

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
Džušina 7, 11.000 Beograd
Republika Srbija**

Beograd, Maj 2024



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

IZVOD

STUDIJE IZVODLJIVOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA LITIJUMA I-BORA JADAR

Rukovodilac izrade studije

Prof. dr Nikola Lilić, dipl. inž. rud.

DEKAN

Rudarsko-geološkog fakulteta

Prof. dr Biljana Abolmasov, dipl. inž. geol.



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 u postupku pribavljanja uslova nadležnih organa (član 70 Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima, Službeni glasnik R. Srbije, br. 101/2015, 95/2018 - dr. zakon i 40/2021) kao i Zahteva za određivanje obima i sadržaja Studije o proceni uticaja na životnu sredinu (član 12, Zakona o proceni uticaja na životnu sredinu, Službeni glasnik R. Srbije br. 135/04 i 36/09).



Sadržaj

1. Opšti podaci o eksploatacionom polju

1.1. Lokacija ležišta i eksploatacionog polja	1
1.2. Prostorni položaj eksploatacionog polja i povezanost sa putnom, železničkom i plovnom infrastrukturom	4
1.3. Postojeće stanje ostalih infrastrukturnih uslova (elektronapajanje, vodovod, gasna infrastruktura itd.)	4

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

2.1. Istorijat geoloških istraživanja	6
2.1.1. Pregled osnovnih geoloških istraživanja	6
2.1.2. Pregled detaljnih geoloških istraživanja bornih minerala Jaderskog basena	7
2.2. Opis prethodne investiciono-tehničke rudarske dokumentacije	8

3. Geološki deo

3.1. Geološke karakteristike šireg područja ležišta	10
3.1.1. Geološka građa šireg područja	10
3.1.2. Tektonika šireg područja	10
3.2. Veličina i oblik ležišta, geološka i strukturna građa ležišta i karakteristike radne sredine	12
3.2.1. Geološka građa ležišta	12
3.2.2. Oblik i veličina ležišta	19
3.2.3. Strukturna građa ležišta	22
3.2.4. Hidrološke karakteristike područja ležišta	25
3.2.5. Hidrogeološke karakteristike ležišta	25



3.2.6. Inženjersko-geološke i geotehničke karakteristike ležišta	30
3.3. Vrste, kvalitet i količine rezervi mineralnih sirovina, mineralni sastav, sadržaj i gustina korisne komponente	36
3.3.1. Vrste mineralnih sirovina.....	36
3.3.2. Mineralni sastav	36
3.3.3. Sadržaj i gustina korisne komponente	37
3.3.4. Rezerve mineralnih sirovina	47
3.4. Prostorni položaj utvrđenih i overenih rezervi mineralnih sirovina	56

4. Rudarski deo

4.1. Sistem otvaranja i pripreme ležišta Jadar	57
4.1.1. Opšti koncept	57
4.1.2. Otvaranje ležišta.....	58
4.1.3. Osnovna priprema (pristup ležištu).....	59
4.1.4. Osnovna priprema revira	61
4.1.5. Osnovna priprema otkopnog polja.....	62
4.1.6. Jamski objekti	63
4.1.7. Dinamika otvaranja i osnovne pripreme ležišta	65
4.2. Analiza geomehaničke stabilnosti rudarskih objekata	65
4.2.1. Prikupljanje podataka	65
4.2.2. Geomehanička ispitivanja i procene čvrstoće (2016-2020).....	67
4.2.3. Procena seizmičkog rizika	69
4.2.4. Definisanje naponskog stanja i modeliranje	70
4.2.5. Strukturna svojstva	70
4.2.6. Zasip	71
4.2.7. Geotehničko modeliranje i karakterizacija	72
4.2.8. Granice potencijalnog sleganja.....	76
4.2.9. Izbor podgrade za horizontalne jamske prostorije	79
4.2.10. Izbor podgrade za vertikalne jamske prostrije	83
4.2.11. Stabilnost otkopa	87
4.2.12. Geomehanički uslovi za formiranje odlagališta jalovinskog materijala.....	88
4.3. Planiranje dinamike eksploatacije	90
4.4. Dimenzionisanje sistema eksploatacije ležišta	92
4.4.1. Tehnologija izrade jamskih prostorija	92
4.4.2. Izbor metode otkopavanja.....	103
4.4.3. Bušenje i miniranje.....	109
4.4.4. Transport otkopanog materijala.....	110



4.4.5. Izbor osnovne i pomoćne rudarske opreme	117
4.4.6. Izvoz materijala i ljudi	118
4.5. Ventilacija rudnika.....	127
4.5.1. Opis osnovne koncepcije sistema provetravanja rudnika.....	127
4.5.2. Koncepcija ventilacije panela	129
4.5.3. Potrebna količina vazduha za provetravanje rudnika	129
4.5.4. Modeliranje distribucije protoka vazduha	131
4.5.5. Kapacitet i režim rada glavnih rudničkih ventilatora.....	132
4.5.6. Koncepcija sistema za hlađenje vazduha	133
4.6. Odvodnjavanje rudnika	135
4.6.1 Osnovna koncepcija odvodnjavanja	135
4.6.2. Potrošnja vode u podzemnom proizvodnom sistemu.....	136
4.6.3. Bilans voda u podzemnom proizvodnom sistemu	136
4.6.4. Pumpne stanice, pumpe i cevovodi.....	138
4.6.5. Prikaz sistema odvodnjavanja	141
4.6.6. Dimenzionisanje pumpi	143
4.6.7. Dimenzionisanje cevovoda	144
4.6.8. Snaga – električna energija	145
4.7. Priprema i distribucija zasipa	146
4.7.1. Prikaz istraživanja.....	146
4.7.2. Prikaz tehnološke šeme pripreme zasipa	147
4.7.3. Zasipavanje otkopa pasta zasipom.....	150
4.8. Snabdevanja jame rudnika Jadar dizel gorivom, komprimovanim vazduhom, industrijskom i pijaćom vodom	151
4.9. Radna snaga.....	153
4.10. Mere tehničke zaštite ljudi i objekata	154
4.10.1. Opšte i kolektivne mere zaštite	154
4.10.2. Lična zaštitna sredstva	155
4.10.3. Posebne mere zaštite	156
4.10.4. Stanice za spasavnje.....	156
4.10.5. Koncepcija sistema zaštite od požara podzemnog proizvodnog sistema	158

5. Odlaganje rudničke jalovine

5.1. Lokacija.....	161
5.2. Vrste materijala	162
5.3. Strategija korišćenja siromašne rude.....	163
5.4. Strategija odlaganja jalovine i oduzimanja siromašne rude	164

5.5. Ugradnja vodonepropusne folije	165
5.6. Tehnologija formiranja odlagališta	166
5.7. Konstrukcija odlagališta	167
5.8. Verifikacija odlagališnog prostora	168
5.8.1. Polazne osnove za analizu nosivosti i stabilnosti kosina odlagališta	168
5.9. Rudarska oprema na odlaganju rudničke jalovine	173
5.9.1. Oprema za utovar i transport	173
5.9.2. Pomoćna mehanizacija	175
5.9. Rekultivacija odlagališta rudničke jalovine	176
5.9.1. Model rekultivacije i struktura površina	176
5.9.2. Tehnička rekultivacija	177
5.9.3. Agrotehnička rekultivacija	178
5.9.4. Biološka rekultivacija	179

6. Tehnički opis pripreme rude jadarita

6.1. Principi projektovanja	181
6.2. Prikaz tehnološkog procesa pripreme rude jadarita	181
6.2.1. Usitnjavanje rovne rude	182
6.2.2. Klasiranje usitnjene rude	182
6.2.3. Izdvajanje i skladištenje koncentrata jadarita	183
6.2.4. Zgušnjavanje ostatka iz postrojenja za PMS	183
6.2.5. Filtriranje i sušenje ostataka iz postrojenja za PMS	183
6.3. Bilans koncentracije procesa pripreme rude jadarita	184
6.4. Bilans vode	185
6.5. Spisak opreme u postrojenju za pripremu rude	186

7. Elektroenergetske instalacije

7.1. Opšte	188
7.2. Napajanje rudnika i procesne proizvodnje Jadar	188
7.2.1. Napojna i prenosna mreža Srbije	188
7.2.2. Razvodno postrojenje 110 kV i trafostanica Jadar 110 kV /35 kV	190
7.2.3. Primljeni nazivni naponi na rudniku Jadar	191
7.2.4. Plan razvoja elektroenergetske mreže i instalacija	192
7.2.5. Nužno napajanje u slučaju hitnosti	193
7.2.6. Napojna mreža za podzemnu eksploataciju	194



7.2.7. Prenosno razvodno postrojenje i trafostanica (RMU) za podzemni deo rudnika	194
7.2.8. Napajanje podzemnog dela u slučaju kvarova	196
7.2.9. Napajanje električnom energijom postrojenja za drobljenje i pripremu rude	196
7.3. Potrošnja električne energije u rudniku Jadar	198
7.4. Osoblje i oprema za elektroodržavanje rudnika	199
 8. Telekomunikacije, upravljanje, IT instalacije i monitoring sistema na rudarskim objektima	
8.1. IS&T infrastruktura	201
8.2. Portfolio aplikacija	202
8.3. Kontrolni sistem rudnika	204
 9. Građevinski objekti rudničkog kruga	
9.1. Projektna dokumentacija	205
9.2. Opis stacionarnih rudarskih objekata	205
 10. Mera zaštite i sanacije životne sredine i uticaj eksploatacije na društvenu zajednicu	
10.1. Mera zaštite i sanacije životne sredine	211
10.1.1. Biodiverzitet	214
10.2. Uticaj projekta na društvenu zajednicu	216



Spisak Priloga

1. Opšti podaci o eksploatacionom polju

Prilog 1.1.1 Predlog eksploatacionog polja

3. Geološki deo

Prilog 3.1.1 Geološka karta područja ležišta Jadar sa naznačenim objektima geoloških istraživanja i ucrtanom konturom overenih bilansnih rezervi

Prilog 3.1.2 Hidrogeološka karta šireg područja ležišta Jadar

Prilog 3.1.3 Karakteristični profili kroz ležište A-A'

4. Rudarski deo

Prilog 4.1.1 Situaciona karta krovinskih prostorijskih osnovne i otkopne pripreme u ležištu Jadar

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

1.1. Lokacija ležišta i eksploatacionog polja

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 km² (slika 1.1.1).

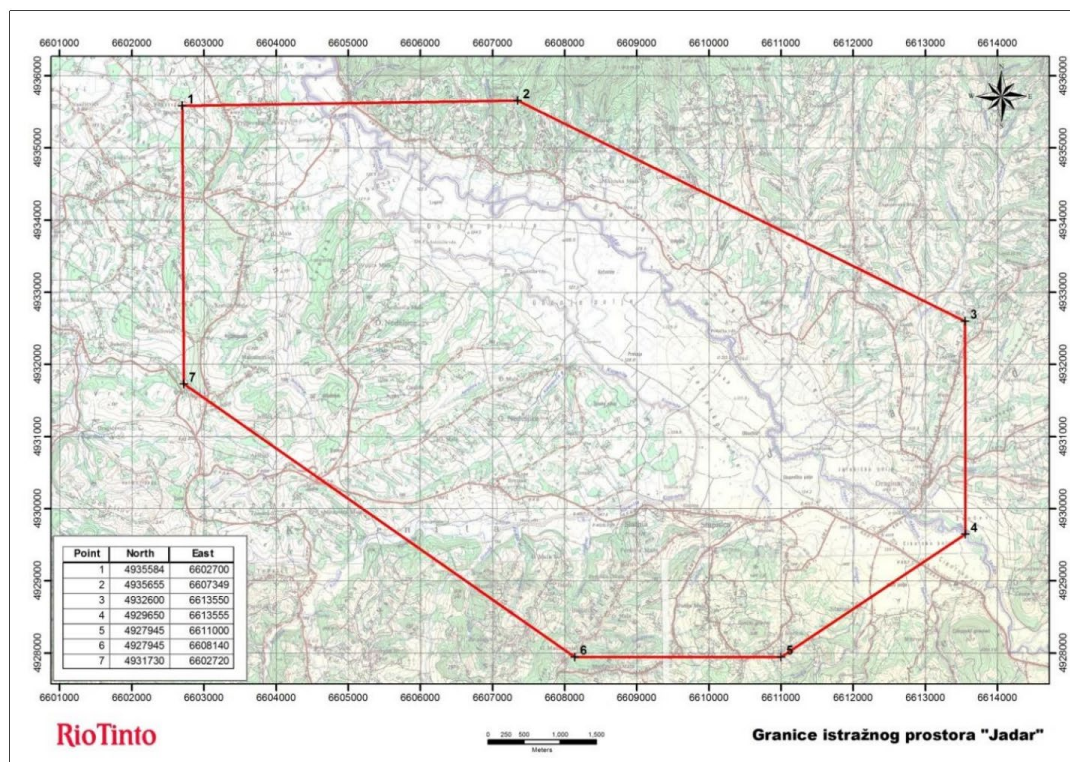
Tabela 1.1.1 Koordinate prelomnih tačaka istražnog prostora Jadar (Misailović, Tanasković, 2020)

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. glasnik RS br.101/2015 i 95/2018 – drugi zakon 40/2021), 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, tehno-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 će biti 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. glasnik RS br.101/2015 i 95/2018 – drugi zakon

40/2021), 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 rudarskih objekata za obezbeđenje funkcionisanja budućeg rudnika.



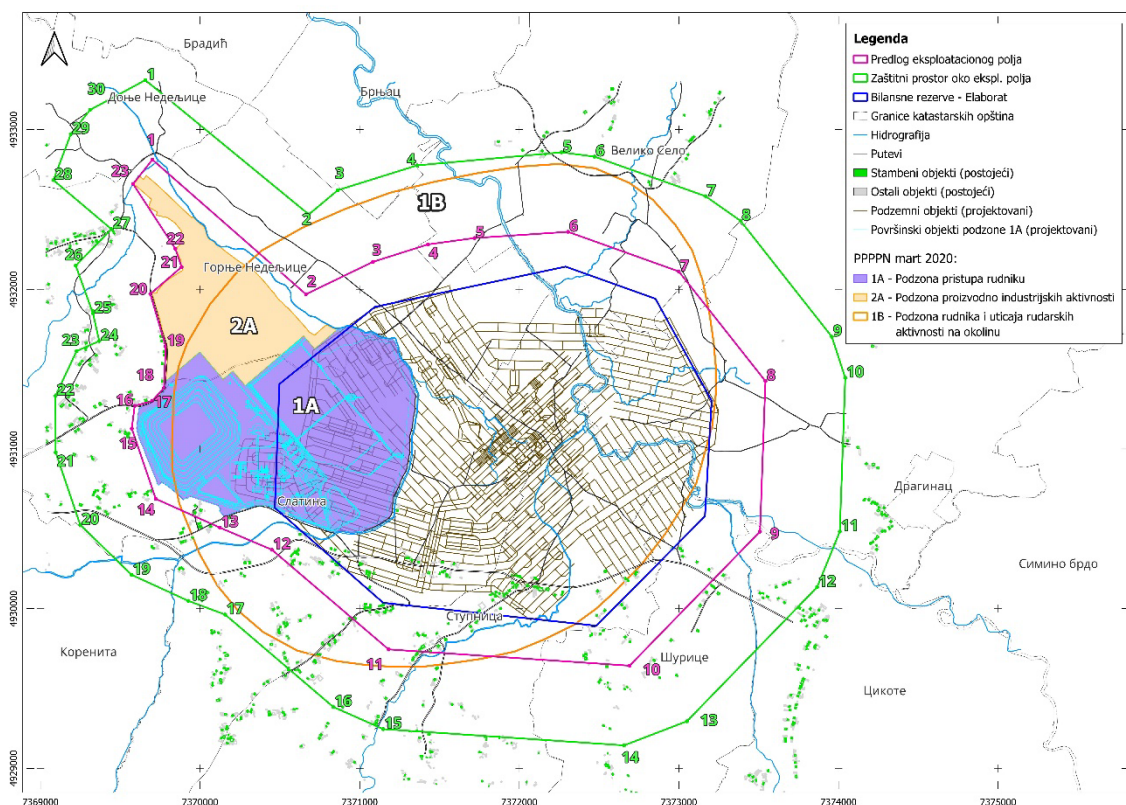
Slika 1.1.1. Pregledna topografska karta sa položajem istražnog prostora „Jadar“

Eksploataciono polje je ograničeno odgovarajućim poligonim linijama na površini terena. 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. Glasnik RS br.101/2015 i 95/2018 – drugi zakon 40/2021), a koja za eksploataciona polja površine veće od 100 ha iznosi do 500 metara od odgovarajuće granice eksploatacionog polja. Površina eksploatacionog polja „Jadar“ iznosi 841ha.

Tabela 1.1.2 Koordinate prelomnih tačaka eksploatacionog polja „Jadar“

Koordinate tačaka eksploatacionog polja		
	Y	X
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

Koordinate tačaka eksploatacionog polja		
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 1.1.2. Pregledna karta sa položajem predloženog eksploatacionog polja "Jadar"

Tabela 1.1.3 Koordinate prelomnih tačaka zaštitnog prostora oko eksploatacionog polja „Jadar“

Koordinate tačaka zaštitnog prostora oko eksploatacionog polja					
	Y	X		Y	X
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

1.2. Prostorni položaj eksploatacionog polja i povezanost sa putnom, železničkom i plovnom infrastrukturom

Lokacija ležišta „Jadar“, odnosno istražni prostor u okviru kojeg je otkriveno ležište, nalazi se 15 km istočno od Loznice. Grad Loznica, a samim tim i jaderski basen, generalno gledano, imaju dobre komunikacijske veze sa drugim geografskim područjima Srbije.

Drumska infrastruktura obuhvata državne puteve I i II reda, opštinske i nekategorisane puteve, kao i delove ulične mreže naseljenih mesta. U granicama predmetnog područja, u skladu sa Uredbom o kategorizaciji državnih puteva („Službeni glasnik RS”, br. 105/13, 119/13 i 93/15) i pratećim referentnim sistemom mreže državnih puteva Republike Srbije (novembar 2017. godine), nalaze se sledeći državni putevi:

- državni put IB reda broj 26, Beograd - Obrenovac - Šabac - Loznica - državna granica sa Bosnom i Hercegovinom (granični prelaz Mali Zvornik);
- državni put IB reda broj 27, državna granica sa Bosnom i Hercegovinom (granični prelaz Trbušnica) - Loznica - Osečina - Valjevo - Lajkovac - Čelije - Lazarevac - Arandjelovac - Krčevac - Topola - Rača - Svilajnac;
- državni put IIA reda broj 137, Šabac - Volujac - Zavlaka - Krupanj – Gračanica;
- državni put IIA reda broj 138, Lipnički Šor - Tekeriš;
- državni put IIA reda broj 139, Krst - Korenita - Krupanj;
- državni put IIB reda broj 332, veza sa državnim putem IA reda broj 27 - Žeravija - Tršić;
- državni put IIB reda broj 333, Korenita - Manastir Tronoša;
- državni put IIB reda broj 334, Mojković - Bela Crkva.

Mrežu državnih puteva nadopunjuje mreža lokalnih saobraćajnica. Preko samog istražnog prostora prolazi mreža asfaltnih puteva nižeg reda koji povezuju okolna naselja.

U neposrednoj blizini istražnog prostora, na nekih 4 km od njegove severne granice, nalazi se železnička pruga Loznica-Šabac (pružni pravac Mali Zvornik-Ruma) sa utovarnom stanicom u Lipnici.

Najbliži rečni plovni put predstavlja reka Sava koja je, od 0 do 81 km svrstana u Va kategoriju plovnosti, a od 81 do 98 km u IV kategoriju plovnosti (rečna luka u slobodnoj zoni „Šabac“).

1.3. Postojeće stanje ostalih infrastrukturnih uslova (elektronapajanje, vodovod, gasna infrastruktura itd.)

Vodovodna infrastruktura

Stanovništvo na delu teritorije grada Loznica se snabdeva vodom za piće sa izvorišta „Zelenica”, koje se nalazi u Banji Koviljači, odnosno uzvodno od Banje Koviljače, u prostoru između železničke pruge Loznica - Zvornik i reke Drine. Nedaleko od ovog prvobitnog izvorišta, uzvodno Drinom, takođe u aluvijalnoj ravni, otvoreno je novo izvorište na lokaciji „Gornje polje”, kako bi se povećao kapacitet izvorišta i tako zadovoljile potrebe stanovništva. Ukupni kapacitet oba izvorišta iznosi 400 l/s.

Cevnu mrežu čini magistralni čelični potisni cevovod Ø600mm od izvorišta do rezervoara na Trešnjici, azbest-cementni cevovod na pravcu prema Novom Selu Ø400mm, kao i PVC Ø300mm prema valjevskom pravcu. Ovaj cevovod sa cevovodima na pravcu Tekeriš i iz pravca Draginca koji su od PVC materijala i različitih prečnika, čine jedinstven cevni prsten iz koga bi se širili ogranci prema pojedinim zaseocima.

Za potrebe snabdevanja vodom za piće stanovništva na teritoriji grada Loznice u seoskim naseljima Korenita, Tronoša, Tršić, Donje Nedeljice, Gornje Nedeljice, Grnčare, Brezjak, Slatina i Stupnica, zahvataju se podzemne

vode na izvorima „Carigradski potok“, „Mala Tronoša“ i „Duboki potok“. Osim što se koriste za snabdevanje vodom navedenih naselja, navedena izvorišta su uključena i u sistem gradskog vodovoda Loznice.

Elektroenergetska mreža

Predmetnim područjem prolaze trase prenosnih vodova naponskih nivoa 110 kV i 220 kV, koji međusobno povezuju veće urbane sredine i povezuju HE „Zvornik“ u sistem elektromreža Republike Srbije.

Dalekovodna trasa naponskog nivoa 220 kV povezuje TS „Bajina Bašta“ i TS „Sremska Mitrovica 2“ (400/220/110 kV) i nosi oznaku 209/1. Ova trasa prolazi u blizini naselja Korenita i Grnčara i dalje u pravcu Gornjih Dobrića i Čokešine.

Trasa prenosnih vodova 110 kV koja povezuje TS „Valjevo“ i TS „Mali Zvornik“ takođe prelazi ovim područjem (106 A/2 i 106 B/3). Dalekovod br. 106 A/2 povezuje elektroenergetske objekte TS „Valjevo 3“ (220/110 kV) - TS „Loznica“ (110/35 kV), a dalekovod 106 B/3 povezuje TS „Osečina“ 110/35 kV i TS „Mali Zvornik“.

Postojeći dalekovod 209/1 (220 kV) i postojeći dvosistemski dalekovod 106 A/2 i 106 B/3 (110 kV), se ukrštaju na lokaciji koja se nalazi na ovom području.

Preko predmetnog područja prolaze sledeće dalekovodne trase naponskog nivoa 35 kV:

- TS „Loznica 1“ (35/10 kV) - Čvor 1: manjim delom zahvata zapadni deo područja, a trasa ide između naselja Loznica i Lešnica;
- TS „Zajača“ (35/10 kV) - TS Krupanj (35/10 kV): delom trase „preseca“ jugozapadni deo predmetnog područja, a trasa ide između naselja Krupanj i Zajača;
- TS „Krupanj“ (35/10 kV) - TS „Zavlaka“ (35/10 kV): delom trase „preseca“ jugoistočni deo područja, a trasa ide između naselja Krupanj i Zavlaka (grad Valjevo);
- TS „Zavlaka“ (35/10 kV) - TS „Draginac“ (35/10 kV): skoro cela trasa je u predmetnom području, odnosno njen istočni deo, a trasa ide između naselja Zavlaka i Draginac;
- TS „Draginac“ (35/10 kV) - TS „Joševa“ (35/10 kV): delom trase „preseca“ istočni deo područja, a trasa ide između naselja Draginac i Joševa.

Na predmetnom području sem pobrojanih linijskih elektroenergetskih objekata (dalekovoda) postoje i drugi elektroenergetski objekti. Postoji samo jedna trafostanica, TS 35/10 kV - TS „Draginac“. Ova TS napaja 46 trafostanica 10/0,4 kV (koje su u domenu predmetnog područja) sa pripadajućim 10 kV vodovima, koji su postavljeni između TS „Draginac“ i ovih trafostanica.

Gasna infrastruktura

Grad Loznica, kao najveći urbani centar u blizini predmetnog područja, povezan je na magistralni čelični gasovod RG-05-04 Ø406,4 mm, radnog pritiska do 50 bar, koji je najvišeg ranga u Republici Srbiji i koji se pruža trasom Batajnica – Šabac – Loznica – Zvornik - Sarajevo. U toku je izrada tehničke dokumentacije gasovoda RG-13 Beograd-Valjevo-Loznica čija će trasa proći u neposrednoj blizini kompleksa Jadar.

Telekomunikaciona mreža

Na predmetnom području zastupljena je i telekomunikaciona infrastruktura, komutacioni čvorovi, podzemne/nadzemne magistralne/distributivne kablovske mreže, radiorelejni koridori, RTV emisione stanice i mreže mobilne telefonije. Telekomunikaciona kablovska kanalizacija i kablovske trase su uglavnom položene duž regionalnih i lokalnih puteva.

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 $\text{LiNaB}_3\text{SiO}_7(\text{OH})$ 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 je urađen najosetljiviji i najskuplji deo posla – obezbeđeni su 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 pogašćenja 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, pogašćena 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 preliminaru-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.

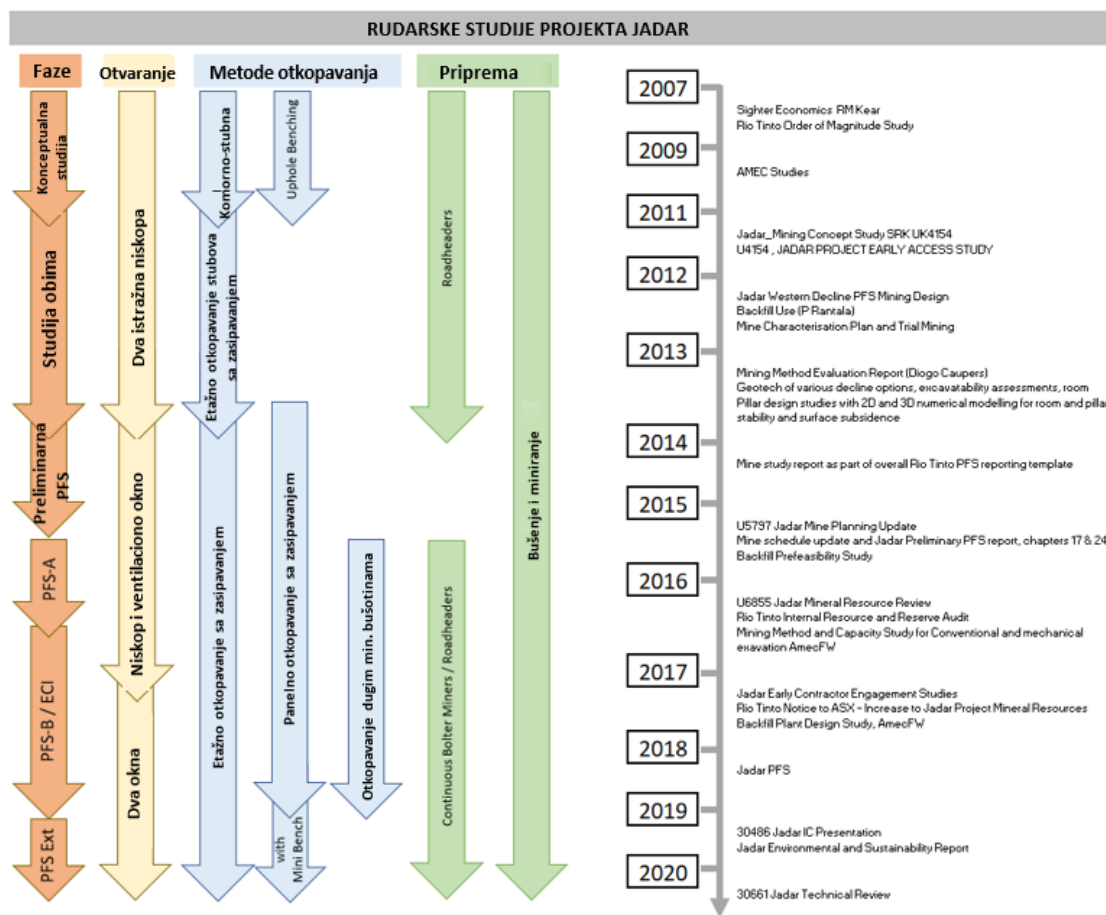
Prvobitni obim PFS, sa stanovišta rudarstva, temeljio se na dvogodišnjem programu rada, koji je iniciran u decembru 2015. Kao rezultat tog rada nastale su dve verzije PFS, PFS-A i PFS-B, koja je za razliku od PFS-A sadržala detaljniju evaluaciju rešenja, koja su u tom momentu izгледала kako najpovoljnija.

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.

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.



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

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 deo¹

3.1. Geološke karakteristike šireg područja ležišta

3.1.1. Geološka građa šireg područja

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.

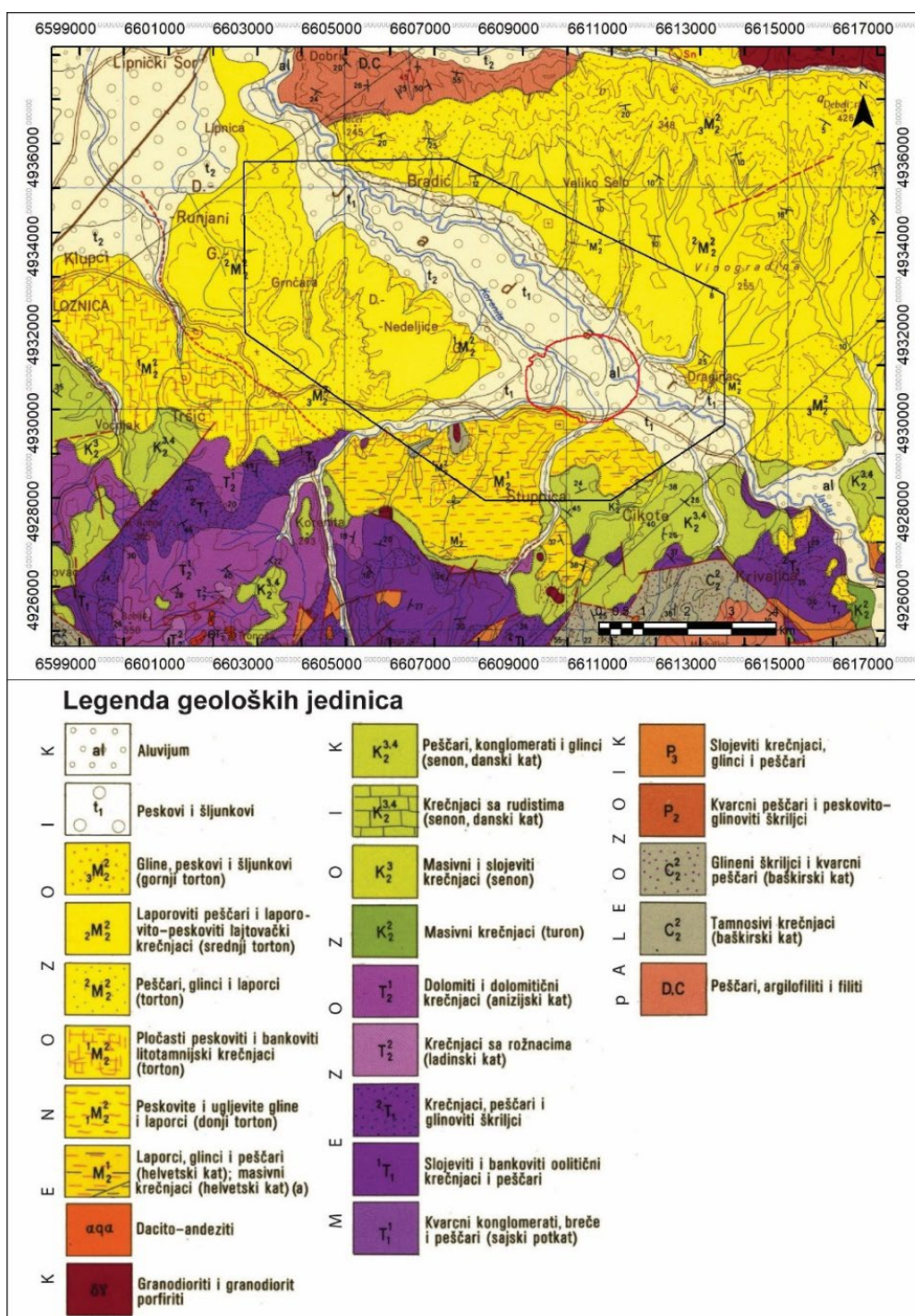
Prema geološkoj evoluciji i po razviću paleozoika i trijasa, na ovom području su izdvojene dve oblasti: (1) drinska oblast u jugozapadnom i (2) jadarska oblast u centralnom i istočnom delu. Za ležište Jadar posebno je značajna geološka građa jadarske oblasti, koju izgrađuju stene paleozojske starosti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

3.1.2. Tektonika šireg područja

Ležište Jadar je prostorno vezano za neogene sedimente Jadarskog basena, koji predstavlja tektonsku depresiju formiranu krajem oligocena i tokom miocena u području Jadarskog bloka u okviru Vardarske zone, kao krupnije geotektonske jedinice. Geološka građa okruženja i podine basena jasno ukazuje na dugu i kompleksnu geološku evoluciju, koju su obeležili dugotrajni i višefazni događaji tektonskog oblikovanja.

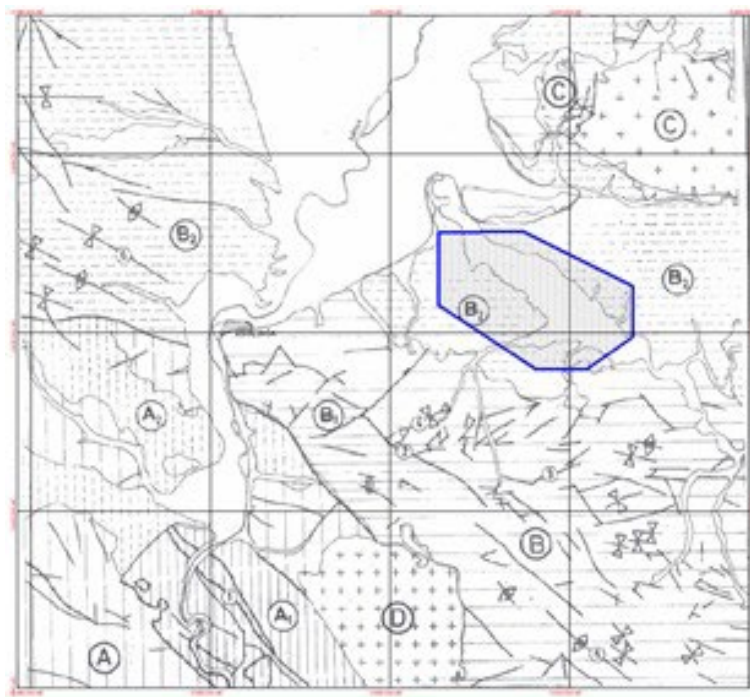
Najnovijim istraživanjima Jadarski blok se interpretira kao deo Jadar-Kopaonik kompozitnog paketa navlaka, adrijskog afiniteta (iz domena pasivne kontinentalne margine jadranske mikoroploče), koji u gornjim strukturnim nivoima sadrži ranije obdukovane Zapadne Vardarske ofiolite (Schmid i dr., 2008). Stene ove jedinice u području Jadarskog basena izgrađuju obodne delove i verovatno paleoreljef basena. Jadarski basen u strukturno-tektonskom smislu pripada grupi brojnih neogenih basena iz domena peripanonske oblasti duž južne margine Panonskog basena. Regionalno posmatrano, Jadarski basen je pozicioniran u kontaktnom području severoistočne margine Dinarida i južnog oboda Panonskog basena. Ekstenzija u području panonskog basena u Srbiji i sistem raseda uspostavljen tokom ranog miocena su rezultovali formiranjem delimično povezanih basena sa kontinentalnom aluvijalnom do jezerskom sedimentacijom.

