za efikasno dijagnostikovanje kvara i ponovno pokretanje procesa (prema ISA18.2).

PCS će operateru pružiti sve performanse procesa i informacije kako bi se minimalizovao nesklad u radu, optimizovala proizvodnja i održao kvalitet.

PCS će takođe ispuniti IEC61805 standarde funkcionalne sigurnosti i Cyber sigurnosti.

Kontrolni sistemi će uključivati funkcionalnosti i sekvencioniranje, kao što su automatsko pokretanje, kontinuirano praćenje / upravljanje, uredno čišćenje i isključivanje, kao i oporavak nakon kvara.

Automatizacija je projektovana sa ciljevima pružanja povećane sigurnosti, poboljšanih operativnih sposobnosti, povećane efikasnosti postrojenja i održavanja kvaliteta proizvoda. Za operacije u rudniku, komunikacija je ključ za siguran i efikasan rad, i zbog toga će im biti omogućen pristup informacijama na zahtev na bilo kojoj lokaciji.

Kontrolne radnje izvršene u okviru sistema upravljanja moraju biti vidljive sa više kontrolnih mesta oko postrojenja putem interfejsa čovek-mašina (HMI - *Human Machine Interface*) koji je povezan sa radnom stanicom operatera (OVS - *Operator Work Station*). PCS će biti konfigurisan tako da omogući ovlašćenim operaterima da kontrolišu i nadgledaju postrojenje iz bilo kog OVS-a na lokaciji.

Procesnim postrojenjem i rudnikom će se upravljati iz odvojenih kontrolnih prostorija, dok će se i dalje održavati jedinstvena PCS platforma.

## 9. Građevinski objekti rudničkog kruga

### 9.1. Projektna dokumentacija

Izrada geotehničke dokumentacije (gde se definiše način i dubina fundiranja, ubrzanje tla, nivo podzemnih voda, zamrzavanja tla sastav tla i drugo), izrada dokumentacije protivpožarne zaštite, izrada geodetskih podloga i ostalo, je propisano i obavezno u fazi projektovanja. Za sve napred navedeno postoji propisana nacionalna regulativa.

Nacionalna metodologija proračuna sada u potpunosti odgovara EN (evropskom) standardu. Svi primenjeni materijali moraju imati nacionalni, tj. EN (evropski) standard/atest.

Saglasno navedenom, svi konstrukcioni čelici moraju biti u EN (SRPS EN 1993) standardu, svi betonski čelici moraju imati EN (SRPS EN 10080) standard, a izbor marke betona je isključivo definisan prema EN normama (SRPS EN 1992).

Opterećenja od snega, vetra, temperaturnih uticaja, seizmičkih uticaja i drugo, su propisana Nacionalnim dokumentima i normama (SRPS EN 1991).

### 9.2. Opis građevinskih objekata

Na slici 9.2.1. i prilogu 9.2.1. data je dispozicija građevinskih objekata u funkciji budućeg rudnika Jadar.

#### 1. Izvozno okno

Planirana je namenska armirano-betonska konstrukcija otvora, u kliznoj oplati, prema uputstvu isporučioaca opreme. Planirani prečnik okna je 8,50 m, a dubina oko 423,7 m. Takođe su predviđeni temelji opreme i pratećih objekat, koji su iznad kote terena od čelične konstrukcije, sa oblogama od sendvič panela i profilisanog lima. Posebno će prema podlogama isporučioaca biti formirane visoke rešetkaste (oko 50m visine) i ramovske prostorne čelične konstrukcije za potrebu procesa.

#### 2. Skladište sirove rude

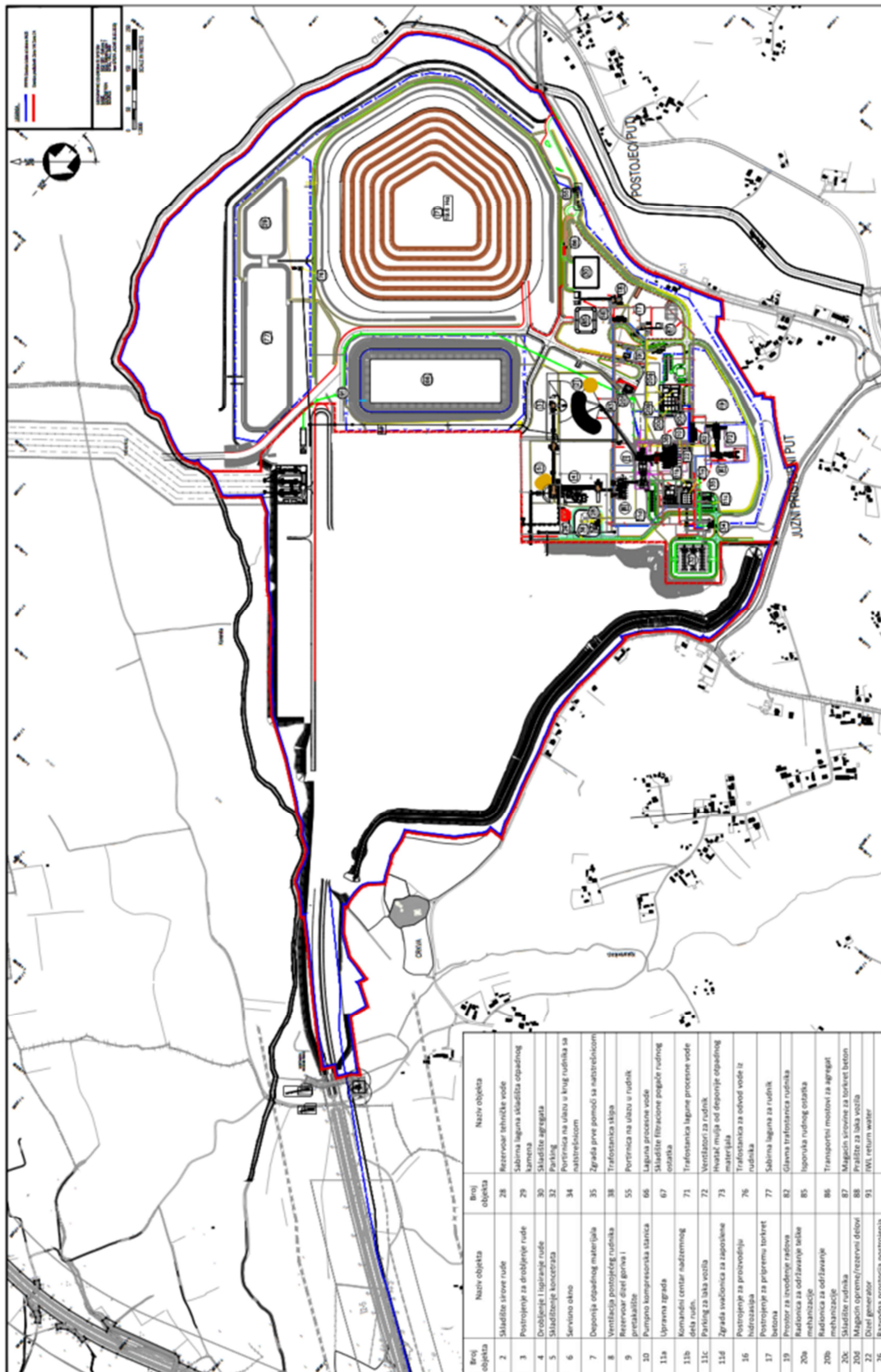
Postrojenje je definisano kao privremena deponija. Biće predviđeni zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža podtla uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

#### 3. Postrojenje za drobljenje rude

U građevinskom smislu postrojenje je uređeni nivelisani plato sa temeljima za mašinsku opremu i transport, koje prate potrebne čelične podkonstrukcije transporta.

#### 4. Postrojenje za obogaćivanje

Planirane su armiranobetonske i čelične konstrukcije za potrebu tehnološko-mašinske opreme, kao i elektro i instrumentalne opreme.



Slika 9.2.1. Dispozicija građevinskih objekata



#### 5. Skladištenje koncentrata

Planirani su temelji opreme, uređen betonski plato i čelična podkonstrukcija, uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

#### 6. Ventilaciono okno

Planirana je namenska armiranobetonska konstrukcija, prema uputstvu isporučioa opreme sa pratećim objektima od čelične konstrukcije.

#### 7. Odlagalište jalovog stenskog materijala

Odlagalište je predviđeno na površinskom delu rudnika, gde će se skladištenje vršiti u kaskadama. Biće predviđeni zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža i kanala za potrebe odvodnjavanja atmosferske vode, uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

#### 8. Površinski objekat postrojenja za hlađenje vazduha za ventilaciju rudnika

Objekat je fundiran na armiranobetonskim temeljima, a pod objekta je betonska ploča. Nadkonstrukcija je čelična (opciono armiranobetonska montažna). Uz objekat su planirani rashladni tornjevi i rezervni tank za vodu.

#### 9. Rezervoar dizel goriva i pretakalište

Planirani su armiranobetonski (nadzemni, opciono podzemni) temelji rezervoara, betonski pristupni plato i pomoćni objekti koji su iznad terena. Objekat je sa čeličnom konstrukcijom.

#### 10. Kompresorska stanica

Objekat je prizemni sa armiranobetonskim temeljima za objekat i opremu. Iznad terena je predviđena čelična konstrukcija (opciono armiranobetonska ramovska) sa dvovodnim krovnim ravnima. Oblaganje fasade je planirano sendvič panelima (opciono zidana ispuna). Stolarija i bravarija je od eloksiranog aluminijuma ili drugo.

##### 11a. Upravna zgrada

Objekat je prizemni zidani sa čeličnom krovnom konstrukcijom. Okvirni gabariti osnove su 40 x 25m.

Predviđena je spoljna termoizolacija zidova, poda i krova. U objektu će biti formiran spuštenu plafon. Stolarija i bravarija će biti od eloksiranog aluminijuma ili drugo.

##### 11b Kontrolna soba rudnika

Objekat je prizemni zidani sa čeličnom krovnom konstrukcijom. Okvirni gabariti osnove su 13 x 37m.

Predviđena je spoljna termoizolacija zidova, poda i krova. U objektu će biti formiran spuštenu plafon. Stolarija i bravarija će biti od eloksiranog aluminijuma ili drugo.

##### 11c Parking za laka vozila

Predstavlja uređenu betonsku površinu sa potrebnom rasvetom i hidrotehničkim instalacijama odvodnjavanja. Planirana je horizontalna signalizacija, tj. obeležavanje prostora.

##### 11d. Zgrada sa pratećim prostorijama za presvlačenje zaposlenih

Objekat je prizemni zidani sa čeličnom krovnom konstrukcijom. Okvirni gabariti osnove su 27 x 35m.

Predviđena je spoljna termoizolacija zidova, poda i krova. U objektu će biti formiran spuštenu plafon. Stolarija i bravarija će biti od eloksiranog aluminijuma ili drugo.

#### 16. Postrojenje za proizvodnju zasipa

Planirane su armiranobetonske konstrukcije temelja sa uređenim betonskim površinama. Za opremu je predviđena odgovarajuća čelična podkonstrukcija.



#### 17. Postrojenje za pripremu torkret betona

Planirani su armiranobetonski temelji za silose, transportere i bunker, kao i prateća čelična podkonstrukcija za mašinsku i elektro opremu.

#### 19. Prostor za izvođenje radova

Planirano je nivelisanje terena sa nasipanjem i nabijanjem šljunčanog zastora (ili zastora od kamene drobine). Po potrebi će na lokaciji biti dovedeni priključci za vodu i električnu energiju.

##### 20a. Radionica za održavanje teške mehanizacije

Objekat je fundiran na armiranobetonskim temeljima, a pod objekta je betonska ploča za teške terete. Nadkonstrukcija je čelična (opciono armiranobetonska montažna). Oblaganje fasade je predviđeno sendvič panelima. Stolarija i bravarija je od eloksiranog aluminijuma i drugo.

##### 20b. Radionica za održavanje mehanizacije

Objekat je fundiran na armiranobetonskim temeljima, a pod objekta je betonska ploča za teške terete. Nadkonstrukcija je čelična (opciono armiranobetonska montažna). Oblaganje fasade je predviđeno sendvič panelima. Stolarija i bravarija je od eloksiranog aluminijuma i drugo.

##### 20c. Rudničko skladište

Rudničko skladište je deo zgrade radionice.

##### 20d. Magacin opreme/rezervni delovi

Predviđen je betonski plato za odlaganje opreme i rezervnih delova.

#### 22. Dizel generator

Planiran je armiranobetonski blok temelj prema zahtevu isporučioća opreme.

#### 26. Razvodna prostorija postrojenja za obogaćivanje

Objekat je armiranobetonska konstrukcija sa zidanom ispunom. Predviđeno je uređenje platoa sa potrebnim temeljima teške elektro opreme i razvodnim betonskim kanalima.

#### 28. Rezervoar tehničke vode

Planiran je armiranobetonski temelj rezervoara sa temeljima pumpi.

#### 29. Sabirna laguna skladišta otpadnog kamena

Planirani su zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža podtla uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

#### 30. Skladište agregata

Planirani su zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža podtla. Planirano je nivelisanje terena sa nasipanjem i nabijanjem šljunčanog zastora (ili zastora od kamene drobine).