¹ Obrada poglavlja izvršena je prema obavezujućem sadržaju, koji je definisan Pravilnikom o sadržini studije izvodljivosti eksploatacije ležišta mineralnih sirovina ("Sl. glasniku RS", br. 108/2006) u glavnim poglavljima 3.2, 3.3. i 3.4. Ostala poglavlja i potpoglavlja su nazivima i sadržajem prilagođena pripadajućoj tematici sadržaja. Predmetni prikaz je dat prema **Elaboratu o resursima i rezervama bora i litijuma u ležištu Jadar kod Loznice (donji jadarski horizont) sa stanjem na dan 31.07.2020. (Misailović, Tanasković, 2020).**



Slika 3.1.1. 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).

Osnovni rasedni sklop definisan početkom miocena u području Dinarida, odlikovao se longitudinalnim rasedima generalnog pravca pružanja SZ-JI (slika 3.1.2), kao i transverzalnim i dijagonalnim rasedima u odnosu na pružanja regionalnih tektonskih jedinica i plikativnih struktura, sa pružanjem SI-JZ, S-J i I-Z.



Slika 3.1.2 Pregledna tektonska karta lista OGK Zvornik 1: 100000, sa granicama istražnog polja (plavi mnogougao) (Misailović, Tanasković, 2020).

A-Drinska oblast, A1-zvornička zona rasedanja i kraljuštanja; A2-neogen Hoče; B-jadaska oblast, B1- antiklinala Gučeva, B2-tercijarni tereni severoistočne Bosne, Pocerine i Korenite; C-granitoidni masiv Cera; D-granodioritski masiv Boranje; Strukture: 1-zvornička dislokacija, 2-zajačko-kostajnički rased, 3-rased Stare sudnice, 4-brahisinklinala Tronoše, 5-antiklinala Bagoštica, 6-sinklinala Tavna - Trnovica.

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

3.2.1. Geološka građa ležišta

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).

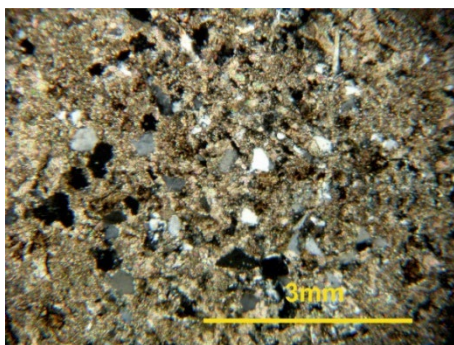
Ležište B i Li Jadar nalazi u jezerskim donjomiocenskim sedimentima (M1), koji leže transgresivno preko kredne podine basena (izgrađene od krupnozrnih peščara, mikrokonglomerata i konglomerata). U gornjem delu jezerskih donjomiocenskih sedimenata je tranziciona zona sa gipsom, preko koje leže fosilonosni marinski sedimenti badena (M2¹). 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:

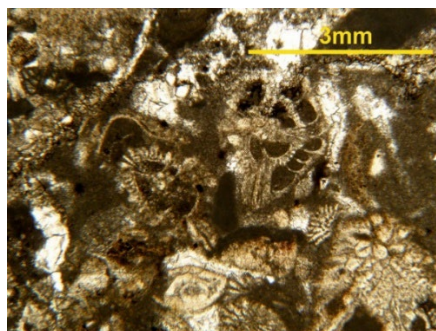
- Brečokonglomerati baze basena
- Polimiktni brečokonglomerati
- Sivi laminirani slojevi - sivi laminirani tufozni slojevi
- Trakasti slojevi - trakasti tufozni slojevi

- Tufovi i tufiti
- Grubožrni 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 krupnozrnom siliciklastičnom matriksu različito obogaćenom glinovitim materijalom. Od stena mezozojske starosti konstatovani su donjotrijaski i gornjokredni karbonatni sedimenti (slika 3.2.1. i 3.2.2.). Glavni litotipovi ove litofacije su: breče, brečokonglomerati, grubožrni litični peščari (mikrobreče), polimiktne konglobreče.



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).

Polimiktne brečokonglomerati su nabušeni većinom istražnih bušotina, i sa njima najčešće započinje novi sedimentacioni ciklus. Glavni tipovi stena su: polimiktne breče koje preovlađuju, zatim polimiktne konglobreče, vulkanoklastične mikrokonglobreče, polimiktne brečokonglomerati, polimiktne konglobreče sa žilicama *jadarita*, vapnoviti konglomerati, mikrobreče, polimiktne mikrobreče, kalciruditi - polimiktne breče i konglomerati.

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. Sivi laminirani, povremeno tufozni slojevi ove litofacije su zastupljeni u svim istražnim bušotinama.

Trakasti slojevi - trakasti tufozni slojevi obuhvataju sve varijacije finožrnih stena: glince, laporce, alevrolite i finožrne peščare (sa različitim udelom alevritske, glinovite i laporovite frakcije). *Stene ove litofacije su glavni nosioci borne i litijumske mineralizacije.* Stene ove litofacije su tamno do svetlo sive boje i trakaste teksture (paralelno talasasta i ponekad konvolutna), debljina traka je mm-cm (slike 3.2.3. i 3.2.4.).



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).

Tufovi i tufiti su predstavljeni piroklastičnim materijalom, svetlo sive boje. Javljaju se u vidu slojeva decimetarske do metarske debljine. Glavni tipovi stena su: karbonatisani vitrokristaloklastični tuf, zeolitisana fino-zrna vulkanoklastična stena, brečizirani i zeolitisani 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.

Grubozrni peščari do mikrokonglomerati - „šokovi brečo-konglomerata“ se razlikuje od stena drugih litofacija, njihovim grubozrnim do mikrokonglomeratično-mikrobrečastim izgledom. U okviru ove litofacije, mogu se izdvojiti dve sublitofacije koje su u međusobnoj smeni. To su, sublitofacija grubozrnih 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.



Slika 3.2.5. Grubozrni 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).

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 slabom izraženom stratifikacijom). Intraformacioni brečokonglomerati su, na osnovu izgleda fragmenata i zastupljenosti vezivne materije podeljeni u dve sublitofacije, koje međusobno prelaze jedna u drugu.

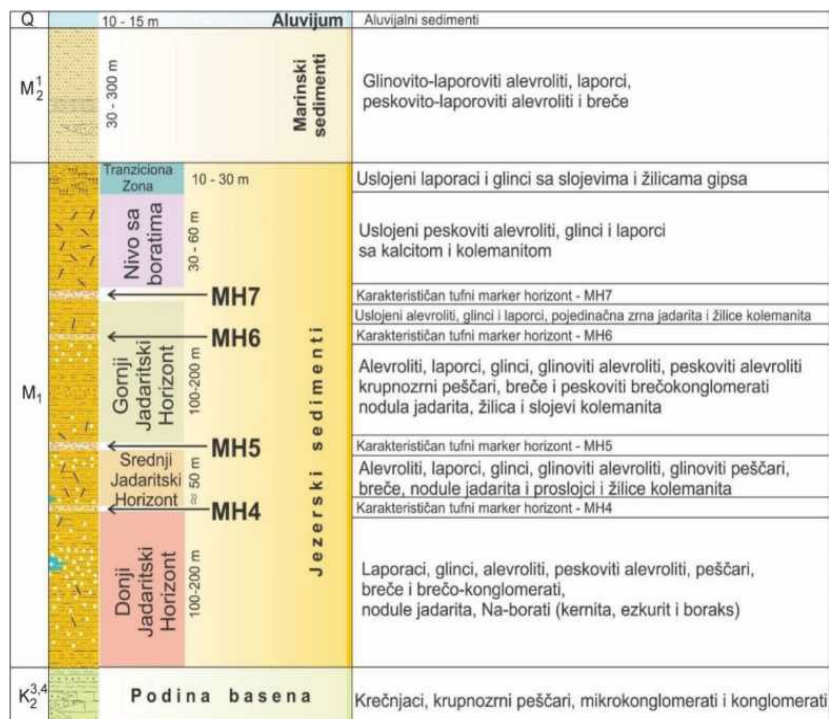
Trakasti slojevi sa gipsom su stene sive, žućkasto-smeđe i sivo-žućkaste boje, trakaste teksture (mm do cm debljina traka ili tankih slojeva) i, paralelno i talasasto laminirane teksture. Preovlađujući tipovi stena su laporci, glinoviti (alevritski) laporci, laporoviti glinci, i laporoviti krečnjaci koji su izgrađeni od mikrokristalastog, fino kristalastog ili krupno kristalastog sparikalcita, sporadično pomešanog sa glinovitom materijom.

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. Najčešći tipovi stena ove litofacije su sivi i smeđi, slabo vezani laporci i laporoviti glinci sa primesama glinovite, alevritske ili ređe, peskovite frakcije. 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.

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.

Na osnovu svih rezultata istraživanja, definisan je i generalni geološki stub u ležištu Jadar (Slika 3.2.7.).

U stubu se jasno izdvajaju tri jadaritska (rudonosna) horizonta (DJH; SJH i GJH). Za potrebe međusobne korelacije i upoređivanje podataka (u operativnom smislu) iz istražnih bušotina u cilju izdvajanja pomenutih jadaritskih horizonata u ležištu, korišćeni su litološki članovi koji se, na osnovu rezultata hemijskih ispitivanja (na B i Li) i litoloških karakteristika u geološkom profilu, u prostornom smislu jasno izdvajaju.



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

3.2.1.1 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.). Geodomeni su izdvojeni radi boljeg razumevanja odnosno sagledavanja ležišnih uslova i prostornog razmeštaja mineralizacija B i Li.

U nastavku teksta dat je kratak opis domena Gornjeg, Srednjeg i Donjeg jadaritskog horizonta, i to samo onih u kojima se pojavljuje mineralizacija jadarita i borata.

Geodomen **750** je litološki paket koji se nalazi odmah ispod tranzicione zone. U litološkom pogledu je predstavljen smenom slabo uslojenih, peskovitih alevrolita i glinaca, proslojenih laporcem. Za alevrolite je karakteristična smena sa krupnozrnijim peščarima, dok je u proslojenim glincima i laporcima uočljiva pojava minerala kalcita i kolemanita (nivo sa boratima). Prosečna debljina im je oko 23 m, sa najvećom debljinom u centralnom delu basena.

Geodomen **650** je litološki paket, koji predstavlja deo *gornjeg jadaritskog horizonta*. Prosečna debljina paketa je oko 15 m, a izgrađen je od tamno sivih do sivih alevrolita i glinaca, proslojenih laporcem, sa izraženom slojevitošću. U nekim istražnim bušotinama, u centralnom delu ležišta, u donjim delovima paketa je konstatovana jadaritska mineralizacija (u vidu sitnih izolovanih nodula jadarita), dok se u južnom delu ležišta pojavljuju žilice i proslojci kolemanita.



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

Geodomen **600** predstavlja karakterističan tufogeni horizont. Tuf je kompaktan, slabo uslojen, svetlo sive boje i prosečne debljine oko 0,9 m. U najvećem broju istražnih bušotina je konstatovano da se nalazi oko 10 m iznad jadaritom najbogatijeg dela gornjeg jadaritskog horizonta

Geodomen **550** je prosečne debljine paketa oko 11 m i isklinjava ka južnom delu ležišta. U višim delovima litološkog paketa pojavljuju se kompaktni do slabo uslojeni peskoviti alevroliti koji prelaze u glinovite alevrolite proslojene svetlim laporcem. U donjim delovima paketa javlja se jadaritska mineralizacija (u vidu nodula jadarita).

Geodomen **545** je litološki paket koji obuhvata najveći deo *gornjeg jadaritskog horizonta*. Prosečna debljina geodomena je 19 m, sa najvećom debljinom u centralnom delu ležišta, a geodomen isklinjava u svim pravcima, ka periferiji. Mineralizacija jadarita se javlja do nivoa intraformacionih breča, u vidu nodula jadarita različite veličine, krem-žućkaste boje.

Geodomen **535** je litološki paket izgrađen od smene vrlo svetlih krem karbonata i glinaca proslojenih laporcem sa karakterističnom teksturom intraformacionih breča, koja se odlikuje iskidanim slojevima i konvolucijama. Predstavljen je smenom laporaca i glinaca i bez karakteristične je, ili sa slabo izraženom teksturom intraformacionih breča. U nekoliko istražnih bušotina je konstatovana i pojava jadaritske mineralizacije (koja pripada nižim delovima *gornjeg jadaritskog horizonta*).

Geodomen **430** izgrađen je od uslojenih alevrolita proslojenih laporcem, dok se u donjem delu javljaju tamno sivi glinci proslojeni karbonatom. U perifernim delovima ležišta karakteristična je veća zastupljenost karbonatne komponente. Od mineralizacije se u dubljim nivoima javlja jadarit, koji označava gornju granicu *srednjeg jadaritskog horizonta*, a karakteristično je i pojavljivanje kolemanita u vidu žica i prožilaka. Prosečna debljina geodomena je oko 23 m.

Geodomen **415** je litološki paket koji je predstavljen tamno sivim glinovitim alevrolitima sa izraženom slojevitošću, delimično proslojenih karbonatom. Prosečna debljina geodomena je oko 17 m. Od mineralizacije je karakteristično pojavljivanje brojnih žica kolemanita.

Geodomen **405** je litološki paket koji predstavlja donji deo (najdublje nivo) srednjeg jadaritskog horizonta, a najvećim delom je predstavljen intraformacionom brečom, poremećenim laporcima, a

javlja se i sedimentna breča. Prosečna debljina geodomena je oko 14,3 m. Od mineralizacije je karakteristično pojavljivanje plavičastih nodula jadarita u najdubljim nivoima paketa.

Geodomen **380** je litološki paket, koji je u svom gornjem delu, predstavljen tamno sivim glincima, proslojenim svetlim laporcem sa dobro izraženom laminacijom, a u donjem delu, tamno sivim, uslojenim laporcima. Donja granica paketa je označena upečatljivim slojem laporca. U glincima je karakteristično prisutvo mineralizacije u vidu plavičastih nodula jadarita (slika 3.2.9.). Prosečna debljina geodomena je oko 17 m.



Slika 3.2.9. Karakteristični izgled nabušenog jezgra iz geodomena 380 (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen **370** je litološki paket koji predstavlja gornju granicu *najbogatijeg dela donjeg jadaritskog horizonta*. Paket je izgrađen od peskovitih alevrolita, tamno sive boje, koji se u donjem delu smenjuju sa laporcima, a ispod kojih se nalazi karakteristični sloj sedimentne breče, debljine oko 50 cm. Prosečna debljina geodomena je oko 16 m. U centralnom delu ležišta karakteristična je pojava mineralizacije u vidu „žice“ masivnog jadarita, pri čemu debljina žice dostiže i do 50 cm (slika 3.2.10.).



Slika 3.2.10. Karakteristični izgled nabušenog jezgra iz geodomena 370 (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen **360** je litološki paket koji predstavlja centralni deo *najbogatijeg dela donjeg jadaritskog horizonta* i predstavljen je karbonatnim stenama i glincima (slika 3.2.11.). Prosečna debljina paketa je oko 12 m. Jadaritska mineralizacija je predstavljena belim nodulama različite veličine, a u okviru NaBo rudnog tela, u zapadnom delu ležišta, javlja se i natrijsko-borata mineralizacija (u vidu kernita i ezkurita, uz promenljivo učešće boraksa).



Slika 3.2.11. Karakteristični izgled nabušenog jezgra iz geodomena 360 (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen **350** je litološki paket koji obuhvata niže nivoe *najbogatijeg dela donjeg jadaritskog horizonta*. Prosečna debljina geodomena je relativno mala i iznosi oko 3,5 m. Jadaritska mineralizacija se javlja u vidu karakteristično krupnih nodula (prečnika i do 8 mm), koje su u zapadnom delu i krupnije (oko 1 cm) u okviru slabo vezanog, tamno sivog, peščara (slika 3.2.12.).



Slika 3.2.12. Karakteristični izgled nabušenog jezgra iz geodomena 350 (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen **345** je litološki paket predstavljen preslojavanjem tamno sivih glinaca i braonkastih laporaca (slika 3.2.13.). Prosečna debljina paketa je oko 8 m. Jadaritska mineralizacija je zastupljena sa pojedinačnim nodulama jadarita, a u delu ležišta sa natrijskim boratuma se javljaju kernit, ezkurit i boraks.



Slika 3.2.13. Karakteristični izgled nabušenog jezgra iz geodomena 345 (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen **340** je litološki paket predstavljen sedimentnim brečama. Breče su polusortirane, izgrađene od metapeščarskih i granitoidnih klasta (slika 3.2.14.). Debljina paketa varira, od nekoliko centimetara do nekoliko desetina metara, prosečno oko 15 m. Mineralizacija jadarita se javlja u vidu nodula, a u centralnom delu ležišta količina jadaritskih nodula skoro da "maskira" litološko-tekturne osobine same breče. Pored jadarita javlja se i sirlezit, a u delu ležišta sa natrijskim boratima prisutni su i kernit, ezkurit i boraks.

Geodomen **330** je litološki paket koji je u centralnom delu ležišta predstavljen smenom tamno sivog glinca i braonkastog laporca, sa izraženom slojevitošću i laminacijom (slika 3.2.15.). Paket nije razvijen u istočnim i zapadnim delovima ležišta. Mineralizacija jadarita se javlja u vidu pojedinačnih nodula. Prosečna debljina paketa je oko 10 m.



Slika 3.2.14. Karakteristični izgled nabušenog jezgra iz geodomena 340 (Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen **315** je litološki paket koji obuhvata sve litološke jedinice nabušene ispod geodomena 320, pa do podine basena. Paket počinje smenom laporaca i glinaca, a nastavlja se tamno sivim, klastičnim sedimentima: alevrolitima, krupnozrnim peščarima i brečo-konglomeratima. Kako podina basena nije nabušena u centralnom delu ležišta, nije moguće proceniti debljinu paketa. U nekoliko istraženih bušotina, u centralnom delu ležišta, konstatovana je mineralizacija jadarita, koji se javlja u vidu pojedinačnih nodula.



Slika 3.2.15. Karakteristični izgled nabušenog jezgra iz geodomena 330 (Misailović, Tanasković, 2020).

3.2.2. Oblik i veličina ležišta

Posmatrano u planu, ležište Jadar zahvata površinu od oko 12 km². 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.

Prema prostornom položaju, ležište B i Li Jadar je vezano za jezerske miocenske sedimente Jaderskog 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).

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, fino-zrnih 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 debljine.

Horizont ima sočivasto-izduženi oblik, promenljive je debljine, a zbog čestih raslojavanja i isklinjavanja ne može se kontinuirano pratiti na većim rastojanjima. Sadržaj B_2O_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 B_2O_3 (od 6 do 15%; srednji sadržaj 7,9 %).

Nizak srednji sadržaj B_2O_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 fino-zrnih jezerskih sedimenata sa jadaritskom mineralizacijom. Mineralizacija jadarita, u vidu mm nodula, tj. sitnih zrna i žilica, najčešće se javlja u nekoliko stratigrafskih nivoa ovog horizonta. Debljina gornjeg jadaritskog horizonta 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. To je najverovatnije posledica samih ležišnih fizičko-hemijskih uslova, kao i turbulentnih kretanja pri procesu sedimentacije i dinamičkih kretanja usled istezanja ili kompresije tokom razvića sedimentacionog basena i njegovog uobličavanja.

Rezultati izvedenih geoloških istraživanja pokazuju da je gornji jadaritski horizont razvijen na površini od oko 9 km². Srednji sadržaj korisnih komponenti u gornjem jadaritskom horizontu na osnovu rezultata hemijskih analiza pojedinačnih proba iz svih istražnih bušotina, iznosi 0,49 % Li_2O i 3,62 % B_2O_3 .

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 km². 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_2O i 9,88 % B_2O_3 (1,99 % $Li_2O_{ekv.}$).

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 km². 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_2O i 9,02 % B_2O_3 (1,76 % $Li_2O_{ekv.}$).

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 km². 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 % Li₂O i 6,88 % B₂O₃.

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 km², 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 % Li₂O i 9,16 % B₂O₃ (1,64 % Li₂O_{ekv.}).

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 km², 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 % Li₂O i 13,73 % B₂O₃ (2,28 % Li₂O_{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 km². 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 % B₂O₃ i 0,8 % Li₂O, 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 km², 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 B_2O_3 od 37,47 % i Li_2O 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 km² 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 % Li_2O i 14,67 % B_2O_3 (2,86 % $Li_2O_{ekv.}$).

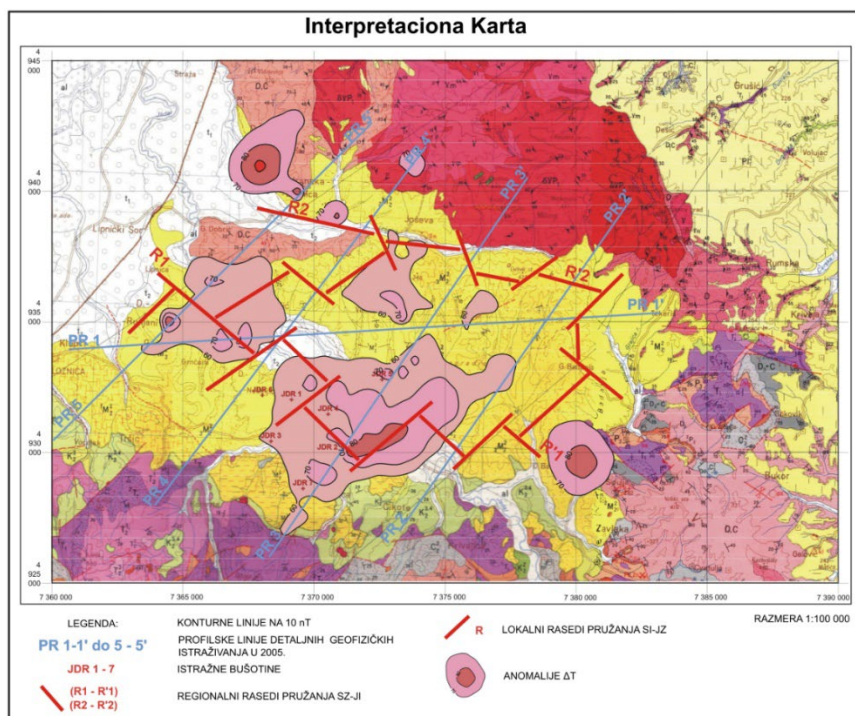
Rudno telo NaBo donjeg jadaritskog horizonta se izdvaja kao posebno rudno telo, u domenu rudnog tela 1, gde se jadaritska mineralizacija javlja u asocijaciji sa mineralizacijom Na borata (NaBo) od kojih su najzastupljeniji eskurit, kernit i boraks. Rudno telo NaBo egzistira kao glavno rudno telo i kao 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 km² (oko 0,283 km² glavno i oko 0,032 km² 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 % Li_2O i 37,47 % B_2O_3 (2,34 % $Li_2O_{ekv.}$).

Rudno telo 2 donjeg jadaritskog horizonta u planu zauzima površinu od oko 1,8 km² 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 % Li_2O i 10,47 % B_2O_3 (1,95 % $Li_2O_{ekv.}$).

3.2.3. Strukturna građa ležišta

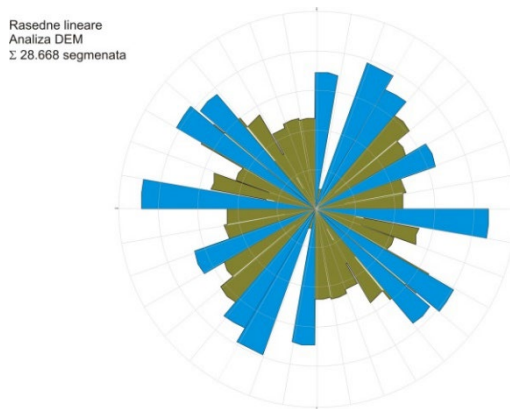
Ležište jadar formirano je u okviru Jaderskog basena neogene starosti u peripanonskom području. Ovaj basen izgrađuju donjomiocenske sedimentne tvorevine jezerskog razvića proslojene tufovima i srednjomiocenski marinski sedimenti.

Tektonika ležišta Jadar i područja jaderskog 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 3.2.16).



Slika 3.2.16. 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). Statističkom analizom definisana su dva osnovna pravca pružanja struktura (slika 3.2.17) u širem području ležišta Jadar.

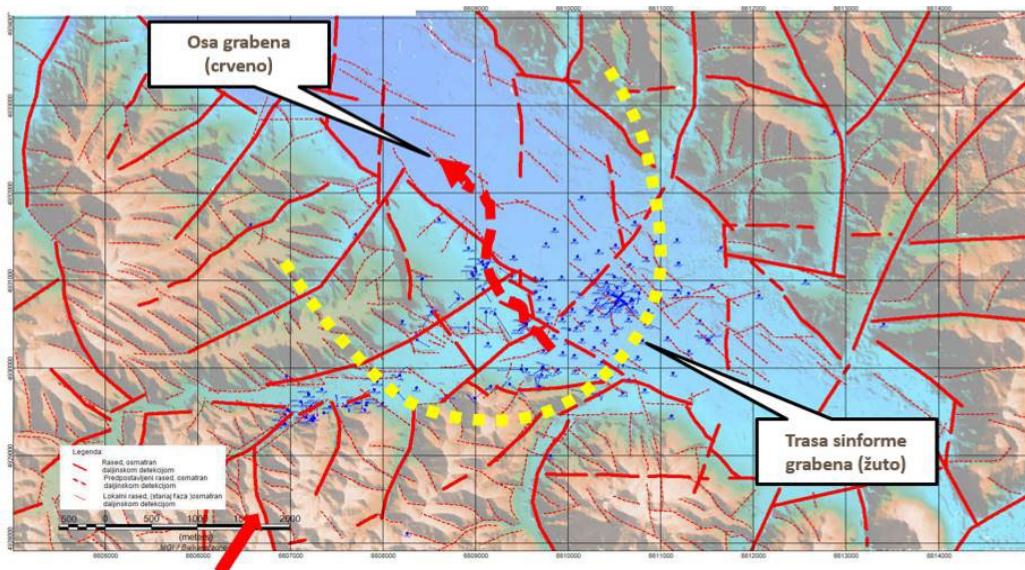


Slika 3.2.17. Rozeta pružanja, kumulativni prikaz svih strukturnih segmenata s predisponiranim pravcima pružanja (Misailović, Tanasković, 2020).

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. 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

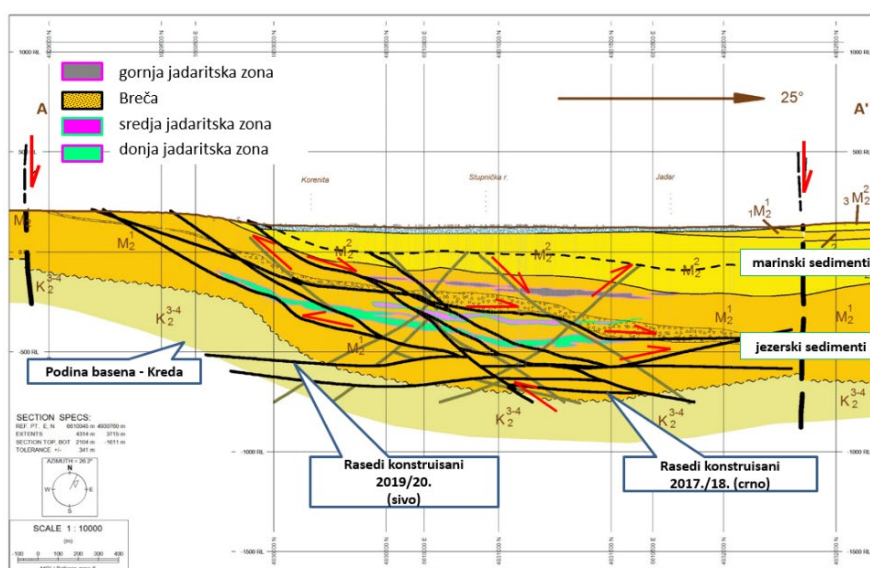
zona reljefa i markiranih regionalnih rasednih struktura, orijentisanih u dva glavna sistema pružanja SZ-JI i SI-JZ, kao i položaj sekundarnog grabena u odnosu na rasedne sisteme prikazani su na slici 3.2.18.



Slika 3.2.18. 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).

Tokom izvođenja istražnih radova, pored gravitacionih kretanja, utvrđeno je prisustvo reversnih i transkurentnih odnosa između relativno kretanih blokova u okviru ležišta Jadar. Ako se uzme u obzir reaktivacija ranije formiranih i aktivnih raseda, kao i nastanak novih ruptura pri uslovima regionalne kompresije orijentisane pravcem SI-JZ tokom poslednje pliocensko-kvartarne (PI-Q) deformacione faze, reversna rasedanja su u okviru miocenskih naslaga najverovatnije obavljena po strukturama pravca pružanja SZ-JI, dok su transkurentna kretanja verovatno vezana za rupturne strukture sa pravcem pružanja SI-JZ, čime je finalno uobličen današnji sklop celokupnog Jaderskog basena i ležišta Jadar.

Na osnovu podataka dobijenih istražnim bušenjem, kao i rezultatima dobijenih procesom modelovanja konceptualnim strukturnim modelom (slika 3.2.19.) možemo zaključiti da je debljina pojedinih lito-jedinica promenljiva u okviru područja istraživanja.



Slika 3.2.19. Profil kroz SM 3.2, Konceptualni Strukturni model (Misailović, Tanasković, 2020).

3.2.4. Hidrološke karakteristike područja ležišta

U hidrološkom smislu, vodeni tokovi jadarskog 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 km², asimetričnog je oblika, kojem je leva strana razvijenija, prostranija od desne strane (slika 3.2.20). 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).

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. 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.



Slika 3.2.20. Slivno područje Jadra, sa granicom istražnog područja i sa položajem mernih stanica Zavlaka i Lešnica (Misailović, Tanasković, 2020).

3.2.5. Hidrogeološke karakteristike ležišta

Prema hidrogeološkim karakteristikama i kolektorskim svojstvima stena, u *hidrogeološkom* smislu na širem području Jadarskog basena, izdvojeni su sledeći tipovi izdani (akvifera):

- Aluvijalne izdani,
- Karstne izdani,
- Pukotinske izdani i
- Izdani u miocenskom kompleksu.

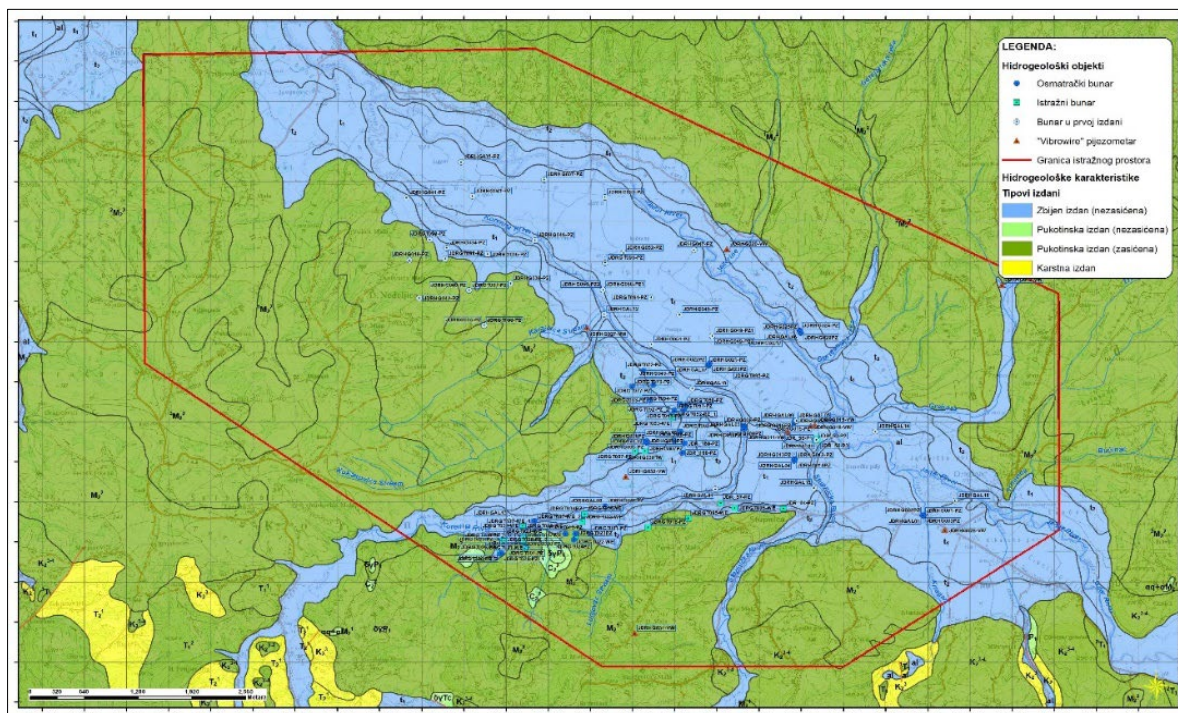
Pored toga, u istražnom području javljaju se i geološke formacije siromašne podzemnim vodama, koje su svrstane u bezvodne terene. Rasprostranjenje različitih tipova izdani na istražnom prostoru Jadra prikazani su na slici 3.2.21.

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).

Hidrogeološki parametri zastupljenih litoloških jedinica određeni su na osnovu terenskih istraživanja primenom testova crpenja na hidrogeološkim objektima (bunarima i piježometrima) 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.



Slika 3.2.21. Rasprostranjenje tipova izdani u dolini reka Jadar, Korenita i Stupnica (Misailović, Tanasković, 2020).

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

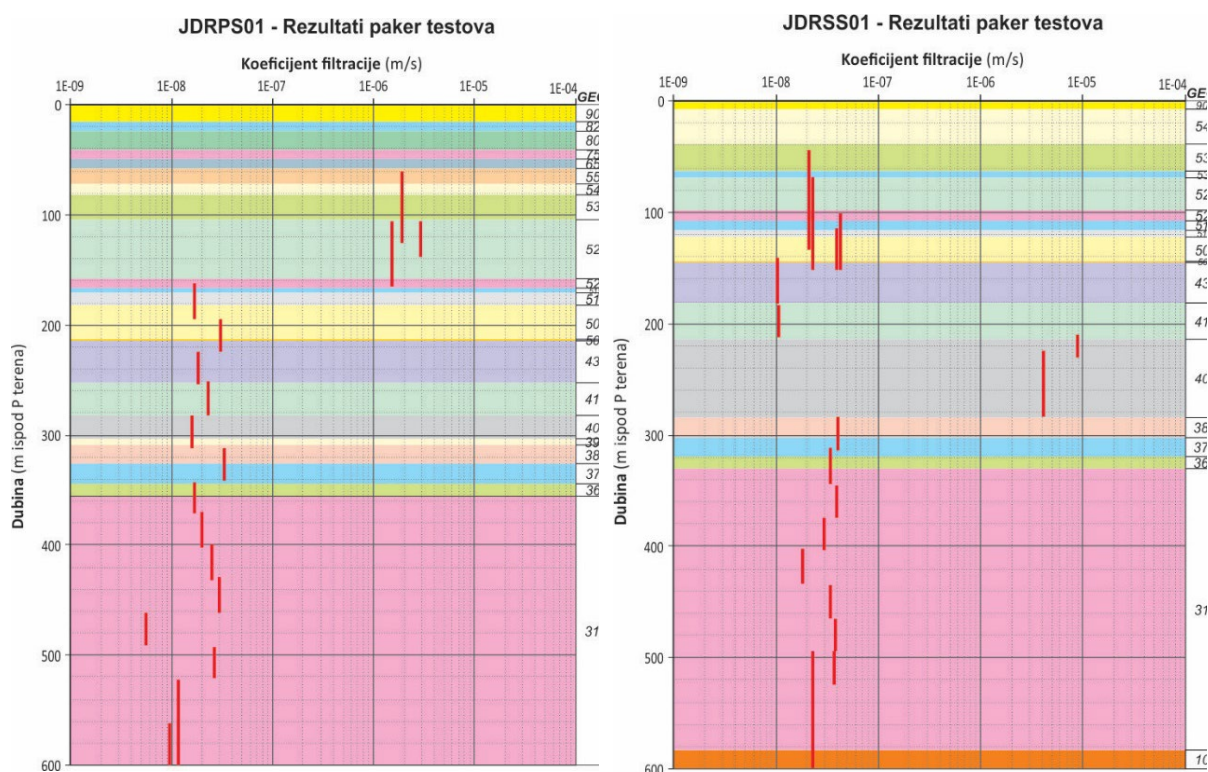
Hidrogeološka jedinica	Litološke karakteristike	Tip izdani	Relativna vodopropusnost	Debljina (m)
Aluvijon	Pesak, glina, šljunak	Zbijeni, sa slobodnim nivoom	Srednja - visoka	10 - 15
Miocenska marinska jedinica	Glini, alevroliti, peščari, laporci	Pukotinski, pod pritiskom	Niska	30 - 300
Miocenska tranziciona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

* Debljina mezozojskih i paleozojskih stena u podini ležišta nije definisana

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

Hidrogeološka jedinica	Svi testovi	Jezerski finožrni sedimenti	Breče	Glavne strukture		
				Sve jedinice	U brečama	U finožrnim 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 koeficijenta 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 ispucalih breča u bušotini JDRSS01, koje pripadaju geodomenu 405. Za ostale hidrogeološke jedinice, izgrađene od pretežno finožrnih jezerskih sedimenata, dobijeni su koeficijenti filtracije reda veličine 10^{-8} m/s (slika 3.2.22).

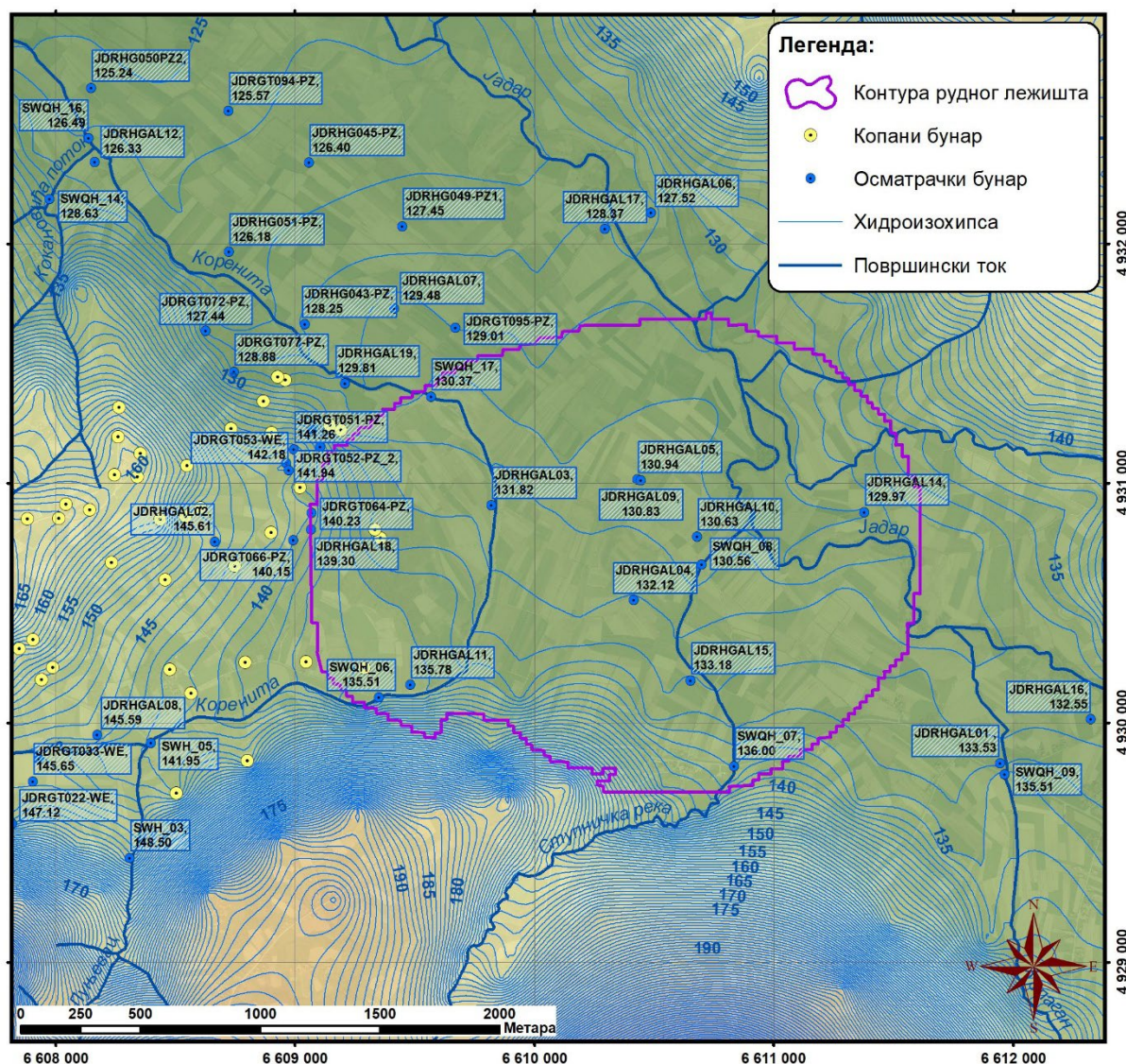


Slika 3.2.22. Koeficijenti filtracije dobijeni paker-testovima na bušotinama na lokacijama predloženih rudarskih okana (JDRPS01 – izvozno okno; JDRSS01 – ventilaciono okno) (Misailović, Tanasković, 2020).

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 3.2.23). 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 Jadra 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 Jadra i Korenite.



Slika 3.2.23. Nivoi podzemnih voda prve izdani (Misailović, Tanasković, 2020).

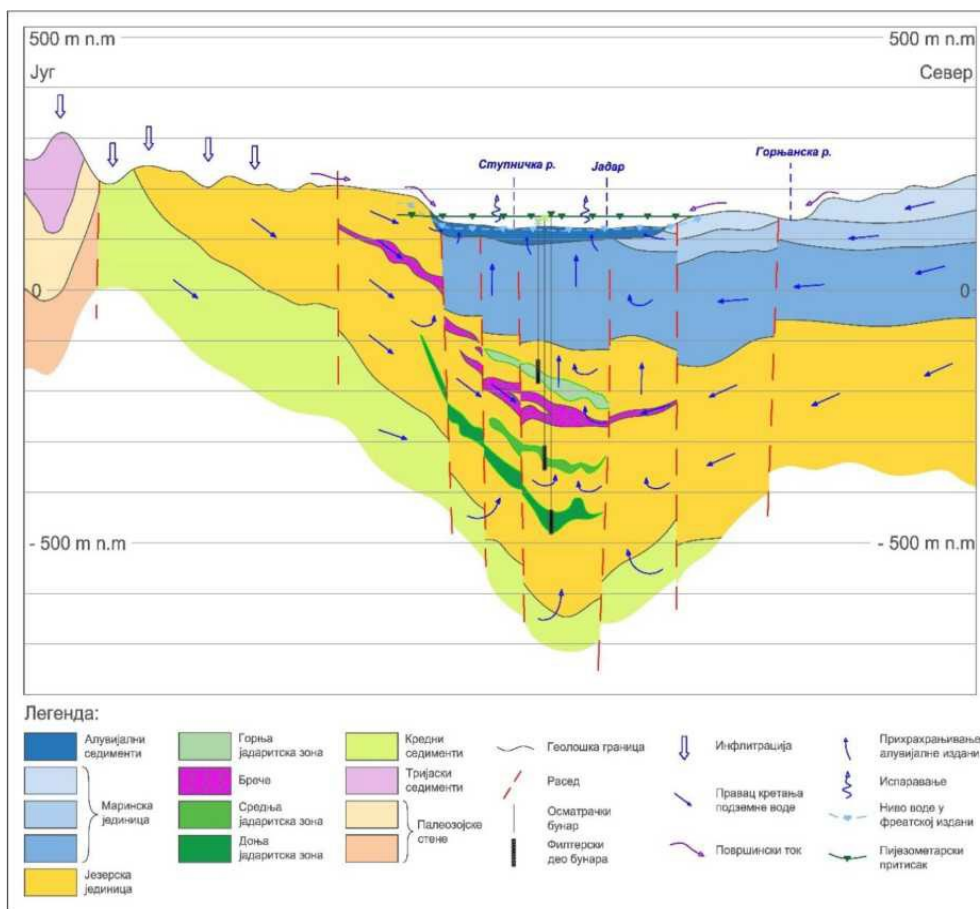
Na osnovu merenja nivoa podzemnih voda na osmatračkim bunarima i *vibro-wire* pijezometrima napravljena je **karta pijezometarskog pritiska u nivou donjeg jadaritskog horizonta**. Na bazi dobijene karte može se zaključiti da regionalni pravac kretanja podzemnih voda u dubljim delovima jezerske jedinice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

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

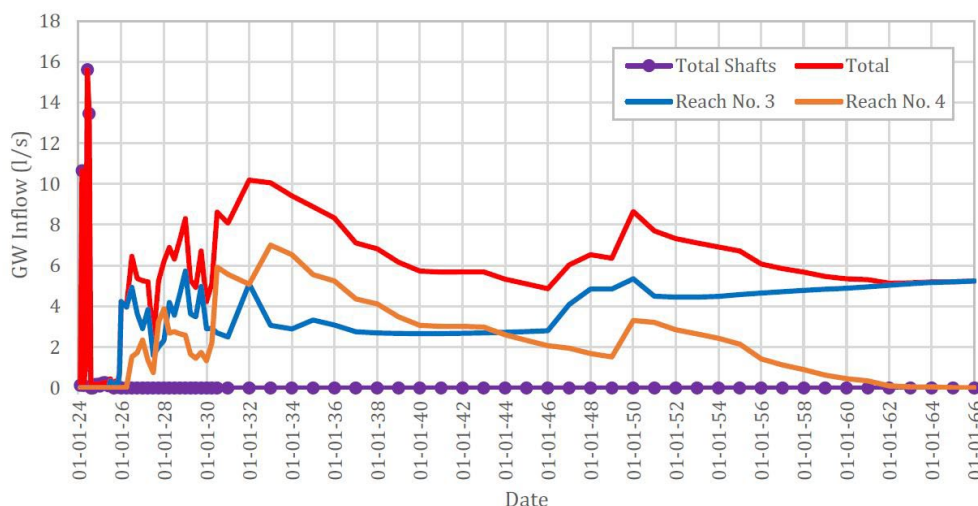
u gornjem jadaritskom horizontu i aluvijona najčešće oko 3%. Niže vrednosti gradijenata između srednjeg i gornjeg jadaritskog horizonta su verovatno rezultat prisustva izdani u brečama (domen 525). Više vrednosti vertikalnog gradijenta između gornjeg jadaritskog horizonta i aluvijalne izdani se rezultat 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 3.2.24.). 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 3.2.26. Rezultati analize neodređenosti modela ukazuju da su najviši očekivani prilivi do 10,2 l/s, u osmoj godini rada, dok srednje vrednosti priliva iznose 4,8 l/s.



Slika 3.2.24. Konceptualni hidrogeološki profil ležišta Jadar, jug-sever (Misailović, Tanasković, 2020).



Slika 3.2.25. Procena priliva podzemnih voda u rudarske radove (2024 –2066) (RGF, 2022).

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 jezgru gotovo svih izvedenih istražnih bušotina. Najuočljivije su kod laminiranih slojeva - laporaca i glinaca. Razlomne deformacije, kao posledica radijalnih-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 izdrobljene zone u brečo-konglomeratima, kao i u laminiranim slojevima (drugih sedimentnih facija), u vidu vertikalnih do subvertikalnih diskontinuiteta, sa vidljivim tragovima kretanja.

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/m³, 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 pritiskne čvrstoće. Stepenn ispugalosti (RQD) ovih sedimenata 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.

Inženjersko-geološke i geotehničke karakteristike sedimenata ležišta B i Li Jadar (DJH) mogu se označiti kao relativno povoljne do povoljne za potrebe otkopavanja rezervi i izgradnje i razvoja budućeg podzemnog rudnika. 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 pritisknih čvrstoća određenih u laboratoriji pokazuju da sedimenti jadarskog basena generalno pripadaju kategorijama mekih do srednje tvrdih stena (od 1 do 40 Mpa).

Procena čvrstoća sedimenata koji učestvuju u građi ležišta B i Li, urađena je na osnovu laboratorijskih, terenskih i empirijskih analiza. Na jezgru dobijenom istražnim bušenjem urađen je čitav niz laboratorijskih i in situ testiranja sa ciljem procene i kvantifikacije fizičko- mehaničkih geotehničkih svojstava: Jednoaksijalni i triaksijalni testovi čvrstoće, Testovi drobljivosti, Brazilski testovi čvrstoće na zatezanje, Testovi direktnog smicanja, Testovi

abrazivnosti uzoraka jezgra stena. Ovde se prikazuju rezultati laboratorijskih testova na uzorcima uzetim iz donjeg horizonta sa jadaritom, a geotehnički testovi su rađeni na uzorcima u celom ležištu (Tabela 3.2.3.).

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

GEODOMEN	Srednja vrednost jednoaksijane pritise čvrstoće UCS (Mpa)	Moduli elastičnosti dobijeni preko UCS		Modul elastičnosti dobijen Triaksijalnim	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/m3)
		E (GPa) - Jungov modul - prosečan	Poisson's ratio - prosečan	E (GPa) - Jungov modul - 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

Strukturne karakteristike ležišta, tačnije prisustvo različitih genetski klasifikovanih rasednih i pukotinskih sistema ima veliki uticaj na inženjersko-geološku sliku u samom ležištu i veliki uticaj na osobine radne sredine na lokacijama planiranih rudarskih radova. Postoje jasni indikatori da je ležište u geološkoj istoriji bilo izloženo kako regionalnim tako i lokalnim tektonskim aktivnostima, a kao rezultat svega, danas, na osnovu dosadašnjih geoloških istraživanja prepoznati su regionalni rasedni sistemi, sa pravcima pružanja severozapad - jugoistok, i severoistok - jugozapad.

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. Može se reći da u ležištu Jadar, takvih pojava ima, i na njih treba računati, međutim iz ove perspektive, razumljivo i teško je očekivati da se takve zone sa velikom preciznošću mogu strukturnim modelom definisati u razmeri tipične rudarske prostorije ili hodnika.

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. Osim navedenog, brojni hidrogeološki testovi sprovedeni upotrebom pakera u velikom broju slučajeva potvrdili su ovu pretpostavku.

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 bušačeg pribora, što upućuje da je

kvalitet stenske mase, izražen preko indeksa ispucalosti RQD, *in situ* veći od zabeleženog prilikom geotehničkog kartiranja jezgra. Svakako da je na strani sigurnosti bolje usvojiti malo konzervativnije parametre ispucalosti prilikom klasifikovanja stenske mase.

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

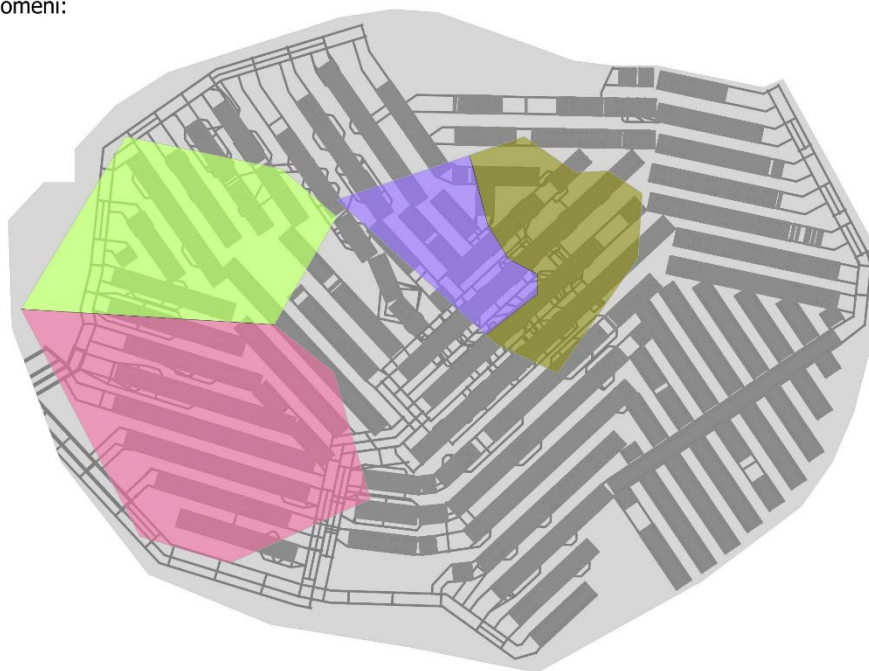
Geodomen	RQD				Učestalost pukotina/m				GSI				Q				RMR			
	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja vrednost	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja vrednost	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja vrednost	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja vrednost	1. kvartil	Medijalni	3. kvartil	Srednja vrednost
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

Geotehnički domeni su izdvojeni na osnovu karakteristika stena područja planiranog za eksploataciju i lateralni razvoj, pre svega u prvih 5 godina rada rudnika. Slika 3.2.26. prikazuje područja koja su razmatrana. Geotehničke zone pokrivaju samo Donji Jadaritski Horizont (DJH). Definisano je pet geotehničkih zona:



Geotehnički domeni:

- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3
- Zona 4
- Zona 5



Slika 3.2.26. 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).

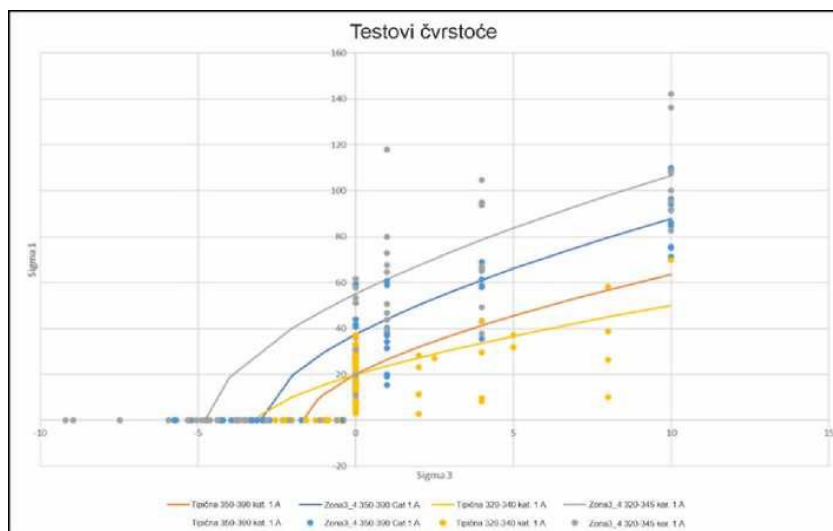
Zona 1 (zeleno) nalazi se u okviru područja samog početka eksploatacije i definisana je rasedima koji se svi pružaju približno po pravcu istok zapad, ali imaju pad u suprotnim smerovima.

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. Eksploatacija planirana u kasnijoj fazi razvoja rudnika omogućiće 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 3 i 4 su više od proseka. To se tumači pre svega činjenicom da se zone 3 i 4 nalaze u najdubljem delu ležišta. Na Slici 3.2.27. dat je dijagram napona, na kome su naneti rezultati triaksijalnih opita, kao i jednoaksijalna čvrstoća (kao $a_3=0$).

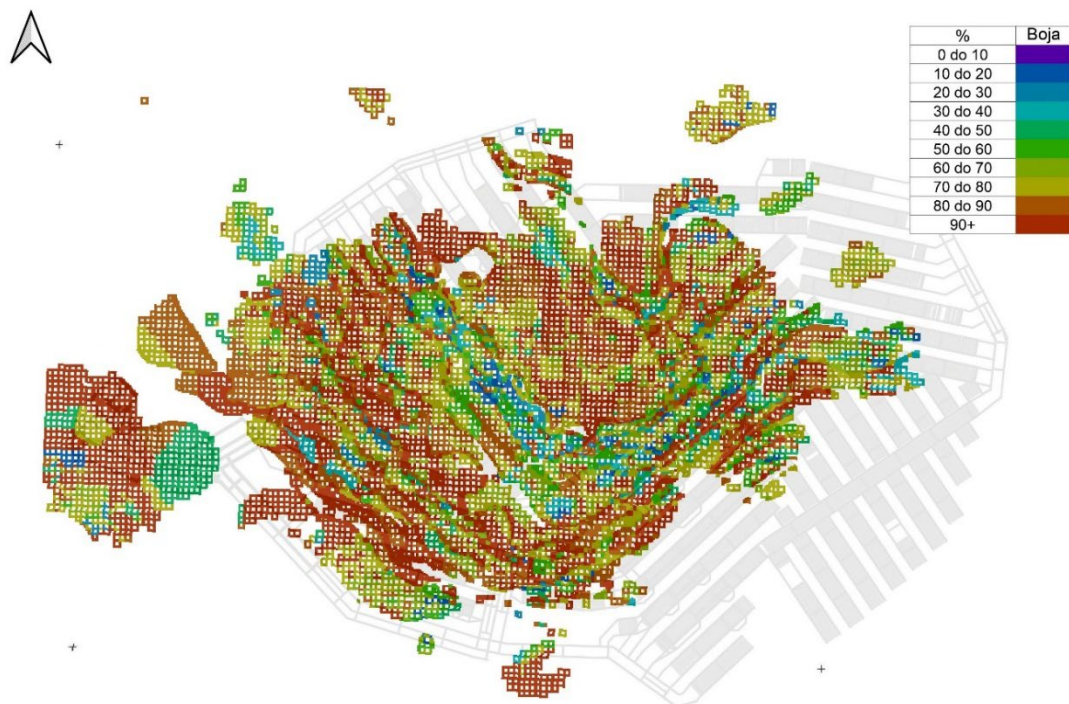


Slika 3.2.27. Dijagram napona po geotehničkim zonama (Misailović, Tanasković, 2020).

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. Na Slici 3.2.28. dat je prikaz geotehničkog blok modela budućeg rudnika, dobijen na osnovu parametara indeksa Q.

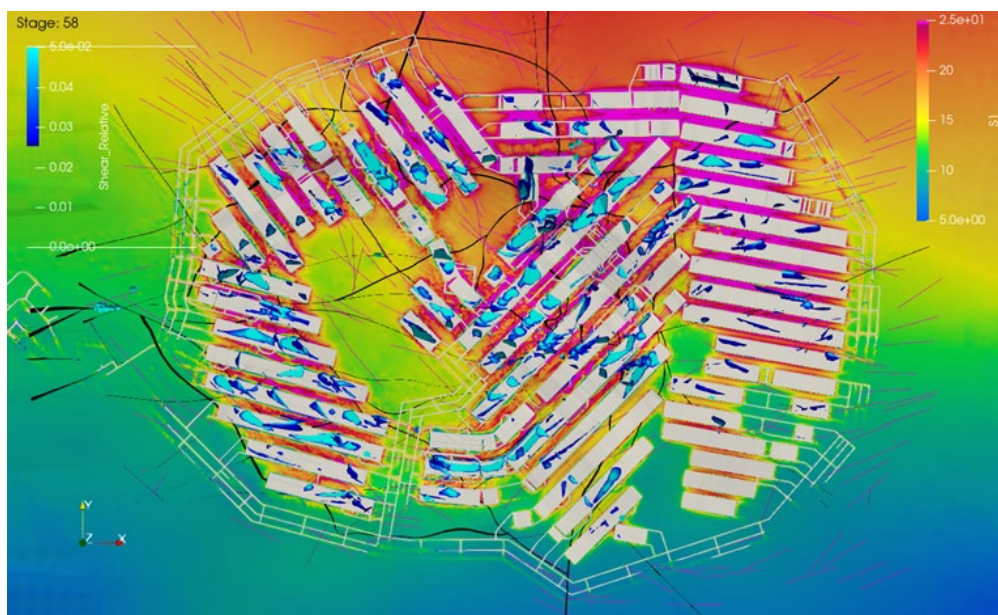
Model simulacije pukotinskih sistema (*SRM - Synthetic Rock Mass Model*) - razvijen je da bi se simuliralo ponašanje ispucale stenske mase u maloj razmeri. Korišćena je kocka dimenzija 1,0 x 1,0 metara. Ocenjeno je da je za izradu modela u manjoj razmeri (razmera izrade rudarskih prostorija - Tunela), 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.

Geološki indeks čvrstoće GSI – predstavlja 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.



Slika 3.2.28. Prikaz geotehničkog blokmodela u maloj razmeri (crveno - područja loših geotehničkih karakteristika; zeleno - područja dobrih geotehničkih karakteristika) (Misailović, Tanasković, 2020).

Hoek-Brown Global u kombinaciji sa Geološkim indeksom čvrstoće (Srednji 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 3.2.29. Proračun je pokazao da je razvoj rudnika u ovim geološkim i geotehničkim uslovima izazovan, ali da je tehnički izvodljiv i bezbedan.



Slika 3.2.29. Prikaz naponskog stanja u zaštitnim stubovima na kraju veka rudnika (Misailović, Tanasković, 2020).

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) rudnjeni prostor iznad produktivnog dela ležišta (s obzirom na niske sadržaje i nepovoljne uslove pojavljivanja, za sada nije označen kao ekonomski interesantan).

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. Ležišta Jadar, je nakon istraživanja, definisano kao jedinstven ekonomski tip ležišta (*world class deposits*).

3.3.2. Mineralni sastav

Mikroskopskim ispitivanjima utvrđeni su sledeći minerali: novootkriveni mineral jadarit ($\text{LiNaSiB}_3\text{O}_7(\text{OH})$) do tada nepoznat stručnoj javnosti, kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), uleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), eskurit ($\text{Na}_4\text{B}_{10}\text{O}_{17} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sirlezit ($\text{NaBSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$), probertit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), kernit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), tinkalkonit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), haulit ($\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{B}_{10}\text{O}_{23} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), kalcit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

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.

(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 zeolit.

(d) *Ostali minerali u okviru jadaritske rude* - 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.

(e) *Ostali potencijalno ekonomski interesantni minerali u okviru jadaritske rude* obuhvataju: gips i anhidrit.

(f) *Nepoželjni minerali u ležištu Jadar* nisu konstatovani. U nabušenom jezgru basenskih sedimenata nisu opservirani silikatni minerali vlaknaste ili azbestne forme.

Detaljan prikaz sadržaja jadarita i drugih bornih minerala, tekstura jadarita, kao i ostalih detektovanih minerala, poređanih po opadajućem redosledu po 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	Jadartit, sirlezit, uleksit/probertit	Deformisane nodule (Mozaična)	Dolomit, feldspati, muskovit, biotit, kalcit, gline, gvožđe sulfidi, analcim/natrolit
380	Jadartit, sirlezit, uleksit/probertit	Nodule	Muskovit, biotit, feldspati, dolomit, gline, analcim/natrolit, ankerit, kalcit, gvožđe sulfidi
	Jadartit	Žice	Muskovit, biotit, feldspati, analcim/natrolit, dolomit, gline, ankerit, kalcit, gvožđe sulfidi
370	Jadartit, sirlezit, uleksit/probertit	Nodule	Muskovit, biotit, feldspati, analcim, hlorit, dolomit, natrolit, gvožđe sulfidi, magnezit, gline
360	Jadartit, uleksit	Žice	Dolomit, natrolit, muskovit, biotit, Li-smektit, hlorit, ankerit, magnezit, analcim, litijum fosfat, gvožđe sulfidi
	Jadartit, uleksit	Nodule	Dolomit, natrolit, muskovit, biotit, Li-smektit, hlorit, ankerit, magnezit, analcim, litijum fosfat, gvožđe sulfidi
	Jadartit, eskurit, kernit, tinkalkonit, "veatchite"	Nodule	Dolomit, natrolit, muskovit, biotit, ankerit, gvožđe sulfidi
350	Jadartit, uleksit, probertit	Nodule (tamnosive boje)	Muskovit, natrolit, analcim, biotit, dolomit, ankerit, smektit, hlorit, gvožđe sulfidi
345	Jadartit, probertit	Nodule	Analcim, muskovit, ankerit, dolomit, biotit, gvožđe sulfid, apatit
	Jadartit, probertit	Žice	Analcim, muskovit, ankerit, dolomit, biotit, gvožđe sulfid, apatit
340	Jadartit, probertit	Promenljiva: zakrpe, masivna, krupno do finožrnasta	Muskovit, analcim, biotit, hlorit, feldspati, dolomit, kvarc, gvožđe sulfidi, apatit
	Jadartit, probertit, sirlezit	Krupne nodule / žice	Muskovit, biotit, feldspati, kvarc, dolomit, ankerit, analcim, smekti, apatit, gvožđe sulfidi
330	Jadartit, sirlezit	Žice	Analcim, muskovit, biotit, feldspati, dolomit, ankerit, smektit, gvožđe sulfidi
	Jadartit	Nodule	Muskovit, analcim, biotit, feldspati, ankerit, dolomit, hlorit, gvožđe sulfidi
320	Jadartit	Sitne nodule	Analcim, natrolit, muskovit, ankerit, dolomit, kalcit, biotit, hlorit, smektit

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

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% $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}}$). 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)

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.

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

Statistički parametar DJH	Komponenta											
	Li_2O %	B_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	Na_2O %	K_2O %	MnO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	P_2O_5 %	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

Odnos glavnih korisnih komponenti (Li i B) i drugih analiziranih elemenata u pogledu međusobne zavisnosti, na osnovu rezultata hemijskih analiza svih pojedinačnih proba u okviru DJH, je prikazan kroz matricu korelacije (Tabela 3.3.3).

Tabela 3.3.3 Matrica korelacije sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u DJH (Misailović, Tanasković, 2020).

Matrica korelacije DJH	Li_2O %	B_2O_3 %	Fe_2O_3 %	CaO %	MgO %	Na_2O %	K_2O %	MnO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	P_2O_5 %	SrO %
Li_2O %	1,00											
B_2O_3 %	0,70	1,00										
Fe_2O_3 %	-0,54	-0,63	1,00									
CaO %	0,06	-0,10	-0,38	1,00								
MgO %	0,21	-0,02	-0,55	0,83	1,00							
Na_2O %	0,54	0,88	-0,40	-0,31	-0,23	1,00						
K_2O %	-0,64	-0,62	0,70	-0,23	-0,37	-0,62	1,00					
MnO %	-0,57	-0,70	0,81	-0,22	-0,32	-0,55	0,71	1,00				
Al_2O_3 %	-0,56	-0,64	0,97	-0,50	-0,64	-0,40	0,74	0,79	1,00			
SiO_2 %	-0,47	-0,55	0,57	-0,71	-0,67	-0,34	0,51	0,53	0,70	1,00		
P_2O_5 %	0,08	0,04	-0,01	0,11	0,05	0,03	-0,07	-0,01	-0,05	-0,12	1,00	
SrO %	0,23	0,08	-0,57	0,75	0,87	-0,14	-0,40	-0,37	-0,64	-0,63	0,08	1,00

Na osnovu matrice korelacije uočava se izražena korelacija Li_2O i B_2O_3 (jadatit) kao i Na_2O B_2O_3 (natrijumsko borna minaralizaciju) a kod pratećih oksida se izdvaja korelacija Fe_2O_3 i Al_2O_3 , MnO i Fe_2O_3 , MnO i CaO kao i MgO i CaO . Uočljiva je i negativna korelacija MnO i B_2O_3 , SiO_2 i CaO kao i SiO_2 i MgO .

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 km² sa srednjom debljinom od oko 16 m, a u domenu bušotina JDRGS007, JDRPQ014 i JDRHG018 njegova debljina dostiže i 50 m.

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 % Li₂O i 14,67 % B₂O₃ (2,86 % Li₂O_{ekv.}); 3,59 % Fe₂O₃; 8,02 % CaO; 6,58 % MgO; 6,46 % Na₂O; 2,09 % K₂O; 0,06 % MnO; 9,33 % Al₂O₃ i 28,5 % SiO₂.

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 natijumskih borata (NaBo) od kojih su najzastupljeniji eskurit, kernit i boraks. Rudno telo NaBo u planu zahvata površinu od oko 0,31 km² (oko 0,283 km² glavno i oko 0,032 km² 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 % Li₂O i 37,47 % B₂O₃ (2,34 % Li₂O_{ekv.}); 1,72 % Fe₂O₃; 3,56 % CaO; 2,48 % MgO; 14,98 % Na₂O; 1,26 % K₂O; 0,02 % MnO; 4,49 % Al₂O₃ i 12,54 % SiO₂.

Rudno telo 2 donjeg jadaritskog horizonta (interval povišene mineralizacije) u planu zauzima površinu od oko 1,8 km² sa srednjom debljinom od oko 6 m, pa do preko 15 m u centralnom delu ležišta, u domenu bušotina JDRGS008, JDRPQ003 i JDRGS004.

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 % Li₂O i 10,47 % B₂O₃ (1,95 % Li₂O_{ekv.}); 5,08 % Fe₂O₃; 7,10 % CaO; 4,97 % MgO; 6,09 % Na₂O; 2,64 % K₂O; 0,07 % MnO; 12,65 % Al₂O₃ i 32,45 % SiO₂.

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. Nulta-geološka kontura SJH u planu ima površinu od oko 8 km². 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 3.3.4.

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

Statistički parametar SJH	Komponenta											
	Li ₂ O %	B ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	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

Odnos glavnih korisnih komponenti (Li i B) i drugih analiziranih elemenata u spoljnoj konturi SJH je prikazan kroz matricu korelacije (Tabela 3.3.5).

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

Tabela 3.3.5. Matrica korelacije sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u SJH (Misailović, Tanasković, 2020).

Matrica korelacije SJH	Li ₂ O %	B ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	SrO %
Li ₂ O %	1,00											
B ₂ O ₃ %	0,72	1,00										
Fe ₂ O ₃ %	-0,50	-0,49	1,00									
CaO %	0,04	-0,07	-0,41	1,00								
MgO %	0,04	-0,27	-0,39	0,73	1,00							
Na ₂ O %	0,61	0,85	-0,42	-0,34	-0,39	1,00						
K ₂ O %	-0,52	-0,47	0,81	-0,24	-0,35	-0,55	1,00					
MnO %	-0,48	-0,56	0,68	-0,08	-0,06	-0,53	0,65	1,00				
Al ₂ O ₃ %	-0,54	-0,50	0,95	-0,59	-0,54	-0,34	0,79	0,62	1,00			
SiO ₂ %	-0,41	-0,41	0,42	-0,79	-0,60	-0,10	0,33	0,23	0,64	1,00		
P ₂ O ₅ %	0,01	-0,04	0,13	0,08	0,03	-0,07	0,10	0,10	0,07	-0,11	1,00	
SrO %	0,14	-0,01	-0,57	0,69	0,69	-0,14	-0,44	-0,26	-0,66	-0,54	0,03	1,00

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 km², 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 % Li₂O i 9,16 % B₂O₃ (1,64 % Li₂O_{ekv.}); 3,85 % Fe₂O₃; 9,52 % CaO; 7,88 % MgO; 3,97 % Na₂O; 3,61 % K₂O; 0,07 % MnO; 10,00 % Al₂O₃ i 29,43 % SiO₂.

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 km², 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 % Li₂O i 13,73 % B₂O₃ (2,28 % Li₂O_{ekv.}); 2,74 % Fe₂O₃; 11,16 % CaO; 6,42 % MgO; 4,77 % Na₂O; 3,35 % K₂O; 0,06 % MnO; 7,59 % Al₂O₃ i 27,40 % SiO₂.

3.3.3.1.3 Sadržaji u Gornjem Jadaritskom Horizontu (GJH)

Gornji jadaritski horizont, se u stratigrafskom smislu gledano nalazi u okviru litoloških paketa - geodomena numerisanih od 505 do 750. GJH u planu zahvata površinu od oko 9 km². 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 3.3.6.

Tabela 3.3.6. Statistički parametri sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u GJH (Misailović, Tanasković, 2020).

Statistički parametar GJH	Komponenta											
	Li ₂ O %	B ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	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

Odnos glavnih korisnih komponenti (Li i B) i drugih analiziranih elemenata u spoljnoj konturi GJH je prikazan kroz matricu korelacije (Tabela 3.3.7).

Tabela 3.3.7. Matrica korelacije sadržaja litijuma, bora i glavnih oksida u GJH (Misailović, Tanasković, 2020).

Matrica korelacije GJH	Li ₂ O %	B ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	SrO %
Li ₂ O %	1,00											
B ₂ O ₃ %	0,84	1,00										
Fe ₂ O ₃ %	-0,37	-0,45	1,00									
CaO %	-0,01	0,01	-0,54	1,00								
MgO %	0,05	-0,04	-0,51	0,43	1,00							
Na ₂ O %	0,69	0,74	-0,31	-0,27	-0,18	1,00						
K ₂ O %	-0,40	-0,38	0,66	-0,31	-0,37	-0,46	1,00					
MnO %	-0,28	-0,40	0,52	-0,08	-0,19	-0,29	0,28	1,00				
Al ₂ O ₃ %	-0,42	-0,49	0,93	-0,64	-0,60	-0,30	0,71	0,42	1,00			
SiO ₂ %	-0,46	-0,52	0,60	-0,70	-0,59	-0,21	0,38	0,26	0,76	1,00		
P ₂ O ₅ %	0,02	0,00	-0,03	0,14	0,06	-0,03	-0,01	0,05	-0,07	-0,13	1,00	
SrO %	0,04	0,03	-0,56	0,54	0,81	-0,15	-0,39	-0,22	-0,63	-0,59	0,13	1,00

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 u okviru geodomena 550 i u planu zauzima površinu od oko 1,3 km². 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.