#### 32. Parking

Predstavlja uređenu betonsku površinu sa potrebnom rasvetom i hidrotehničkim instalacijama odvodnjavanja. Planirana je horizontalna signalizacija, tj. obeležavanje prostora.

#### 34. Portirnica na ulazu u krug rudnika sa nadstrešnicom

Objekat je armiranobetonska ramovska konstrukcija sa zidanom ispunom. Krovna konstrukcija je čelična (opciono ravna betonska ploča sa hidroizolacijom i termoizolacijom). Predviđene su adekvatne staklene površine za vizuelan pregled. Stolarija je od eloksiranog aluminijuma ili drugo.



### 35. Zgrada prve pomoći sa natstrešnicom

Objekat je armiranobetonska ramovska konstrukcija sa zidanom ispunom. Krovna konstrukcija je čelična (opciono ravna betonska ploča sa hidroizolacijom i termoizolacijom). Predviđen je spuštenu plafon sa razvodom instalacija. Stolarija je od eloksiranog aluminijuma ili drugo.

### 66. Laguna procesne vode

Planirani su zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža podtla uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

### 71. Trafostanica lagune procesne vode

Objekat je armiranobetonska ramovska konstrukcija sa zidanom ispunom. Krovna konstrukcija je armiranobetonska (opciono rešetkasta čelična konstrukcija). U objektu je predviđen sistem betonskih elektro kanala sa duplim podovima. Stolarija je plastificirani ili eloksirani aluminijum.

### 76. Trafostanica za napajanje pumpi za odvodnjavanje

Objekat je armiranobetonska ramovska konstrukcija sa zidanom ispunom. Krovna konstrukcija je armiranobetonska (opciono rešetkasta čelična konstrukcija). U objektu je predviđen sistem betonskih elektro kanala sa duplim podovima. Stolarija je plastificirani ili eloksirani aluminijum.

### 77. Sabirna laguna za rudnik

Planirani su zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža podtla uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

### 82. Glavna trafostanica rudnika

Objekat je armiranobetonska ramovska konstrukcija sa zidanom ispunom. Krovna konstrukcija je armiranobetonska (opciono rešetkasta čelična konstrukcija). U objektu je predviđen sistem betonskih elektro kanala sa duplim podovima. Stolarija je plastificirani ili eloksirani aluminijum.

### Zemljani radovi

Predviđaju se zemljani radovi na nivelisanju terena, a pre svega na prostoru odlaganja otpada, skladišta sirove rude i formiranje rudarskih transportnih puteva.

## 10. Mera zaštite i sanacije životne sredine i uticaja na društvenu zajednicu

### 10.1. Mere zaštite i sanacije životne sredine

Predviđene mere zaštite i sanacije životne sredine pre svega predviđaju doslovno sprovođenje usvojenih principa: primena najboljih raspoloživih tehnika u fazi projektovanja i razvoja predmetnog projekta, odnosno najbolje prakse upravljanja, principa koji treba primeniti u fazi izgradnje i eksploatacije projekta.

Predviđene mere su raznorodne i višestruke, a radi bolje preglednosti iste su prikazane tabelarno (Tabela 10.1.1). Navedene mere treba da doprinesu sprečavanju, smanjenju ili otklanjanja potencijalnih uticaja svih aktivnosti u vezi sa projektom. U tabeli su prikazane mere za sve one uticaje za koje se potencijalno očekuje da imaju umerene ili velike posledice na okruženje u kojem su konstatovani ti uticaji.

Studija procene uticaja predmetnog Projekta, odnosno njegovih tehnoloških delova (podzemni proizvodni sistem i postrojenje za proizvodnju finalne sirovine) detaljnije će utvrditi i razraditi specifične uticaje na životnu sredinu i mere za njihovu mitigaciju, uzimajući u obzir obim uticaja, složenost, trajanje, učestalost i verovatnoću ponovnog nastanka.

Utvrđene mere zaštite životne sredine će uzeti u obzir principe prevencije i predostrožnosti i pratiti hijerarhiju smanjenja uticaja. Mere će uključivati:

- Pripremu tehničke dokumentacije u skladu sa propisima, zvaničnim mišljenjima i uslovima nadležnih organa;
- Sprovođenje radova u skladu sa Zakonom o rudarstvu i geološkim istraživanjima, tehničkom dokumentacijom i dobrom profesionalnom praksom
- Upravljanje otpadom od rudarskih aktivnosti u skladu sa Uredbom o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu;
- Upravljanje i zaštitu vode u skladu sa Zakonom o vodama;
- Zaštitu kvaliteta vazduha u skladu sa Zakonom o zaštiti vazduha;
- Zaštitu od uticaja buke u životnoj sredini u skladu sa Zakonom o zaštiti od buke u životnoj sredini;
- Upravljanje hemikalijama u skladu sa Zakonom o hemikalijama;
- Zaštitu zemljišta u skladu sa Zakonom o zaštiti zemljišta;
- Zaštitu prirodnih dobara u skladu sa Zakonom o zaštiti životne sredine i Uslovima zaštite prirode izdatih od strane Zavoda za zaštitu prirode Srbije;
- Zaštitu kulturne baštine u skladu sa Zakonom o kulturnim dobrima i uslovima koje izdaje Zavod za zaštitu spomenika kulture;
- Obezbeđivanje sistema za smanjenje prašine (mere ublažavanja, uključujući raspršivače vode itd.);



- Sprovođenje mera za smanjenje nivoa dnevne i noćne buke kod izvora buke; i
- Sprovođenje planova za vanredne situacije i mera za upravljanje potencijalnim zagađenjem u slučaju akcidentnih situacija.

**Tabela 10.1.1** Mere za sprečavanje, smanjenje ili otklanjanje potencijalnih uticaja projekta na životnu sredinu

Potencijalni uticaj	Mere po fazama projekta			
	Projektovanje	Izgradnja	Rad	Zatvaranje
Emisija prašine	Projektovati procese i postrojenja tako da se minimizuje nastajanje prašine. Proces prerade/koncentracije rude je vlažan proces. Priprema će biti u zatvorenom objektu. Transporter za rudu će biti pokriven.	Uskladiti rad sa odredbama zakona koja definišu kvalitet vazduha. Obezbediti sistem sakupljanja prašine na mestima fugitivne emisije prašine u okviru rudnika i postrojenja za preradu Postaviti zaštitne barijere oko aktivnosti u kojima nastaje dosta prašine Preduzeti mere da se smanji emisija prašine tokom izgradnje. Prekriti, zatvoriti (tj. pomoću veziva) ili rekultivisati odlagališta otpadnog stenskog materijala čim postane izvodljivo. Sprovoditi ograničenja brzine na područjima izgradnje ili otvorenom Praktikovati polivanje puteva kako bi se smanjilo rasipanje prašine Oprati i očistiti točkove vozila i obezbediti rešetku za čišćenje točkova vozila na izlasku sa lokacije. Primenjivati mere redovnog održavanja prostora kako bi se smanjilo rasipanje i zagađivanje Visinu deponovanog materijala smanjiti što je moguće više. Vodom očistiti javne puteve oko pristupnih tačaka lokacije. Ukoliko je moguće, transportovanje zemljišta svesti na minimum i izbegavati skidanje slojeva zemljišta u suvim i vetrovitim uslovima. Popločavanje ili drugi vid obrade puta od lokacije postrojenja do mesta istovara na jalovištu. Smanjiti prašinu sa odlagališta otpadnog stenskog materijala i skladišta površinskog sloja zemljišta i odlagališta industrijskog otpada (u slučaju suvog odlaganja) sadnjom vegetacije, pokrivanjem, korišćenjem odgovarajućih materijala ili fiksnih/mobilnih uređaja za raspršivanje vode pri istovaru materijala.		
		Pratiti taložne materije, suspendovane čestice PM <sub>10</sub> i PM <sub>2.5</sub> u ambijentalnom vazduhu i kvalitet zemljišta, u pogledu taloženja metala vezanih za čestice.		Pre uklanjanja postrojenja uklonite ostatke materijala kako bi se izbeglo stvaranje prašine. Pokriti ili na drugi način trajno rešiti stanje jalovišta kako bi se sprečila emisija prašine
Emisija gasova sa efektom staklene bašte	Predvideti mere u fazi projektovanja kako bi se smanjili uticaji.	Sprovesti mere energetske efikasnosti (kao što je smanjenje potrošnje goriva i električne energije). Izvršiti sadenje biljaka koji bi koristili gasove sa efektom staklene bašte u svojim prirodnim procesima.		
Emisija azotovih oksida (NOx)	Predvideti mere u fazi projektovanja kako bi se smanjili uticaji.	Podaci koji su na raspolaganju ukazuju da je emisija NOx zanemarljiva tokom izgradnje (stacionarna i mobilna postrojenja sa sagorevanjem).	Razmotriti upotrebu vozila sa manjom emisijom	Podaci koji su na raspolaganju ukazuju da je emisija NOx zanemarljiva tokom demontaže (stacionarna i mobilna postrojenja sa sagorevanjem). Organizovati monitoring

Potencijalni uticaj	Mere po fazama projekta			
	Projektovanje	Izgradnja	Rad	Zatvaranje
Buka	Preduzimanje mera za smanjenje emisije buke tokom projektovanja (barijere, izbor opreme koja proizvodi niže nivo buke i sl.)	Pridržavati se zakonskih odredaba zaštite od buke u životnoj sredini. Implementirati procedure za operativno upravljanje bukom. Postaviti opremu koja stvara buku daleko od stambenih objekata Koristiti hidrauličnu ili električnu opremu pre nego opremu sa dizel/benzinskim motorom ili pneumatsku opremu. Postaviti stacionarnu opremu iza barijera za zaštitu od buke ili u akustična kućišta. Održavati opremu u dobrom operativnom stanju. Instalirati barijere za zaštitu od buke, pregrade i mobilne paravane gde je to izvodljivo. Isključiti opremu i vozila kada se ne koriste. Pridržavati se ograničenja brzine vozila. Održavati površine puteva u dobrom stanju. Po potrebi izmestiti domaćinstva pod uticajem.		
Ispuštanje vode	Implementirati vodne uslove Republičke Direkcije za vode. Projektovati mere smanjenja uticaja da ne bi došlo do taloženja. Predvideti postavljanje zaštitnih folija za sva skladišta materijala sa visokim ARD potencijalom.	Pridržavati se zakonskih odredaba o upravljanju vodama. Vodu iz podzemnih područja i izdani tretirati kako bi se uklonili sedimenti i zagađujuće materije. Reciklirati / ponovo koristiti ispuštanu vodu za ispiranje i druge aktivnosti. Sprovoditi kontrolu toka i kvaliteta vode, proveravati usklađenost sa parametrima kvaliteta vode. Instalirati sistem za sekundarno prihvatanje otpadnih voda oko područja gde se one pojavljuju, kako bi se sprečilo nekontrolisano oticanje. Razviti i implementirati plan upravljanja vodama. Tamo gde je to praktično, izmešati vodu koja otiče sa površine i podzemnu vodu kako bi se postiglo postepeno povećanje koncentracije u efluentu, kao bi se izbegle nagle promene . Goriva i hemikalije skladištiti u skladu sa planom upravljanja opasnim materijama, obezbediti usaglašene sisteme za septičke i fekalne vode, ispuniti zahteve za skladištenje otpada. Skladište opasnih materija postaviti na rastojanju najmanje 50 metara od vodenog staništa. Uključiti zajednicu, posebno one koji se bave ribolovom u pritokama, u vezi sa planiranim radovima i merama zaštite kvaliteta vode		
		Pridržavati se uslova Republičke Direkcije za vode za vreme izgradnje.	Pridržavati se zahteva vodne dozvole tokom rada i zatvaranja.	
Podzemne vode i zemljište	Implementirati vodne uslove Republičke Direkcije za vode.	Pridržavati se zakonskih odredaba o zemljištu i upravljanju vodama. Goriva i hemikalije skladištiti u skladu sa planom za upravljanje opasnim materijama (korišćenje sistema tankvana, betonskih podova itd.). Postaviti skladišta opasnih materija što dalje od vodenog staništa. Upotreba odgovarajućih sistema - uređaja za tretiranje fekalne vode i kanalizacije i usaglašeni sistem za upravljanje otpadom. Instalirati bunare za monitoring podzemnih voda. Sprovoditi monitoring toka podzemnih voda i kvaliteta vode, proveravati usklađenost sa parametrima kvaliteta vode.		

### 10.1.1. Staništa

Spisak glavnih mera zaštite prikazan u narednoj tabeli 10.1.2 je baziran na Listi konzervacionih mera koje predstavljaju standard za izveštavanje u aktivnostima na realizaciji programa zaštite prirode na području Evropske unije (Conservation\_measures\_Final\_20180507.xlsx), tako da svoju primenu ima i u zemljama kandidatima za pristup Evropskoj Uniji.

**Tabela 10.1.2** Spisak mera baziran na Listi konzervacionih mera

Code	Conservation measure	Mera zaštite
<b>CB08</b>	Restoration of Annex I forest habitats	Obnova šumskih staništa sa Aneksa I Direktive o staništima
<b>CC01</b>	Adapt/manage extraction of non-energy resources	Prilagoditi / upravljati vađenjem neenergetskih izvora
<b>CC06</b>	Reduce impact of service corridors and networks	Smanjiti uticaj koridora i mreža usluga
<b>CC07</b>	Habitat restoration/creation from resources, exploitation areas or areas damaged due to installation of renewable energy infrastructure	Obnavljanje / stvaranje staništa iz resursa, područja eksploatacije ili područja oštećenih instalacijom infrastrukture obnovljivih izvora energije
<b>CC08</b>	Manage/reduce/eliminate point pollution to surface or ground waters from resource exploitation and energy production	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje tačkastih izvora zagađenja površinskih ili podzemnih voda usled eksploatacije resursa i proizvodnje energije
<b>CC09</b>	Manage/reduce/eliminate diffuse pollution to surface or ground waters from resource exploitation and energy production	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje difuznog zagađenja površinskih ili podzemnih voda usled eksploatacije resursa i proizvodnje energije
<b>CE01</b>	Reduce impact of transport operation and infrastructure	Smanjenje uticaja transportnih aktivnosti i infrastrukture
<b>CE02</b>	Manage/reduce/eliminate pollution to surface or ground water from transport	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje zagađenja površinskih ili podzemnih voda iz transporta
<b>CE03</b>	Manage/reduce/eliminate air pollution from transport	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje zagađenja vazduha iz transporta
<b>CE06</b>	Habitat restoration of areas impacted by transport	Obnavljanje staništa područja pogođenih transportom
<b>CF01</b>	Manage conversion of land for construction and development of infrastructure	Upravljanje konverzijom zemljišta za izgradnju i razvoj infrastrukture
<b>CF02</b>	Habitat restoration of areas impacted by residential, commercial, industrial and recreational infrastructure, operations and activities	Obnavljanje staništa na područjima pod uticajem stambene, komercijalne, industrijske i rekreativne infrastrukture i aktivnosti
<b>CF04</b>	Reduce/eliminate point source pollution to surface or ground waters from industrial, commercial, residential and recreational areas and activities	Smanjenje / eliminisanje tačkastih izvora zagađenja površinskih ili podzemnih voda iz industrijskih, komercijalnih, stambenih i rekreativnih područja i aktivnosti
<b>CF05</b>	Reduce/eliminate diffuse pollution to surface or ground waters from industrial, commercial, residential and recreational areas and activities	Smanjenje / eliminisanje difuznog zagađenja površinskih ili podzemnih voda iz industrijskih, komercijalnih, stambenih i rekreacionih područja i aktivnosti
<b>CF06</b>	Reduce/eliminate air pollution from industrial, commercial, residential and recreational areas and activities	Smanjenje / eliminisanje zagađenja vazduha iz industrijskih, komercijalnih, stambenih i rekreativnih područja i aktivnosti
<b>CF10</b>	Manage changes in hydrological and coastal systems and regimes for construction and development	Upravljanje promenama u hidrološkim i priobalnim sistemima i režimima za izgradnju i razvoj
<b>CI01</b>	Early detection and rapid eradication of invasive alien species of Union concern	Rano otkrivanje i brzo iskorenjivanje invazivnih stranih vrsta od značaja za Uniju
<b>CI02</b>	Management, control or eradication of established invasive alien species of Union concern	Upravljanje, kontrola ili iskorenjivanje utvrđenih invazivnih stranih vrsta od značaja za Uniju
<b>CI03</b>	Management, control or eradication of other invasive alien species	Upravljanje, kontrola ili iskorenjivanje drugih invazivnih stranih vrsta

S obzirom na značaj staništa kao osnovnog ekološkog okvira u kome je jedino moguće realizovati adekvatnu zaštitu vrsta, a u skladu sa opštim postavkama i preporukama koje se odnose na izradu adekvatnih

mitigacionih mera (npr. Ekstrom et al. 2015, Gullison et al 2015) na širem području Jadrana bi bilo potrebno organizovati detaljna istraživanja staništa koja bi uključila:

- a) Detaljno kartiranje selektovanih značajnih područja koja nisu bila kartirana u toku prvog četvorodnevog kartiranja (novi putevi, slivovi i sl.), a za koja je ustanovljeno prisustvo vrsta značajnih za zaštitu;
- b) Izradu karte svih tipova staništa na širem području Jadrana, na kojima bi bilo prikazano početno stanje pojave tipova staništa, što predstavlja neophodnu osnovu za realnu procenu gubitka biodiverziteta, izradu odgovarajućih planova upravljanja i programa praćenja promene stanja prirode i životne sredine usled kratkoročnih i dugoročnih uticaja rudnika Jadarita, i
- c) Izradu karte pogodnih staništa za najugroženije vrste na širem području Jadrana čiji će opstanak na području Jadrana biti doveden u pitanje usled negativnih uticaja rudnika Jadarita.

Detaljna istraživanja/kartiranja imala bi za cilj pronalaženje najadekvatnije lokacije sa odgovarajućim tipovima staništa za eventualnu translokaciju populacija. Pregled uticaja Projekta Jadara na stanje biodiverziteta - komponenta staništa baziran je na terenskim istraživanjima u okviru projekta „Jadara – stanje biodiverziteta: dodatna istraživanja (prva faza drugog dela projekta) u 2020. godini - drugi deo“.

### 10.1.2. Flora

Na istraživanom području predložene su neophodne i poželjne konzervacione mere na osnovu objedinjene IUCN-CMP klasifikacije (IUCN - CMP Unified Classification of Direct Threats - Klasifikacija Međunarodne unije za zaštitu prirode).

#### [2] Upravljanje zemljištem / vodama

##### [2.1] Upravljanje lokacijom / područjem

Budući da za sada ne postoje uslovi za proglašenje bilo koje istraživane lokacije, ili njenog dela, za zaštićeno prirodno dobro, bilo bi neophodno da „Rio Sava Exploration d.o.o. Beograd“ kao korporativni upravljač sprovodi konzervacione mere (u skladu sa članom [5.3] IUCN-CMP) na delovima istraživanih lokacija koje su od interesa za zaštitu. U tom smislu potrebno je prvo proveriti vlasničke odnose da bi se tačno utvrdilo koji će od navedenih delova biti u nadležnosti korporacije. Zatim je potrebno, uz saradnju sa adekvatnom i stručnom ustanovom, izvršiti obuku ovlašćenih lica za zaštitu životne sredine u okviru korporacije i raditi na podizanju ekološke svesti zaposlenih. Kolektiv bi trebao da dosledno i kontinuirano sprovodi sve predložene mere zaštite na navedenim lokacijama, koje u pojedinim slučajevima podrazumevaju i trajni moratorijum na sve rudarske, infrastrukturne i druge aktivnosti predviđene projektom „Jadara“ uz očuvanje šumskih koridora. Za pomenute delove preporučuje se i fizičko ograđivanje, a takođe treba preduprediti i eventualni eksterni prodor polutanata.

##### [2.3] Obnavljanje staništa i prirodnih procesa

Treba sprovoditi kontinuirano zatrpavanje i rekultivaciju delova odlagališta uz obnovu autohtone šumske flore i vegetacije. Takođe je neophodno sprovoditi kontinuiranu ekoremedijaciju i bioremedijaciju na području rudarskih aktivnosti „Jadara“.

#### [3] Upravljanje vrstama

##### [3.3] Reintrodukcija i dislokacija

U slučaju pojedinih, posebno ugroženih vrsta, npr. *Teucrium scorodonia* (veliki dubačac) na lokaciji Štavice, jedna od opcija bila bi i preseljene jednog dela populacije na pogodna staništa susednih lokacija i područja. Isto važi i za veliku rosulju (*Agrostis gigantea*), močvarno devesilje (*Peucedanum palustre*) i još neke vrste sa lokacije Brezjak.

##### [3.4] Ex-situ konzervacija

Populacija vrste *Teucrium scorodonia* (veliki dubačac) na lokaciji Štavice jedina je na teritoriji Srbije i većeg dela Balkanskog poluostrva i bila bi krajnje ugrožena izgradnjom eventualnog odlagališta industrijskog otpada na toj lokaciji, ukoliko se ne usvoje ili ne primenjuju predložene mere zaštite. Zbog toga je neophodno na vreme preduzeti i proaktivne mere zaštite u svrhu očuvanja genofonda populacije. Nekoliko biljaka se već

nalazi u privatnoj kolekciji, dok je u planu i uvođenje biljaka u in vitro kulturu biljnih ćelija, tkiva i organa u kontrolisanim uslovima. To bi omogućilo njihovu vegetativnu propagaciju i reintrodukciju na prirodna staništa.

#### **[4] Obrazovanje i širenje ekološke svesti**

##### **[4.3] Podizanje ekološke svesti i komunikacija**

Uporedo sa aktivnostima vezanim za upravljanje zemljištem i vrstama kao osnovnu meru treba izdvojiti i edukaciju u smislu podizanja javne i korporativne svesti o važnosti očuvanja biljnih vrsta i staništa kao i pokretanje mehanizama za učešće javnosti u odlučivanju o pitanjima životne sredine. Postizanje ovog cilja podrazumeva stvaranje materijalne baze za izradu edukativnih i informativnih materijala o flori i ugroženim biljnim vrstama. Ove aktivnosti podrazumevaju pokretanje izložbi, multimedijalnih predavanja, stručnih i obrazovnih seminara i edukativnih radionica. Osnovne ciljne grupe bili bi deca, šumari, poljoprivrednici i radnici korporacije. U okviru kolektiva korporacije edukaciju treba usmeriti na prepoznavanje najugroženijih biljnih vrsta na području rudarskih, infrastrukturnih i ostalih aktivnosti uz najbitnije informacije o statusu ugroženosti i značaju njihovog očuvanja.

#### **[5] Zakonska regulativa i politika zaštite**

##### **[5.1] Zakonodavstvo**

Populacija vrste *Teucrium scorodonia* (veliki dubačac) na lokaciji Štavice, kao nova za Srbiju, otkrivena je u fazi terenskih istraživanja (jul 2020) ove studije. Budući da je procenjena kao krajnje ugroženi raritet na teritoriji Srbije i Balkanskog poluostrva, u prilog formalnom zakonodavstvu na republičkom nivou, biće predložena za dopunu „Pravilnika o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva“. To će biti ostvareno nezavisno od realizacije ili eventualnog odustajanja od aktivnosti na lokaciji Štavice. Za pomenuti pravilnik takođe će biti predloženi i velika rosulja (*Agrostis gigantea*) i močvarno devesilje (*Peucedanum palustre*) koji su registrovani na lokaciji Brezjak, ali ih ima i nekim drugim područjima na teritoriji Srbije.

##### **[5.3] Standardi i kodeksi u privatnom sektoru**

U cilju održive eksploatacije rudnog bogatstva bilo bi poželjno da „Rio Sava Exploration d.o.o. Beograd“ kao korporativni upravljač, na dobrovoljnoj osnovi, sprovodi konzervacione mere u skladu sa standardima i profesionalnim kodeksima, koji upravljaju praksom privatnog sektora. Tim povodom se predlaže osnivanje posebnog koordinacionog tela za sprovođenje i nadgledanje predloženih konzervacionih mera koje čine predstavnici korporacije i adekvatne – stručne ustanove. Ovo partnerstvo bi, osim savetodavnog rada, podrazumevalo i monitoring populacija taksona od značaja za zaštitu i njihovih staništa.

##### **[5.4] Pridržavanje propisa i njihovo izvršenje**

Podrazumeva kontinuirani monitoring populacija, njihovih staništa i sprovođenja konzervacionih mera. Time bi se mogao utvrditi tempo obnovljivosti ovih bioloških resursa i eventualno preduzimanje dodatnih mera u cilju racionalnog (održivog) korišćenje populacija taksona od značaja za zaštitu. Monitoring bi obavljali članovi koordinacionog tela kojeg čine predstavnici korporacije i stručne ustanove. Takođe obuhvata kontrolu polutanata, racionalno korišćenje vodenih resursa, kao i poštovanje svih drugih ekoloških propisa i standarda regulisanih zakonom.

#### **[7] Izgradnja spoljnih kapaciteta**

##### **[7.3] Finansiranje konzervacionih mera**

Odnosi se na prikupljanje dodatnih sredstava za konzervaciju vrsta.

#### **[8] Naučne istraživanja**

Iako nisu posebno izdvojena niti pomenuta u IUCN-CMP klasifikaciji konzervacionih mera, dodatna i kontinuirana biološka istraživanja i ekspertize su neophodni ne samo zbog monitoringa populacija i sprovođenja konzervacionih mera (videti član [5.4]), već i zbog potrebe za upotpunjavanjem slike o

diverzitetu flore vaskularnih biljaka na istraživanom području. Dodatna istraživanja ticala bi se brojnosti i distribucija populacija, procene očuvanosti staništa, faktora ugrožavanja i procena kategorija ugroženosti, mera zaštite i populacionih trendova.