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 % Li₂O i 9,88 % B₂O₃ (1,99 % Li₂O_{ekv.}); 3,72 % Fe₂O₃; 10,32 % CaO; 3,90 % MgO; 4,80 % Na₂O; 3,21 % K₂O; 0,08 % MnO; 9,66 % Al₂O₃ i 35,14 % SiO₂.

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 km². 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 raslojeno 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 % Li₂O i 9,02 % B₂O₃ (1,76 % Li₂O_{ekv.}); 4,07 % Fe₂O₃; 9,09 % CaO; 3,34 % MgO; 4,71 % Na₂O; 3,67 % K₂O; 0,08 % MnO; 10,71 % Al₂O₃ i 36,82 % SiO₂.

3.3.3.2 Minimalni ekonomski i granični sadržaj

Minimalni ekonomski sadržaj korisnih komponenata (Li i B) u mineralnoj sirovini jedan je od najznačajnijih pokazatelja geološko-ekonomske ocene i ima presudnu ulogu u razdvajanju bilansnih i vanbilansnih rezervi (Janković, Milovanović, 1985). Minimalni ekonomski sadržaj 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. Pri određivanju minimalnog ekonomskog sadržaja moraju se uzeti u obzir svi proizvodni troškovi (istraživanja, eksploatacije, pripreme i primarne prerade, troškovi proizvodnje finalnih proizvoda itd.), stepen iskorišćenja korisnih komponenata kao i tržišna cena finalnih proizvoda (borne kiseline i litijum karbonata).

Jadaritska mineralna sirovina sadrži dve korisne komponente: Li i B, u fiksnom odnosu od 1 : 7 - $\text{Li}_2\text{O} : \text{B}_2\text{O}_3$, 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 % $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}} = \% \text{Li}_2\text{O} + (\% \text{B}_2\text{O}_3 / 19,6716)$ ili % $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}} = \% \text{Li}_2\text{O} + \% \text{B}_2\text{O}_3 \times 0,050835$.

Granični sadržaj, je najniži sadržaj korisnih komponenata Li i B, svedenih na $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}}$, 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 otoku jalovine posle tehnološke prerade (Janković, Milovanović, 1985).

Određeni minimalni ekonomski sadržaj korisne komponente od 1,39 % $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}}$, odnosno 1,03% Li_2O i 7,18 % B_2O_3 , se na bazi prodajne cene finalnih proizvoda (izvor CRU International limited, 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 $\text{Li}_2\text{O} = \text{Li}_2\text{CO}_3 \cdot 2,473$), 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 1,29 % $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}}$, odnosno 0,95 % Li_2O i 6,66 % 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 Jadar je 2,40 % $\text{Li}_2\text{O}_{\text{ekv}}$, odnosno 1,75 % Li_2O i 12,80 % B_2O_3 .

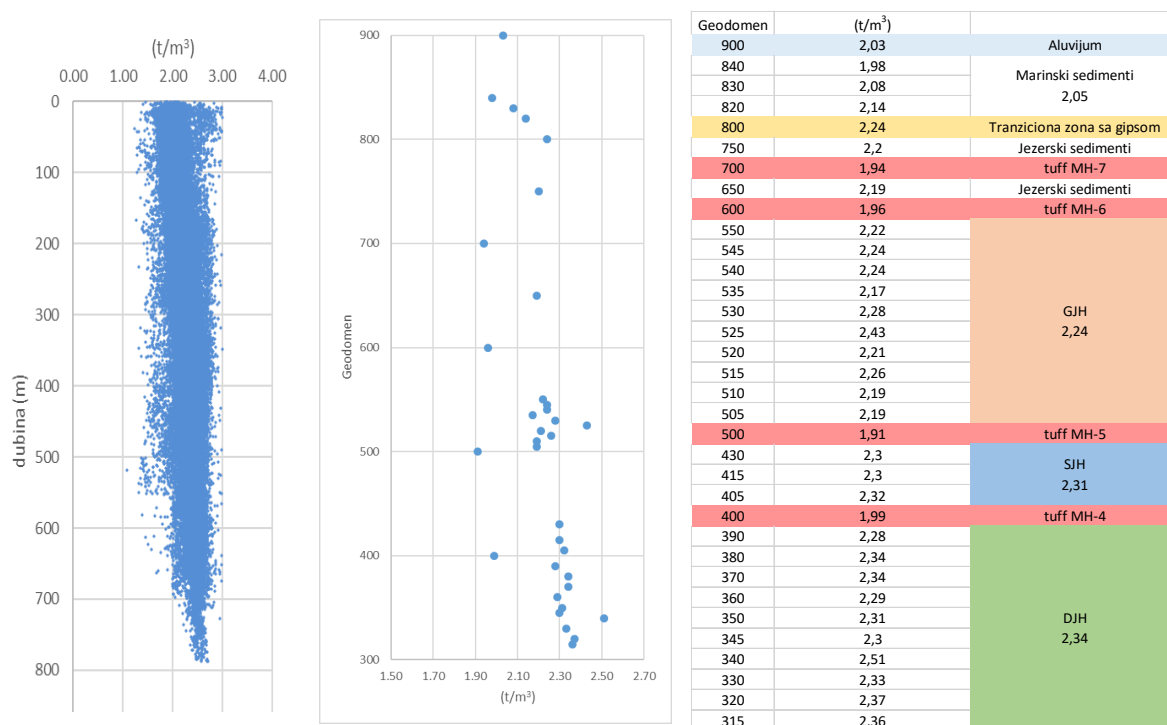
3.3.3.3 Zapreminska masa i sadržaj prirodne vlage

Zapreminska masa i sadržaj prirodne vlage su parametri koji su veoma značajni za proračun rezervi mineralne sirovine u ležištu Jadar, kao i proračuna rezervi korisnih komponenti. Zbog toga je određivanju zapreminske mase posvećena velika pažnja još u ranim fazama istraživanja i kontinuirano je vršena u okviru sistematske i standardne procedure rada sa nabušenim jezgrom iz istražnih bušotina. Određivanje zapreminske mase mineralne sirovine je u tesnoj vezi sa sadržajem prirodne vlage, pa se prema sadržaju vlage može iskazati kao zapreminska masa u prirodnom stanju (sa prirodnom vlagom) i u suvom stanju (bez prirodne vlage). Određivanje zapreminske mase je vršeno na pojedinačnim uzorcima nabušenog jezgra iz istražnih bušotina, nesertifikovanim metodama, odnosno opremi ručne izrade u kompanijskoj terenskoj laboratoriji kao i sertifikovanim metodama u akreditovanim laboratorijama. U okviru karotažnih merenja u istražnim bušotinama primenjena je i geofizička „Gama-Gama“ metoda kojom je određivana zapreminska masa u prirodnom stanju.

3.3.3.3.1 Zapreminska masa na osnovu proba jezgra

Merenje zapreminske mase jezgra iz istraţnih bušotina je vršeno na pojedinačnim uzorcima jezgra, koji su uzimani na metarskim intervalima. Samo merenje je vršeno prema Arhimedovom principu, nesertifikovanom metodom, odnosno opremom ručne izrade, u kompanijskom terenskom objektu.

Na slici 3.3.1. prikazane su vrednosti zapreminske mase jezgra, njihove srednje vrednosti za sve izdvojene geodomen (litološke pakete), kao i prosečno za jadaritske horizonte. Uočljivo je da vrednost zapreminske mase ima zavisnost sa dubinom, odnosno da su izmerene vrednosti veće u dubljim delovima ležišta.



Slika 3.3.1. Zapreminska masa uzoraka jezgra merena Arhimedovim principom (pojedinačna merenja i srednje vrednosti po geodomenima) (Misailović, Tanasković, 2020).

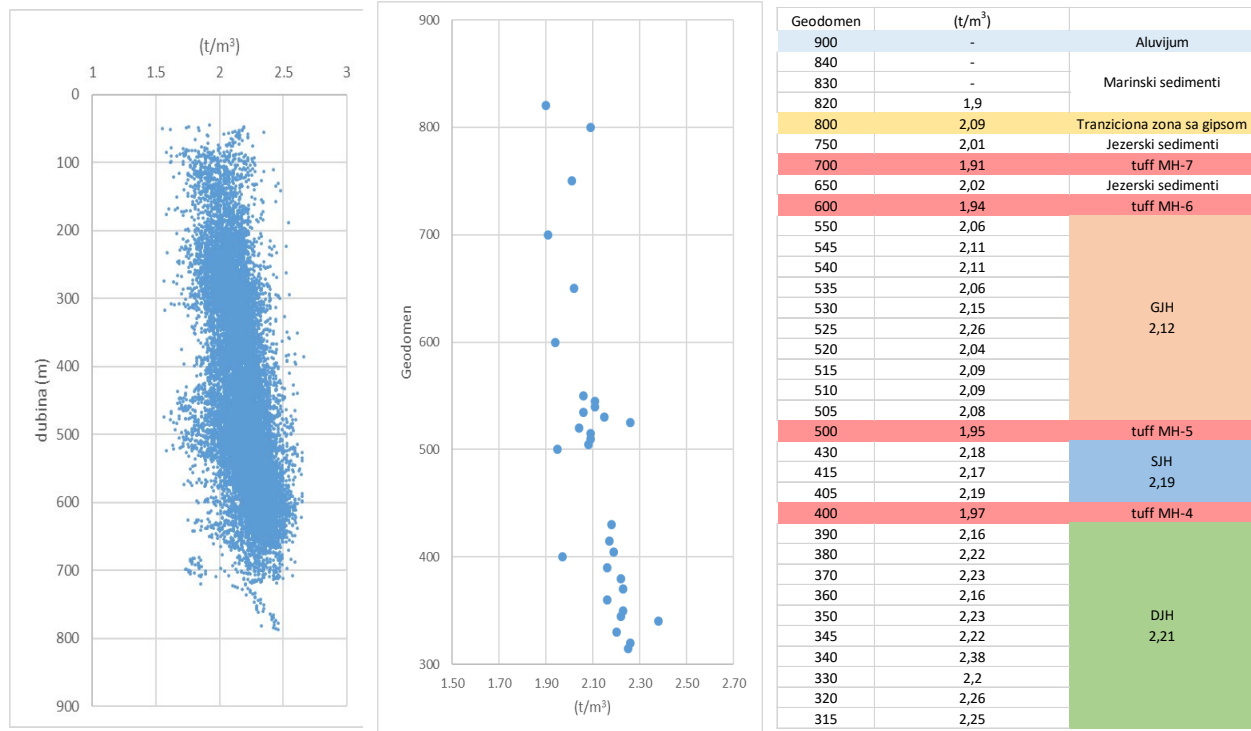
3.3.3.3.2 Zapreminska masa na osnovu pojedinačnih uzoraka jezgra za hemijske analize

Merenje zapreminske mase u suvom stanju, takođe nesertifikovanom metodom, odnosno opremom ručne izrade, vršeno je na pojedinačnim uzorcima jezgra za hemijske analize, u kompanijskoj terenskoj laboratoriji za pripremu uzoraka.

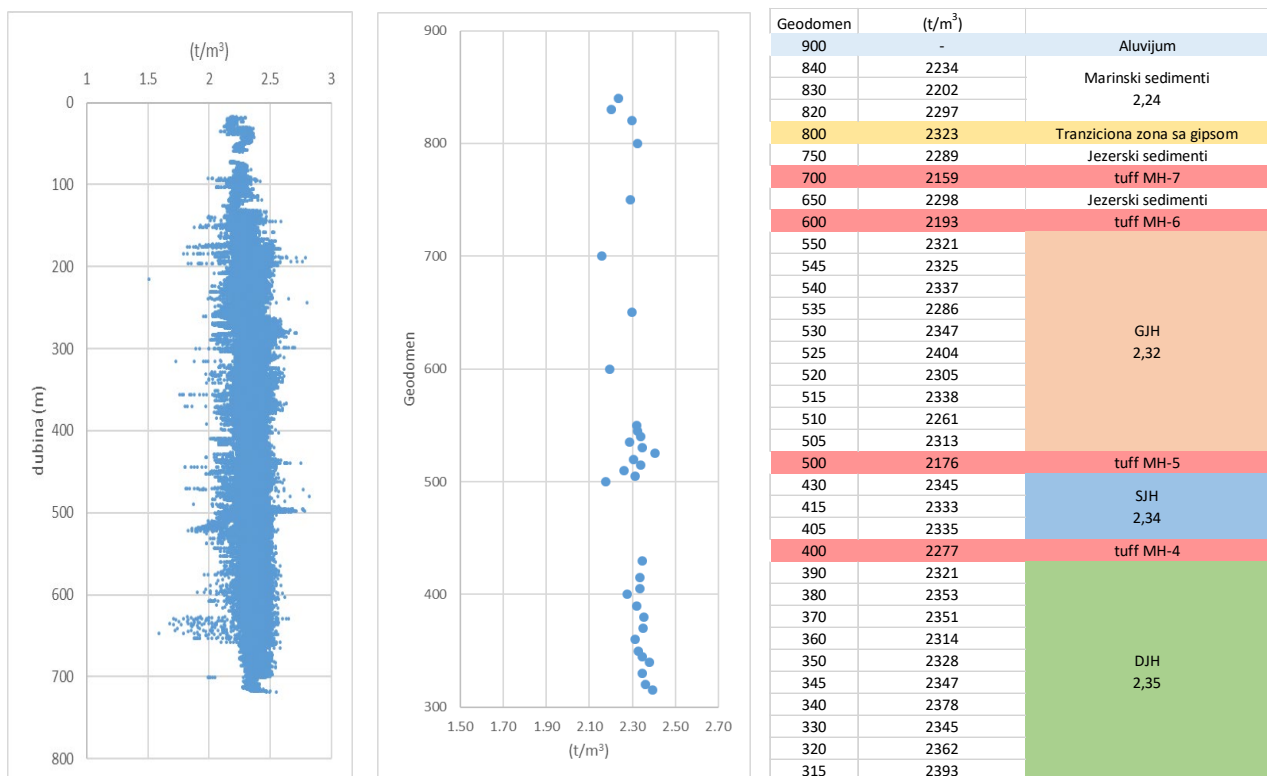
Na slici 3.3.2. prikazane su vrednosti zapreminske mase u suvom stanju, pojedinačnih uzoraka jezgra za hemijske analize, njihove srednje vrednosti za sve izdvojene geodomen (litološke pakete), kao i prosečne vrednosti za sve jadaritske horizonte. Takođe se uočava zavisnost sa dubinom, odnosno da su izmerene vrednosti nešto veće u dubljim delovima ležišta.

3.3.3.3.3 Zapreminska masa na osnovu geofizičkog karotaţa istraţnih bušotina

U okviru geofizičkih karotaţnih merenja istraţnih bušotina vršena su i merenja “Gama-Gama” karotaţnom metodom na osnovu koje je izračunavana vrednost zapreminske mase u prirodnom stanju (sa prirodnom vlagom). Vrednosti zapreminske mase u prirodnom stanju merene “Gama-Gama” karotaţnom metodom, njihove srednje vrednosti za sve izdvojene geodomen (litološke pakete), kao i prosečne vrednosti za sve jadaritske horizonte su prikazani na slici 3.3.3.



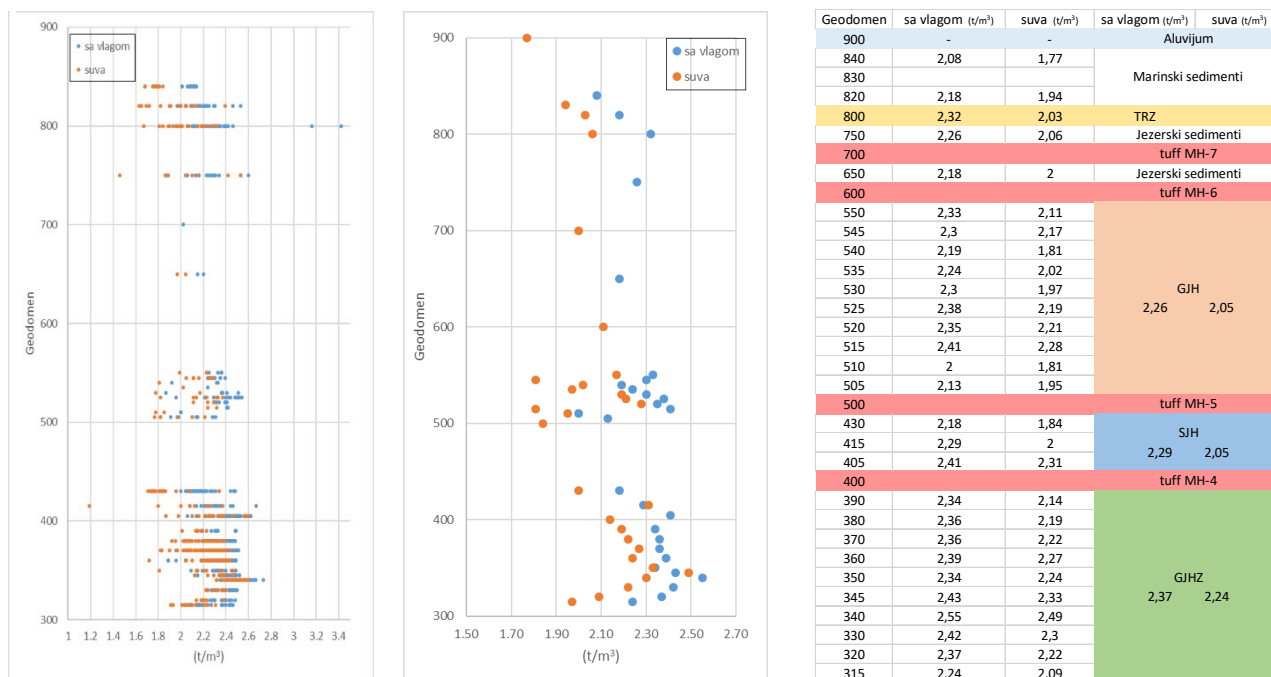
Slika 3.3.2. Zapreminska masa u suvom stanju pojedinačnih uzoraka jegra za hemijske analize (pojedinačna merenja i srednje vrednosti po geodomenima) (Misailović, Tanasković, 2020).



Slika 3.3.3. Zapreminska masa u prirodnom stanju na osnovu geofizičkog „Gama-Gama“ karotaža (pojedinačna merenja i srednje vrednosti po geodomenima) (Misailović, Tanasković, 2020).

3.3.3.3.4 Zapreminska masa na osnovu geotehničkih uzoraka

Za potrebe utvrđivanja inženjersko-geoloških karakteristika stenske mase u sertifikovanim laboratorijama su vršena ispitivanja i merenja pojedinačnih uzoraka jezgra u prirodnom stanju. Geotehnička merenja i ispitivanja su vršena u akreditovanim domaćim i internacionalnim laboratorijama u kojim je pored drugih geotehničkih parametara vršeno određivanje zapreminske mase u prirodnom stanju, zapreminske mase u suvom stanju i sadržaja vlage. Na slici 3.3.4. prikazane su vrednosti zapreminske mase u prirodnom i suvom stanju i sadržaje vlage, njihove srednje vrednosti za sve izdvojene geodomene (litološke pakete), kao i prosečne vrednosti za sve jadaritske horizonte.



Slika 3.3.4. Zapreminska masa u prirodnom i suvom stanju pojedinačnih geotehničkih uzoraka (pojedinačna merenja i srednje vrednosti po geodomenima) (Misailović, Tanasković, 2020).

3.3.3.3.5 Sadržaj prirodne vlage

Pored opisanih merenja zapreminske mase uzoraka u suvom i prirodnom stanju (sa prirodnom vlagom) koja su vršena u internoj kompanijskoj terenskoj laboratoriji, kao i akreditovanim geotehničkim laboratorijama, merenje zapreminske mase pojedinačnih uzoraka i određivanje prirodne vlage vršeno je, prema ustaljenoj laboratorijskoj proceduri, u više navrata u laboratoriji za sedimentologiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu (ukupno 123 uzorka) kao i laboratoriji za mehaniku stena Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu (ukupno 140 uzoraka).

Na osnovu dobijenih rezultata sadržaja vlage se može konstatovati da se radi o heterogenoj stenskoj masi u kojoj procenat vlage varira od minimalnih 0,12 % do maksimalnih 30%. Na osnovu svih dobijenih rezultata izmerenih zapreminskih masa u suvom i prirodnom stanju kao i pojedinačnih vrednosti laboratorijskog određivanja sadržaja vlage utvrđene su srednje vrednosti za izdvojene geodomene kao i prosečne vrednosti sadržaja jadaritskih horizonata (tabela 3.3.8).

Tabela 3.3.8. Vrednosti sadržaja vlage za izdvojene geodomena i jadaritske horizonte
(Misailović, Tanasković, 2020).

Geodomen	Sadržaj vlage (%)			
	Min,	Max,	Srednja	
900	-	-	-	Aluvijum
840	1,00	22,00	14,40	Marinski sedimenti
830				Min, 1,00 - Max, 24,00
820	0,80	24,00	13,50	Srednja 13,95
800	1,00	21,00	12,56	Tranziciona zona sa gipsom
750	1,00	30,00	13,67	Jezerski sedimenti
700				tuff MH-7
650	3,20	8,60	6,54	Jezerski sedimenti
600				tuff MH-6
550	5,90	13,00	9,45	GJH Min, 0,60 - Max, 18,00 Srednja 6,95
545	1,50	11,00	5,14	
540	1,30	5,90	2,19	
535	11,00	11,00	11,00	
530	5,22	8,50	6,86	
525	0,70	8,14	4,07	
520	1,10	8,10	3,96	
515	4,40	7,70	6,05	
510	0,60	13,00	7,31	
505	3,00	18,00	9,40	
500				tuff MH-5
430	1,00	21,00	14,98	SJH
415	1,80	15,43	7,17	Min, 0,50 - Max, 21,00
405	0,50	10,00	3,65	Srednja 8,60
400				tuff MH-4
390	2,60	9,30	5,89	DJH Min, 1,00 - Max, 17,00 Srednja 4,96
380	1,50	13,00	6,59	
370	1,20	17,00	6,20	
360	0,80	14,00	4,53	
350	1,10	16,00	4,56	
345	1,30	5,20	3,68	
340	0,40	4,70	2,45	
330	1,50	7,30	4,54	
320	1,50	8,20	5,23	
315	1,00	12,02	5,88	

3.3.3.3.6 Zapreminska masa i sadržaj vlage rudnih tela u jadaritskim horizontima

Na osnovu svih izvršenih merenja i laboratorijskih testiranja, analizom i statističkom obradom dobijenih rezultata, utvrđene su srednje vrednosti zapreminske mase i sadržaja vlage mineralne sirovine, odnosno izdvojenih rudnih tela u jadaritskim horizontima. Utvrđene srednje vrednosti zapreminske mase u prirodnom i suvom stanju, kao i sadržaj vlage, za izdvojene geodomena, kao i jadaritske horizonte su prikazane u tabeli 3.3.9

Tabela 3.3.9. Utvrđene srednje vrednosti zapreminske mase i sadržaja vlage (Misailović, Tanasković, 2020).

	Zapreminsk masa (t/m ³)		Sadržaj valge (%)		Zapreminsk masa (t/m ³)		Sadržaj valge (%)
	u suvom stanju	sa prirodnom vlagom			u suvom stanju (t/m ³)	sa prirodnom vlagom (t/m ³)	
Geodomen							
900	-	-	-	Aluvijum	-	-	-
840	1,77	2,03	14,4	Marinski sedimenti	1,92	2,18	13,36
830	-	-	-				
820	1,94	2,2	13,3				
800	2,06	2,3	11,8	Tranziciona zona sa gipsom			
750	2,05	2,25	9,9	Jezerski sedimenti			
700	1,94	2,16	11,1	tuff MH-7			
650	2,18	2,3	5,70	Jezerski sedimenti			
600	1,96	2,2	11,99	tuff MH-6			
550	2,12	2,29	8,10	GJH	2,12	2,29	8,2
545	2,12	2,30	8,40				
540	2,12	2,25	6,30				
535	2,09	2,29	9,60				
530	2,14	2,31	7,80				
525	2,20	2,33	5,70				
520	2,19	2,32	5,80				
515	2,17	2,34	7,70				
510	2,09	2,26	7,90				
505	2,11	2,30	9,20				
500	1,95	2,18	11,60	tuff MH-5			
430	2,15	2,30	7,20	SIH	2,19	2,31	5,6
415	2,19	2,32	5,30				
405	2,21	2,31	4,30				
400	1,98	2,26	13,90	tuff MH-4			
390	2,17	2,31	6,60	DIH	2,22	2,35	5,9
380	2,21	2,35	6,50				
370	2,22	2,36	6,20				
360	2,22	2,35	5,70				
350	2,23	2,33	4,50				
345	2,24	2,36	5,30				
340	2,32	2,42	4,10				
330	2,20	2,37	7,50				
320	2,22	2,35	5,70				
315	2,19	2,34	6,70				

Srednje vrednosti zapreminske mase i sadržaja vlage, koje su utvrđene za izdvojena rudna tela jadaritskih horizonata su date u tabeli 3.3.10.

Tabela 3.3.10. Zapreminske mase i sadržaji vlage za izdvojena rudna tela jadaritskih horizonata (Misailović, Tanasković, 2020).

		Zapreminska masa (t/m ³)		Sadržaj valge (%)
		u suvom stanju	sa prirodnom vlagom	
GJH	Rudno telo - 1	2,12	2,29	8,1
	Rudno telo - 2	2,12	2,30	8,4
SJH	Rudno telo - 1	2,18	2,30	5,8
	Rudno telo - 2	2,20	2,31	5,0
DJH	Rudno telo - 1	2,22	2,35	5,9
	Rudno telo - 2	2,20	2,37	7,5
	Rudno telo NaBo	1,95	2,07	6,2

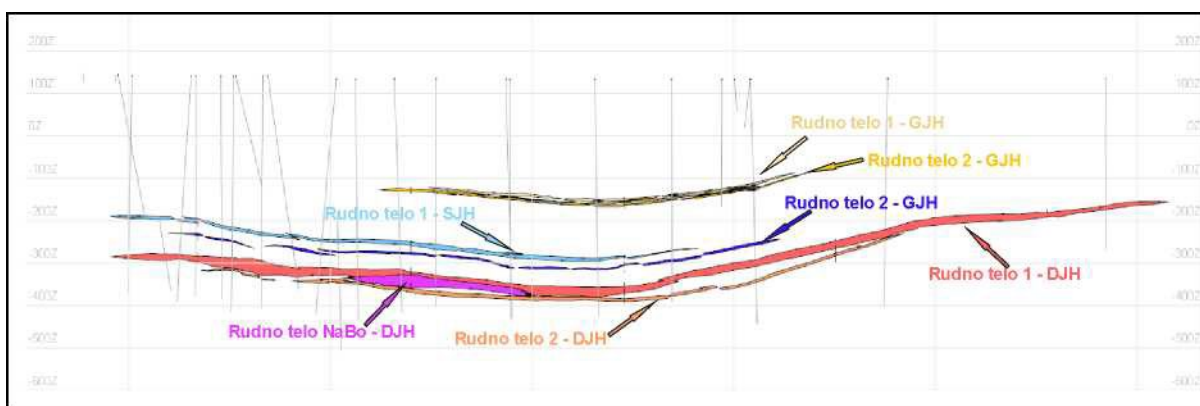
3.3.4. Rezerve mineralnih sirovina

Proračun rudnih rezervi izvršen je „Elaboratom o resursima i rezervama B i Li u ležištu Jadar kod Loznice (donji jadaritski horizont)“, 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, C₁, C₂, D₁ i D₂) i klase (bilansne i vanbilansne). Shodno tome dat je i predmetni prikaz rezervi ležišta Jadar.

Ležište Jadar je predstavljeno sa 3 (tri) jadaritska horizonta, u okviru kojih su, na osnovu geoloških i industrijskih, ekonomskih parametara izdvojena pripadajuća rudna tela. U geološkom smislu posmatrano (odozdo na gore) rudna tela su utvrđena i izdvojena u Donjem jadaritskom horizontu-DJH, Srednjem jadaritskom horizontu-SJH i Gornjem jadaritskom horizontu-GJH. U okviru definisanih jadaritskih horizonata, izdvojeno je ukupno sedam rudnih tela. U Donjem jadaritskom horizontu (DJH), izdvojena su 3 (tri) rudna tela. U okviru SJH i GJH su izdvojena po dva rudna tela, hipsometrijski više, Rudno telo 1 i niže Rudno telo 2 (Slika 3.3.5).



Slika 3.3.5. Prikaz stratigrafskog položaja rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).

Izdvojena rudna tela u jadaritskim horizontima, utvrđena su istražnim radovima (istražnim bušenjem) a okonturena su saglasno istražnim radovima, geološkim podacima, stručnim geološkim znanjima, stručnim i geostatističkim interpretacijama i posebno utvrđenim ekonomskim parametrima i značajem predmetne mineralne sirovine. Rudna tela su okonturena tj. grafički interpretirana na kartama kategorija i proračuna rezervi i na vertikalnim profilima odnosno u horizontalnoj i vertikalnoj ravni.

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. Saglasno geostatistikom utvrđenim parametrima korelacionih odnosa, definisana su dopuštena rastojanja između istražnih bušotina za izdvajanje kategorija rezervi.

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 C₁ kategoriju 300 x 300 m.

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 horizontatima 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). 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 Li_2O_{ekv} , sa konturom koja obezbeđuju dobijanje mineralne sirovine na ekonomski celishodan i opravdan način, tj. kojom se ostvaruje dobit, odnosno profit.

Kontura rudnih tela prema graničnom sadržaju korisne komponente, u grafičkom smislu nije izvlačena, pošto je priroda kontakta odnosno distribucija sadržaja korisnih komponenata B i Li u nabušenim intervalima snižena i u intervalima povišene jadaritske mineralizacije takva, da su povučena kontura minimalnog ekonomskog sadržaja i kontura graničnog sadržaja (na profilima) potpuno bilske, do potpunog poklapanja, tako da je radna-ekonomska kontura ujedno i granična kontura rudnih tela.

Za svako od izdvojenih rudnih tela u jadaritskim horizontima, u planu i na profilima povučena je radna-ekonomska kontura kao i nulta-geološka kontura.

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 Kategorije i klase rezervi mineralnih sirovina

U ležištu B i Li Jadar, tj. u okonturenim jadaritskim rudnim telima B i Li na osnovu usvojenih kondicija i kriterijuma kategorizacije rezervi, odnosno maksimalno dozvoljenih rastojanja između bušotina kao istražnih radova, izdvojene su rezerve B i C₁ kategorije, a rezerve A kategorije nisu izdvojene. U centralnom delu ležišta postignuta su rastojanja istražnih radova za rezerve A kategorije, ali su svrstane u nižu B kategoriju rezervi. Razlog je činjenica da je za potpuno sagledavanje, odnosno razjašnjavanje prirodnih fizičko-hemijskih i geo-mehaničkih prirodnih uslova u ležištu, u slučaju potpuno nove mineralne sirovine, i dokazivanja potpuno novog i u svemu jedinstvenog ležišta B i Li Jadar, za izdvajanje A kategorije rezervi, neophodno neposredno opažanje istražnim rudarskim radovima.

Rezerve B kategorije su izdvojene u Donjem jadaritskom horizontu (DJH), u njegovom centralnom delu, odnosno u središnjem delu jadaritskog rudnog tela 1. Rezerve B kategorije obuhvataju sve količine proračunatih rezervi između pozitivnih bušotina, koje zadovoljavaju uslov maksimalnih rastojanja za ovu kategoriju (150 x 150 m). Za izdvajanje rezervi B kategorije nije primenjena ekstrapolacija, a u centralnom delu ležišta je primenjena ograničena interpolacija između pozitivnih istražnih radova.

U slučaju kategorizacije rezervi rudnih tela srednjeg i gornjeg jadaritskog horizonta, odnosno njihovih pojedinih delova, koji samo na osnovu kriterijuma izvedenih i maksimalno dozvoljenog rastojanja između istražnih radova, istražnih bušotina, mogu da budu izdvojena B kategorija rezervi, to nije urađeno, već su rezerve svrstane u nižu kategoriju rezervi (C₁ kategoriju). Razlog za ovakvo stanovište je činjenica da se, iako istražene istom gustinom istražnih bušotina, sem hemijskih analiza pojedinačnih proba, obim i vrsta drugih istraživanja i ispitivanja izvedenih u srednjem i gornjem jadaritskom horizontu (npr. geotehnička, hidrogeološka, minaraloška, tehnološka i td.) znatno je niži od istraživanja i ispitivanja u donjem jadaritskom horizontu. Takođe je uzeto u obzir da se morfološki oblik rudnih tela (debljina i raslojavanje) u ovim horizontima, kao i sadržaj korisnih komponenata odlikuju većom promenljivošću. Sve navedeno je bio osnov da se proračunate rezerve rudnih tela srednjeg i gornjeg jadaritskog horizonta svrstaju u kategoriju nižeg stepena pouzdanosti, odnosno u C₁ kategoriju rezervi.

Rezerve C₁ kategorije su izdvojene u obodnim delovima jadaritskog rudnog tela 1 u Donjem jadaritskom horizontu. Ovom kategorijom su obuhvaćene su i geološke rezerve rudnih tela Srednjeg jadaritskog horizonta (SJH) i Gornjeg jadaritskog horizonta (GJH). Rezerve C₁ kategorije obuhvataju sve količine proračunatih rezervi između pozitivnih bušotina, koje zadovoljavaju uslov maksimalnih rastojanja za ovu kategoriju (300 x 300 m). Za izdvajanje rezervi C₁ kategorije primenjena je ograničena interpolacija i ekstrapolacija, do 1/3, a u izuzetnim slučajevima (u obodnim delovima rudnih tela) do 1/2 maksimalnih rastojanja za ovu kategoriju.

Rezerve C₂ kategorije, kao prognizirane i potencijalne rezerve, su samo procenjene za rubne delove rudnih tela (potencijalni kontinuitet izvan konture C₁ kategorije rezervi) u donjem, srednjem i gornjem jadaritskom horizontu. One se nalaze u delovima rudnih tela koja prema stepenu istraženosti ne zadovoljavaju maksimalno dozvoljena rastojanja za rezerve C₁ kategorije.

U ležištu Jadar, količine rezervi B i C₁ kategorije, proračunate osnovnom metodom, razmatrane su i bilansirane kroz analizu faktora i pokazatelja tehničko-ekonomske ocene u cilju dokazivanja njihove bilansnosti i izdvajanja klase bilansnih rezervi.

Procenjeni mineralni resursi u ležištu Jadar, odnosno rezerve C₂ kategorije, su potencijalne, prognozne količine koje se ne bilansiraju („Pravilnik ...53/79“).

3.3.4.4 Količine rezervi mineralnih sirovina

Rezerve proračunate osnovnom metodom proračuna, razvrstane po kategorijama, kao i njihov kvalitet su prikazane u tabeli 3.3.11.

Tabela 3.3.11. Uporedna - svodna tabela proračuna rezervi osnovnom i kontrolnom metodom (Misailović, Tanasković, 2020).