Takođe su za krajnju ugroženu populaciju vrste *Teucrium scorodonia* (veliki dubačac) na lokaciji Štavice neophodna dodatna istraživanja jer joj preči nestanak iz flore Srbije zbog planirane izgradnje odlagališta. U zavisnosti od scenarija koji bi se primenio u svrhu zaštite, eventualne aktivnosti obuhvatile bi i istraživanje potencijalnih staništa vrsta u severozapadnoj Srbiji, sa posebnim akcentom na širu okolinu Loznice i Krupnja (detaljnije u akcionom planu).

U tabeli 10.1.3 dat je spisak vrsta vaskularne flore značajnih za istraživano područje iz aspekta zaštite po lokalitetima i predložene mere njihove zaštite na osnovu objedinjene IUCN-CMP klasifikacije. Brojevi predloženih mera su usklađeni sa objedinjenom IUCN-CMP klasifikacijom: 2.1 - Upravljanje lokacijom / područjem; 2.3 - Obnavljanje staništa i prirodnih procesa; 3.3 - Reintrodukcija i dislokacija; 3.4 - *Ex-situ* konzervacija; 4.3 - Podizanje ekološke svesti i komunikacija; 5.1 - Zakonodavstvo; 5.3 - Standardi i kodeksi u privatnom sektoru; 5.4 - Pridržavanje propisa i njihovo izvršenje; 7.3 - Finansiranje konzervacionih mera; 8 – Naučna istraživanja.

**Tabela 10.1.3** Spisak vrsta vaskularne flore značajnih za istraživano područje i predložene mere njihove zaštite

Lokalitet	Vrsta	2.1	2.3	3.3	3.4	4.3	5.1	5.3	5.4	7.3	8
Brezjak	<i>Agrostis gigantea</i>			+		+	+	+	+	+	+
	<i>Ajuga chamaepitys</i>	+						+	+		+
	<i>Alopecurus pratensis</i>	+	+					+	+	+	+
	<i>Carex brizoides</i>			+		+		+	+	+	+
	<i>Carex leersii</i>	+						+	+		+
	<i>Carex pallescens</i>			+				+	+		+
	<i>Centaurea macroptilon</i>	+						+	+		+
	<i>Frangula alnus</i>			+		+		+	+		+
	<i>Lathyrus hirsutus</i>	+						+	+		+
	<i>Linum bienne</i>	+				+		+	+		+
	<i>Peucedanum palustre</i>		+			+	+	+	+	+	+
	<i>Polygonum arenarium</i>			+				+	+		+
	<i>Rubus vestitus</i>	+						+	+		+
	<i>Ruscus aculeatus</i>	+				+		+	+		+
	<i>Scutellaria hastifolia</i>	+	+					+	+		+
	<i>Valeriana officinalis</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Verbascum blattaria</i>	+						+	+		+
	<i>Vicia dumetorum</i>	+						+	+		+
	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	+						+	+		+
	<i>Veronica longifolia</i>	+	+			+		+	+		+
Jadar	<i>Malva thuringiaca</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Urtica subinermis</i>	+						+	+		+
	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Veronica longifolia</i>	+	+			+		+	+		+
Lipnički Šor	<i>Carex pseudocyperus</i>	+						+	+		+
	<i>Circaea lutetiana</i>	+						+	+		+
	<i>Dipsacus pilosus</i>	+						+	+	+	+
	<i>Equisetum hyemale</i>	+						+	+		+
	<i>Frangula alnus</i>	+						+	+		+
	<i>Linum bienne</i>	+						+	+		+
	<i>Myriophyllum spicatum</i>	+						+	+		+



Lokalitet	Vrsta	2.1	2.3	3.3	3.4	4.3	5.1	5.3	5.4	7.3	8
	<i>Myriophyllum verticillatum</i>	+						+	+		+
	<i>Nuphar lutea</i>	+						+	+		+
	<i>Oenanthe aquatica</i>	+						+	+		+
	<i>Rhizomatophora aegopodioides</i>	+						+	+		+
	<i>Potamogeton gramineus</i>	+						+	+		+
	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	+						+	+		+
	<i>Salix cinerea</i>	+						+	+		+
	<i>Salix eleagnos</i>	+						+	+		+
	<i>Sparganium erectum</i>	+						+	+		+
	<i>Teucrium scordium</i>	+						+	+		+
	<i>Urtica subinermis</i>	+						+	+		+
	<i>Utricularia vulgaris</i>	+						+	+		+
	<i>Verbascum blattaria</i>	+						+	+		+
Štavice	<i>Aira elegans</i>	+	+					+	+		+
	<i>Asplenium scolopendrium</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Atropa bella-donna</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Campanula cervicaria</i>	+	+					+	+		+
	<i>Carex leersii</i>	+	+					+	+		+
	<i>Centaurea macroptilon</i>	+	+					+	+		+
	<i>Cephalanthera longifolia</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Circaea lutetiana</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Danthonia decumbens</i>	+	+					+	+		+
	<i>Dryopteris borreri</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Hieracium transylvanicum</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Hypericum montanum</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Luzula luzuloides</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Ranunculus tuberosus</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Ruscus hypoglossum</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Salvia glutinosa</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Teucrium scorodonia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Urtica subinermis</i>	+	+					+	+		+
	<i>Valeriana officinalis</i>	+	+			+		+	+		+
	<i>Verbascum blattaria</i>	+	+					+	+		+
	<i>Veronica serpyllifolia</i>	+	+					+	+		+
	<i>Vicia cassubica</i>	+	+					+	+		+
	<i>Vicia dumetorum</i>	+	+					+	+		+
Štavice-Jadar	<i>Centaurea macroptilon</i>	+						+	+		+
	<i>Ranunculus tuberosus</i>	+						+	+		+
	<i>Rubus vestitus</i>	+						+	+		+
	<i>Salvia glutinosa</i>	+						+	+		+
	<i>Urtica subinermis</i>	+						+	+		+
	<i>Vinca minor</i>	+						+	+		+

### 10.1.3. Sisari

Predlog generalnih mera za smanjivanje i ublažavanje posledica negativnih uticaja sa stanovišta sisara odnosi se na:

- Mere rekultivacije i revitalizacije, koje se moraju primenjivati u svim slučajevima uništavanja površina pokrivenih prirodnom vegetacijom.

- Obezbeđenje konektivnost prirodnih staništa (kopnenih i vodenih) i izbegavanje struktura koje bi predstavljale barijere za vodene i kopnene sisare. U kopnenim staništima to se može postići sadnjom autohtonih vrsta u vidu drvoreda ili šumskih pojaseva u kojima će se naći i žbunasta vegetacija, a u vodenim sredinama izgradnjom kanala ili propusta koji će povezivati susedne vodene površine.
- Ograničavanje radova i kretanja teške mehanizacije na usko radno područje kako bi se smanjilo prekomerno i nepotrebno uništavanje staništa. Novi putevi ne bi trebalo da se grade osim u izuzetnim slučajevima. Potrebno je smanjiti uništavanje i degradaciju staništa tokom izgradnje i adaptacije postojećih prilaznih puteva, pruga, transportnih traka, kao i električne, vodovodne i kanalizacione mreže.
- Poželjnu sadnju vegetacije (autohtone žbunaste i drvenaste vrste) u okolini bučnih postrojenja kao i u okolini postrojenja koje emituje zagađujuće supstance
- Ukoliko je izvodljivo, ostavljanje ili pravljenje zelenih ili vodenih koridora koji bi omogućavali nesmetanu komunikaciju populacija sisara između (budućih) novonastalih fragmenata staništa
- Održavanje buke na što nižem nivou kako bi se izbeglo uznemiravanje životinja, izazivanje stresa i interferencije u komunikaciji i narušavanje odnosa između predatora i plena. Na istraživanom području su prisutne i vrste slepih miševa koje se ne oslanjaju isključivo na eholakciju u lovu i za koje se pokazalo da ne mogu uspešno da love u glasnom okruženju
- LED svetla i natrijumove sijalice visokog pritiska smanjuju aktivnost vrsta *Myotis* i *Rhinolophus* (izbegavaju LED svetla čak i pod smanjenim intenzitetom). Vrste ova dva roda predstavljaju 50% ukupno očekivanih vrsta slepih miševa na istraživanom području i potrebno je izbegavati ovu vrstu osvetljenja na datim područjima.
- Odlaganje negrađevinskog i komunalnog otpada u odgovarajuće kontejnere i redovno odnošenje na lokalnu deponiju kako bi se smanjilo širenje ovakvog otpada po okolnim staništima i umanjila mogućnost da pojedine životinjske vrste, poput šakala, pasa litalica i brojnih ptica budu privučene organskim otpadom kao izvorom hrane.
- Na mestima gde se vrše istražna bušenja, može doći do izbijanja podzemnih voda ili pak nakupljanja atmosferskih padavina (ukoliko je prisutna vodonepropusna podloga), pri čemu ova voda usled zagađujućih supstanci nije adekvatna za piće pa je potrebno obezbediti ova područja kako ih životinje ne bi koristile kao pojila. Gde god je to moguće ove bušotine bi trebalo zatvoriti kako sitni sisari ne bi stradali, upadajući u njih kao u klopke
- Edukaciju radnika za prepoznavanje zaštićenih i strogo zaštićenih vrsta sisara
- Ukoliko se na lokaciji primete zaštićene ili strogo zaštićene vrste sisara potrebno ih je na adekvatan (za ljude i za životinje) bezbedan način udaljiti sa lokacije. Na taj način će se smanjiti mortalitet životinja usled gaženja mehanizacijom. Ubijanje životinja se izričito zabranjuje.
- Podizanje ograde oko postrojenja kako bi se smanjila mogućnost ulaska životinja u krug postrojenja.
- Nivo dodatne buke koja ne nastaje normalnim radom postrojenja bi trebalo držati na što nižem nivou kako bi se izbeglo uznemiravanje životinja u neposrednoj okolini.
- Na stepen zagađenja životne sredine, uznemiravanje životinja usled prisustva ljudi i mehanizacije, zvučnog i svetlosnog zagađivanja, kao i mortalitet životinja usled nemogućnosti izbegavanja mehanizacije i ljudi se u manjoj meri može uticati.
- Uništavanje staništa na samoj lokaciji i degradacija staništa u neposrednoj blizini su ireverzibilni. Strogo zaštićene i zaštićene vrste koje su teritorijalne i čije teritorije ne zahvataju velike površine - poput dabrova i vidri treba izmestiti (translocirati) na mesta koja neće biti pogođena uništavanjem vodotokova. Mere revitalizacije i rekultivacije mogu u izvesnoj meri ublažiti ove efekte.

- Uništavanje staništa dendrofilnih vrsta slepih miševa treba nadomestiti postavljanjem veštačkih skloništa-kućica na mlađa stabla (koja će biti zasađena kao kompenzacija) u blizini a u kojim nema šupljina kao na starim stablima koja će biti posečena.
- Za povezivanje fragmentisanih staništa obezbediti planiranje ekoloških koridora koji će omogućiti konektivnost između jedinki populacija.
- Obezbediti (izgraditi) propuste za prolaz životinja, kako bi se izbeglo njihovo stradanje u akcidentima.
- Maksimalno moguće smanjiti količinu buke, postavljanjem zaštitnih barijera i sadnjom vegetacionih pojaseva duž puteva.
- Prečistiti vodu pre ispuštanja u vodotokove kako bi se sačuvala vrste zavisne o ovom specifičnom staništu.
- Obezbediti kontejnere i kante za odlaganje organskog otpada koje su dizajnirane da onemoguće pristup životinjama sadržaju koji se u njih odlaže.
- Dopuna istraživanja - Posebna pažnja budućih istraživanja morala bi da ima fokus na lokalitete koji do sada nisu istraživani, i na vrste koje do sada nisu registrovane.
- Svi vidovi aktivne zaštite od fizičkog sprečavanja uništavanja predeonih celina i prirodnih retkosti do provođenja mera izmeštanja ugroženih populacija ili formiranja novih biotopa za premeštanje ugroženih populacija.
- Predlog sprovođenja monitoringa ključnih vrsta za vodene ekosisteme - vidre i dabra. Potrebno je na godišnjem nivou pratiti promene u prisustvu i brojnosti ovih vrsta i na taj način indirektno registrovati zagađenje životne sredine
- Praćenje biomarkera i sprovođenje histopatoloških analiza kako bi se utvrdio stepen izloženosti organizma zagađujućim supstancama u životnoj sredini. Za ovu vrstu studija i monitoringa je najbolje koristiti sitne sisare kao model organizme. Pre otpočinjanja naredne faze realizacije projekta je potrebno utvrditi početno stanje populacije sitnih sisara. Na ovaj način biće omogućeno praćenje povećanja zagađenosti životne sredine koje će biti na maksimumu kad rudnik bude radio u punom kapacitetu.
- Sa navedenim aktivnostima se mora započeti pre otvaranja rudnika, ili bilo kakvih pripremnih radnji na eksploataciji rude, kako bi se utvrdilo početno (nulto) stanje pre načinjenih narušavanja životne sredine i ekosistema.

#### **10.1.4. Akvatični beskičmenjaci**

Predlozi mera za smanjenje i ublažavanje eventualnih posledica negativnih uticaja dela projekta Jadar, koji se odnosi na podzemni rudnik, na životnu sredinu akvatičnih beskičmenjaka:

- Voda koja se ispušta nakon prerade rude mora biti boljeg ili istog kvaliteta od vode u koju se upušta.
- Sve, potencijalne, otpadne vode moraju biti prečišćene, kako one iz hemijskog postrojenja tako i one sa jalovišta, kroz izgradnju postrojenja za prečišćavanje vode.
- Sve vode koje su imale kontakt sa otpadom na odlagalištu (vode nakon atmosferskih padavina, ocedne/procedne vode) treba bezbedno uskladištiti, a posle odvesti do postrojenja, radi ponovne upotrebe za obradu rude, ili "kontaktne" vode preraditi u postrojenju za prečišćavanje vode.
- Očuvati postojeći vodni režim površinskih voda (količina vode, brzina i proticaj) kroz racionalno "uzimanje" vode iz vodotokova i bez "naglog" ispuštanja velikih količina vode u recipijent.
- Izvršiti regulaciju toke reke Jadar i svih njenih pritoka radi zaštite od poplava, kako ne bi došlo do smanjenja diverziteta vodenih beskičmenjaka usled efekta drifta.
- Sprečiti emisiju zagađujućih materija iz tačkastih izvora u vodotokove stalnim monitoringom koncentraciji teških metala u svim vodnim telima.

- Kvalitet vode u svim vodotocima slivnog područja Jadra mora zadovoljiti standarde. Koncentracije svih fizičkih i hemijskih parametara ne smeju preći propisane gornje granice a maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) zagađujućih materija granične vrednosti propisane kroz Uredbu o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“, br 50/12); Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog sastava površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda („Sl. glasnik RS“, br. 74/11); i Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja („Sl. glasnik RS“, br. 23/94).
- Redovni monitoring vodenih ekosistema na ugroženim delovima sliva Jadar na određenim lokalitetima pre i za vreme izvođenja radova.

### 10.1.5. Tvrdožilci

Predlozi mera za smanjenje i ublažavanje posledica negativnih uticaja na životnu sredinu:

- Izvršiti dodatno evidentiranje i procenu stanja biodiverziteta tvrdokrilaca na području obuhvaćenom planom realizacije projekta eksploatacije i prerade minerala jadarita "Jadar". Najpovoljniji period za istraživanja procene biodiverziteta tvrdokrilaca bio period od početka aprila do sredine juna.
- Nakon evidentiranja biodiverziteta, trebalo bi izvršiti monitoring zaštićenih i strogo zaštićenih vrsta tvrdokrilaca.
- Za realnu procenu uticaja radova na stanje populacija ugroženih tvrdokrilaca, neophodno je da monitoring bude vršen na istovetan i sistematičan način i to u kontinuitetu, u periodu pre početka radova, za vreme izvođenja radova, kao i nakon završetka radova.

### 10.1.6. Ribe

Predlozi mera za smanjenje i ublažavanje posledica negativnih uticaja na životnu sredinu:

- Smanjenje uticaja zagađenja na populacije riba, u slučaju ispuštanja otpadnih voda u reku Jadar, može se ublažiti samo konzervativnijim pristupom količini polutanata u otpadnim vodama.
- Dosadašnja istraživanja su ukazala da koncentracije litijuma, borona, borne kiseline i gvožđa, u pojedinim, okolnim vodotocima, moraju da imaju niže vrednosti od identifikovanih. To se pogotovo odnosi na boratnu kiselinu, čija vrednost (3.450 mg/L) značajno prevazilazi letalne vrednosti (LC50) za neke vrste riba (22-155 mg/L).
- Pošto maksimalne dozvoljene vrednosti nekih elemenata nisu regulisane zakonskim aktima Republike Srbije, ostaje da se vidi koje će vrednosti biti propisane u ovom slučaju. Primena propisa o maksimalnim dozvoljenim koncentracijama čestica/materijama u vodi se mora sprovoditi na osnovu zakonodavstva Republike Srbije, a tamo gde ti propisi nisu jasno definisani treba primenjivati konzervativniji pristup/vrednosti.
- Redovna kontrola instalacija za transport i ispuštanje tehničke otpadne vode. Redovna kontrola i praćenje/merenje zagađenja sa jalovišta i njegovih ocednih voda. Usvajanje svih preporuka Evropske komisije u vezi sa Direktivom o upravljanju otpada iz ekstraktivne industrija.
- Usvajanje svih dostupnih tehnika/metoda za smanjenje otpada pri iskopavanju ruda, kao što su tehnike smanjenja otpadnog materijala kod rude tokom iskopavanja i tehnika odvajanja otpadnih stena od jalovine.
- Smanjenje uticaja spiranja/erozije okolnog zemljišta, a time i povećanja rastvorenih čestica u vodi, može se umanjiti pošumljavanjem erozijom ugroženih područja i slivova, zasnivanje površina i zaštitnih pojaseva pod trajnom vegetacijom, zaštitom i unapređenjem vegetacije obala.

- Kada je u pitanju izgradnja železničke infrastrukture i njen uticaj na vodotokove (Jadar, Korenita), prevladava, prema ovim kratkotrajnim istraživanjima, mišljenje da se smanjenje njenog uticaja može postići eventulanim odustajanjem od železničkog transporta i prelaskom na (isključivo) transport kamionima, što nije u skladu sa trenutnim projektnim varijantama i o čemu treba uraditi detaljnije analize.
- Prevencija incidentnih događaja (kolaps brana i sl.) se može postići poštovanjem i primenom svih planiranih mera.
- Najznačajnije mere kojima se ublažava uticaj ugrožavajućih faktora predstavljaju mere prevencije i monitoringa, kao i korišćenje konzervativnih vrednosti za maksimalno dozvoljene koncentracije elemenata u vodi, veće učešće drumskog saobraćaja (kamiona), pošumljavanje zona pod uticajem erozije, unapređenje vegetacije obalskih zona, obezbeđivanje biološkog minimuma, i izgradnju prihvatnih centara i/ili reprocentra za ugrožene vrste.

### 10.1.7. Vodozemci

Mere koje se predlažu za revitalizaciju staništa vodozemaca koja će biti u zoni radova se mogu sažeti u nekoliko tačaka:

- obnavljanje narušenih odnosno uništenih staništa, naročito onih koja predstavljaju centre diverziteta. Ovakav pristup naročito je značajan u područjima gde je znatno narušen autohtoni sklop prirodnih uslova kao što se očekuje na ovom području. Revitalizacija mora da bude izvedena na osnovu prethodnih detaljnih i multidisciplinarnih istraživanja. Značajan broj vlažnih staništa je u opasnosti da bude nepovratno izgubljen, a nekima od njih će biti promenjena namena i neće predstavljati više adekvatan okvir života za autohtone populacije;
- zaštita kopnenih zona s prirodnom vegetacijom oko centara reprodukcije vodozemaca, a radi omogućavanja neophodnog protoka genetičkog materijala između lokalnih populacija;
- smanjenje ili sprečavanje emisija hemijskih polutanata na staništima vodozemaca.

U slučaju ireverzibilnih promena koje se očekuju na pojedinim lokalitetima neophodno je sprovođenje mera kojima se kompenzuje nestanak staništa.

Jedina mera koja može sprečiti devastirajući efekat na vodozemce je striktno sprečavanje kontakta zagađujućih materija i staništa vodozemaca. Ovo se odnosi na kontaminaciju tečnim, čvrstim i gasovitim polutantima.

Osnovni zahtev za sprovođenje mera usmeren je ka održanju kvaliteta vodenih resursa koji će biti u kontaktu sa ovim aktivnostima na nivou koji je konstatovan u dokumentima i čija je primena odnosno obavezujuća priroda istaknuta u zakonskoj regulativi Republike Srbije kao i međunarodnih propisa koje smo usvojili (EU 2000; Sl. glasnik RS 2017; Ministarstvo zaštite životne sredine 2016, 2018, 2019).

### 10.1.8. Gmizavci

U okviru ove tačke dat je predlog konkretnih mera za smanjenje i ublažavanje uticaja na populacije gmizavaca po lokalitetima od posebnog interesa za Studiju izvodljivosti.

#### **Jadar - zona podzemnih i nadzemnih radova, postrojenje za preradu rude**

- Pre izgradnje objekata ili infrastrukture potrebno je ograditi prostor tako da gmizavci mogu izaći ali ne i ući u ograđeni prostor (ograde pod nagibom), staviti panele (veštačka skrovišta) ili klopke za gmizavce kako bi se utvrdila brojnost jedinki.
- Ukoliko se ukaže potreba, jedinke treba uhvatiti i izmestiti izvan planiranog područja za izgradnju.
- Izgradnja treba ići u jednom smeru (preporučeno ka prirodnim staništima), kako bi jedinke mogle polako da se povlače i same traže odgovarajuća alternativna staništa. Izgradnju je najbolje sprovesti

ili započeti tokom neaktivnog perioda za gimzavce (vreme hibernacije – od oktobra do marta), čak i tada se može desiti da se nenamerno ubiju jedinke u hibernakulumima (zbog toga je potrebno celosezonsko praćenje gmizavaca na ovom području).

#### **Reka Jadar**

- Vodni režim treba da se kontroliše koliko je to moguće (s obzirom da je poznato da može imati bujični karakter i da može plaviti okolno područje), na više tačaka potrebno je kontrolisanje kvaliteta vode i prisustvo vodenih organizama (bioindikatorske vrste).
- Ukoliko dođe do eventualne pojave štetnih materija, u koncentracijama koje prevazilaze propisane – normirane vrednosti, to bi moglo biti uzrok trovanja vodenih vrsta zmija, belouške (*Natrix natrix*) i ribarice (*Natrix tessellata*), barske kornjače (*Emys orbicularis*) ili njihovog plena čime bi njihove populacije bile značajno ugrožene

## **10.2. Uticaj projekta na društvenu zajednicu**

Koncepcija projekta eksploatacije i prerade minerala jadarita „Jadar”, pored postojećih principa održivog razvoja, treba da bude bazirana i na Principu očuvanja diverziteta predela koji se zasniva na očuvanju i jačanju osnovnog regionalnog i lokalnog karaktera predela. Zbog toga je koncepcija razvoja planskog područja, imajući u vidu buduću rudarsku proizvodnju, definisana uz poštovanje sledećih posebnih principa, i to:

- smanjenje negativnih i stimulisanje pozitivnih uticaja novog razvoja na karakter i diverzitet predela u prostorima sa razvojnim prioritetom eksploatacije rude;
- sanacija i kreiranje novih vrednosti u prostorima u kojima je vrednost predela u potpunosti degradirana pa je moguća restauracija ili kreiranje novih vrednosti;
- očuvanje i unapređenje karakteristične strukture i slike ruralnih predela kroz:
  - a. očuvanje karakterističnog predeonog obrasca zasnovanog na korišćenju zemljišta, odnosu izgrađenog i otvorenog prostora i karakteru izgrađivanja: podsticanje tradicionalnih oblika korišćenja zemljišta, regulacija građenja i uređenja prostora u skladu sa karakterom predela i tradicijom građenja; stimulisanje korišćenja postojećeg građevinskog fonda, usklađivanje izgradnje infrastrukturnih koridora i objekata sa karakterom i kapacitetom predela;
  - b. uređenje karakterističnih kulturnih i prirodnih elemenata u strukturi i slici predela (morfologija terena, vodotokovi, šume, živice, zasadi, naselja, objekti...) i kreiranje novih prostornih „repera”;
- prilagođavanje evropskim standardima kojima se prate rezultati prostornog razvoja u domenu: fragmentacija predela, veličina predeonih elemenata i njihov oblik, diverzitet i heterogenost predela, tipovi ivica predeonih elemenata, zastupljenost linearnih predeonih elemenata i procene vizuelnog uticaja.

S obzirom da se navedeni Prostorni plan direktno sprovodi, izdavanjem lokacijskih uslova na osnovu planskih rešenja i pravila u obuhvatu kompleksa posebne namene i zone planiranih saobraćajnih i infrastrukturnih sistema u funkciji posebne namene, u postupku izrade projektne dokumentacije za izgradnju objekata, planira se izrada studije o vizuelnoj proceni karaktera predela za tipove karaktera predela u kojima se oni nalaze. Ova studija treba da posluži kao osnova za utvrđivanje mere zaštite i očuvanja elemenata karaktera predela, kao i zaštite osetljivih vizura u fazi izgradnje i funkcionisanja rudnika.

U tabeli 10.2.1 dat je sumarni prikaz mera za sprečavanje, smanjenje ili otklanjanje potencijalnih uticaja projekta na društvenu zajednicu.