	Rudno telo - jadaritski horizont	OSNOVNA METODA		KONTROLNA METODA		RAZLIKA		
		Zapremina (m³)	Količina rezervi (t)	Zapremina (m³)	Količina rezervi (t)	Zapremina (m³)	Količina rezervi (t)	%
Gornji jadaritski horizont (GJH)								
C ₁ kategorija	Rudno telo 1	6.082.400	13.928.696	5.412.700	12.395.083	- 669,700	- 1.533.613	- 11,01
	Rudno telo 2	8.876.000	20.414.800	9.375.928	21.564.634	499.928	1.149.834	5,63
	Ukupno GJH	14.958.400	34.343.496	14.788.628	33.959.717	- 169.772	- 383.779	- 1.12
Srednji jadaritski horizont (SJH)								
C ₁ kategorija	Rudno telo 1	10.538.400	24.238.320	10.841.415	24.935.255	303.015	696.935	2,88
	Rudno telo 2	11.599.200	26.794.152	10.898.909	25.176.480	- 700.291	- 1.617.672	- 6,04
	Ukupno SJH	22.137.600	51.032.472	21.740.324	50.111.735	- 397.276	- 920.737	- 1.80
Donji jadaritski horizont (DJH)								
B kategorija	Rudno telo 1	26.215.200	61.605.720	24.976.512	58.694.802	- 1.238.688	- 2.910.918	- 4,73
	Rudno telo 2	6.226.400	14.756.568	6.027.135	14.284.309	- 199.265	- 472.259	- 3,20
	Rudno telo NaBo	4.532.000	9.381.240	5.211.630	10.788.074	679.630	1.406.834	15,00
	Svega DJH	36.973.600	85.743.528	36.215.277	83.767.185	- 758.323	- 1.976.343	- 2,30
C ₁ kategorija	Rudno telo 1	28.666.400	67.366.040	29.668.888	69.721.887	1.002.488	2.355.847	3,50
	Rudno telo 2	2.268.800	5.377.056	2.410.334	5.712.492	141.534	335.436	6,24
	Rudno telo NaBo	77.600	160.632	76.850	159.080	- 750	- 1.552	- 0,97
	Svega DJH	31.012.800	72.903.728	32.086.907	75.450.287	1.074.107	2.546.559	3,49
B+ C ₁ kategorija	Ukupno DJH	67.986.400	158.647.256	68.615.859	159.521.739	629.459	874.483	0,55
REKAPITULACIJA REZERV I								
B kategorija	Ukupno (GJH)	36.973.600	85.743.528	36.215.277	83.767.185	- 758.323	- 1.976.343	- 2,30
C ₁ kategorija	Ukupno (GJH+SJH+DJH)	68.108.800	158.279.696	68.615.859	159.521.739	507.059	1.242.043	0,78
B + C ₁ kategorija	Ukupno (GJH+SJH+DJH)	105.082.400	244.023.224	104.831.136	243.288.924	- 251.264	- 734.300	- 0,30

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.

Tabela 3.3.12. Prikaz rezervi rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar, proračunatih osnovnom metodom proračuna (Misailović, Tanasković, 2020)

Rezerve	Rudno telo - jadaritski horizont	Zapremina (m³)	Zapremenska masa (t/m³)		Količina rezervi (t)		Srednji sadržaj Li₂O (%)	Srednji sadržaj B₂O₃ (%)	Srednji sadržaj Li₂O _{av} (%)	Ukupne količine (Mt)		Ukupne količine (Mt)				
			U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom	U suvom stanju	Sa prirodnom vlagom				Li₂O	B₂O₃	Li	B			
Gornji jadaritski horizont (GIH)																
C ₁ 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 ₁ 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
	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
C ₁ kategorija	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
	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
B+ C ₁ kategorija	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
C ₁ kategorija	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
B + C ₁ kategorija	Ukupno (GIH+SIH+DIH)	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

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 3.3.11. 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 (Tabela 3.3.12), u tabeli 3.3.13. je data procentualna zastupljenost njihovih kategorija po jadaritskim horizontima u ležištu Jadar i u ukupnim količinama rezervi.

Tabela 3.3.13. Učešće pojedinih kategorija rezervi po jadaritskim horizontima i ukupnim količinama (Misailović, Tanasković, 2020).

Kategorija rezervi	Rezerve rude (t)	Zastupljenost (%)
Gornji jadaritski horizont		
C ₁	34.343.496	100,00
Srednji jadaritski horizont		
C ₁	51.032.472	100,00
Donji jadaritski horizont		
B	85.743.528	54,05
C ₁	72.903.728	45,95
B + C ₁	158.647.256	100,00
UKUPNO (GJH+SJH+DJH)		
B	85.743.528	35,14
C ₁	158.279.696	64,86
B + C ₁	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 3.3.14.

Tabela 3.3.14. Količine bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta (Misailović, Tanasković, 2020).

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

Saglasno odredbama člana 29. „Pravilnika „53/79“, u tabeli 3.3.15. 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 3.3.15. 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 ₁	72.903.728	67.800.467	77.021.331
B + C ₁	158.647.256	147.541.948	167.607.653

Procenjene potencijalne rezerve C₂ kategorije, za rudna tela jadaritskih horizonata, su prikazana u tabeli 3.3.16.

Tabela 3.3.16. Prikaz procenjenih potencijalnih rezervi rudnih tela jadaritskih horizonata u ležištu Jadar (Misailović, Tanasković, 2020).

Potencijalne rezerve	Rudno telo - jadaritski horizont	Zapremina (m ³)	Zapreminska masa (t/m ³)		Količine potencijalnih rezervi (t)		Srednji sadržaj Li ₂ O (%)		Srednji sadržaj B ₂ O ₃ (%)		Srednji sadržaj Li ₂ O _{eq} (%)		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 ₂ O	B ₂ O ₃
			Gornji jadaritski horizont (GIH)											
C ₂ 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
	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
	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
Srednji jadaritski horizont (SIH)														
C ₂ 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
	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
	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
Donji jadaritski horizont (DIH)														
C ₂ 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
	Rudno telo 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	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
C ₂ kategorija	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

3.3.4.5 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 3.3.17. Kvalitet bilansnih rezervi B i Li donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar je prikazan u tabeli 3.3.18.

Tabela 3.3.17. 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 ₂ O (%)	B ₂ O ₃ (%)	Li ₂ O _{ekv} (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MnO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SrO (%)
Gornji jadaritski horizont (GJH)														
C ₁ 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
	Ukupno GJH	1,54	10,43	2,08	3,94	9,34	3,51	4,95	2,91	0,03	10,33	35,64	0,19	0,12
Srednji jadaritski horizont (SJH)														
C ₁ 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
	Ukupno SJH	1,53	12,18	2,15	3,18	9,79	6,91	4,75	2,80	0,03	8,64	29,46	0,24	0,26
Donji jadaritski horizont (DJH)														
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 DJH	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 ₁ 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 DJH	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 ₁ kategorija	Ukupno DJH	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

Tabela 3.3.18. Srednji sadržaji litijuma, bora i pratećih komponenti u bilansnim rezervama rudnim telima DJH (Misailović, Tanasković, 2020).

Rezerve	LbO (%)	B ₂ O ₃ (%)	Li ₂ O _{ekv} (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MnO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	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
	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
	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
	Svega DJH	1,75	16,64	2,60	3,64	7,07	5,69	7,18	1,71	0,03	9,43	28,29	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
	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
	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
	Svega DJH	1,87	12,62	2,51	3,79	9,01	7,03	5,84	1,61	0,03	9,62	29,06	0,25
B + C kategorija	Ukupno DJH	1,80	14,80	2,55	3,71	7,96	6,30	6,56	1,71	0,03	9,51	28,65	0,23

* (u suvom stanju, bez vlage)

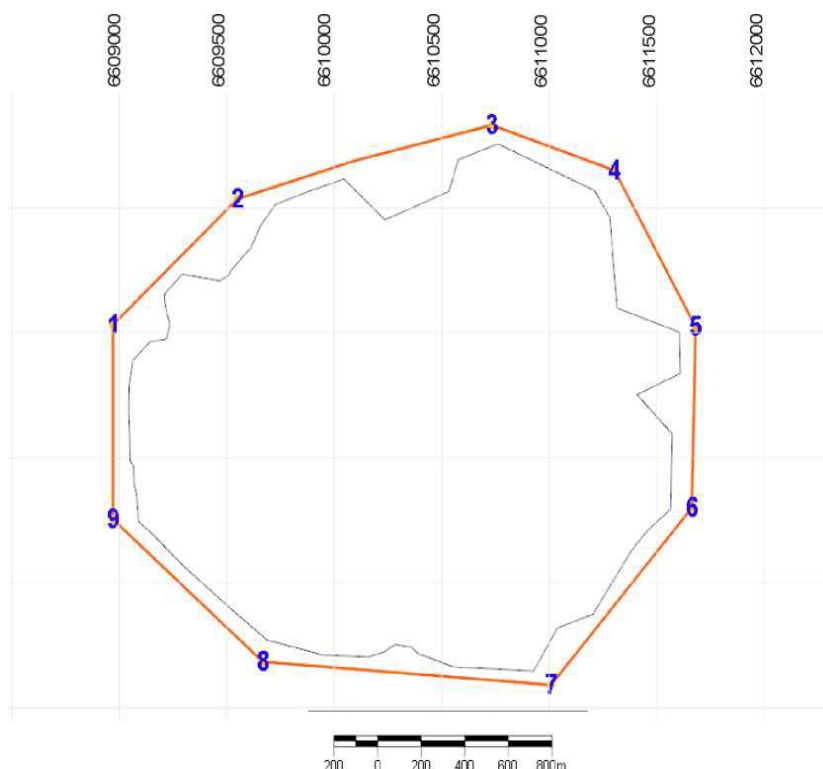
3.4. Prostorni položaj utvrđenih i overenih rezervi mineralnih sirovina

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

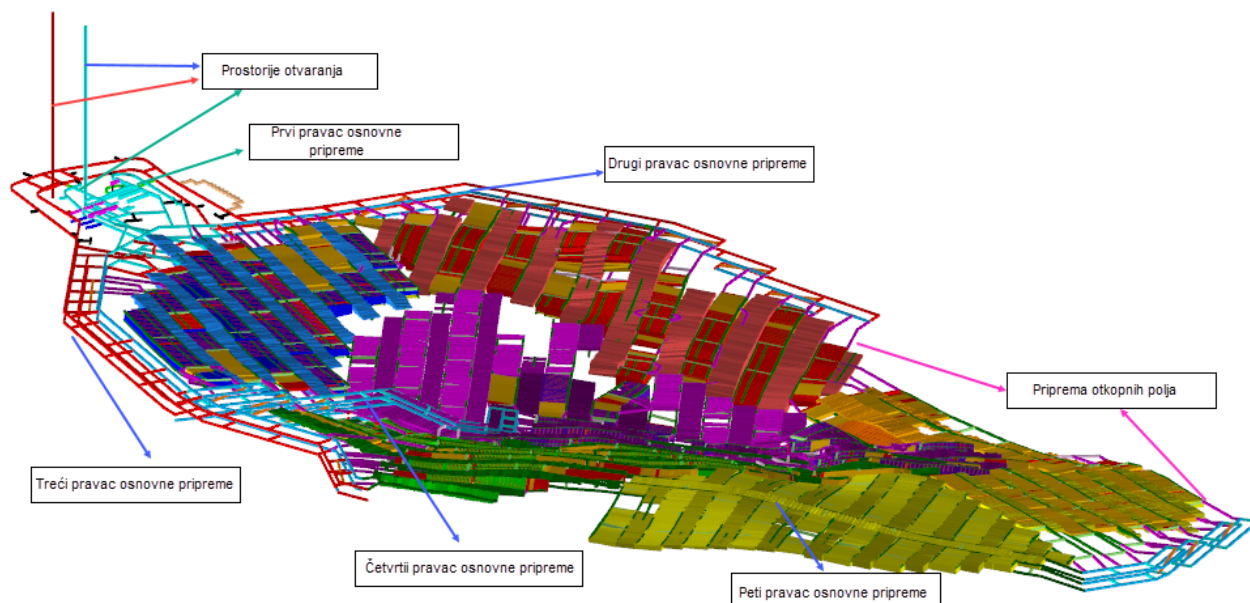
Osnovni koncept eksploatacije ležišta zasnovan je na:

- podeli ležišta na revire i unutar njih na otkopna polja,
- centralnom sistemu otvaranja koji generalno predstavlja kombinaciju vertikalnih prostorija (okno) i horizontalnih prostorija (hodnik),
- sistemu osnovne pripreme ležišta koji predstavlja kombinaciju kosih prostorija (niskop), horizontalnih prostorija (hodnik) i vertikalnih prostorija (slepo ventilaciono okno),
- sistemu pripreme otkopnih polja, koji se razvija iz sistema osnovne pripreme, a sastoji se od kombinacije horizontalnih prostorija (hodnik) i kosih prostorija (niskop),
- metodi otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora sa visinama otkopa koje zavise od moćnosti ležišta.
- na osnovu karakteristika ležišta, eksploatacionih rezervi definisan je godišnji kapacitet proizvodnje od 1,6-1,7 miliona tona rude. Planirani broj radnih dana na nivou godine je 365.

Sistem otvaranja donje jadaritske zone (DJZ) ležišta Jadar pripada centralnom sistemu otvaranja koji je lociran zapadno od ležišta, a čine ga dva okna (izvorno 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 rudničkih prostorija. Prostorije osnovne pripreme locirane su u neposrednoj blizini ležišta i prate ležište, formirajući prsten oko ležišta.

Izradom prostorija po obodu ležišta, u formi prstena, stvoreni su preduslovi da se iz njih može razviti sistem prostorija za pripremu otkopnih polja. U zavisnosti od varijante otkopne metode koja se primenjuje u definisanom otkopnom polju, broj pripremnih prostorija-može biti dva ili četiri. U prvom slučaju po jedna prostorija je locirana i u podini i u krovini ležišta, dok u drugom slučaju su po dve prostorije locirane i u podini i u krovini ležišta.

Izradom sistema osnovne pripreme i sistema pripreme otkopnih polja stvorena je osnova za početak otkopavanja. Generalni koncept otvaranja, osnovne pripreme i pripreme otkopnih polja za otkopavanje prikazan je na slici 4.1.1.



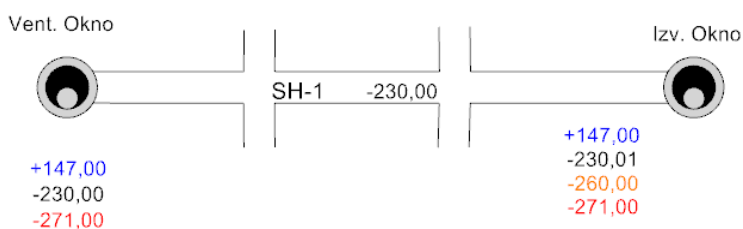
Slika 4.1.1. Otvaranje, osnovna priprema i priprema otkopnih polja u ležištu Jadar

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)).

Na slici 4.1.2. prikazan je sistem otvaranja koji je sastavljen od pomenutih prostorija a u tabeli 4.1.1. njihove generalne karakteristike.



Slika 4.1.2. Dispozicija sistema otvaranja ležišta Jadar

Tabela 4.1.1. Prostorije otvaranja

NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	DUŽINA (m)
Izvozno okno IZV.OKNO	Vertikalna	418,00
Ventilaciono okno VENT.OKNO	Vertikalna	418,00
Spojni hodnik SH-1(-230)	Horizontalna	105,00
Ukupno		941,00

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 opreme koja je instalirana duž okna.

Ušće IZV.OKNA nalazi se na koti +147,00 m a dno okna na koti -271,00 m. Visinska razlika između ušća i dna okna, odnosno njegova dubina je 418,00 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:

- odvođenje istrošenog vazduha iz jame do površine terena,
- rezervni pravac povlačenja ljudstva prema površini terena u slučaju nezgode.

Ušće VENT.OKNO nalazi se na koti +147,00 m a dno okna na koti -271,00 m. Visinska razlika između ušća i dna okna, odnosno njegova dubina je 418,00 m. Okno je kružnog poprečnog preseka prečnika 6,5 m. U neposrednoj blizini ušća okna nalaziće se ventilatorsko postrojenje koje će po principu depresije odvoditi 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. Celokupna količina istrošenog vazduha iz jame se kroz SH-1(-230) sprovodi do VENT.OKNO, a zatim dalje do površine terena. Pored ove funkcije, SH-1(-230) ima i servisnu funkciju jame. Poprečni presek hodnika SH-1(-230) je dimenzija 5.2×5 m, a ukupna dužina hodnika je 105m.

4.1.3. Osnovna priprema (pristup ležištu)

Posle uspostavljanja protočnog sistema provetravanja pristupa se izradi sistema prostorija osnovne pripreme kojim se pristupa ležištu. Imajući u vidu metodu otkopavanja koja zahteva pripremu i po podini i po krovini, sistem osnovne pripreme se sastoji od dve komponente i to su:

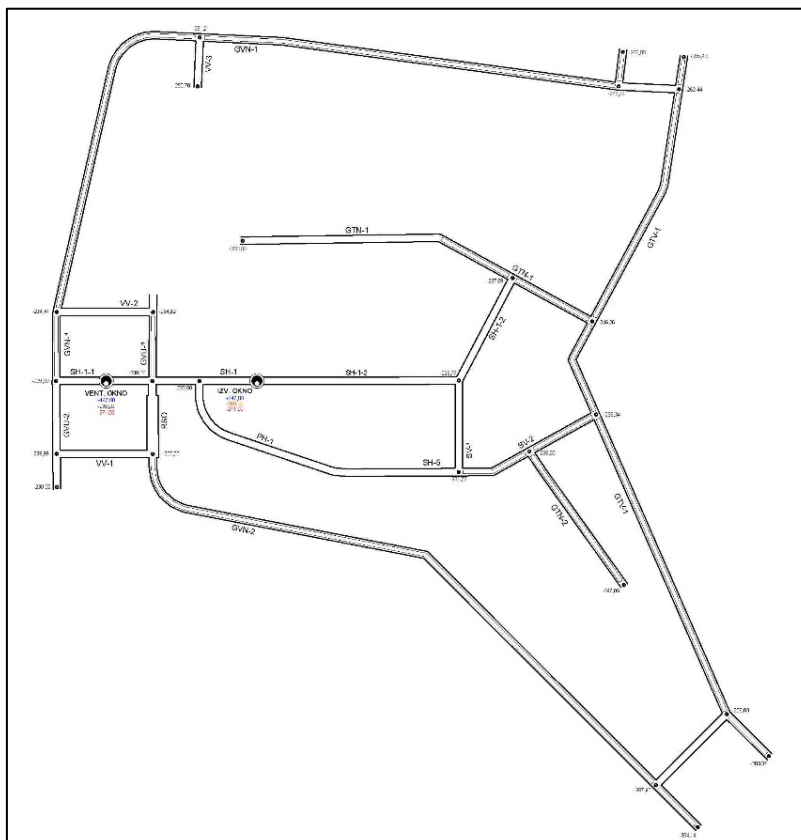
- prva komponenta podrazumeva osnovnu pripremu kojom se pristupa krovini ležišta i
- druga komponenta podrazumeva osnovnu pripremu kojom se pristupa podini ležišta.

Izrada prve komponente sistema osnovne pripreme započinje sa kote -230.45 m pri čemu se prvom komponentom pristupa krovini ležišta generalno na koti -230.00 m. Drugom komponentom se pristupa podini ležišta generalno na koti -260.00 m. Ovakvim sistemom osnovne pripreme obuhvaćena je celokupna moćnost ležišta, odnosno stvoreni su uslovi za izradu sistema osnovne pripreme za svaki revir pojedinačno, što podrazumeva protočni sistem provetravanja kako u krovini tako i u podini ležišta.

Na slici 4.1.3. prikazan je sistem krovinske pripreme koji je sastavljen od pomenutih prostorija a u tabeli 4.1.2. njihove generalne karakteristike.

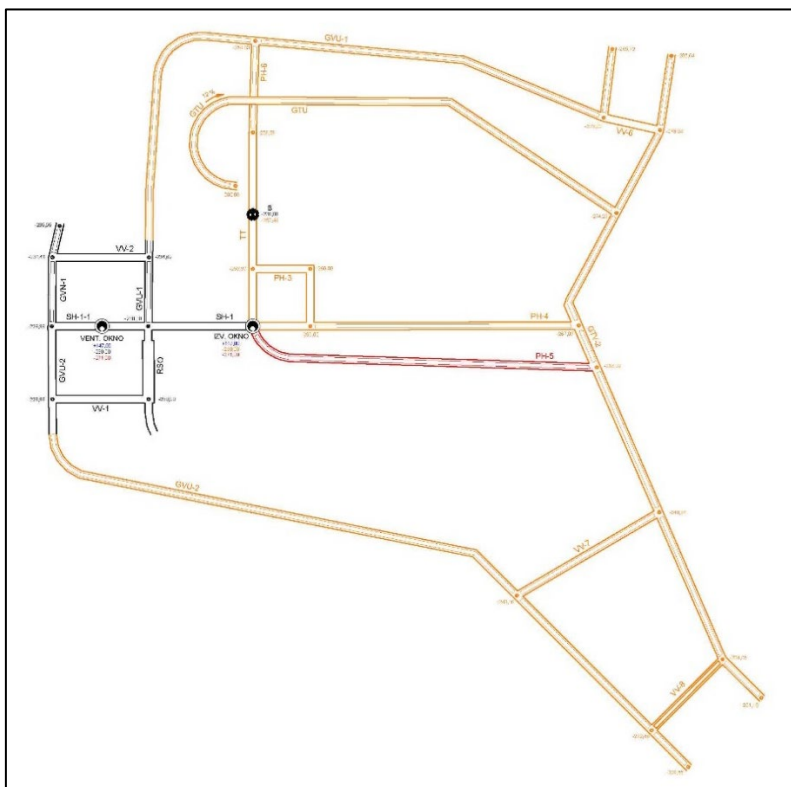
Tabela 4.1.2. Prostorije osnovne krovinske pripreme

NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	DUŽINA (m)
Spojni hodnik SH-1	Horizontalna	105
Glavni ventilacioni niskopi (GVN-1, GVN-2)	Kosa	880
Glavni transportni niskop (GTN-1, GTN-2)	Kosa	357
Glavna transportna veza (GTV-1)	Kosa	478
Radionica za sastavljanje opreme (RSO)	Horizontalna	51
Pristupni hodnik (PH-1)	Horizontalna	132
Spojni hodnici (SH-1-1, SH-1-2, SH-3, SH-5)	Horizontalna	400
Ventilacione veze (VV-1, VV-2, VV-3)	Horizontalne	172
Ukupno		2575



Slika 4.1.3. Dispozicija krovnog sistema osnovne pripreme (pristup ležištu)

Na slici 4.1.4. prikazan je sistem podinske pripreme koji je sastavljen od prostorija čije su glavne karakteristike prikazane a u tabeli 4.1.3.



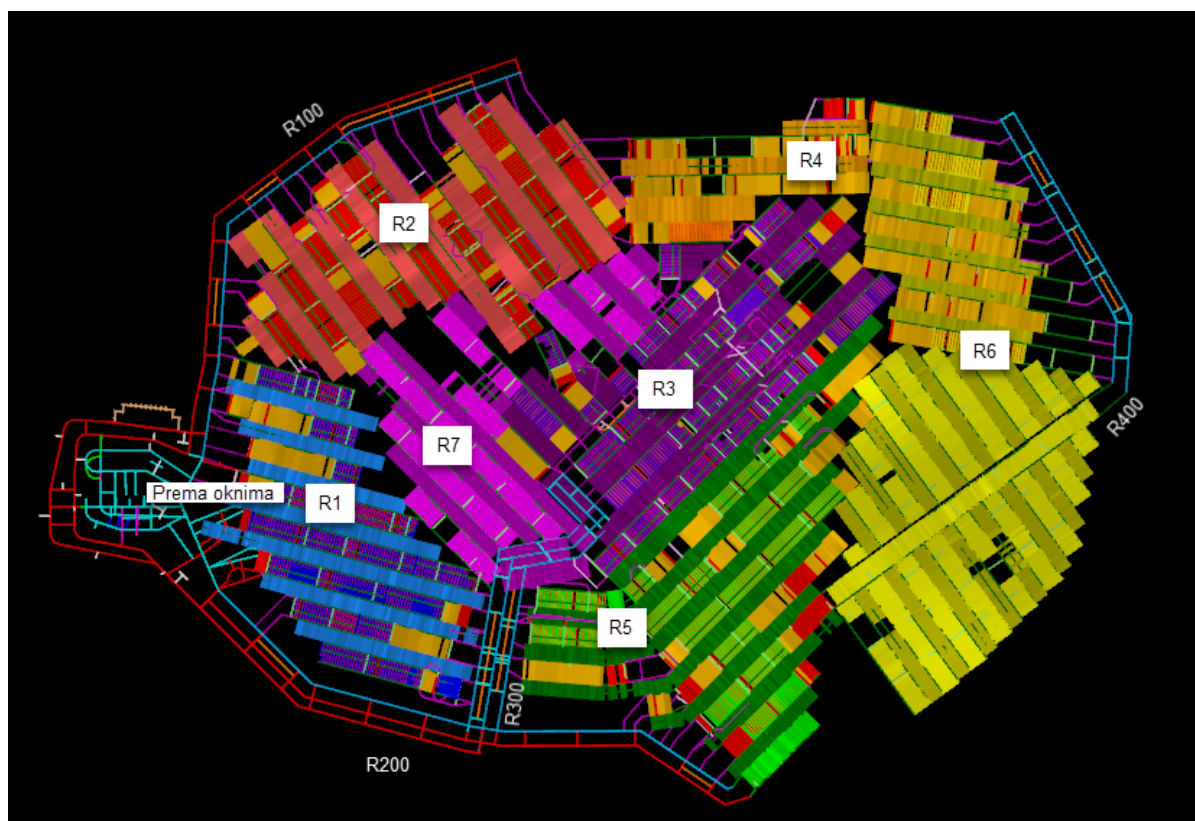
Slika 4.1.4. Dispozicija podinske sistema osnovne pripreme (pristup ležištu)

Tabela 4.1.3. Prostorije osnovne podinske pripreme

NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	DUŽINA (m)
Glavni transportni uskop GTU	Kosa	385
Glavna transportna veza GTV-2	Kosa	409
Pristupni hodnik PH-3	Horizontalna	80
Pristupni hodnik PH-4	Horizontalna	227
Pristupni hodnik PH-5	Kosa	250
Pristupni hodnik PH-6	Kosa	61
Hodnik trakastog transportera (TT)	Horizontalna	138
Glavni ventilacioni uskop GUV-1	Kosa	511
Glavni ventilacioni uskop GUV-2	Kosa	567
Ventilacione veze (VV-6, VV-7, VV-8)	Kosa	225
Ukupno		2853

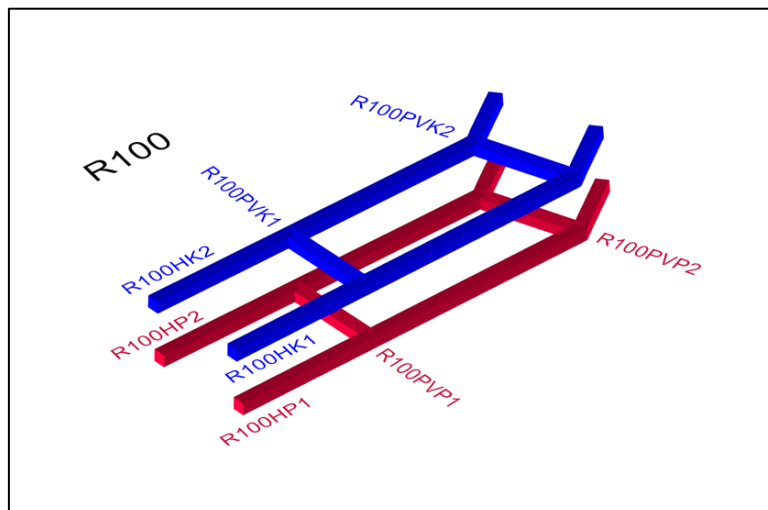
4.1.4. Osnovna priprema revira

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 4.1.5 i prilogu 4.1.1.



Slika 4.1.5. Podela ležišta na revire

Uzimajući u obzir prostorni raspored revira kao i usvojenu metodu otkopavanja, sistem osnovne pripreme revira je podeljen na sistem pripreme u podini i sistem pripreme u krovini ležišta. Generalni koncept osnovne pripreme sastoji se od dve prostorije koje su locirane u podini ležišta i dve prostorije koje su locirane u krovini ležišta. (slika 4.1.6.).



Slika 4.1.6. Položaj prostorija osnovne pripreme revira

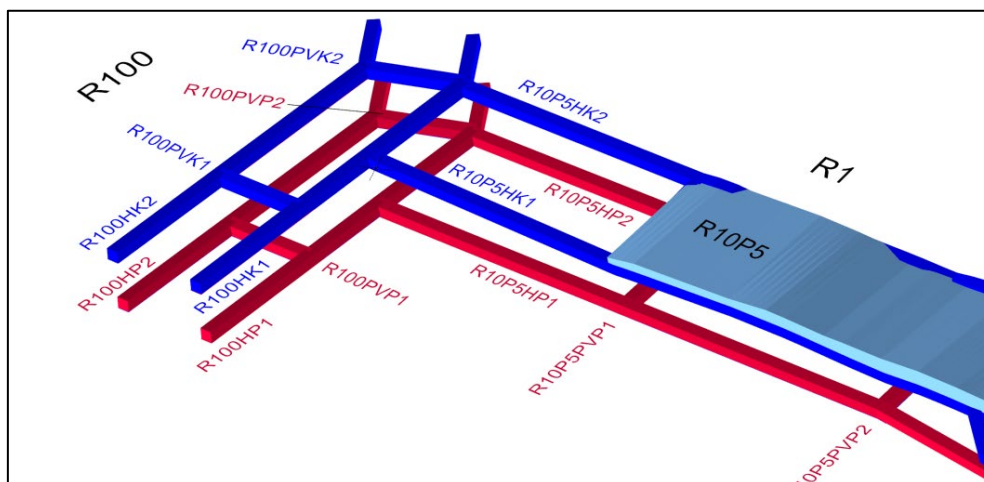
U tabeli 4.1.4. prikazane su prostorije osnovne pripreme revira sa glavnim karakteristikama.

Tabela 4.1.4. 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 ili tri prostorije koje su locirane u podini ležišta i dve ili tri prostorije koje su locirane u krovini ležišta (slika 4.1.7.).



Slika 4.1.7. Položaj prostorija osnovne pripreme otkopnog polja

U tabeli 4.1.5. prikazane su prostorije osnovne pripreme otkopnog polja sa glavnim karakteristikama.

Tabela 4.1.5. Prostorije osnovne pripreme otkopnog polja

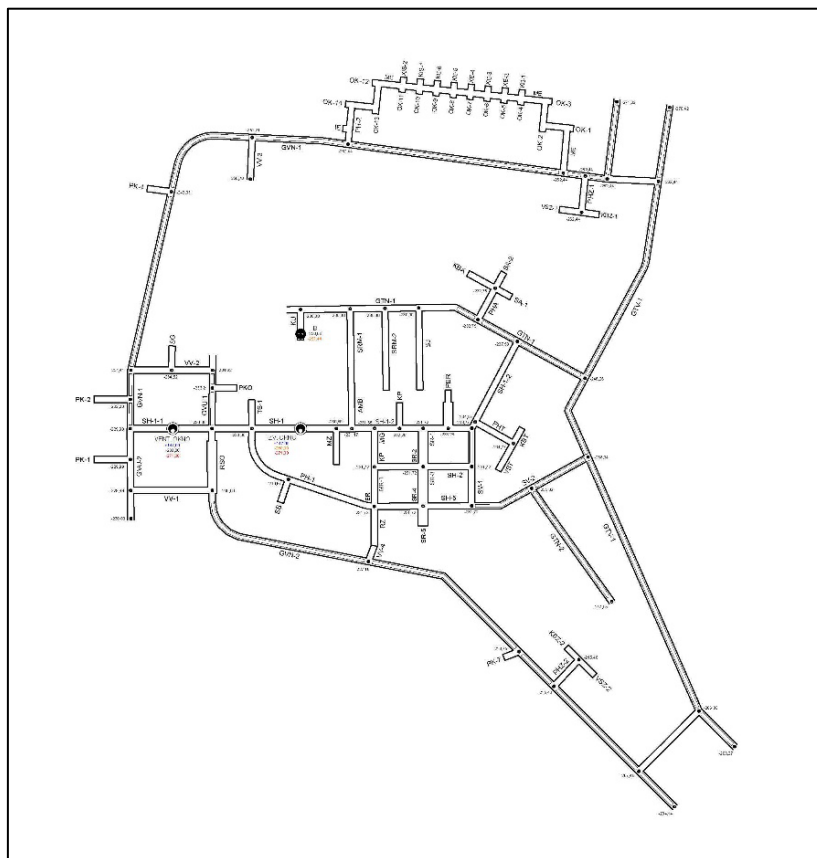
NAZIV PROSTORIJE	TIP PROSTORIJE	Dužina (m)
Osnovna priprema R1OP1-OP8	horizontalna/kosa	31044
Osnovna priprema R2OP1-OP9	horizontalna/kosa	34460
Osnovna priprema R3OP1-OP5	horizontalna/kosa	10388
Osnovna priprema R4OP1-OP12	horizontalna/kosa	19482
Osnovna priprema R5OP1-OP3	horizontalna/kosa	6560
Osnovna priprema R6OP1-OP4	horizontalna/kosa	9984
Osnovna priprema R7OP1-OP10	horizontalna/kosa	42374
Ukupno		154292

4.1.6. Jamski objekti

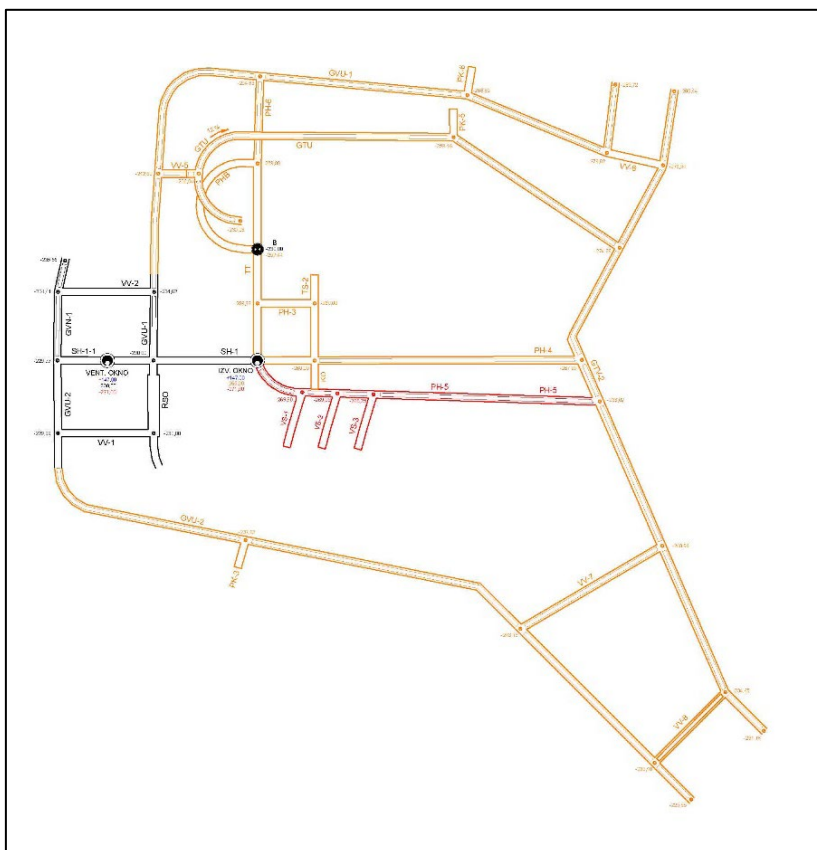
U tabeli 4.1.6. dat je pregled jamskih objekata sa njihovom namenom a na slici 4.1.8. i slici 4.1.9. njihova dispozicija.