**Tabela 10.2.1** Mere za sprečavanje, smanjenje ili otklanjanje potencijalnih uticaja projekta na društvenu zajednicu

Potencijalni uticaj	Mere po fazama projekta			
	Projektovanje	Izgradnja	Rad	Zatvaranje
Mreža naselja i demografski trendovi	<p>Plansko usmeravanje i podsticanje napretka funkcija u centrima sa iniciranim procesima urbanizacije ili u mikrorazvojnim centrima;</p> <p>U cilju zadržavanja stanovništva u perifernim ruralnim naseljima, prioritet je razvoj infrastrukturnih sistema i lokalne putne mreže, unapređenje saobraćajne povezanosti i otvaranje proizvodnih (prerađivačkih) pogona, posebno uz magistralne saobraćajnice;</p> <p>Jačanje kohezije uloge naselja koja se oslanjaju na državne puteve I i II reda, a koja prema projekcijama stanovništva imaju i demografski potencijal;</p> <p>Razvoj dnevnih migracija na relacijama: primarna naselja – mikrorazvojni centri planskog područja.</p>			
Očekivanja zajednice	<p>Sprovesti plan uključivanja zainteresovanih strana i održavanje redovnih kontakata sa članovima zajednice.</p> <p>Napraviti sistem za žalbe.</p> <p>Uspostaviti i redovno ažurirati program razvoja zajednice.</p> <p>Informisati lokalne stanovnike o mogućnostima za zapošljavanje i održati transparentnost u pogledu broja pozicija dostupnih lokalnim kandidatima.</p>			
Bezbednost zajednice	<p>Sprovesti plan upravljanja saobraćajem (koji obuhvata, na primer, određivanje putnih pravaca, raspoređivanje kretanja kako bi se izbeglo osetljivo doba dana, npr. početak i kraj školskog dana, ograničenje brzine u blizini osetljivih lokacija, npr. određenih kuća)</p> <p>Zahtevati da vozači projekta budu licencirani i obučeni i da zadovolje standarde kako bi bili spremni za obavljanje dužnosti. Sprovesti redovnu inspekciju održavanja vozila. Napraviti pešačke prelaze tamo gde je to potrebno.</p> <p>Uključiti se u javnost u vezi sa vremenskim rasporedom i trajanjem promena saobraćajnih tokova i pratećih rizika. Dozvoliti stanovnicima da daju svoje predloge u pogledu mera upravljanja tako da budu lokalno prihvatljivi.</p> <p>Izabrati , pažljivo ispitati i obučiti osoblje obezbeđenja u skladu sa planom upravljanja bezbednošću.</p>			
Korišćenje zemljišta	<p>Očuvanje ekonomskih i ekosistemskih funkcija zemljišta sprovođenjem tehničkih i bioloških radova i mera zaštite;</p> <p>Uspostavljanje sistema upravljanja industrijskim otpadom u skladu sa domaćim zakonodavstvom i direktivama EU;</p> <p>Selektivni izbor poljoprivrednih kultura koje se mogu uspešno gajiti u postojećim ekološkim uslovima; Primena kontrolisanog integralnog prihranjivanja i zaštite bilja;</p> <p>Ograničavanje na najmanju moguću meru korišćenja i fragmentacije kvalitetnog poljoprivrednog zemljišta za nepoljoprivredne namene, u prvom redu zaštitom od trajnog gubitka izgradnjom proizvodnih objekata i infrastrukture;</p> <p>Primena konzervacionih metoda obrade erodibilnih zemljišta, uključujući plodored, uvođenje zaštitnih/pokrovnih useva u plodored, redukovano oranje, malčiranje, ugarovanje, zatravljivanje marginalnih oranica, očuvanje livada i pašnjaka, nakon zatvaranja rudnika;</p> <p>Preduzimanje mera za smanjenje rizika od zagađivanja zemljišta pri skladištenju, prevozu i pretakanju naftnih derivata i opasnih hemikalija;</p> <p>Priprema preventivnih i operativnih mera zaštite, reagovanja i postupaka sanacije zemljišta u slučaju havarijskog izlivanja opasnih materija u okolinu;</p> <p>Sprečavanje degradacije i zaštita zemljišta od zagađivanja prašinom, procednim i otpadnim vodama;</p> <p>Materijal nastao otkopavanjem i deponovanjem površinskog sloja zemljišta (humusa) naknadno koristiti u svrhe rekultivacije narušenih površina po zatvaranju rudnika.</p>			
Kulturno nasleđe	<p>Razmotriti alternative za izbor lokacije, u skladu sa odredbama prostornog planiranja (strateške procene uticaja i prostornog plana područja posebne namene).</p> <p>Implementirati uslove Zavoda za zaštitu spomenika kulture.</p> <p>Smanjiti uticaj saobraćaja.</p>	<p>Pridržavati se uslova Zavoda za zaštitu spomenika kulture.</p> <p>Napraviti plan premeštanja ako se naiđe na grobove.</p> <p>Ako se u toku izvođenja radova naiđe na arheološke u istorijske arheološke predmete, odnosno predmete iz prošlosti, moraju da se prekinu radovi, da se obavesti nadležan organ i da se preduzmu mere da se nalaz ne uništi i da se sačuva na mestu i u položaju u kome je otkriven.</p> <p>U slučaju da izvođenje rudarskih radova vrši na površini na kojoj se nalazi arheološki ili istorijski lokalitet čije postojanje do sada nije registrovano, moraju da se obezbede sredstva za dalja arheološka istraživanja, zaštitu, čuvanje, publikovanje i prezentaciju istog.</p>		
Uticaj na pejzaž i vizuelni izgled	<p>Projektovati objekte tako da se što više umanje vizuelni uticaji , isplanirati sadnju vegetacije.</p>	<p>Održavati uređenje zemljišta i vegetaciju.</p>		



Infrastrukturni sistemi	<p>Usmeravanje razvoja saobraćajne infrastrukture i stimulacija ponude prevoznih usluga;</p> <p>Revitalizacija, modernizacija i dogradnja postojeće mreže državnih puteva I i II reda, opštinskih puteva i ulica,;</p> <p>Koncipiranje javnog putničkog prevoza tako da se zadovolje prevozne potrebe stanovništva i omogući bolja povezanost ponude u prevozu druskim, odnosno železničkim prevoznim sredstvima;</p> <p>Izgradnja novih putnih pravaca;</p> <p>Izgradnja novih saobraćajnih veza;</p> <p>Rekonstrukcija i rehabilitacija opštinskih puteva;</p> <p>Rekonstrukcija postojeće železničke infrastrukture i izgradnja nove;</p> <p>Uređenje i unapređenje saobraćajne pristupačnosti u saobraćajnom i infrastrukturnom pogledu;</p> <p>Integrisanost železničkog saobraćaja sa okruženjem i ostalim vidovima saobraćaja uz upravljanje prevozom i transportom;</p> <p>Efikasnost i bezbednost železničkog saobraćaja;</p> <p>Podizanje kvaliteta dostupnosti planskog područja i njegove povezanosti sa okruženjem;</p> <p>Povećanje udela železničkog saobraćaja u ukupnom saobraćaju modernizacijom železničkih pruga i prateće opreme;</p> <p>Izgradnja vodnih rezervoara na planiranim lokacijama;</p> <p>Zaštita svih vodoizvorišta, formiranje sanitarnih zaštitnih zona, kao i poštovanje režima zaštite izvorišta podzemnih i površinskih voda u svim izvorištima postojećeg komunalnog i seoskih vodovoda;</p> <p>Zaštita linijskih koridora primarnih cevovoda i lokacija rezervoara i crpnih stanica;</p> <p>Rekonstrukcija i modernizacija mreže i objekata, u cilju smanjenja gubitaka ispod 20%;</p> <p>Očuvanje lokalnih izvorišta, čak i onih manjeg kapaciteta;</p> <p>Izgradnja novih crpnih stanica i rezervoara u sistemu.</p> <p>Povećanje energetske efikasnosti kod prenosa, distribucije i potrošnje električne energije;</p> <p>Održavanje i poboljšanje kvaliteta rada i pouzdanosti postojeće elektroprenosne i distributivne mreže;</p> <p>Zaštitu koridora postojeće i planirane elektroenergetske infrastrukture;</p> <p>Obezbeđenje pristupačnosti energenata, pre svega gasa, kao ekološki i ekonomski najprihvatljivijeg;</p> <p>Unapređenje telefonske mreže (povećavanjem gustine broja priključaka po stanovniku, obima i kvaliteta usluga i digitalizacijom mreže);</p> <p>Veća pokrivenost oblasti u okviru obuhvata telekomunikacionom mrežom, u svim vidovima (podaci, govor, internet itd);</p> <p>Bolja pokrivenost signalom mobilne telefonije.</p>
-------------------------	---

## Literatura i korišćena dokumentacija

1. Agencija za zaštitu životne sredine, 2015: Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2014. godinu, <http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj2014.pdf>
2. AMC Consultants Pty Ltd, Shaft Area Capital Infrastructure Development, Report, Borax Europe Ltd., Jadar Project, May 2020.
3. Amphibian and Reptile Survey Visit, 2017.
4. Aquatic survey reports, 2016 and aquatic survey data in 2018.
5. Atlas Copco (Epiroc). Various. Handbooks and publications for Underground Mine Equipment, Face Drilling, Production Drilling and 'Mining Methods in Underground Mining'.
6. Bat Survey Visits, 2017., 2018.
7. BBE Consulting, Rio Tinto Pre-feasibility study update, Ventilation Design Criteria (VDC) document (BBEAUS-J19040-ENG-VDC-001), 7 January 2020
8. BBE Consulting, Rio Tinto Jadar Mine Panel Ventilation Strategy, November 2019, (BBEAUS J19040 ENG PPT 001)
9. BBE Consulting, Rio Tinto Jadar Pre-feasibility study update interim report - Ventilation Strategy, April 2019
10. BBE Consulting, Rio Tinto Pre-feasibility study update, Ventilation report, 18 March 2020 (BBEAUS-J19040-ENG-REP-001 Rev. 1)
11. B. H. Kim, M. Cai, P. K. Kaiser, and H. S. Yang, Estimation of Block Sizes for Rock Masses with Non-persistent Joints, 2007
12. Biodiversity layers and sensitive maps for WP, valley TSF site, TSF pipeline, railway and Cake 1, 2016.
13. Bird Vantage Point Survey Visits, 2017, 2018.
14. Brune, J (ed). 2010. 'Extracting the Science – A Century of Mining Research', SME.
15. Cultural heritage and history of Brezjak and G. Nedeljice villages (in Serbian), 2018.
16. De la Vergne, J. 2000. 'Hard Rock Miners Handbook', Stantec Consulting.
17. Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Mine Ventilation Design and Cooling Study Regulatory Review Report, Faculty of Mining and Geology, October 2018
18. Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Review of Air Velocity Limits in Mine Workings Regarding Serbian Legislation, Draft report, Faculty of Mining and Geology, August 2019
19. Geotechnical monitoring - Runjani core examination report, 2016.
20. Geotechnical monitoring - Test Pits on Nedeljice Location Report, 2016.
21. Ground water and surface water quality and quantity monitoring on Jadar and Korenita license areas, Dec 2017, March 2018, June 2018, September 2018.
22. Household survey results, Key Informant Interviews and Focus Group Discussion minutes (Jadar ESIA Phase 2, Socioeconomic baseline - Fieldwork, Household free text summary, Jadar ESIA Phase 2: Household Survey), 2017.
23. Hydrological Study (Srb and Eng), 2018.
24. Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, Prostorni plan područja posebne namene za realizaciju projekta eksploatacije i prerade minerala jadarita „Jadar“, 2020



25. Institut za vodu privredu „Jaroslav Černi“, Druga novelacija hidrotehničke studije – zaštita od poplava i plavne zone u dolini reke Jadar Beograd, Oktobar 2019. godine
26. Institut za vodu privredu „Jaroslav Černi“, Hidrotehnička studija – Sintezni izveštaj Projekat Jadar, Beograd, 2019. godine
27. Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije (2019): Prostorni plan područja posebne namene za realizaciju projekta eksploatacije i prerade minerala jadarita “Jadar”, nacrt prostronog plana
28. Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije (2019): Prostorni plan područja posebne namene za realizaciju projekta eksploatacije i prerade minerala jadarita „Jadar“, Izveštaj o strateškoj proceni uticaja prostornog plana na životnu sredinu, Beograd.
29. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, 2015.: Ekspertiza poplavnog događaja iz 2014. godine sa koncepcijom tehničkog rešenja hitnih radova na zaštiti od velikih voda Jadra i Korenite.
30. Invertebrate Survey Visit and Jadar - Aquatic Biodiversity - Benthic Invertebrates and Diatoms\_SC JM\_FINAL, 2017., 2018.
31. ITASCA, Jadar Pre-Feasibility Study, Interim Mine Scale Model, 30 November 2019,
32. ITASCA, Jadar Interim Surface Subsidence Assessment, 30 October 2019,
33. ITASCA, Jadar Pre-Feasibility Study Numerical Assessment of Panel and Pillar Layouts for SLOS and Cut and Fill, 29 May 2019, 19021
34. ITASCA, Jadar Pre-Feasibility Study, Panel and Pillar Block Layout Sensitivities, 30 November 2019,
35. ITASCA, Jadar Pre-Feasibility Study, Tunnel Interaction and RMS Sensitivity, 30 November 2019,
36. ITASCA, SRM Modelling for Jadar using 3DEC Preliminary Analysis Results, 11 October 2019,
37. ITASCA, SRM Modelling for Jadar using 3DEC, Methodology and Results, 26 January 2020,
38. IWRM studija i plan (2016): Podrška upravljanju vodnim resursima u slivu reke Drine, JV COWI-Stucky-JCI tim, Svetska banka.
39. Izveštaj o ispitivanju br. 760101302 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd novembar 2016. godine
40. Izveštaj o ispitivanju br. 76080801 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd oktobar 2016. godine
41. Izveštaj o ispitivanju br. 76080801-2 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd novembar 2016. godine
42. Izveštaj o ispitivanju br. 76111605 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd januar 2017. godine
43. Izveštaj o ispitivanju br. 76121901 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd mart 2017. godine
44. Izveštaj o ispitivanju br. 77013001 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd april 2017. godine
45. Izveštaj o ispitivanju br. 77030802 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd maj 2017. godine
46. Izveštaj o ispitivanju br. 77040501 Anahem laboratorija, Envico doo, Beograd maj 2016. godine
47. Izveštaj o ispitivanju Nivoa buke u životnoj sredini na otvorenom prostoru, na granicama projekta „Jadar“, za potrebe modelovanja buke letnje merenje 2019, SGS, Beograd, septembar 2019. godine
48. Izveštaj o ispitivanju zemljišta br. 27022206, Anahem laboratorija, 2017a
49. Izveštaj o ispitivanju zemljišta br. 27022206-1, Anahem laboratorija, 2017b
50. Izveštaj o merenju buke na projektu Jadar II, izveštaj broj 57022002, 07.04.2017.godine, EVICO doo Beograd
51. Jack de la Vergne, Hard Rock Miner’s Handbook, Edition 5, Copyright © 2008 Stantec Consulting Ltd.
52. Jadar - Aquatic Biodiversity - Jadar River Catchment Electrofishing Survey, 2018.
53. Jadar ESIA Phase 2: Ecology memo, 2017.
54. Jadar Project Water Supply Study (JPWSS), 2018.
55. Jadar Project Water Supply Study (JPWSS), 2018.
56. Jadar REA report DRAFT 220517\_updated, 2017.
57. Jadar Socio-Economic and Community Baseline Draft Report, 2018.
58. Kabata-Pendias, A. 2011: Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton
59. Kaiser, Bewick, Amman, Pierce, Best practice in rock mass characterizaton for brittle rock masses (v2), 2015
60. Karta prirodne potencijalne vegetacije SFR Jugoslavije 1: 1 000 000, 1983, Naučno veće vegetacijske karte Jugoslavije, Skoplje.
61. Kissell, F. N. 2003. ‘Handbook for Dust Control in Mining’, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

62. Kinnonmonth, RJ and Baafi, EY (eds), 2009, 'Australasian Coal Mining Practice Monograph 12', Third edition, AusIMM
63. Knežević, M., Đorđević, A., Košanin, O., Miletić, Z., Golubović, S., Pekeč, S., Životić, Lj., Nikolić, N., Čarković, N. 2011.: Usklađivanje nomenklature osnovne pedološke karte sa WRB klasifikacijom, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Beograd.
64. Lettis Consultants International, Inc., Final Report Site-Specific Seismic Hazard Analysis of The Jadar Tailings Impoundment Prefeasibility Works, 5 October 2017
65. Marović, I. Đoković, L. Pešić, S. Radovanović, M. Toljić and N. Gerzina, Neotectonics and seismicity of the southern margin of the Pannonian Basin in Serbia, M., March 2002
66. McPherson, MJ, 2009. Subsurface Ventilation Engineering, Published by Mine Ventilation Services, Inc., USA
67. MineGeoTech, Jadar intact rock testing results interpretation, Memorandum, MineGeoTech, 27 March 2020
68. MineGeoTech, Jadar PFS Geotechnical Monitoring Program, 17 April 2020
69. Pavičević, N. (1962): Tipovi zemljišta Jugoslavije, Zadržna knjiga, Beograd.
70. Paterson & Cooke UK (P&C), Backfill Test Report, April 2020
71. Paterson & Cooke UK (P&C), Backfill Test Report, (Phase 1 – 2019 Testing), April 2020
72. Petram, 2019.: SEVESO analysis - Safety Analysis of the Jadar Project from the aspects of chemical accident
73. Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalčnih i nemetalčnih mineralnih sirovina (Sl. glasniku SFRJ br. 24/91).
74. Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju uglja (Sl. glasniku SFRJ br. 4/89, 45/89, 3/90 and 54/90).
75. Pravilnik o tehničkim normativima za mašine sa dizel motorima koje se koriste pri podzemnim rudarskim radovima u nemetanskim jamama (Sl. glasniku SFRJ br. 66/78)
76. Pravilnik o tehničkim normativima pri prevozu ljudi i materijala oknima rudnika (Sl. glasniku SRJ br. 18/92)
77. Pravilnik o kriterijumima za izdvajanje tipova staništa, o tipovima staništa, osetljivim, ugroženim, retkim i za zaštitu prioritetnim tipovima staništa i o merama zaštite za njihovo očuvanje („Službeni glasnik RS“, broj 35/10).
78. Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva („Službeni glasnik RS“, br. 5/10, 47/11 i 32/16)
79. Pravilnikom o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda („Sl. glasnik RS“ br. 74/2011)
80. Pravilniku o metodama merenja buke, sadržini i obimu izveštaja o merenju buke („Službeni glasnik RS“, broj 72/10)
81. Pravilniku o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda („Sl. glasnik RS“ br. 74/2011).
82. Pravilnik o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini (Službeni glasnik R. Srbije br. 54/92);
83. Pravilnik o parametrima ekološkog i hemijskog statusa površinskih voda i parametrima hemijskog i kvantitativnog statusa podzemnih voda (Sl. glasnik RS, 74/2011);
84. Pravilnik o referentnim uslovima za tipove površinskih voda (Sl. glasnik RS, 67/2011 );
85. Pravilnik o metodologiji za procenu opasnosti od hemijskog udesa i od zagađivanja životne sredine, merama pripreme i merama za otklanjanje posledica (Službeni glasnik R. Srbije br. 60/94);
86. Prostański, D. 2013. 'Use of Air-and-Water Spraying Systems for Improving Dust Control in Mines', Journal of Sustainable Mining, 12 pp.29-34
87. Rapid Ecological Assessment (initial field investigation) in September 2016: site-specific field notes and photos for WP, valley site, TSF pipeline, rail way, Jadar River and Cake sites 1 and 12, September-16.
88. Republički zavod za statistiku, Starost i pol, podaci po naseljima, knjiga 2, Popis stanovništva, domaćinstva i stanova 2011. u Republici Srbiji, Beograd 2012. (<https://publikacije.stat.gov.rs/G2012/Pdf/G20124002.pdf>)
89. Republički zavod za statistiku, Nacionalna pripadnost, podaci po opštinama i gradovima, knjiga 1, Popis stanovništva, domaćinstva i stanova 2011. u Republici Srbiji, Beograd 2012. (<https://publikacije.stat.gov.rs/G2012/Pdf/G20124001.pdf>)

90. Republički zavod za statistiku, Uporedni pregled broja stanovnika 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002. i 2011. podaci po naseljima, knjiga 21, Popis stanovništva, domaćinstva i stanova 2011. u Republici Srbiji, Beograd 2014. (<https://publikacije.stat.gov.rs/G2014/Pdf/G20144008.pdf>)
91. Republički zavod za statistiku, Veroispovest, maternji jezik i nacionalna pripadnost, podaci po opštinama i gradovima, knjiga 4, Popis stanovništva, domaćinstva i stanova 2011. u Republici Srbiji, Beograd 2012. (<https://publikacije.stat.gov.rs/G2013/Pdf/G20134002.pdf>)
92. Rio Sava Exploration d.o.o., Elaborat o resursima i rezervama bora i litijuma u ležistu „Jadar“ kod Loznice (donji jadaritski horizont), Beograd, septembar 2020.
93. Rio Sava Exploration d.o.o., Jadar, Prefeasibility study report, Belgrade, April 2020.
94. Rio Tinto, Geotechnical Logging Guidelines, Technology & Innovation, 2007
95. SRK consulting, Update to Jadar Geotechnical Baseline Studies: Factual Report, SRK consulting, March 2020
96. SRK Consulting (UK) Limited, Jadar Underground Water Balance and Conceptual Dewatering Costing, Jadar Technical Review – MEMO, April, 2020
97. SRPS Z.BO.001/1:2007 Maksimalno dozvoljene koncentracije škodljivih gasova, para, i aerosola u atmosferi radnih prostora i radilišta – Izmena 3/2008
98. SRPS Z.BO.001:1991, Maksimalno dozvoljene koncentracije škodljivih gasova, para i aerosola u atmosferi radnih prostorija i radilišta
99. Srpskim standardima za ocenu izmerenih parametara buke u životnoj sredini (SRPS ISO 1996-1:2010 i 1996-2:2010)
100. Survey Report (and photos) - Jadar ESIA CH geophysics, artefact collection and coring, 2018.
101. Tomović, Lj., Ajtić, R., Ljubisavljević, K., Urošević, A., Jović, D., Krizmanić, I., Labus, N., Đorđević, S., Kalezić, M., Vukov, T., Džukić, G. (2014) Reptiles in Serbia- Distribution and diversity patterns, Bulletin of the Natural History Museum, 7: 129-158.
102. Uredba o ekološkoj mreži („Službeni glasnik RS“, broj 102/10)
103. Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“ br. 24/2014);
104. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje („Sl. glasnik RS“ br. 50/2012);
105. Uredba o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini“ (Sl. glasnik RS, br. 75/2010
106. Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl. Glasnik RS. br. 88/2010).
107. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima za kvalitet vazduha, (Sl. Glasnik RS, br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013
108. Uredba o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini (Sl. glasnik RS br. 75/10);
109. Uredba o graničnim vrednostima prioriternih i hazardnih supstanci koje zagađuju površinske vode i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. glasnik RS, 24/2014);
110. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje (Sl.glasnik RS, br.50/2012);
111. Uredbom o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vodi i rokovima za njihovo dostizanje (Sl. Glasnik RS 67/11, 48/12, 1/16);
112. Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh (Sl. Glasnik RS br. 71/10, 6/11 - ispravka)
113. Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Službeni glasnik RS“, broj 11/2010, 75/2010 i 63/2013);
114. Uredba o programu sistemskog praćenja kvaliteta zemljišta, indikatorima za ocenu rizika od degradacije zemljišta i metodologiji za izradu remedijacionih programa (Sl. glasnik RS, br.88/2010, 30/2018);
115. Vukov, T., Kalezić, M., Tomović, Lj., Krizmanić, I., Jović, D., Labus, D., Džukić, G. (2013): Amphibians in Serbia – Distribution and diversity patterns, Bulletin of the Natural History Museum, 6: 90-112.
116. Walkover report - 114980\_Jadar\_GEO\_Walkover\_combined\_V03\_CLQ, 2016.



117. *Walkover report - Cultural Heritage, Tailing Sites & Pipeline, 2016.*
118. *Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima (Sl. glasnik RS", br. 101/2015 i 95/2018).*
119. *Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US, 14/2016, 76/2018, 95/2018 - dr. zakon i 95/2018 - dr. zakon)*
120. *Zakon o vodama („Sl. glasnik RS“ br. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 i 95/2018 - dr. zakon);*
121. *Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine (Službeni glasnik R. Srbije br. 135/04);*
122. *Zakon o zaštiti vazduha (Sl. Glasnik RS 36/2009 i 10/2013);*
123. *Zakon o zaštiti prirode (Službeni glasnik R. Srbije br. 36/2009, 88/2010, 91/2010-ispravka, 14/2016 i 95/2018 - drugi zakon);*
124. *Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini (Službeni glasnik R. Srbije br. 36/09, 88/10);*