Tabela 4.1.6. Jamski objekti

OZNAKA	NAMENA	NAZIV
RSO	Servisna	Radionica za sastavljanje opreme
PK	Tehnološka	Pretovarna komora
SG	Servisna	Skladište goriva
PKO	Tehnološka	Privremena komora za odvodnjavanje
ME	Servisna	Magacin eksploziva
KBA	Servisna	Komora bušotine za agregat
KBZ	Servisna	Komora bušotine za zapunu
KBT	Servisna	Komora bušotine za torkret
SA	Servisna	Skladište agregata
VSZ	Servisna	Vodosabirnik prijemne stanice (zapuna)
VST	Servisna	Vodosabirnik prijemne stanice (torkret)
SRM	Tehnološka	Skladište rudnog materijala
SJ	Tehnološka	Skladište jalovine
KU	Servisna	Komora za utovar
TS	Servisna	Trafostanica
AMB	Društveni standard	Ambulanta
KP	Društveni standard	Kupatilo
PER	Društveni standard	Perionica
KN	Društveni standard	Kancelarijski prostor
MG	Servisna	Magacin
SR	Servisna	Servisna radionica
MR	Servisna	Mašinska radionica
ER	Servisna	Elektro radionica
RZ	Servisna	Radionica za zavarivanje
SS	Servisna	Stanica za spasavanje
KO	Tehnološka	Komora za odvodnjavanje
VS	Tehnološka	Vodosabirnik
MZ	Društveni standard	Menza
B	Tehnološka	Bunker za rudu (jalovinu)



Slika 4.1.8. Dispozicija jamskih objekata generalno na koti -230 m



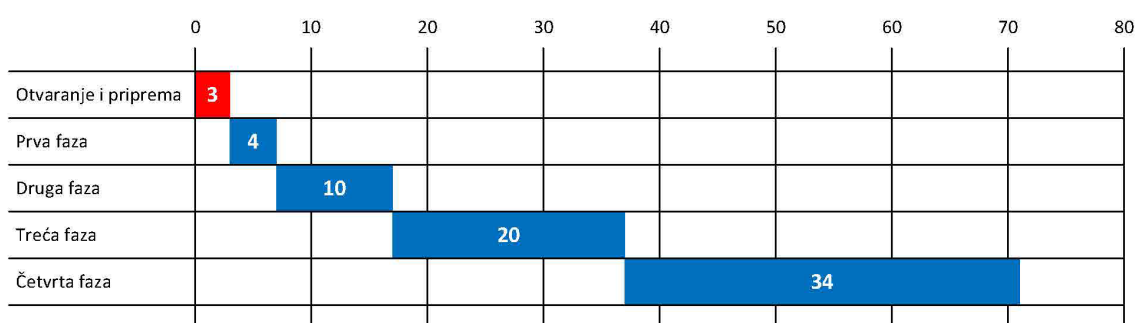
Slika 4.1.9. Dispozicija jamskih objekata generalno na koti -260 m

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:

- otvaranje i priprema u periodu od 1. do 4. godine
- prva faza u periodu od 4. do 7. godine,
- druga faza u periodu od 7. do 17. godine
- treća faza u periodu od 17. do 37. godine,
- četvrta faza u periodu od 37. do 67. godine.

Predviđena dinamika eksploatacije podrazumeva da se otvaranje ležišta, osnovne priprema revira i osnovna priprema otkopnih polja mora završiti u prve tri godine u delu ležišta koje obuhvata sledeća otkopna polja: R1OP1 i R1OP2. Na slici 4.1.10. prikazan je gantogram predviđenog plana eksploatacije.



Slika 4.1.10. Predviđeni plan eksploatacije ležišta Jadara

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 Jadara 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.

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

Naporeda sa geotehničkim istraživanjima sprovedena su hidrogeološka istraživanja koja je izvodio Institut za hidrogeologiju Univerziteta u Beogradu. Ova Studija je zasnovana na opsežnim istraživanjima



vodopropustljivosti litoloških slojeva i strukturnih zona, a obuhvata i modeliranje protoka i pritiska podzemnih voda u zavisnosti od položaja predviđenih rudarskih radova. Rezultati ovih istraživanja su korišćeni kao ulazni podaci za izradu geotehničkih modela.

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	JDRG5004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011, 012, 103, 014, 015, 016	8.660,90		
		3	Hidrogeološke istražne bušotine	JDR 56-P#1, 57-P2, 64-P2		823,00	
		37	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011, 012, 013, 014, 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_1, 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	
2012	36		Resursne istražne bušotine	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		
		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		
	11		Izrada bušotina velikog prečnika za tehnološka istraživanja rude	JDRLDD001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011			4.593,20
2013	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, 006	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	JDRPGQ13, 014	1.356,70		
	1		Resursne istražne bušotine	JDRPGQ15	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		
2016		4	Hidrogeološke istražne bušotine	JDRGT072-PZ, JDRGT073-PZ, JDRGT077-PZ, JDRGT083-PZ		78,90	
		11	Resursne istražne bušotine	JDRPGQ16A, 017A, 018, 019, 020, 021, 022, 023, 024, 025, 026	7.239,30		
		2	Geotehničke istražne bušotine	JDRV501A, JDRV502A	1.165,20		
2018	32		Resursne istražne bušotine	JDRPGQ27, 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		
	1		Izrada bušotina velikog prečnika za tehnološka istraživanja rude	JDRLDD013			623,20
2019	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	JDRP501, JDRS501	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, JDRGT096MR, JDRGT097MR, JDRGT098MR, JDRGT099MR	56,40		
		4	Geotehničke istražne bušotine	JDRGT106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114	166,40	33,40	
					204.000,25	16.310,10	5.499,40

4.2.2. Geomehnička ispitivanja i procene čvrstoće (2016-2020)

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

Izvršen je značajan obim ispitivanja na jezgru, kako iz istražnih bušotina za potrebe istaživanja geoloških rezervi, tako i iz namenskih geotehničkih istražnih bušotina. Podaci o geomehaničkim 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.

Tabela 4.2.2. Srednje vrednosti jednoosne čvrstoće na pritisak (UCS), modula elastičnosti, Poisson-ovog koeficijenta, zapreminske mase i sadržaja vode za pojedine geodome

Geodomeni		ZONA OKANA												ZONA POČETKA RADOVA NA OTKOPAVANJU									
		Jednoosnačvrstoća na pritisak σ_c (MPa) - srednja vrednost		Elastična svojstva određena ispitivanjem jednoosne čvrstoće na pritisak Modul elastičnosti E (MPa) - srednja vrednost Poisson-ov koeficijent srednja vrednost		Elastična svojstva određena ispitivanjem u triaksijalnoj čeliji Modul elastičnosti E (MPa) - srednja vrednost		Čvrstoća na istezanje σ_t (MPa) - srednja vrednost		Jednoosnačvrstoća na pritisak zamrznuta probna tela σ_c (MPa) - srednja vrednost		Indeks postojanosti SD (%) - srednja vrednost		Indeks cerchar abrazivnosti CAI - srednja vrednost		Abrazivnost – opit Los Angeles 100 obrtaja (%)		Abrazivnost – opit Los Angeles 500 obrtaja (%)		Zapreminska težina γ (kN/m ³)		Zapreminska težina u suvom stanju γ_d (kN/m ³)	
Marinski sedimenti	840	3											0					19	15.2				
	820	5	0.6	0.48	0.2	0.71							0					21	18.5			19.8	15.7
	820L	1																			20.9	17.2	
Prelazna z.	800	10	22	0.5	2	1.21	16	63	0									23.1	19.6				
Borati	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 jadranska zona	550	7	0.02			2.46	13		0									20.5					
	545	5			1.1		3											20.9				22.5	17.2
	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			22.9	22.3
	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			1.63	23.4
	415	11	11.5	0.4	2.7	3.11	5	95	0.09									22.1	20				23.4
	405	9	6.5	0.21	2.6	1.79	10			9	31							23.8	23				24.3
	380	11			1.4	226	4		0.12									22.6	20.5				24.1
	370	13	1.2	0.29	2.4	0.64		71	0.09									23.3	21.1			1.49	23
	360	24				1.8	7											23				3.13	22.3
350	8				2.27	9											23.1					24	
345																						24	
340	18		0.03	5.3													23.2					24.7	
330							11										22.5					24	
320	11				1.19			0									22.7					24	
315	15	0.8	0.06	3.5	2	12		0.76	34	76							24				5.47	24	
LJZ 62	17	10.6	0.31	4.1	2.81		97	0.18									23.1	20.9				24.3	
LJZ 32																							

Svi rezultati laboratorijskih ispitivanja su dodati u bazu geotehničkih podataka.

Na osnovu svih do sada prikupljenih podataka, terenskih i laboratorijskih istaživanja, kao i kabinetskih istaživanja, može se zaključiti da su sedimenti u basenu Jadrana 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).

Podaci o ispitivanju indeksa čvrstoće (Is_{50}), koji su dobijeni tokom programa ispitivanja indeksa čvrstoće sprovedenog 2016. i 2019. godine, objedinjeni su po litostratigrafskim domenima i prikazani u tabeli 4.2.3.

Tabela 4.2.3. Vrednosti indeksa čvrstoće za pojedine domene

Domen	Srednje vrednosti indeksa čvrstoće I_{s50} (MPa)	Jednoosna čvrstoća na pritisak - UCS (MPa)
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

Prikazani podaci ukazuju na jasan trend povećanja čvrstoće sa povećanjem dubine. Određena je linearna zavisnost između indeksa čvrstoće I_{s50} i dubine (debljine) višeležećih stratigrafskih slojeva (povlate). Korelacija podataka je umerena ($r^2 = 0.29$) i postoji značajno rasturanje podataka u čitavom opsegu analiziranih dubina. Osnovni zaključak je da stenska masa ležišta Jadar pokazuje izrazitu anizotropiju i to je uzeto u razmatranje prilikom daljeg određivanja čvrstoće stenske mase.

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 φ (°)	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 φ (°)
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 ravnama uslojenja

Interval normalnog opterećenja σ (kPa)	Kohezija c (kPa)	Ugao unutrašnjeg trenja φ (°)
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

Geodomen	Jednoosna čvrstoća na pritisak (UCS) σ_c (MPa)	Materijalna konstanta M_i	Modul elastičnosti E (GPa)	Poisson-ov koeficijent μ
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 prostoriya 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)

Povratni period (godine)				
Magnituda	Predviđena	Visoka	Niska	Posmatrana
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
5.51 – 6.00	130.7	310.7	55.0	0.0

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 i modeliranje

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) izvedeni iz uspešnih ispitivanja i 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 reinterpetacija 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 rasprostiranje 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. U strukturnoj građi donje jadaritske zone (LJZ) strukture van ravni uslojenja čine 15 do 20% ukupnih diskontinuiteta, srednja učestalost diskontinuiteta van ravni uslojenja u geotehničkim zonama se kreće od 0.3 do 0. 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

Zapunjavanje rudnika predstavlja ključni aspekt rudarskih operacija, sa značajnim uticajem na sigurnost i održivost eksploatacije. Kvalitetna zapuna je od suštinskog značaja kako bi se osiguralo stabilno okruženje nakon ekstrakcije minerala, posebno prilikom otkopavanja stubova.

U postupku zapunjavanja rudnika, od suštinske je važnosti primeniti sistem dvostrukog zasipa kako bi se postigla optimalna stabilnost i efikasnost. Primarni zasip, karakterizovan visokom čvrstoćom i modulom stišljivosti, direktno podržava strukturu rudarskih stubova i osigurava dugotrajnu stabilnost podzemnih prostora. Ova vrsta zasipa pruža snažan temelj, sprečavajući potencijalne sile koje bi mogle ugroziti integritet rudarskih radova. S druge strane, sekundarni zasip, sa svojstvima manje čvrstoće i modula stišljivosti, ima ulogu da pruži dodatnu fleksibilnost i apsorbuje eventualne promene u podzemnom okruženju. Kombinacija ova dva tipa zasipa čini sveobuhvatan pristup zapunjavanju rudnika, osiguravajući sigurnost i održivost eksploatacije, uz istovremeno poštovanje ekoloških standarda.

Iz prethodnih testova i iskustava u drugim rudnicima jasno je da su potrebni parametri ostvarivi uz pravilnu primenu tehnika i metoda. Ovi rezultati nagoveštavaju da je postizanje ciljeva izvodljivo i efikasno. S obzirom na pouzdanost prethodnih testova i dokazane metode, ostvarenje ovih parametara trebalo bi da bude jednostavno i uspešno, pružajući osnovu za efikasno vođenje rudarskih operacija.

Za potrebe istraživanja zasipa za eksploataciju ležišta Jadara sprovedeno je više faza ispitivanja. U cilju uspešnog zasipavanja otkopavnog prostora ležišta Jadara prepoznate su tri ključne veličine koje će zasip ispuniti, a to su:

- Dostizanje čvrstoće na pritisak od 100 kPa što je pre moguće;
- Krajnja čvrstoća na pritisak do 5 MPa kako bi se omogućilo potkopavanje u određenim okolnostima;
- Modul stišljivosti (edometerski), veći od 100 Mpa.

4.2.7. Geotehničko modeliranje i karakterizacija

Geotehničko modeliranje i karakterizacija ležišta Jadara 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 4.2.10 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 4.2.10 isključuju ovaj interval podataka, tako da ova promena nije uticala na preostale vrednosti i predstavljaju tipična odstupanja u ležištu.

Tabela 4.2.10. Zbirni pregled parametara karakterizacije stenske mase u ležištu Jadar

Geodomen	RQD				FF/m				GSI				Q				RMR			
	Prvi kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Prvi kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Prvi kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Prvi kvartil	Medijana	Treći kvartil	Srednja vrednost	Prvi 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 4.2.11 do 4.2.15.

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 kavalitet stenske mase sa manjim prisustvom diskontinuiteta. Vrednosti Q predstavljaju izuzetak jer je njiima 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.

Tabela 4.2.11. Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj 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 4.2.12. Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj 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 4.2.13. Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj 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 4.2.14. Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj 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 4.2.15. Zbirni pregled statističkih pokazatelja karakterizacije stenske mase u geotehničkoj 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

Geotehničke zone 3 i 4 imaju veću učestalost diskontinuiteta nego što je to u zonama 1, 2 i 5, a što je zaključeno samo na osnovu vrednosti RQD, dok je prosečna učestalost diskontinuiteta ne promenjena.

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 4.2.16. i 4.2.19.

Tabela 4.2.16. Pregled vrednosti svojstava neporemećene stenske mase

Domen	Zapreminska masa (kg/m ³)	Čvrstoća na pritisak stenske mase σ_d (MPa)	Materijalna konstanta m_i	Modul elastičnosti E_i (GPa)	Poisson-ov koeficijent μ_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 4.2.17. 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 σ_c (MPa)	Čvrstoća na pritisak stenske mase σ_{cm} (MPa)	Čvrstoća na zatezanje stenske mase σ_{tm} (MPa)	Dilatacioni ugao ψ (°)	Ugao unutrašnjeg trenja φ (°)
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 4.2.18. 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 (kg/m ³)	Modul elastičnosti E_i (GPa)	Poisson-ov koeficijent μ_i	GSI	Čvrstoća na pritisak stenske mase σ_{cm} (MPa)	Materijalna konstanta m_i	Dilatacioni ugao ψ (°)
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 4.2.19. Orijentacija i intezitet polja napona

Komponenta napona	Intezitet	Orijentacija	
		Pad (°)	Azimut (°)
σ_1	2350	2.4	0.3
σ_2	2396	3.4	0.3
σ_3	2752	7.8	0.3

Hoek-Brown-ov kriterijum loma, kao što je u prethodnom delu teksta navedeno, 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 4.2.20, i predstavljale su osnovu za projektovanje eksploatacije ležišta. Navedene dimenzije stubova su korišćene prilikom pripreme modela veličine otkopa. Polja u tabeli 4.2.20 koja su obeležena narandžastom bojom su određena ekstrapolacijom jer su izvan granica koja su obuhvaćena analiziranim modelom.

Tabela 4.2.20. 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

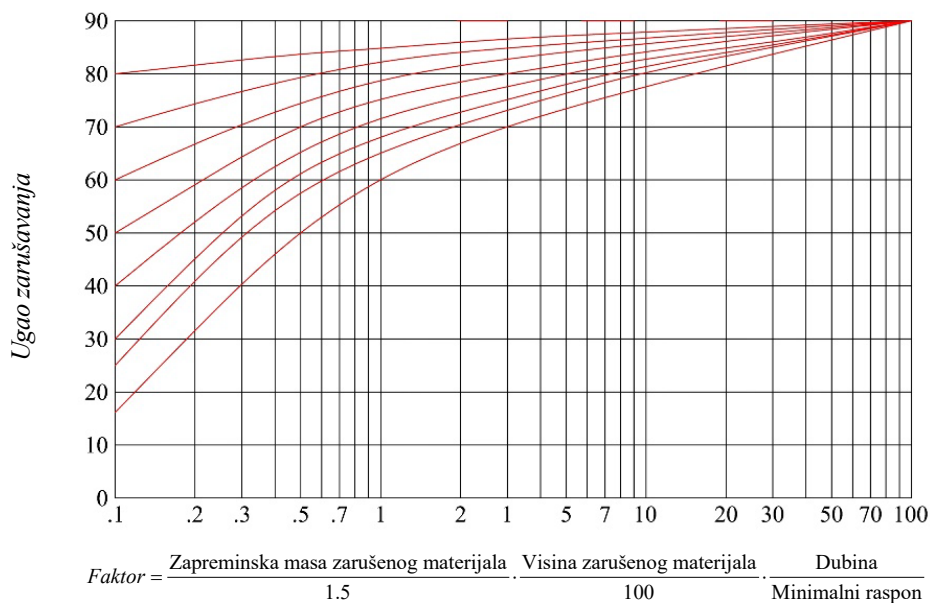
Detaljna istraživanja u cilju utvrđivanja najpovoljnijeg rasporeda otkopnih polja su izvršena nakon što su utvrđeni rezultati analize čvrstoće stubova. Glavni zaključci sprovedenih istraživanja su:

- Stalno povlačenje otkopnih prostorija je moguće ostvariti ukoliko se uskladi napredovanje pojedinih otkopnih prostorija unutar otkpnog 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 parametara: 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.).



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

4.2.8.1 RMR vrednosti za karakteristične geodomenne

RMR vrednosti za karakteristične geodomenne su preuzete iz raspoložive literature: *Jadar Prefeasibility Study Report*, Chapter 14 – Geotechnical, April 2020, Rio Tinto Group i prikazane su u tabeli 4.2.21.

Tabela 4.2.21. Računske vrednosti RMR

Geodomen	Zapreminska masa ρ (t/m ³)	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

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 4.2.22.

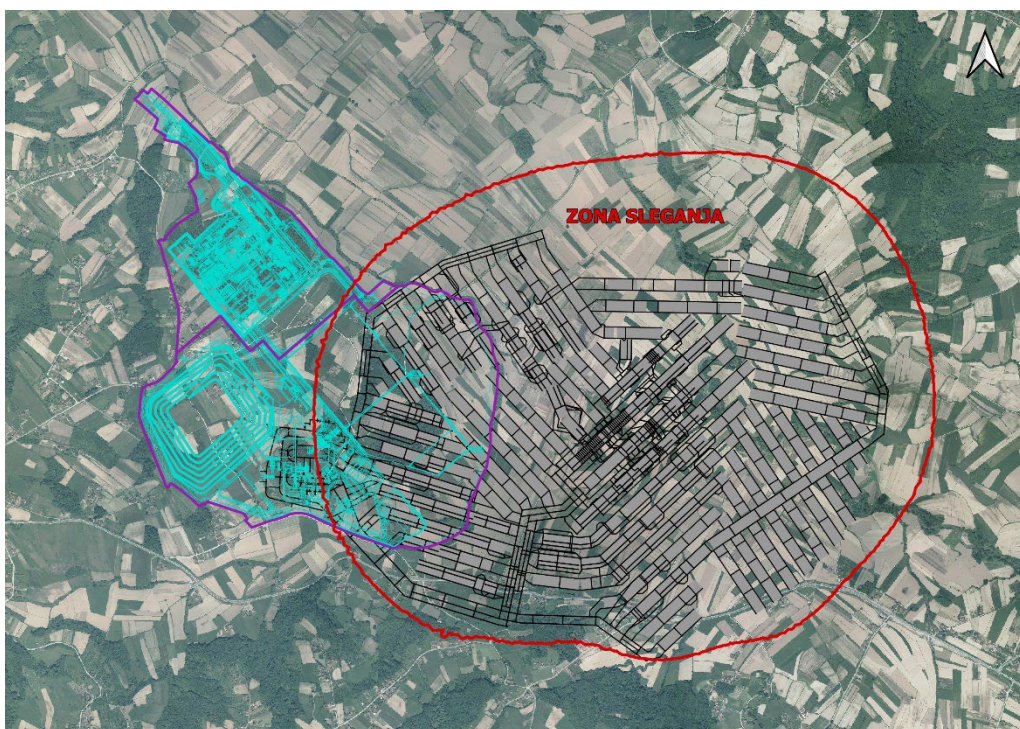


Slika 4.2.2. Litološki stub ležišta Jadar

Tabela 4.2.22. 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 4.2.22, 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. Na osnovu navedenog preliminarna procena sleganja je reda veličine 20cm tokom celokupnog životnog veka eksploatacije.

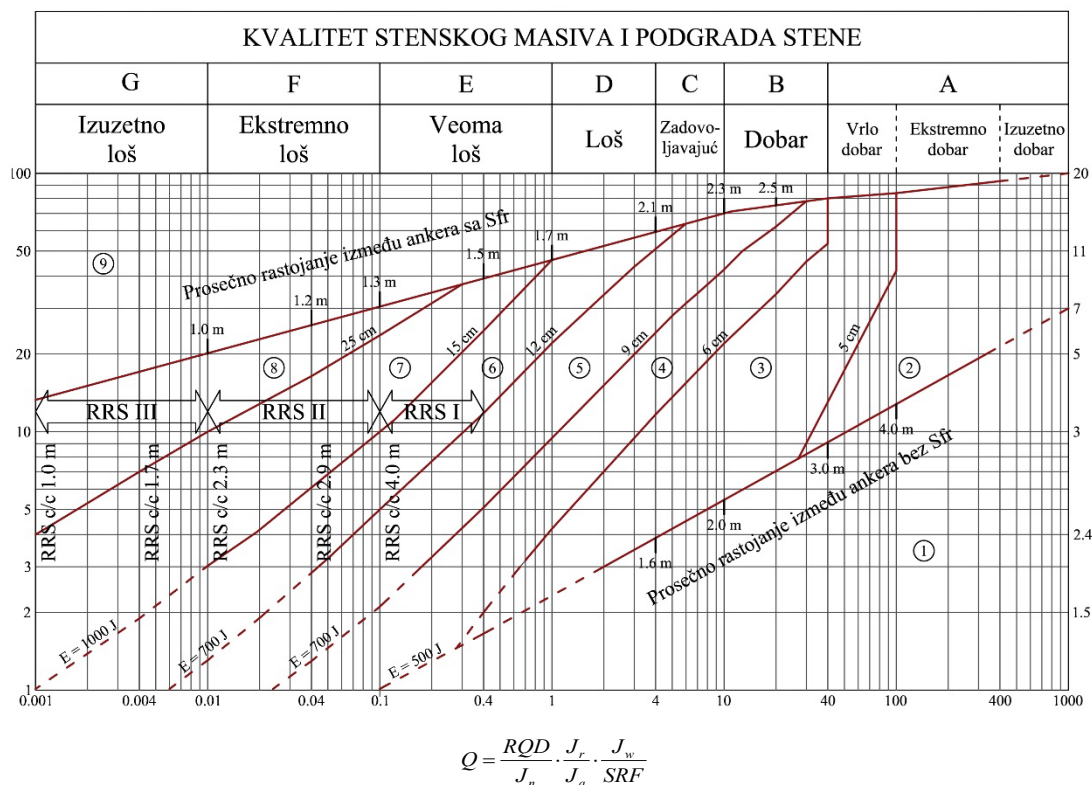


Slika 4.2.3. Položaj zone sleganja na površini terena usled uticaja podzemnih rudarskih radova

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 4.2.23 do 4.2.27.

Tabela 4.2.23. 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 4.2.24. 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 4.2.25. 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 4.2.26. 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 4.2.27. 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 4.2.28.

Tabela 4.2.28. 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 4.2.29.

Tabela 4.2.29. 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 4.2.30.

Tabela 4.2.30. 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 tabele 4.2.31.

Tabela 4.2.31. Vrednosti koeficijenta podgrađivanja ESR

Kat.	Vrsta podzemne prostorije	Vrednost ESR
A	Privremene rudarske prostorije	3 – 5
B	Vertikalna okna*: i) kružnog poprečnog preseka ii) pravougaonog/kvadratnog preseka	2.5 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 4.2.36 i namene pojedinih tipova prostorije u tabeli 4.2.32 su date vrednosti koeficijenta podgrađivanja prostorije (ESR), a zatim i ekvivalentne dimenzije prostorije D_e .

Tabela 4.2.32. Dimenzija pojedinih tipova prostorija

Tip prostorije	Dimenzije prostorije		Vrednost ESR	Ekvivalentna dimenzija Prostorije	
	Širina (m)	Visina (m)		Širina D_e (m)	Visina D_e (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 4.2.33 i 4.2.34 prikazane su kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorije u karakterističnim geotehničkim zonama.

Tabela 4.2.33. Kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorija u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu Q sistema (SRF = 15)

Tip prostorije	Dimenzije prostorije		Vrednost ESR	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 4.2.34. Kategorije sistema za podgrađivanje pojedinih tipova prostorija u karakterističnim geotehničkim zonama na osnovu Q sistema (SRF = 10)

Tip prostorije	Dimenzije prostorije		Vrednost ESR	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 3.0 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 prethodnom, kao ulazni podaci za procenu stabilnosti vertikalnih jamskih prostorija koristiće se raspoložive vrednosti geomehaničkih podataka za definisane geodomene i karakteristične geotehničke zone.

Stabilnost vertikalnih jamskih prostorija je analizirana pomoću indeksa kvaliteta stenskog masiva Q , 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 4.2.35.

Tabela 4.2.35. 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 4.2.36.

Tabela 4.2.36. 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

Geodomen	Vrednost Q	Korekcionni faktor za stanje zidova prostorije	Korekcionni faktor za orijentaciju prostorije	Korekcionni faktor za sklonost ka raspadanju	Vrednost Q_R
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 4.2.37.

Tabela 4.2.37. Ulazni parametri za određivanje maksimalnog prečnika stabilne vertikalne jamske prostorije (slepa 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 4.2.38, a za vertikalne jamske prostorije slepih okana i cilindra bunkera u tabeli 4.2.39.

Tabela 4.2.38. 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

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.

Tabela 4.2.39. 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

U tabeli 4.2.40. prikazane su kategorije sistema za podgrađivanje prostorija glavnog izvoznog okna – tip 1 i glavnog ventilacionog okna – tip 2 u geodomenima, a u tabeli 4.2.41. prikazane su kategorije sistema za podgrađivanje prostorija slepog ventilacionog okna – tip 3 i cilindra bunkera – tip 4 u karakterističnim geotehničkim zonama.

Tabela 4.2.40. 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 4.2.41. 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

Za izradu ventilacionog i izvoznog okna do dubine 160m, predložena je mehanizovana izrada okana primenom VSM tehnologije. Ova mašina se zasniva na mehanizovanom iskopavanju do projektovane dubine od 160m, a ugradnja podgrade prati napredovanje iskopa sa maksimalnim kašnjenjem od 1.5 metara. Tokom iskopa okna montažni betonski segmenti se sklapaju i postavljaju na projektovanoj lokaciji metodom „odozgo -nadole“ kao

kontinualna obloga bez potrebe za ugradnjom privremene podgrade. Između sekcija se ugrađuju zaptivci što rezultira gotovo vodonepropusnom podgradom. Betonski segmenti su visine 1 metar.

Ispod projektovane dubine od 160 metara iskop okana se vrši konvencionalnom metodom - bušenjem i miniranjem, do konačne dubine okana.

Okno	Dubina (m)	Poluprečnik prstena podgrade (m)	Debljina segmenata (m)	Visina segmenata (m)
Izvozno okno	160	4.25	0.55	1
Ventilaciono okno	160	3.25	0.40	1

Predložene kategorije sistema za podgrađivanje glavnog izvoznog okna u zoni izrade bušenjem i miniranjem – 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 u zoni izrade bušenjem i miniranjem – 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.

4.2.11. Stabilnost 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..

4.2.11.1 Empirijska analiza stabilnosti otkopa

Empirijskom analizom raspona otkopne prostorije zaključeno je da se ukazuje na procenjeni nivo linearnog prekoračenja zarušavanja (Estimated Linear Overbreak Slough – ELOS) pri izradi otkopne prostorije iznosi do 1m za otkopnu prostoriju raspona 20m i 2m 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 razblaženja su određene za medijanske vrednosti karakteristika stenskog masiva. U slučaju da se procena razblaženja vrši za 75 % i 90 % pouzdanosti svojstva stenskog masiva može se očekivati veće razblaženje. U zonama gde svojstva stenskog masiva odgovaraju svojstvima sa pouzdanošću od 90 % analiziranih svojstva 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.

4.2.11.2 Parametri otkopnih prostorija

Najvažniji parametri otkopnih prostorija koji su korišćeni za projektovanje eksploatacije ležišta Jadar navedeni su u tabeli 4.2.42.

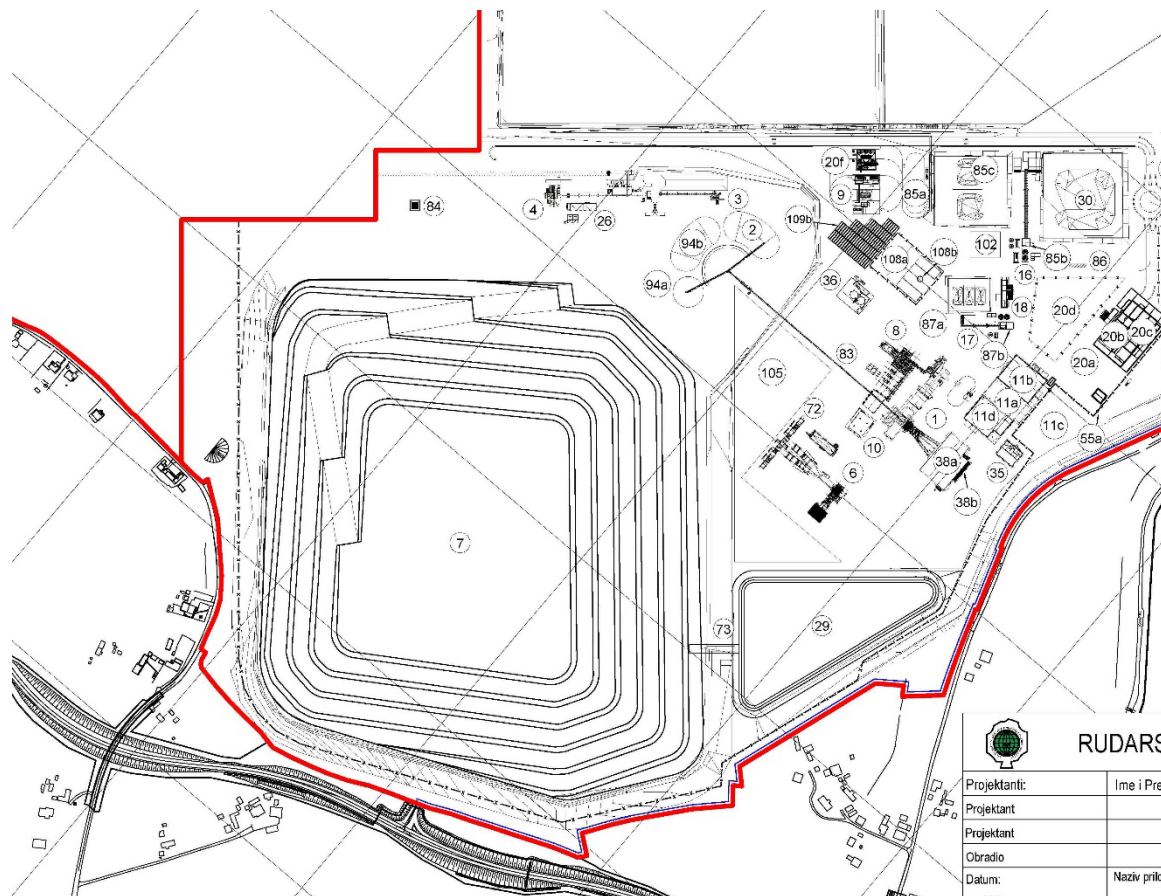
Tabela 4.2.42. Najbitniji parametri otkopnih prostorija

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 ³ /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 rudarskog otpada je locirano neposredno pored transportnih puteva i glavnih rudarskih infrastrukturnih objekata, slika 4.2.5. Površina koja je zahvaćena odlagalištem u osnovi iznosi 25.96 ha.

Geomehanički uslovi formiranja odlagališta rudarskog otpada 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 rudarskog otpada.



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, dok 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 rudarskog otpada 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, gornji sloj gline, peskovito-šljunkoviti materijal, donji sloj gline i marinski sedimenti. 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 4.2.43.

Proračun dozvoljene nosivosti je izvršen primenom metode Brinch-Hansen-a i prema Pavilniku o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje radova na temeljenju građevinskih objekata br. 1273 od 4. aprila 1974. godine. 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 φ .

Tabela 4.2.43. Zbirni pregled računskih vrednosti parametara za analizu stabilnosti kosina odlagališta

Litološki član	Zapreminska težina γ (kN/m ³)	Kohezija c (kN/m ²)	Ugao unutrašnjeg trenja φ (°)
Površinski-humusni sloj	-	-	-
Gornji sloj gline	19.0	15.0	20.0
Peskovito-šljunkoviti materijal	20.0	0.0	30.0
Donji sloj gline	19.0	15.0	20.0
Marinski sedimenti	20.0	20.0	25.0
Odloženi materijal	20.0	0.0	30.0

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 rudarskog otpada je izvršena za radne etaže i završnu kosinu. Modeli za analizu stabilnosti kosine radnih etaža se sastoji iz odloženog materijala, dok je konačan model projektovane završne kosine određen na osnovu geološkog profila podloge i projektovanog odlagališta, slika 4.2.50. Model odlagališta 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 rudarskog otpada je vršena primenom metode Morgenstern-Price-a (GLE).

Analizom stabilnosti kosine radne etaže visine $h = 10.0$ m utvrđeno je da ugao nagiba kosine radnih etaža koji zadovoljava navedeni kriterijum stabilnosti ($F_s \geq 1.10$) iznosi $\alpha_r = 28^\circ$. Na osnovu rezultata analize

stabilnosti završne kosine visine $H = 60.0$ m uvrđen je ugao nagiba završne kosine za tek odloženi jalovinski materijal koji iznosi $\alpha_z = 22.8^\circ$ i zadovoljava kriterijum stabilnosti završne kosine na odlagalištu ($F_s \geq 1.30$).

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 vezanih za karakteristike ležišta. Dinamika eksploatacije, na godišnjem nivou, prikazana je u tabeli 4.3.1.