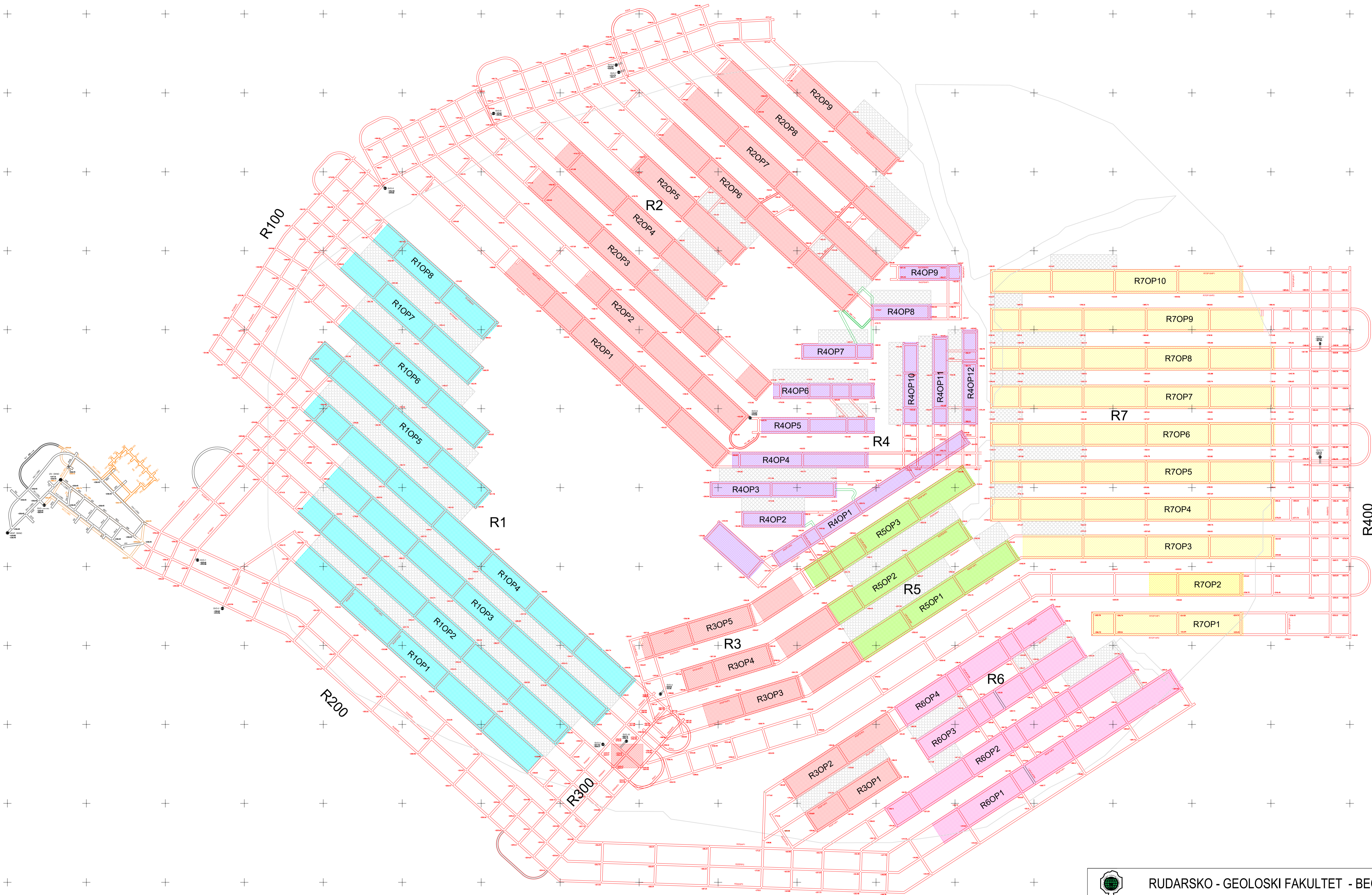
# **IZVOD**


## **STUDIJE IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE**

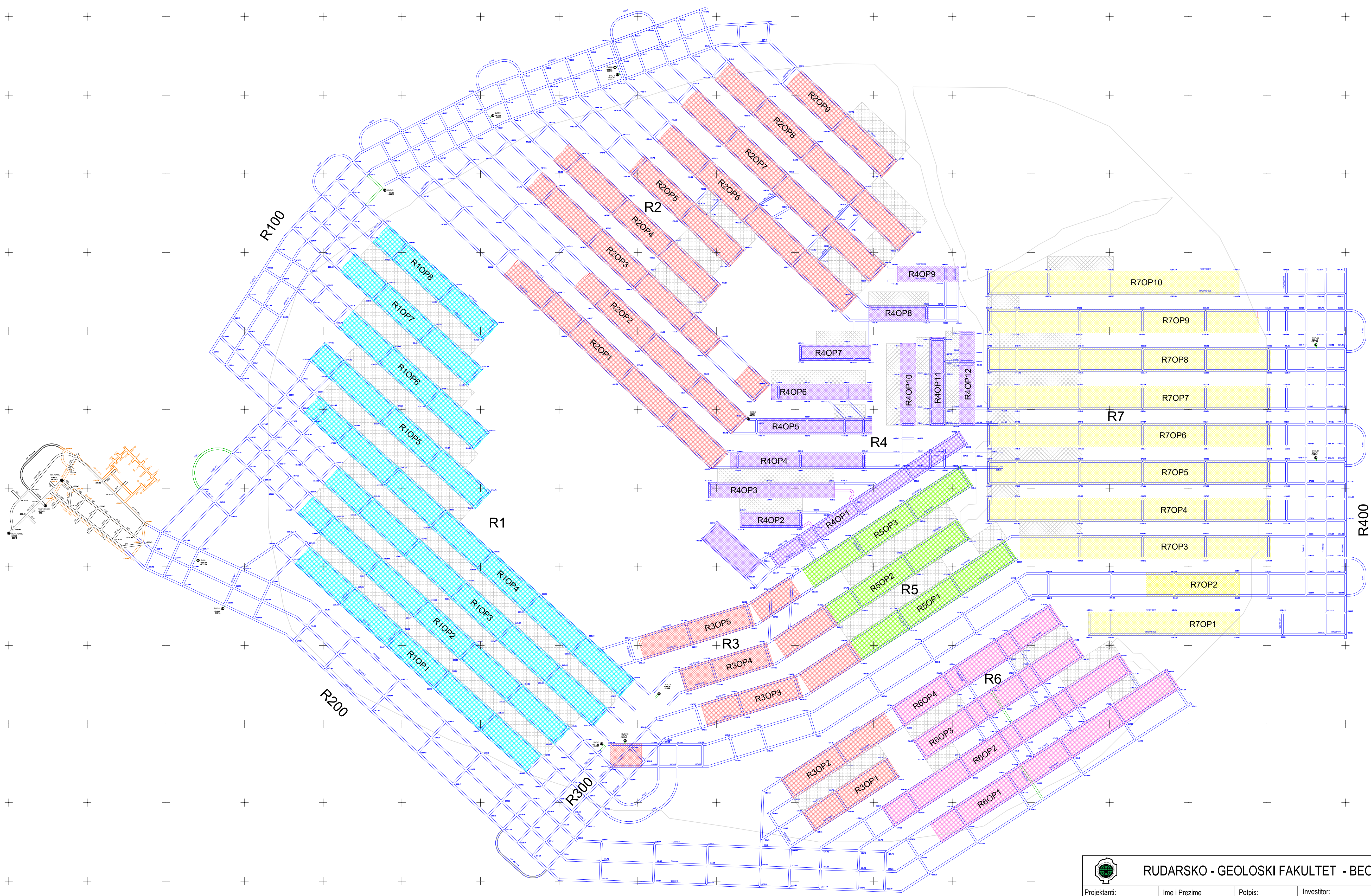
### **LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR**


■■■■■ Prilozi ■■■■■

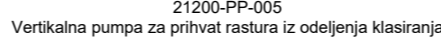




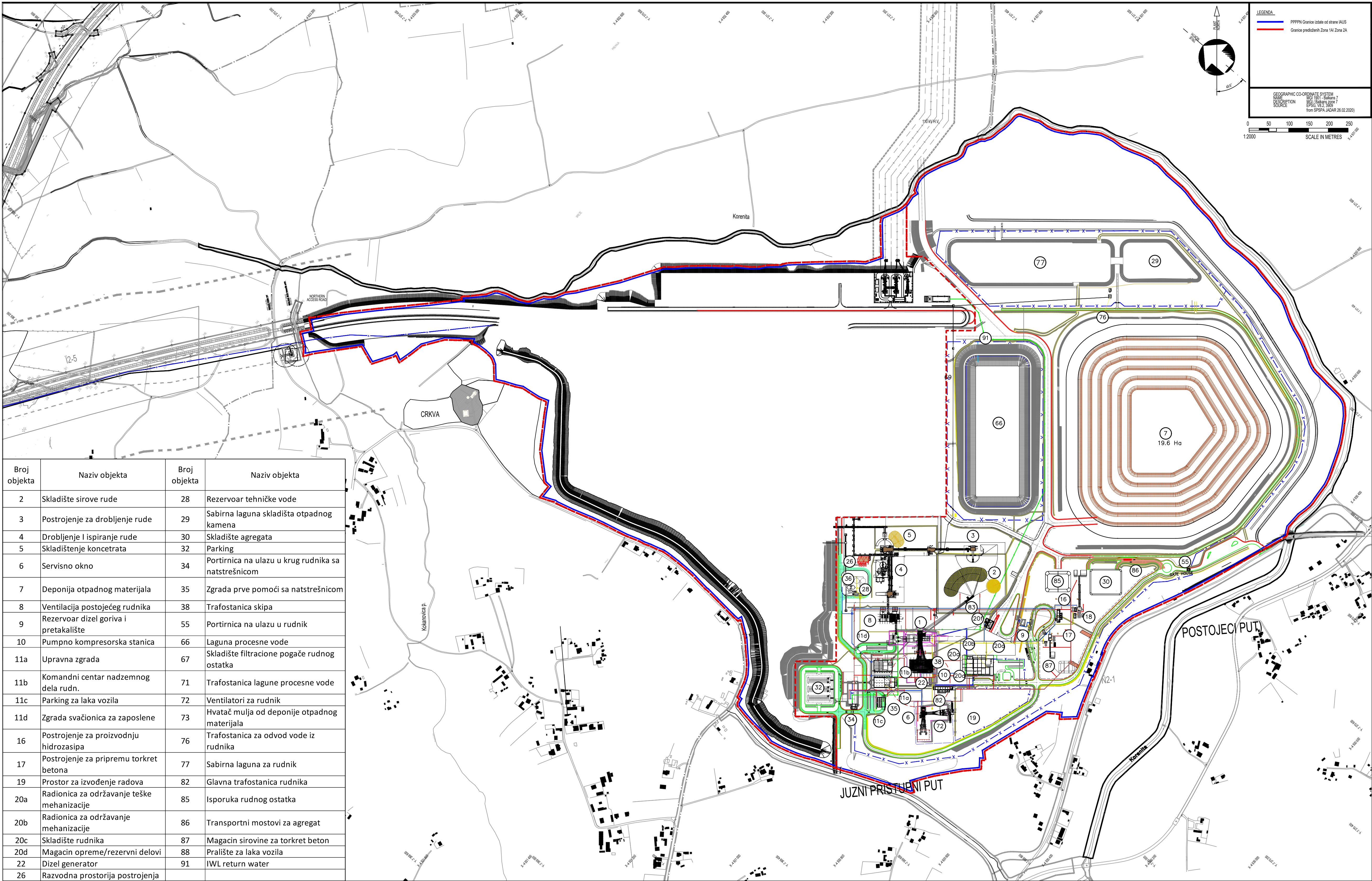
RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD			
			
Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Odobrio	Prof. dr Nikola Lilić		Rio Sava Exploration d.o.o
Projektovao	Prof. dr Zoran Gligorić		<b>RioTinto</b>
Obradio	Prof. dr A. Milutinović		Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar
April 2021.	Plan prostorija otvaranja, osnovne pripreme i pripreme otkopnih polja u podini - Januar 2061. god.		Broj priloga:
Razmera: 1:5000			4.1.1



<div><div></div><div>RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD</div></div>			
Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Odobrio	Prof. dr Nikola Lilić		Rio Sava Exploration d.o.o
Projektovao	Prof. dr Zoran Gligorić		<div>RioTinto</div>
Obradio	Prof. dr A. Milutinović		Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar
April 2021.	Plan prostorija otvaranja, osnovne pripreme i pripreme otkopnih polja u krovini - Januar 2061. god.		Broj priloga:
Razmera:	1:5000		4.1.2



### 6.2.1



Broj objekta	Naziv objekta	Broj objekta	Naziv objekta
2	Skladište sirove rude	28	Rezervoar tehničke vode
3	Postrojenje za drobljenje rude	29	Sabirna laguna skladišta otpadnog kamena
4	Drobljenje I ispiranje rude	30	Skladište agregata
5	Skladištenje koncentrata	32	Parking
6	Servisno okno	34	Portirnica na ulazu u krug rudnika sa natstrešnicom
7	Deponija otpadnog materijala	35	Zgrada prve pomoći sa natstrešnicom
8	Ventilacija postojećeg rudnika	38	Trafostanica skipa
9	Rezervoar dizel goriva i pretakalište	55	Portirnica na ulazu u rudnik
10	Pumpno kompresorska stanica	66	Laguna procesne vode
11a	Upravna zgrada	67	Skladište filtracione pogače rudnog ostatka
11b	Komandni centar nadzemnog dela rudn.	71	Trafostanica lagune procesne vode
11c	Parking za laka vozila	72	Ventilatori za rudnik
11d	Zgrada svačionica za zaposlene	73	Hvatač mulja od deponije otpadnog materijala
16	Postrojenje za proizvodnju hidrozasipa	76	Trafostanica za odvod vode iz rudnika
17	Postrojenje za pripremu torkret betona	77	Sabirna laguna za rudnik
19	Prostor za izvođenje radova	82	Glavna trafostanica rudnika
20a	Radionica za održavanje teške mehanizacije	85	Isporučka rudnog ostatka
20b	Radionica za održavanje mehanizacije	86	Transportni mostovi za agregat
20c	Skladište rudnika	87	Magacin sirovine za torkret beton
20d	Magacin opreme/rezervni delovi	88	Pralište za laka vozila
22	Dizel generator	91	IWL return water
26	Razvodna prostorija postrojenja		

### RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD

Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Projektant			Rio Sava Exploration d.o.o
Projektant			
Obradio			Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije
April 2021.	Dispozicija građevinskih objekata		ležišta litijuma i bora Jadar
Razmera:			Broj priloga:
1:5000			9.2.1