Tabela 4.3.1. Dinamika proizvodnje

	Ukupno (ruda+jalovina)	Ruda	Ruda (marginalno)	Jalovina	B ₂ O ₃	Li ₂ O	CO ₃ (izračunato)	Razblaženo B ₂ O ₃	Razblaženo Li ₂ O	Razblaženo CO ₃ (izračunato)
	(t)	(t)	(t)	(t)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	34.893	0	0	34.893	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	142.542	0	0	142.542	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	450.301	36.534	39.832	373.935	10,46	1,48	19,80	10,48	1,49	19,78
3	671.811	387.794	188.578	95.439	12,02	1,63	17,28	11,40	1,56	17,49
4	909.008	577.313	146.425	185.270	12,23	1,70	16,30	11,21	1,56	18,33
5	1.501.012	1.029.443	259.302	212.266	13,73	1,81	13,98	12,77	1,68	14,86
6	1.750.811	1.428.792	217.445	104.575	14,32	1,88	12,41	13,30	1,79	13,89
7	1.808.715	1.475.776	216.043	116.895	14,31	1,94	12,26	13,37	1,81	13,81
8	1.971.118	1.577.192	270.815	123.112	13,81	1,92	14,46	12,93	1,79	15,29
9	1.940.626	1.612.841	175.577	152.207	13,77	1,93	15,78	12,32	1,78	17,40
10	1.931.682	1.621.538	51.704	258.440	13,77	1,92	15,10	12,31	1,75	16,88
11	2.020.139	1.616.656	167.320	236.163	13,84	1,93	14,13	12,48	1,74	16,09
12	2.024.450	1.588.130	308.178	128.142	13,96	1,93	14,37	12,67	1,75	16,13
13	2.164.690	1.666.670	357.703	140.318	13,46	1,92	14,73	12,06	1,72	16,66
14	2.240.763	1.661.230	411.285	168.248	12,84	1,87	15,27	11,49	1,67	17,27
15	1.991.843	1.603.851	300.132	87.860	12,95	1,94	16,23	12,06	1,79	17,58
16	2.062.819	1.665.321	249.038	148.461	12,95	1,94	15,44	11,77	1,76	16,97
17	1.815.977	1.571.666	148.070	96.241	12,53	1,90	15,93	11,17	1,69	18,09
18	1.482.090	1.379.958	49.102	53.029	12,24	1,93	16,81	10,82	1,70	18,78
19	1.598.727	1.258.367	93.585	246.775	12,99	2,03	15,84	11,95	1,87	17,32
20	1.911.356	1.608.648	177.779	124.929	12,96	2,01	16,44	11,92	1,85	17,86
21	1.878.144	1.636.522	86.484	155.138	13,27	2,00	15,03	11,96	1,80	16,82
22	2.028.407	1.636.515	152.763	239.129	13,10	1,93	14,06	11,91	1,75	15,87
23	1.937.519	1.590.160	234.996	112.363	13,09	1,89	13,80	11,80	1,71	15,69
24	1.949.541	1.630.916	240.590	78.035	13,00	1,85	14,73	11,48	1,64	16,96
25	1.762.019	1.613.160	83.192	65.668	13,67	1,89	15,33	12,03	1,68	17,48
26	1.768.924	1.619.937	85.356	63.631	13,59	1,86	15,84	11,90	1,64	18,22



	Ukupno (ruda+jalovina)	Ruda	Ruda (marginalno)	Jalovina	B ₂ O ₃	Li ₂ O	CO ₃ (izračunato)	Razblaženo B ₂ O ₃	Razblaženo Li ₂ O	Razblaženo CO ₃ (izračunato)
	(t)	(t)	(t)	(t)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27	1.736.983	1.609.951	60.070	66.962	13,56	1,81	16,21	11,92	1,60	18,48
28	1.698.608	1.595.558	45.293	57.758	13,64	1,84	16,35	12,10	1,64	18,20
29	1.755.498	1.603.940	81.758	69.800	13,45	1,82	15,74	11,93	1,63	17,72
30	1.787.329	1.647.719	74.419	65.190	12,39	1,77	17,13	11,20	1,60	18,71
31	1.743.830	1.662.023	18.965	62.843	11,28	1,69	18,53	10,29	1,54	19,86
32	1.737.067	1.658.915	23.305	54.847	11,61	1,75	19,40	10,62	1,60	20,62
33	1.738.973	1.666.945	18.396	53.632	11,85	1,75	19,77	10,85	1,60	20,97
34	1.730.343	1.647.701	33.622	49.019	12,02	1,73	19,12	10,92	1,60	20,56
35	1.717.966	1.594.725	54.852	68.389	12,79	1,71	19,04	11,62	1,59	20,22
36	1.686.185	1.537.256	101.411	47.518	12,80	1,74	18,70	11,77	1,61	19,60
37	1.816.693	1.645.120	111.031	60.543	13,14	1,82	17,00	11,67	1,64	18,46
38	1.767.207	1.661.627	35.985	69.594	13,51	1,88	15,74	11,85	1,65	17,69
39	1.761.073	1.659.872	22.081	79.119	13,92	1,91	15,75	12,07	1,66	17,87
40	1.796.685	1.697.969	28.492	70.225	13,57	1,91	15,62	11,71	1,65	18,03
41	1.763.275	1.667.038	20.189	76.048	13,45	1,97	16,33	11,65	1,70	18,56
42	1.731.429	1.641.805	15.647	73.977	13,30	1,97	16,54	11,53	1,70	18,68
43	1.730.430	1.657.025	3.440	69.964	13,37	1,99	16,49	11,68	1,74	18,78
44	1.754.331	1.674.418	8.440	71.473	13,20	1,94	16,41	11,54	1,70	18,64
45	1.763.343	1.683.783	0	79.561	13,05	1,92	16,61	11,42	1,68	18,65
46	1.759.250	1.685.273	0	73.977	12,75	1,87	16,30	11,01	1,61	18,66
47	1.764.742	1.678.091	11.601	75.050	12,67	1,87	16,39	10,97	1,61	18,73
48	1.767.027	1.678.913	14.311	73.803	12,39	1,83	16,82	10,78	1,58	19,04
49	1.777.726	1.699.287	3.937	74.501	12,66	1,89	16,41	10,95	1,63	18,81
50	1.772.704	1.696.427	6.487	69.790	12,56	1,88	16,35	10,87	1,63	18,76
51	1.801.446	1.690.440	29.718	81.289	12,65	1,90	16,68	11,15	1,66	18,65
52	1.764.913	1.687.610	10.225	67.079	12,38	1,86	16,66	10,98	1,64	18,55
53	1.785.439	1.666.409	44.237	74.792	12,24	1,85	16,26	11,10	1,67	17,92
54	1.632.724	1.552.346	15.345	65.034	11,62	1,76	16,76	10,38	1,57	18,64
55	1.180.443	1.119.983	14.050	46.410	11,88	1,77	15,84	10,67	1,59	17,82
56	948.087	902.976	11.611	33.499	12,21	1,78	15,37	11,04	1,61	17,45
57	931.125	895.881	0	35.244	12,32	1,75	14,77	11,00	1,56	17,08
58	699.348	666.766	3.444	29.137	12,28	1,70	14,71	11,02	1,53	16,62
59	541.358	509.488	4.945	26.925	12,11	1,76	15,87	10,86	1,58	17,58
60	625.807	587.083	11.562	27.162	12,56	1,83	17,28	11,33	1,65	18,88
61	1.164.654	971.238	129.865	63.551	14,72	1,84	18,41	13,90	1,68	19,42
62	1.338.003	1.230.881	44.617	62.504	16,45	1,77	17,32	15,10	1,61	18,57
63	1.200.608	1.143.500	9.650	47.457	17,58	1,74	16,18	16,14	1,58	17,71

	Ukupno (ruda+jalovina)	Ruda	Ruda (marginalno)	Jalovina	B ₂ O ₃	Li ₂ O	CO ₃ (izračunato)	Razblaženo B ₂ O ₃	Razblaženo Li ₂ O	Razblaženo CO ₃ (izračunato)
	(t)	(t)	(t)	(t)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
64	1.164.055	1.118.371	2.239	43.444	17,96	1,79	15,63	16,37	1,61	17,46
65	1.036.386	997.558	1.490	37.338	19,95	1,94	16,20	18,06	1,74	18,02
66	758.729	728.499	3.361	26.869	21,66	1,84	15,33	19,68	1,66	17,01
67	595.525	571.796	0	23.729	24,46	1,71	14,45	22,25	1,53	16,26
68	394.946	378.196	0	16.750	23,59	1,71	14,66	21,55	1,53	16,53
69	200.548	192.522	0	8.026	24,57	1,60	14,17	22,35	1,44	16,04
70	69.212	67.467	0	1.745	24,87	1,58	13,71	22,76	1,46	15,43
Σ	105.641.978	93.425.317	5.841.388	6.375.273	13,45	1,86	16,11	12,05	1,67	17,90

4.4. Dimenzionisanje sistema eksploatacije ležišta

4.4.1. Tehnologija izrade jamskih prostorija

Uvidom u dostavljenu dokumentaciju od strane investitora utvrđeno je da je razmatrano više varijanti otvaranja rudnika. Konačno, u ovoj fazi predloženo je otvaranje sa dva okna:

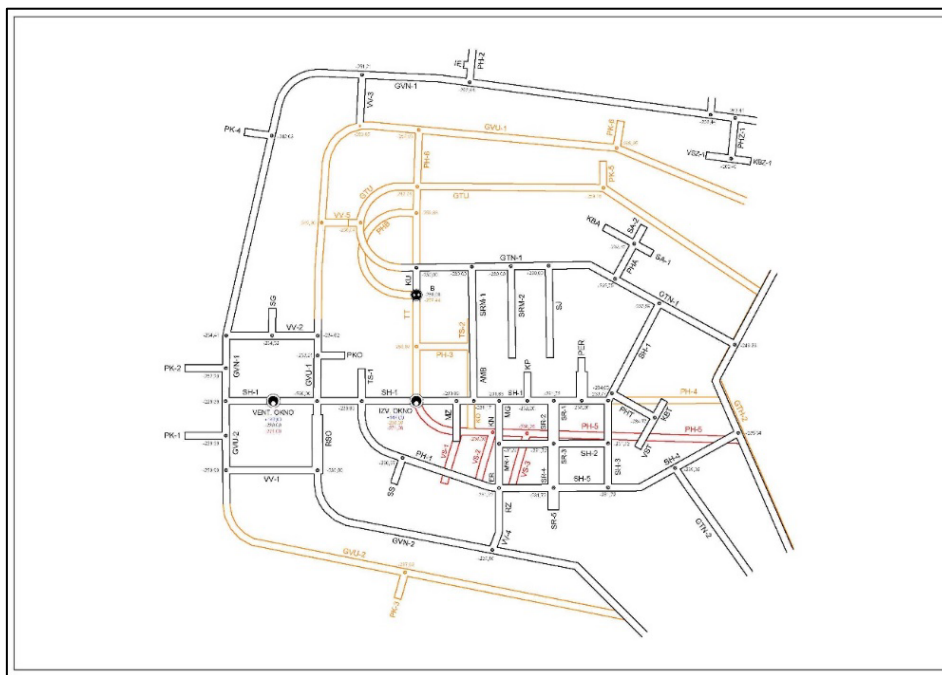
- Izvozno okno, koje je namenjeno za izvoz rude, prevoz ljudi, dopremu repromaterijala i ulaz sveže vazdušne struje, prečnika slobodnog poprečnog preseka od 8.5 metara,
- Ventilaciono okno za potrebe odvođenja istrošenog vazduha iz jame i evakuaciju u slučaju vanrednih situacija, prečnika slobodnog poprečnog preseka od 6.5 metara.

Na osnovu uslova radne sredine, podzemnih pritisaka, namene, zahteva vodonepropusnosti i veka eksploatacije, predloženo je da se okna do dubine od 160 m podgrade segmentnom betonskom kružnom podgradom. U zoni izrade okana, primenom bušačko-minerskih radova, predloženo je podgrađivanje privremenom i trajnom podgradom

Osim prostorija otvaranja (izvozno i ventilaciono okno) 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. Ovakav način izrade primenjivaće se i za izradu ostalih prostorija gde to radni uslovi i nagibi dozvoljavaju.

Na slici 4.4.1. prikazan je deo situacionog plana oko okana.

Tokom 2023. godine revidovana je lokacija okana. Revizija izbora lokacije okana je obavljena da bi se smanjio rizik po stabilnost i da bi se poboljšali uslovi izrade, jer su prvobitne lokacije okana (bušotina VS01, kao i PS01 i SS01) imala značajan udeo loše rade sredine naročito kod geodomena 525 i 405. Na osnovu sprovedenih analiza odlučeno je da se lokacije okana IZV.OKNO i VENT.OKNO pomere 300 m ka istoku, bliže rudnom telu. Novoizabrana lokacija okana se nalazi u delu terena koji je ispitivan u više navrata za potrebe planiranja i projektovanja podzemne infrastrukture i koji ima bolje karakteristike stenske mase nego prethodno odabran odabran lokacije.



Slika 4.4.1. Situacioni plan - deo plana oko okana jame Jadar

4.4.1.1 Izrada jamskih prostorija

Za potrebe definisanja tehnologije izrade jamskih prostorija kao i izbor odgovarajuće vrste podgrade jamskih prostorija, bilo je neophodno izvršiti ispitivanja jednoosne pritisne čvrstoće (UCS - uniaxial compressive strength) radne sredine kroz koju će prostorije prolaziti. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 4.4.1.

Tabela 4.4.1 Ispitivanja pritisne čvrstoće radne sredine

Uzorak br.	Dubina (m)	UCS (MPa)
0151.041	243,6	20,40
0047.041	435,2	38,60
0049.041	526,0	39,40
0050.041	560,3	26,00
0053.041	575,9	37,70
0054.041	653,6	39,20

Ove vrednosti pritisne čvrstoće radne sredine odnose se na jalovinu, dok vrednost pritisne čvrstoća radne sredine u rudnom telu i njegovoj neposrednoj okolini prosečno iznosi od 16 do 22MPa.

4.4.1.2 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
- Zahteva za dopremu potrebnih količina vazduha.

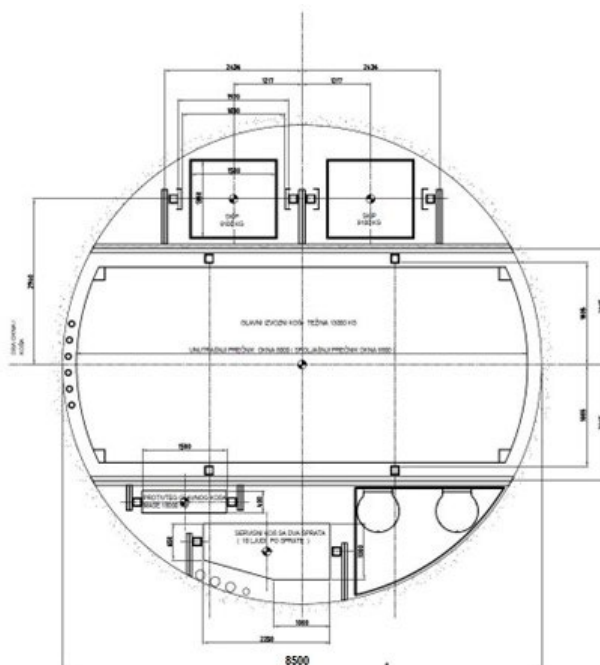
Prostorije će biti podeljene po grupama i tipovima prostorija. Grupe prostorija su: vertikalne (grupa 1) i horizontalne i kose (grupa 2). Tipovi prostorija u svakoj grupi zavise od veličine poprečnog preseka prostorije. Na osnovu navedenih zahteva, kao i na osnovu vrste i oblika podgrade koja će se koristiti, usvojeni su tipovi prostorija, prikazani u nastavku teksta.

A) VERTIKALNE PROSTORIJE

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

$$R = 8.500 \text{ mm } (S_{si}=56,70 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste primenjene podgrade}),$$

Na slici 4.4.2. dat je prikaz poprečnog preseka prostorija TIP 1 sa dispozicijom opreme.

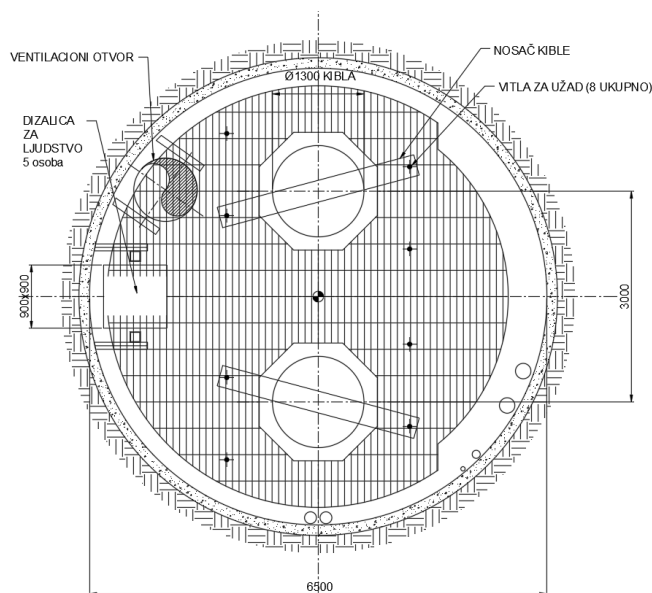


Slika 4.4.2. Poprečni presek prostorije TIP 1, izvozno okno sa dispozicijom opreme u fazi eksploatacije

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

$$R = 6.500 \text{ mm } (S_{si}=33,18 \text{ m}^2, S_{isk}=\text{zavisi od vrste primenjene podgrade}).$$

Poprečni presek prostorija TIP 2 sa dispozicijom opreme prikazan je na slici 4.4.3.



Slika 4.4.3. Svetli poprečni presek prostorije TIP 2, servisno (ventilaciono okno) sa dispozicijom opreme u fazi izrade

Podaci za izvozno (Tip 1 prostorije) i ventilaciono (Tip 2 prostorije) okno dati su u tabeli 4.4.2.

Tabela 4.4.2 Specifikacija i pozicije okana

Izvozno okno, pozicija centralne linije severno	mN	4930620.00
Izvozno okno, pozicija centralne linije istočno	mE	6608535.00
Prečnik izvoznog okna	m	8,5
Kota ušća izvoznog okna	mnv	147,31
Kota utvoranog nivoa – nivo 2 u izvoznom oknu	mnv	-286,14
Kota dna izvoznog okna	mnv	-296,14
Ventilaciono okno, pozicija centralne linije severno	mN	4930486.0
Ventilaciono okno, pozicija centralne linije istočno	mE	6608401.00
Prečnik ventilacionog okna	m	6,5
Kota ušća ventilacionog okna	mnv	149,85
Kota glavnog nivoa ventilacionog okna	mnv	-230,45
Kota dna ventilacionog okna	mnv	-240,45

- **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:

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

- **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, kružnog oblika poprečnog preseka, dimenzije:

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

B) HORIZONTALNE I KOSE PROSTORIJE

Prilikom dimenzionisanja veličine poprečnog preseka teži se da on bude što je moguće manji, da bi se smanjili troškovi izrade i podgrađivanja. Dimenzije prostorije se definišu na osnovu dimenzija najgabaritnije mehanizacije, sigurnosno-tehničkih zahteva i dostavljanja dovoljne količine vazduha i na najnižoj koti eksploatacije.

U tabeli 4.4.3. dat je prikaz neophodne opreme i minimalne dimenzije slobodnog poprečnog preseka prostorije uzimajući u obzir zakonske i podzakonske preporuke, odnosno tehničko-sigurnosne propise (TSP). Primenjeni su tehničko-sigurnosni propisi koji važe za dizel opremu. Uzimajući u obzir dimenzije najmanjeg profila, TIP-10 (4500 x 4500 mm), zaključujemo da je navedena oprema adekvatno izabrana. Ostala oprema koja će se koristiti za prevoz ljudi, servisiranje i druge namene mora se prilagoditi navedenim dimenzijama.

- **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:

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

Tabela 4.4.3 Neophodna oprema sa prikazom minimalnih dimenzija prostorije po TSP

Naziv	Dimenzije opreme		Minimalne dimenzije profila	
	Širina (mm)	Visina (mm)	Širina (mm)	Visina (mm)
CBM	5200	2800		
Utovarna mašina (LHD)	3060	2760	4060	3360
Kamion	3350	2900	4350	3500
Bušača kola ¹⁾	2000	2800	3000	3400
Bušača kola ²⁾	2400	3100	3400	3700
Bušača kola ³⁾	2115	2841	3115	3441
Bušača kola ⁴⁾	2605	3095	3605	3695
Mašina za ugradnju prskanog betona	1900	2800	2900	3400
Kamion mešalica za beton	2440	3300	3440	3900
Grejder	2511	3380	3511	3980
Kamion za prevoz eksploziva i punjenje minskih bušotina	2000	2800	3000	3400
Servisni kamion	1800	2250	2800	2850
Platforma	2030	2670	3030	3270
Platforma sa korpom	1800	2400	2800	3000
Teleskopska korpa	2500	2900	3500	3500
Ambulantno vozilo	2060	1950	3060	2550
Lako vozilo za prevoz zaposlenih - 8	1920	2060	2920	2660
Univerzalno lako vozilo za prevoz ljudi i alata	1920	2210	2920	2810
Lako vozilo za prevoz zaposlenih - 3	1920	2210	2920	2810
Platforma za rad na visini	1830	2000	2830	2600
Električni viljuškar	1345	2500	2345	3100
Vozilo za transport goriva	2050	2150	3050	2750
Vozilo za transport vode	2300	2400	3300	3000
Univerzalna utovarna mašina	1676	2082	2676	2682

Prostorije ovog tipa su: glavni i pristupni hodnici, rampe, sklonište (u slučaju nesreće), menza, toalet, pristupni hodnik za skladište, pristupni hodnik za lampu, pristupni hodnik za radionicu za dizel mehanizaciju, radionica ka izlaznoj vetrenoj struji, komora za manevrisanje kod bunkera, pristupni hodnik izvoznom oknu na donjem nivou, vodosabirnik izvoznog okna (nivo 2), vodosabirnik na nivou 1, vetrene veze, komora za emulziju za eksploziv, komora za inicijalna sredstva, pristupni hodnici magacinu za eksplozive i eksplozivna sredstva, pristupni hodnik za pražnjenje bunkera

- **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:

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

Ovaj tip prostorije biće zastupljen kod hodnika koji povezuje ventilaciono okno i izvoznookno, pristupnog hodnika bunkeru.

- **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:

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

Ovaj tip predviđen je za prostorije sledećih namena: perionica sa radionicom za pneumatike, navozište/izvozište, skladište delova i repromaterijala, elektro radionica i radionica za tešku mehanizaciju 1, radionica za tešku 2 i dizel mehanizaciju 1, radionica za dizel 2 i laku mehanizaciju, mašinska radionica i radionica za zavarivanje

- **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:

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

Ovaj tip prostorije je višenamenski i koristiće se za pristupni hodnik radionici za pneumatike, pristupni hodnik za radionice, pristupni hodnik za skladište goriva, hodnik izlazne vazdušne struje, skladište goriva, glavna elektro podstanica, istočni hodnik na donjem nivou, transportni hodnik (bunker-izvozno okno).

- **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:

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

Ovaj tip prostorije predviđen je u sklopu bunkera na gornjem nivou.

- **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, blago zasvođenog oblika poprečnog preseka, dimenzija:

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

Ovaj tip prostorije predviđen je za hodnike u otkopima (poprečne veze), za prostorije u sklopu magacina eksploziva i eksplozivnih sredstava i za pristupne hodnike ventilacionim vezama – slepim ventilacionim oknima.

4.4.1.3 Izbor metode izrade jamskih prostorija

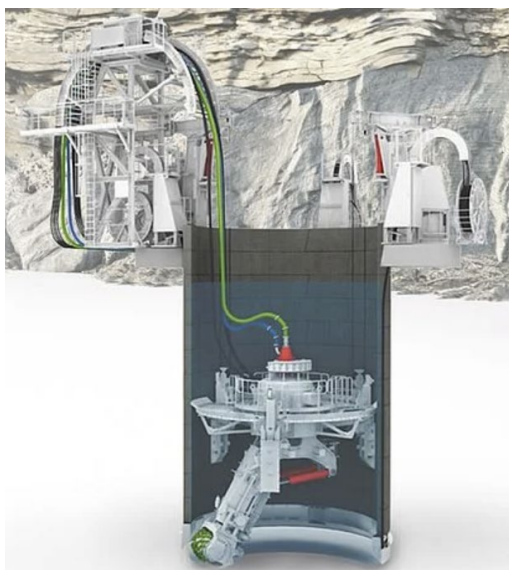
4.4.1.3.1 Metoda izrade vertikalnih jamskih prostorija

Izrada okana i bunkera za rudu

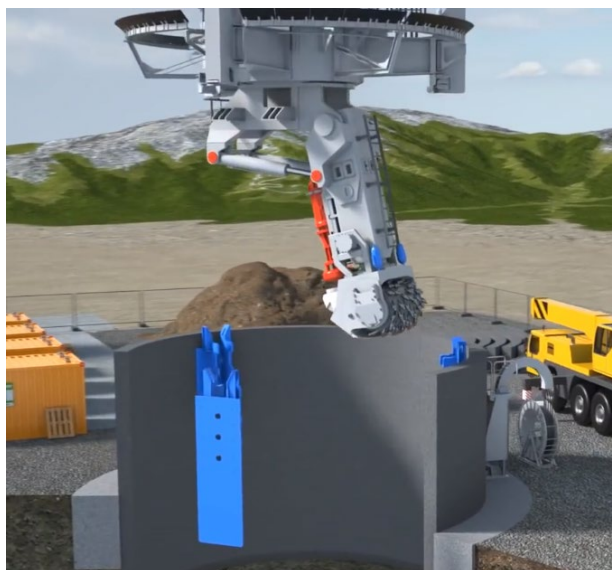
Za izradu okana usvojena je metoda izrade mehanizovanom metodom do 160m dubine a nakon toga do dna bušačko-minerskim radovima.

Metodologija za izradu vertikalnih okana se oslanja na tehnologiju mehanizovane izrade okana primenom VSM tehnologije. Ova metoda omogućava efikasnu izradu vertikalnih okana za potrebe podzemnih rudnika. Proces počinje pripremom terena i izradom ušća okna u čijem se okruženju instalira neophodna oprema. U toku izrade, oprema je potopljena u vodu što omogućava da se materijal koji se iskopa hidraulički transportuje cevovodom, do površine gde se vrši separacija. Izgled i osnovni elementi ovog sistema prikazani su na slici broj 4.4.4.

Bušenje minskih bušotina se izvodi odgovarajućim bušačim čekićima. Ako se želi postići veća brzina bušenja i tačniji raspored minskih bušotina koriste se bušača vretena (slika 4.4.5.). Bušotine se prema proračunu raspoređuju po koncentričnim krugovima na određenom rastojanju. Punjenje minskih bušotina može biti ručno ili mašinski.



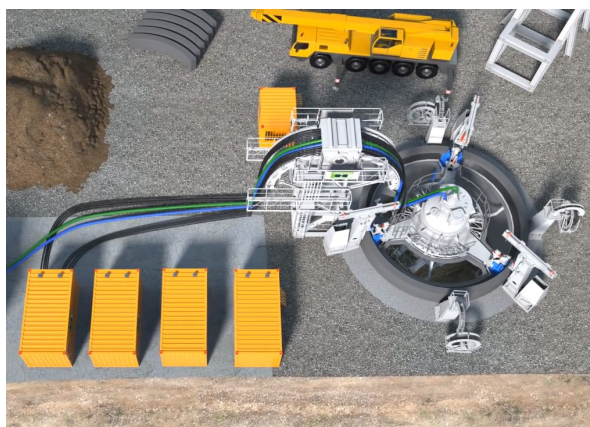
a) VSM sistem



b) montiranje VSM mašine

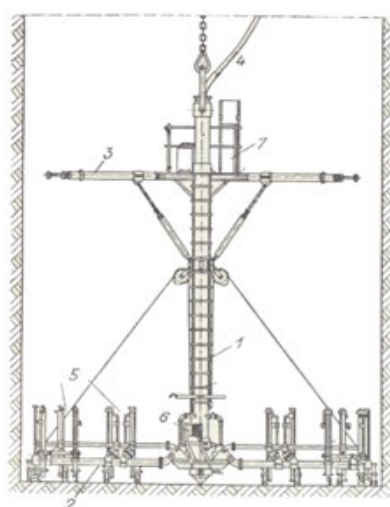


c) VSM mašina u radu

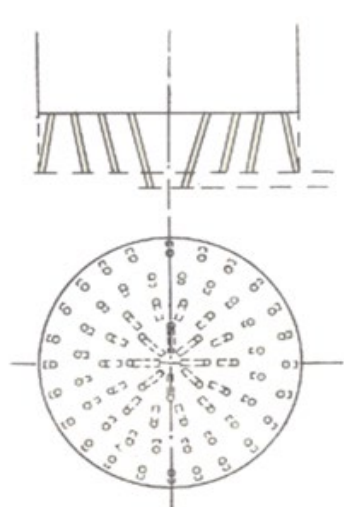


d) sistem za separaciju

Slika 4.4.4. Prikaz postavke VSM mašine sa infrastrukturom.



a)

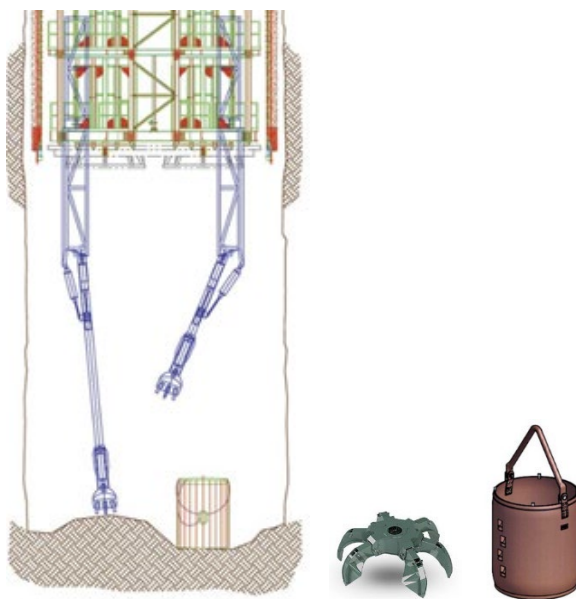


b)

Slika 4.4.5. a) primena vretena za bušenje minskih bušotina, b) raspored minskih bušotina

- a) Izgled vretena i elementi 1) Vreteno-nosač, 2) krak vretena, 3) trostruki raskinjač, 4) dovod sabijenog vazduha, 5) bušaći čekić, 6) vitlovi za podizanje krakova vretena, 7) kabina za rukovaoca, b) Raspored minskih bušotina

Posle neophodnog vremena za provetravanje i pregled radilišta, pristupa se utovaru i izvozu odminiranog materijala. Ove radne operacije treba maksimalno mehanizovati da bi se smanjio broj radnika na čelu radilišta i skratilo vreme trajanja ovih operacija. Na slici 4.4.6. je šematski prikazan utovar odminiranog materijala u vedro, grabilicom.



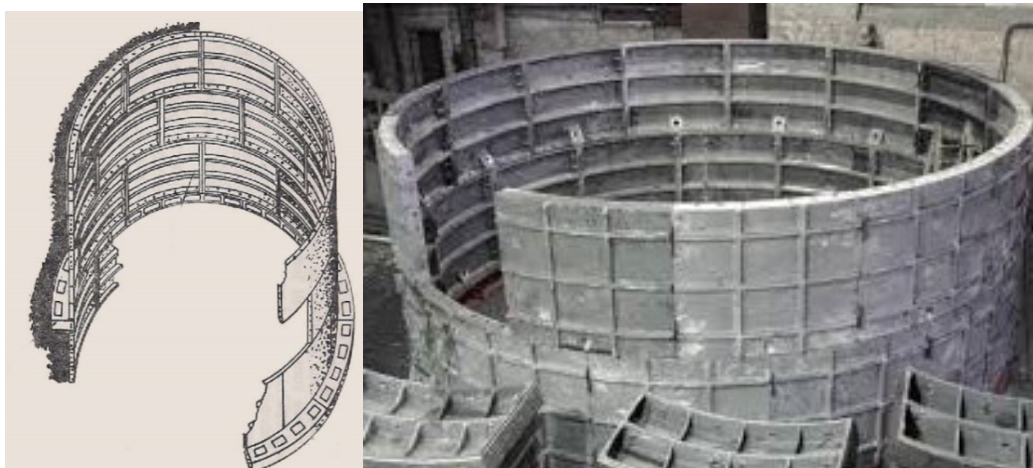
Slika 4.4.6. Utovar i izvoz u oknima: a) šematski prikaz utovara odminiranog materijala, b) izgled grabilice za materijal i izgled izvoznog vedra

Za podgrađivanje okana, u zavisnosti od karakteristika radne sredine, koristiće se monolitni beton kao i čelična vodonepropusna podgrada. Monolitni beton, odgovarajuće debljine koja će biti definisana u daljoj fazi projektovanja, uzimaće u obzir zahtev da podgrada bude vodonepropusna. Na slici 4.4.7. prikazana je deonica okna podgrađena monolitnim betonom.



Slika 4.4.7. Deonica okna podgrađena monolitnim betonom

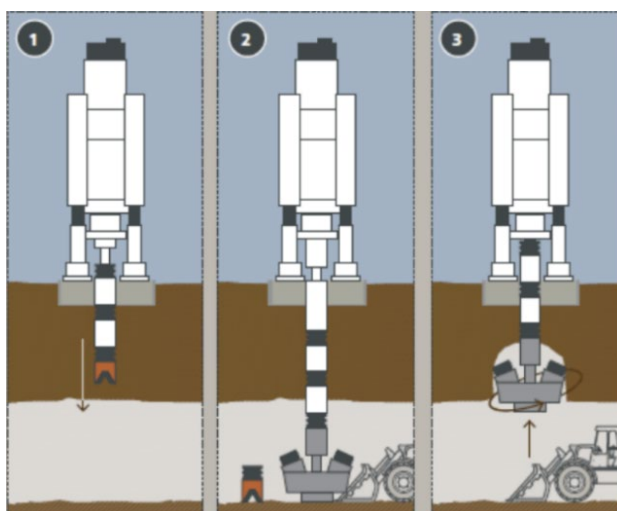
Na slici 4.4.8. prikazana je deonica okna podgrađena čeličnog podgradom u segmentima. Definisanje finalne debljine segmentne podgrade biće urađeno u sklopu Glavnog rudarskog projekta. U okviru preliminarne analize neophodne debljine čelične podgrade za izgradnju okna došlo se do zaključka da je neophodna debljina T150 čeličnog profila od 360 mm.



Slika 4.4.8. Čelična segmentna podgrada

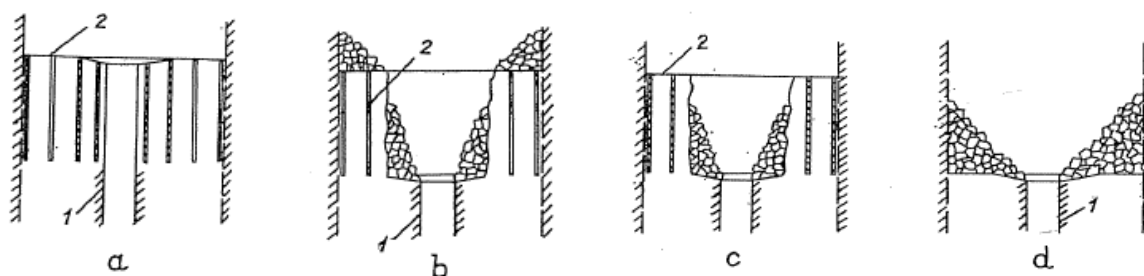
Izrada ventilacionih veza

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 „raise boring method“. Na slici 4.4.9. dat je prikaz načina izrade okna bušenjem punog profila odozdo na gore.



Slika 4.4.9. Izrada okna rezanjem odozdo na gore metodom „raise boring“, 1) bušenje pilot bušotine, 2) montiranje rezne glave, 3) izrada prostorije

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 – raise boring) i miniranjem, kako je šematski prikazano na slici 4.4.10.



Slika 4.4.10. Izrada ventilacionih veza i bunkera za rudu pomoću središnje bušotine velikog prečnika 1) velika bušotina, 2) male bušotine, a-d faze miniranja

4.4.1.3.2 Metode izrade horizontalnih i kosih jamskih prostorija

Izrada horizontalnih i kosih prostorija nagiba do 15° izvodiće se u normalnim radnim uslovima. Organizacija izrade od velikog je uticaja na pokazatelje izrade, kao što su brzina izrade, učinka, stepena iskorišćenja mehanizacije, bezbednosti i cene. Predviđene metode su:

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

A) Metode izrade horizontalnih i kosih jamskih prostorija mehanizovanim načinom

Sve prostorije dimenzije $b = 5,2\text{m}$ i $h = 5\text{m}$ i većih, radiće se mehanizovanim načinom primenom mašine za mehanizovano rezanje – Continuous Bolter Miners (CBM). Prostorije koje imaju manju širinu od CBM mašine mogu se raditi “Roadheader” mašinama ili bušačko-minerskim radovima. Za podgrađivanje ovih prostorija mora se predvideti mašina za ugradnju ankera i nabacivanje torkret betona.

B) Metode izrade horizontalnih i kosih jamskih prostorija bušačko-minerskim radovima

U rudniku Jadar predviđena je primena bušačko-minerskih radova u sklopu razvoja rudnika i eksploatacije. Izrada pripremnih hodnika za otkopavanje vršiće se bušačko-minerskim radovima 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 (doradu) profila).

Oprema za bušenje minskih bušotina, prilikom izrade prostorija bušačko-minerskim radovima, prikazana je na slici 4.4.11.



a) ručni bušaći čekić sa
pneumatskim osloncem



b) bušaća kola sa dve grane

Slika 4.4.11. Oprema za bušenje minskih bušotina prilikom izrade jamskih prostorija

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

Utovar odminiranog materijala obavljaće se dizel utovaračem zapremine kašike $7,0\text{ m}^3$ marke Sandvik model LH517E ili utovarača sličnih tehničkih specifikacija.

Odvoz odminiranog materijala vršiće se utovaračima sa kašikom do mesta gde se deponuje ili utovarom u jamske kamione tipa Sandvik BEV TH550B ili kamiona sličnih tehničkih specifikacija.

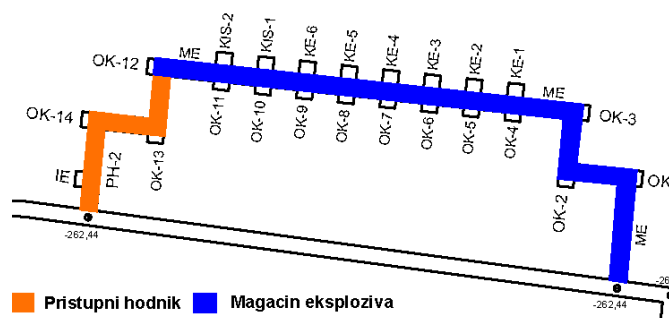
C) Magacin eksploziva i sredstava za iniciranje

Lokacija magacina eksploziva i sredstava za iniciranje (ME) prikazana je na slici broj 4.1.8. Pozicija magacina treba da bude u što stabilnijoj radnoj sredini i sa odgovarajućom vrstom podgrade. Kapacitet magacina određuje se na osnovu planirane godišnje proizvodnje i potrebnih pripremnih radova. Prilikom projektovanja magacina eksploziva neophodno je pridržavati se svih važećih propisa i Pravilnika o tehničkim normativima pri rukovanju eksplozivnim sredstvima i miniranju u rudarstvu.

Prostorije magacina eksploziva su horizontalne, dimenzija 4,5 x 4,5 metara (TIP 10). 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.

Prostorije magacina radiće se zbog malih dužina i pravih uglova bušačko-minerskim radovima.

Prikaz magacina eksploziva dat je na slici 4.4.12.



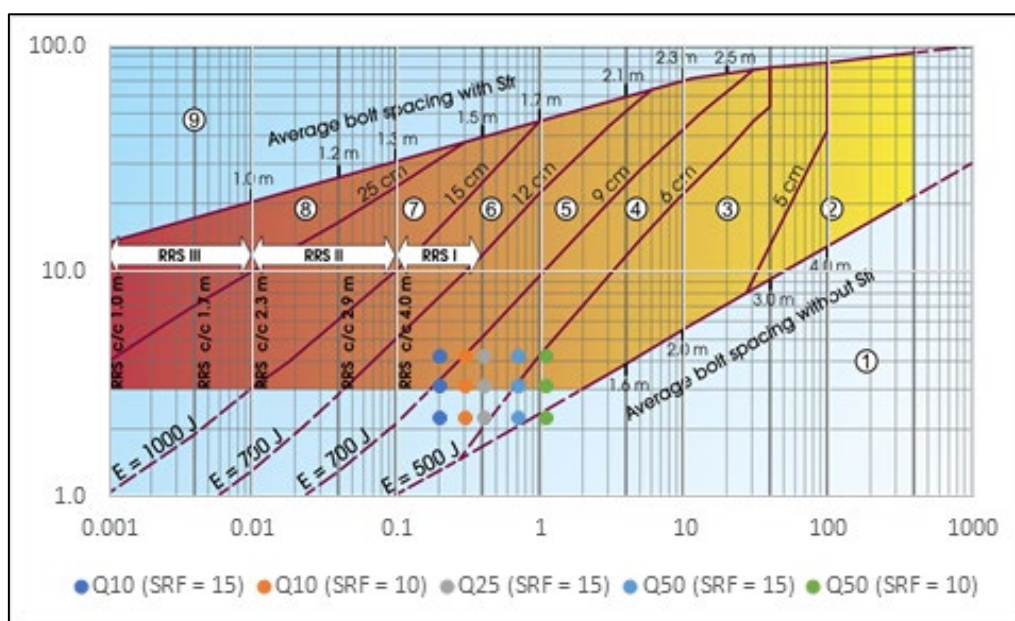
Slika 4.4.12. Prikaz jamskog magacina eksploziva i eksplozivnih sredstava (ME – magacin eksploziva, PH-2 – pristupni hodnik, OK – odbojna komora, KIS – komora za inicijalna sredstva, KE – komora za eksplozivna sredstva za izdavanje eksploziva i sredstava za iniciranje)

4.4.1.4 Podgrađivanje horizontalnih i kosih prostorija

Uzimajući u obzir uslove radne sredine i dimenzije prostorija, potrebno je na osnovu klasifikacije radne sredine dati predlog načina podgrađivanja. Na osnovu dostavljenih podataka na slici 4.4.13. prikazan je geotehnički model za klasifikaciju i dat predlog izbora podgradne konstrukcije jamskih prostorija na osnovu empirijskih metoda zasnovanih na geotehničkoj klasifikaciji stenske mase (Q klasifikacija).

Dodeljene klase podgrade zasnivaju se na dimenzijama prostorija, očekivanom eksploatacionom veku prostorija i izloženosti promenljivim uslovima naprežanja.

Bez obzira na način izrade prostorija, primenom mašine (CBM) ili bušačko-minerskim radovima, podgrađivanje će se obavljati u dva prolaza.



Slika 4.4.13. Dijagram za izbor podgrade zasnovan na Q sistemu za različite nivoe pouzdanosti i KSN vrednosti

Predložena podgrada za kapitalne prostorije, dimenzija većih od 5 m x 5 m, od strane Investitora, predstavlja podgradu u kategoriji 6 sa ankerima dužine do 3,0 m na rastojanju od 1,25 m sa minimalnom debljinom torkret betona od 100 mm. Takođe su definisane podgrade niskopa, prostorija razrade i pripreme. Vrste podgrade po kategorijama podgrađivanja prikazane su u tabeli 4.4.4.

Tabela 4.4.4 Vrste podgrade prostorija po kategorijama

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

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.

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, predložene su sledeće metode:

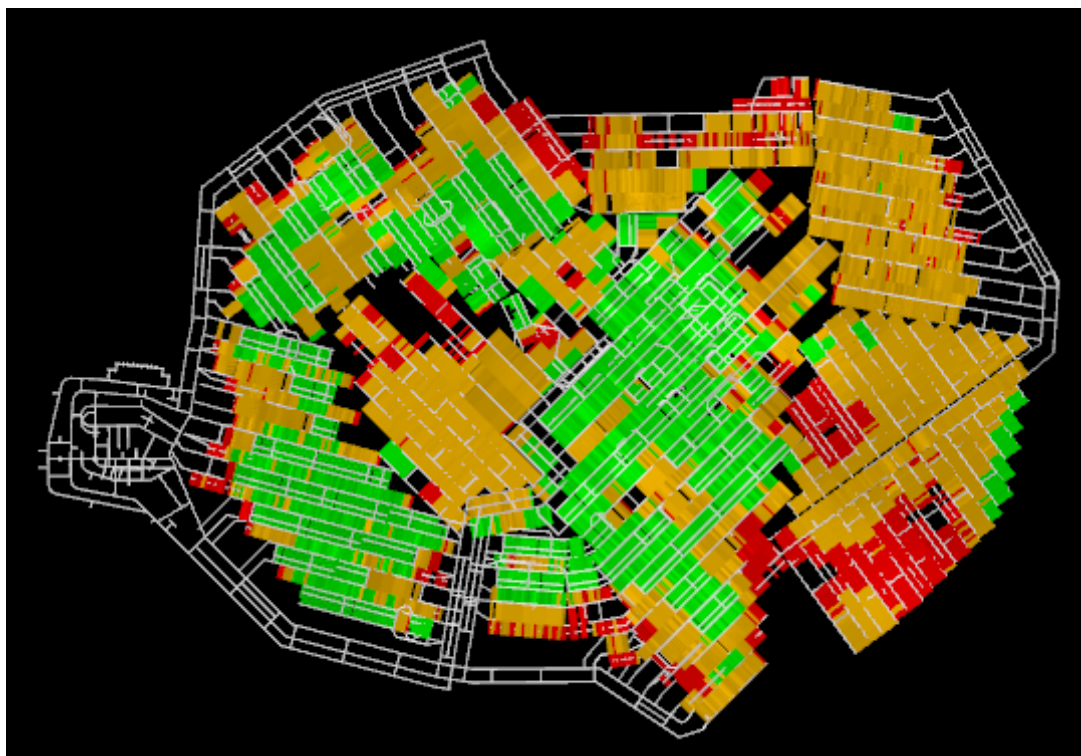
1. Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora (visina otkopa 3 – 12m),
2. Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora (visina otkopa 12 – 15m),
3. Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora (visina otkopa 15 – 32m),

Prostorna primena metoda otkopavanja data je na slici 4.4.14.

Na slici 4.4.15. prikazane su količine otkopane rude u zavisnosti od primenjene metode.

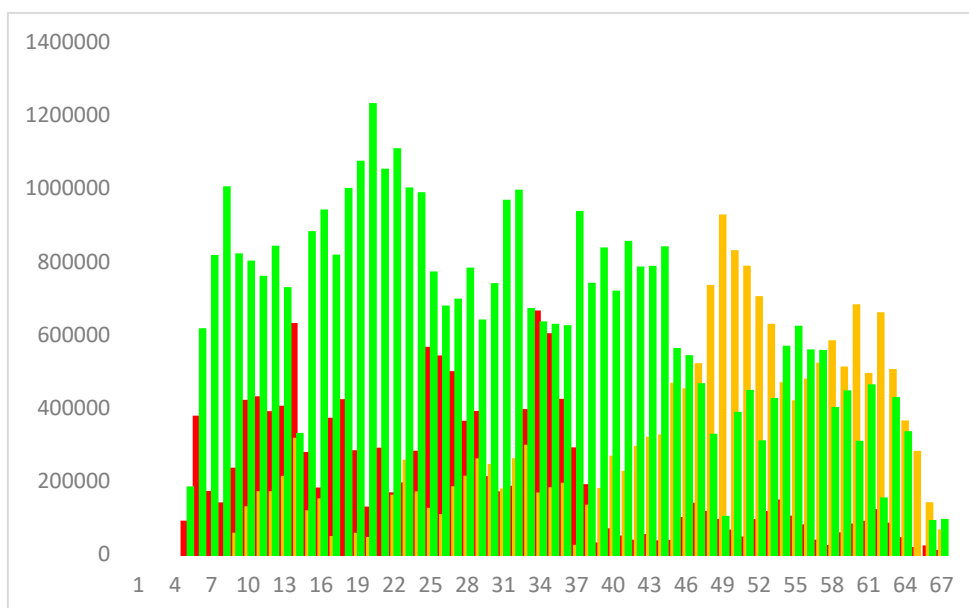
4.4.2.1 Opis metoda otkopavanja

Svako otkopno polje podeljeno je na određen broj otkopa čiji raspon zavisi od dubine ležišta i primenjene varijante metode otkopavanja, koji će se otkopavati po određenom rasporedu. Formiranje otkopa vrši se u kontinuitetu jedan za drugim povlačeći se s kraja otkopa prema pristupnom hodniku. Otkopi se zasipavaju pasta zasipom tako da se omogući očvršćavanje zasipa pre nego što se prvi sledeći otkop otvori. Glavni faktori koji su uzeti u razmatranje za izbor otkopne metode dati su u tabeli 4.4.5.:



Slika 4.4.14. Prostorna primena metode otkopavanja
(u tabeli su date boje primenjene metode otkopavanja)

Metoda	Visina (m)	Boja
Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora	3-12	Crvena
Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora	12-15	Žuta
Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora	15-32	Zelena



Slika 4.4.15. Količine otkopane rude u zavisnosti od primenjene metode po godinama

Tabela 4.4.5 Faktori koji utiču na izbor metode

Faktor	Vrednost	Zaključak
Čvrstoća rude – ležišta	Niska	Potreba za sigurnosnim stubovima, niže iskorišćenje, mogućnost mehaničkog otkopavanja
Čvrstoća stenskog masiva	Niska	Potreba za sigurnosnim stubovima, niže iskorišćenje, mogućnost mehaničkog otkopavanja
Oblik rudnog tela	Sočivast, stepenast zbog strukturnih osobina	Ograničenje u orijentaciji otkopnih polja, uticaj na iskorišćenje i razblaženje rude. Pojava pritisaka i težih geomehaničkih uslova u određenim položajima otkopnih polja.
Dubina zaleganja	Mala do srednja	Ograničenje u orijentaciji otkopnih polja, uticaj na pristupne hodnike, gubitke i razblaženje rude.
Moćnost ležišta	4 – 50 m	Utiče na izbor metode otkopavanja, odnosno njenu varijantu
Veličina rudnog tela	Srednja	Srednji životni vek rudnika
Sadržaj korisne komponente	Srednje do visok	Fleksibilnost u korišćenju izabranih metoda
Ujednačenost sadržaja u rudi	Varira po visini	Promena metode otkopavanja unutar otkopnog polja, uskopni/niskopni pristupni hodnici

4.4.2.2 Formiranje otkopnih polja

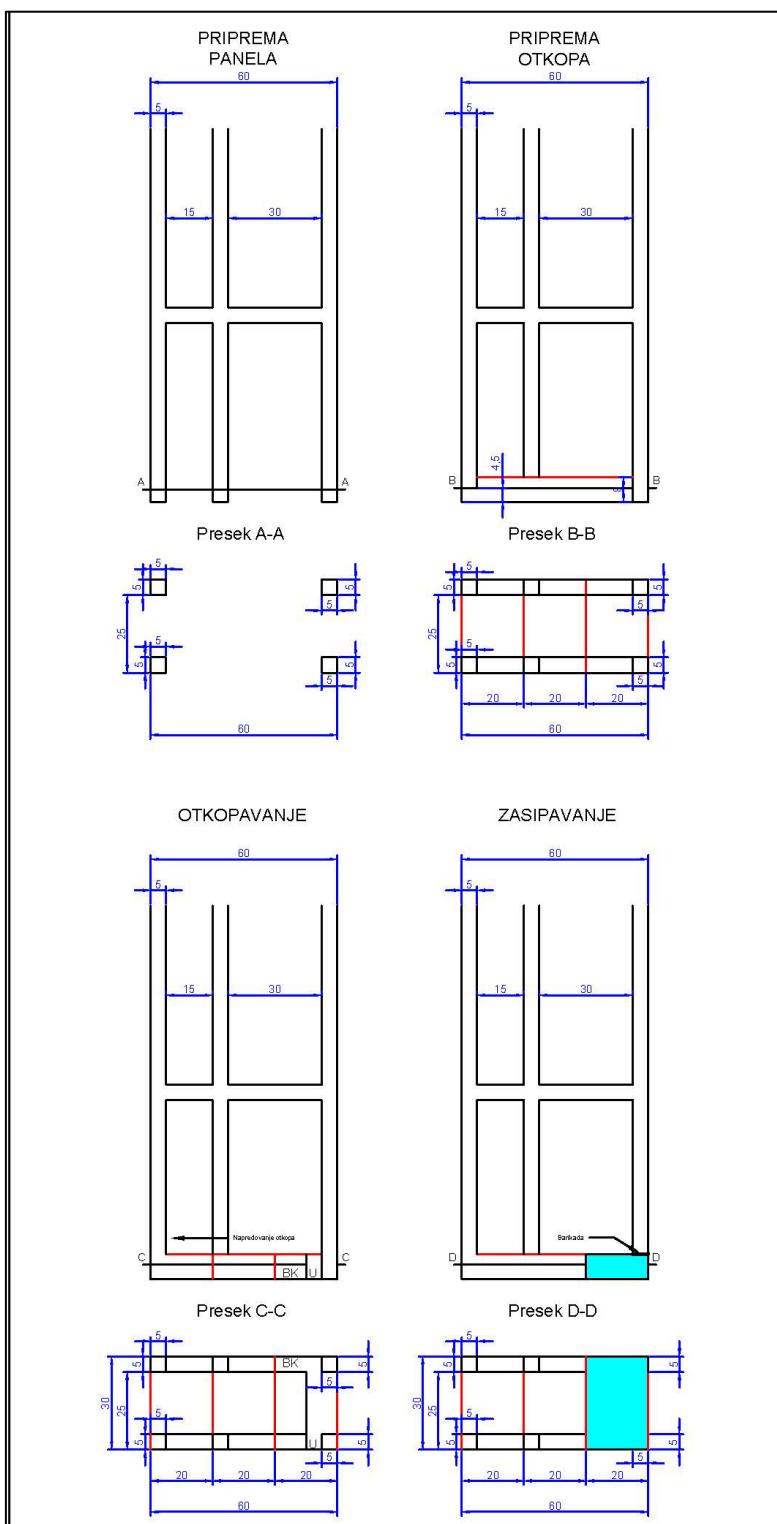
Otkopna polja formiraju se izradom pristupnih hodnika osnovne pripreme. Lokacija pristupnih hodnika određena je dimenzijama panela i nalazi se na krajevima otkopa. Pristupni hodnici izrađuju se uz krovinu i podinu. Položaj hodnika osnovne pripreme u krovini uslovljen je položajem krovine, dok položaj hodnika osnovne pripreme u podini varira u zavisnosti od moćnosti ležišta. Ovakav pristup omogućava da se iz hodnika koji se nalaze u krovini vrši zasipavanje otkopa pasta zasipom. Svaki horizont otvara se posebno, kada se i uspostavlja (izrađuju) poprečne veze unutar horizonta na rastojanju od 120 m.

4.4.2.3 Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora – visina otkopa 15 – 32 m

Panelno otkopavanje koristi se u delovima gde je moćnost ležišta veća od 15 metara. Gornji pristupni hodnik nalazi se 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 4.4.16.

Otkopavanje se odvija u sledećim koracima:

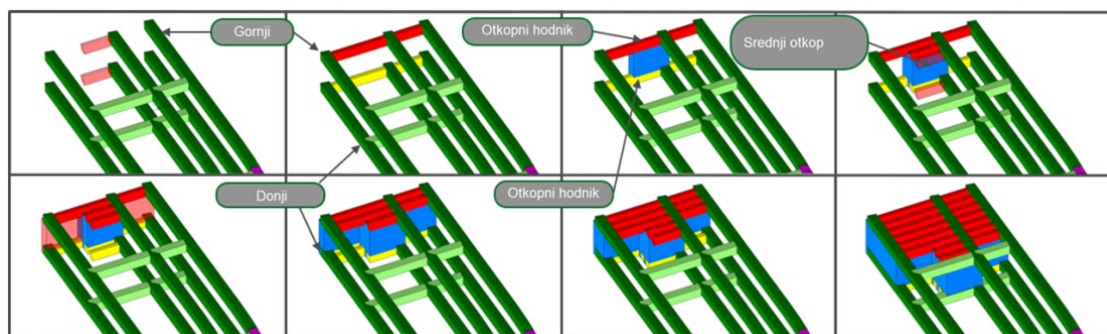
- Iz panela rade se tri pristupna hodnika dimenzija 4,5 x 4,5 m. Sama izrada vrši se bušenjem i miniranjem. Gornji pristupni hodnici rade se uz krovinu, dok se donji rade uz podinu;
- Ova tri hodnika se rade na rastojanju od 3,5 m u odnosu na zasuti otkop;
- Bušenje i miniranje se vrši tako da je napredovanje 2m;
- Podgrađivanje se vrši ankerima i mrežom;
- Podgrađivanje užetnim ankerima u gornjem hodniku radi se u svim uslovima kako bi se osigurala krovina;
- Zasek se radi u prvom otkopu;
- Bušenje i miniranje lepeza vrši se iz gornjeg pristupnog hodnika;
- Dužina otkopa pre zasipavanja je 20m
- Nakon otkopavanja rade se barikade u oba pristupna hodnika kako bi se izvršilo zasipavanje otkopanog prostora;



Slika 4.4.16. Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora (visina otkopa 15 – 32 m).

Otkopani prostor zapunjava se pasta zasipom. Zasip mora da očvrstne pre nego što se otvori novi otkop. Minimalno vreme potrebno da pasta zasip očvrstne zavisiće od primenjenog materijala za zasipavanje. Nakon njegovog očvršćavanja, otvara se novi otkop koji se nalazi bočno od zasutog otkopa.

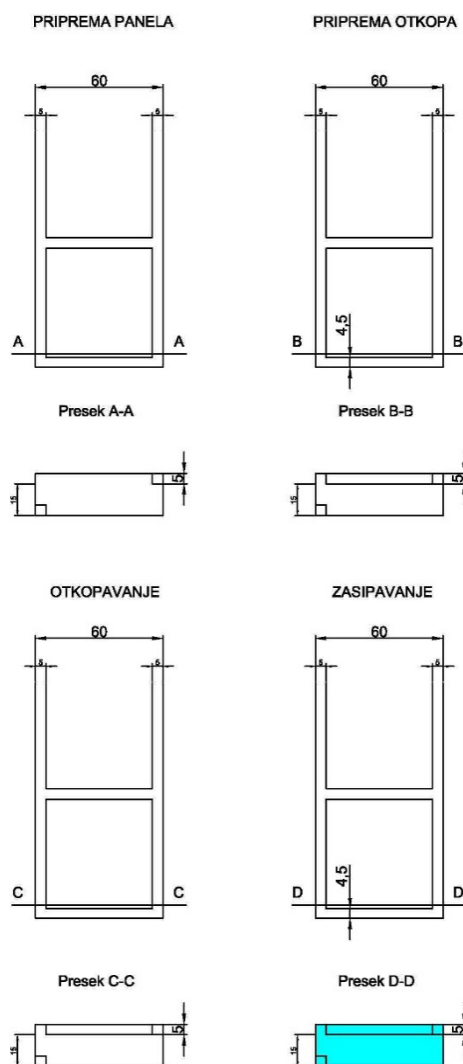
Na slici 4.4.17. prikazan je redosled otkopavanja panela po otkopnim paketima (setovima).



Slika 4.4.17. Redosled otkopavanja u panelu

4.4.2.4 Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora – visina otkopa 12 – 15 m

Kod metode panelnog otkopavanja za panele visine 12-15m pripremni hodnici izrađuju se u suprotnim uglovima otkopnog panela. Na slici 4.4.18. prikazana je metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora za visinu otkopa 12-15 m. Primena ove metode podrazumeva:



Slika 4.4.18. Metoda panelnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora (visina otkopa 12 – 15m)

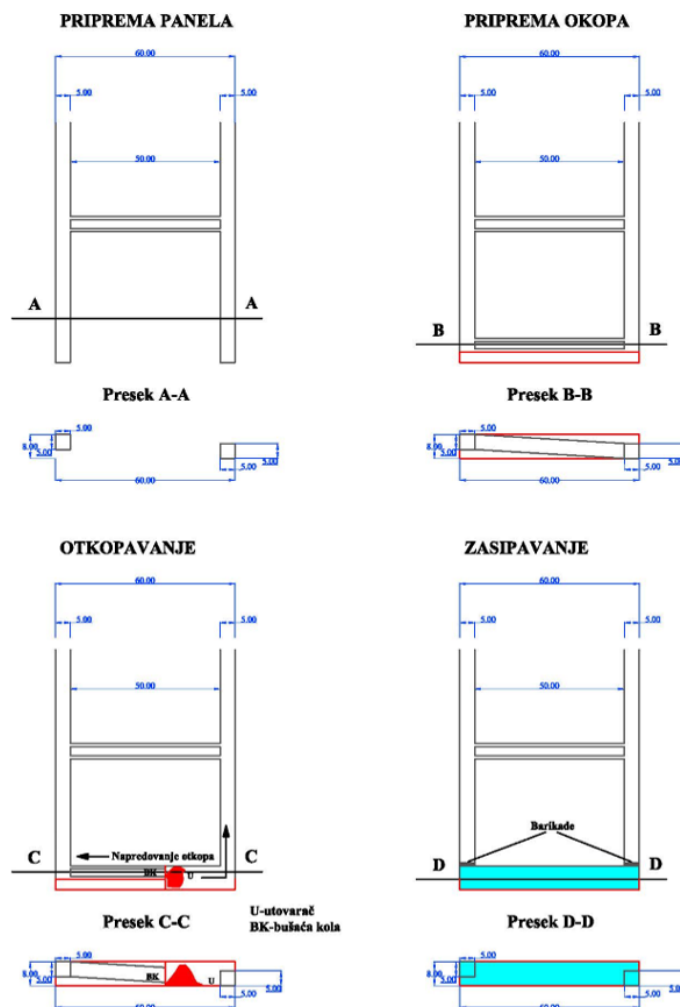
- Izradu panela - paneli se rade u širini od 60m i 120m dugačkim poprečnim hodnicima;
- Izradu pristupnih hodnika - pristupni hodnici se nalaze, jedan u krovini, drugi u podini sa druge strane otkopa;
- Pristupni hodnik, iz koga se vrši bušenje lepeza, je poprečnog preseka 4,5 x 4,5 m. Za njegovu izradu 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 10 m;
- Kada je otkop pripremljen vrši se otkopavanje u dužini od 60m pre nego se pristupi zasipavanju.

4.4.2.5 Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora

Ova metoda je predviđena je za otkopavanje delova ležišta moćnosti do 12m i širine otkopa 60 m. U nastavku je dat kratak 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 4.4.19. prikazana je metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora.



Slika 4.4.19. Metoda etažnog otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora (visina otkopa do 12m)

4.4.3. Bušenje i miniranje

Izrada etažnih hodnika kao i otkopavanje u rudniku Jadar obavljaće se bušenjem i miniranjem. Parametri bušenja i miniranja (Tabela 4.4.6.) usvojeni su u skladu sa relativno slabim geomehaničkim osobinama stena.

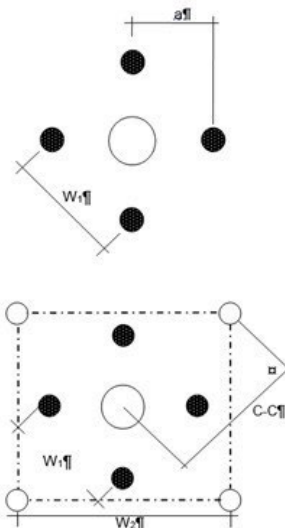
Tabela 4.4.6 Parametri bušenja i miniranja

	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 ³]	1.1	0.8
Specifična potrošnja eksploziva	[kg/m ³]	2.6	1

U tabeli 4.4.7. i na slici 4.4.20. prikazani su proizvodni parametri miniranja prilikom korišćenja tipičnog zaloma sa centralnom bušotinom zaloma velikog prečnika koji će se koristiti u rudniku Jadar.

Tabela 4.4.7 Proizvodni parametri miniranja

Ø mm	76
W ₁ mm	150
C-C	225
W ₂ mm	320
2 nd 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.	



Slika 4.4.20. Položaj zalomnih mina

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 lako iniciranje.

Najbolji izbor za rudnik Jadar svakako bi bili emulzioni eksplozivni 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

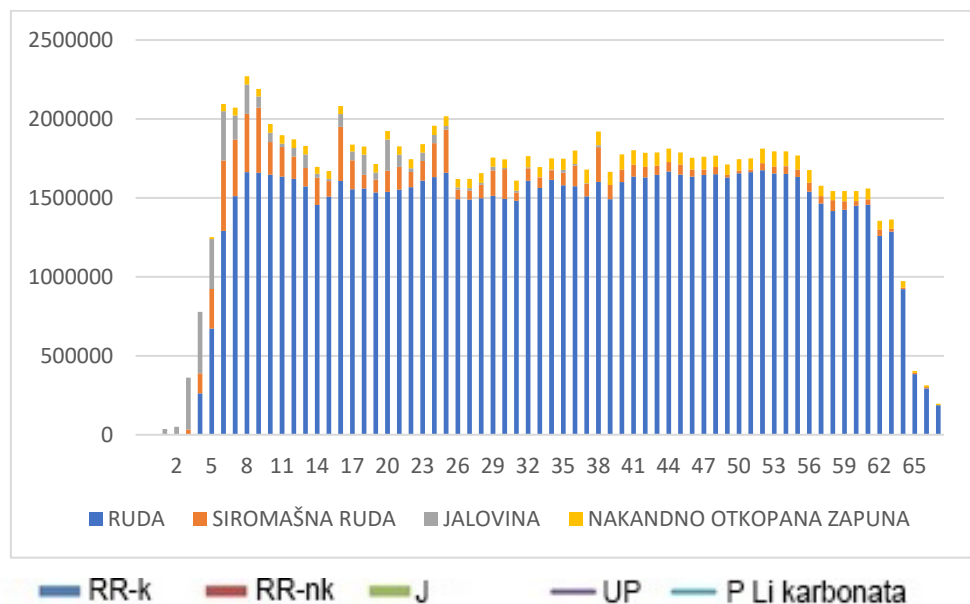
Granulacija odminirane rude je ključni pokazatelj uspešnosti produktivnog miniranja, odnosno miniranja na otkopima. Granulacijom odminiranog materijala može se upravljati izborom parametara miniranja. Kuz-Ram model uspostavlja zavisnost između parametara miniranja i ujednačenosti krupnoće i srednje krupnoće komada odminirane rude, uzimajući u obzir prirodnu ispugalost stenskog masiva. Kako bi se izvršila procena određene frakcije u odminiranoj rudi korišćen je Kuz-Ram model za različite visine datih otkopa. Procenjena je prosečna i najgora fragmentacija kako bi se omogućilo usvajanje neophodne opreme. Ishodi modeliranja biće potvrđeni tokom faze probnog otkopavanja kao i u fazi eksploatacije rudnog tela. Zaključci izvučeni iz modela su:

- Primenom modela za prečnik bušenja 76 mm dobija se 3,8% prevelikih granulacija, odnosno blokovi veličine > 400 mm.
- Ukoliko bi se povećao prečnik bušenja sa 76 na 89 mm rezultat bi bio sličan, učešće prevelikih komada kretao bi se oko 4%.
- Razlika u fragmentaciji od 1,6% nastaje kada se miniranje vrši u različitoj sredini od najmekše do najtvrdje stene u ležištu za bušotine prečnika 76 mm. Ovi rezultati će biti slični i za ostale prečnike bušotina.
- Veći uticaj na veličinu fragmentacije ima preciznost bušenja, koja potencijalno umanjuje uticaj predložene promene prečnika bušotine. Modeliranje je pretpostavilo grešku bušenja do 3%, što je jednako grešci pri postavljanju punjenja od 450 mm na dužini bušenja od 15m. Ograničenje dužine bušotine u lepezi identifikovano je kao preduslov za kontrolu usitnjavanja, osim ako se ne mogu postići vrlo visoki standardi bušenja, npr. greška od oko 2%.
- Pored primarnog loma izazvanog eksplozijom, predviđenog modelom, zasnovanog isključivo na raspodeli udarnog talasa kroz stensku masu, treba uzeti u obzir i dodatni uticaj na lom stene. Može se očekivati da otkopni blok utiče na povećanu količinu prevelike krupnoće materijala kao posledice „oslobađanja“ potencijalno velikih blokova stena tokom eksplozije.
- U proseku se očekuje da sam otkop može generisati 2 do 3% prevelike frakcije kao efekta „oslobađanja“, što bi bilo više od predviđene prevelike količine.
- Povećanje veličine prevelikih komada sa 400 mm na 600 mm ima značajan uticaj na rudarske operacije, smanjujući količinu negabarita za čak 3,5%.
- Ovo podizanje gornje granice za velike komade rezultovalo bi teži utovar i transport minirane rude.
- Očekuje se da će ukupna količina negabarita dobijenog miniranjem na osnovu kriterijuma za predimenzionirane komade od 600 mm biti do 2,6% udela kod miniranja lepezom bušotina.

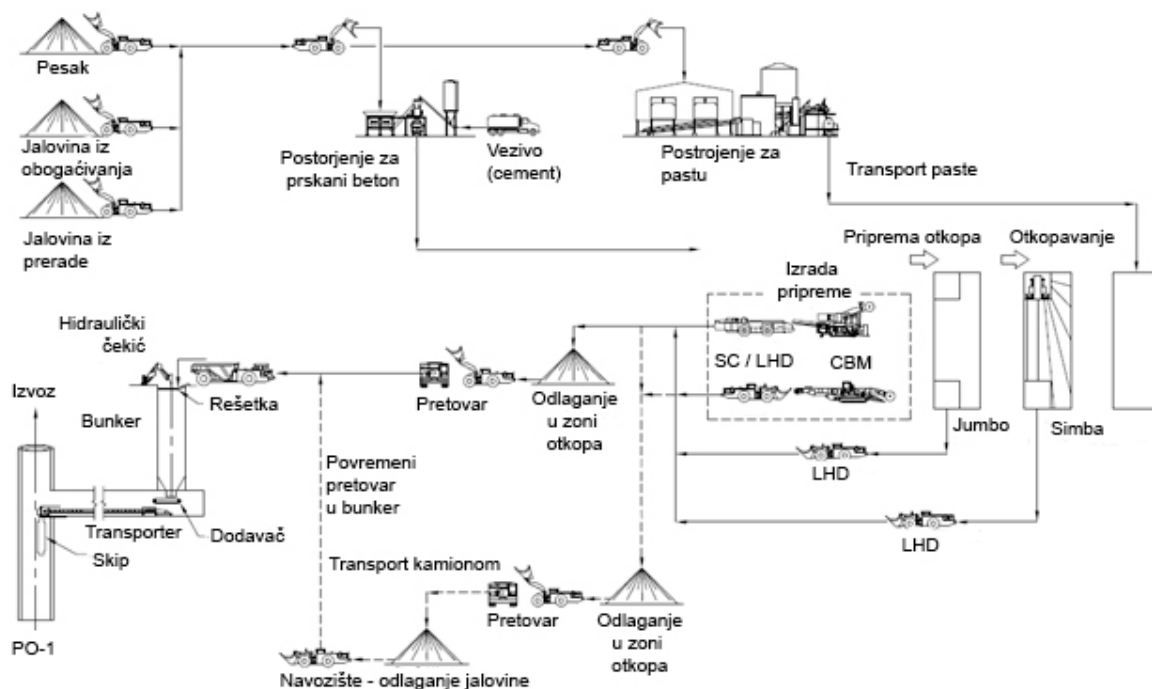
4.4.4. Transport otkopanog materijala

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, siromašna ruda i jalovina, i to tako da se one međusobno ne mešaju. Kapacitet jamskog transporta će takođe biti promenljiv (slika 4.4.21.). U svrhu izrade studije izvodljivosti usvaja se 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 4.4.22.



Slika 4.4.21. Plan proizvodnje rudnika tokom životnog veka



Slika 4.4.22. Šematski prikaz proizvodnog sistema rudnika Jadar

Predviđeno je da se otkopani materijal razvrstava u 3 klase kvaliteta: rovna ruda, siromašna ruda i jalovina, kako bi se omogućilo upravljanje kvalitetom sirovine. Na navozištu je planiran bunker sa stacionarnom rešetkom (radi ograničavanja gornje granične krupnoće na 450-550 mm) u koji će se vršiti istovar direktno iz kamiona, odakle će se preko hranilice-dodavača i transportera vršiti utovar u skipove u Izvoznom oknu (IO). Rovna ruda niskog kvaliteta i jalovina će se odlagati u komore, koje će se izraditi na gornjem nivou navozišta, odakle će se po potrebi izvoziti na površinu.

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 sadašnjem nivou razvoja projekta Jadar, 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 u jami radi što efikasnije organizacije rada. Efektivno smensko radno vreme će biti 6,5 sati.

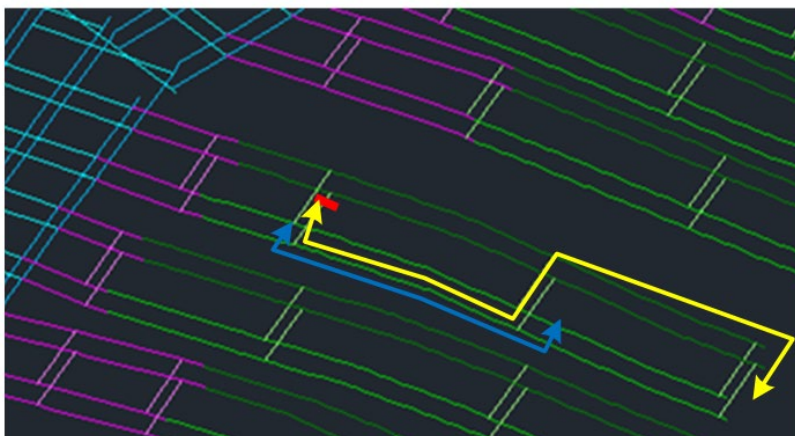
Karakteristike materijala koji se transportuje su prikazane u tabeli 4.4.8.

Tabela 4.4.8 Karakteristike materijala

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

4.4.4.1 Transport od otkopnog radilišta do mesta pretovara

Na slici 4.4.23. prikazane su trase najveće i najmanje dužine. Utovarna mašina će se kretati najdužom trasom pri transportu miniranog materijala iz prvog otkopa-paketa u panelu (žuta linija), a najkraćom pri transportu materijala iz poslednjeg otkopa-paketa (plava linija).



Slika 4.4.23. Šematski prikaz najduže i najkraće trase kretanja utovarne mašine u jednom panelu

Uzimajući u obzir navedenu geometriju otkopnih priprema, dužine trasa kretanja utovarne mašine su:

- Najduža trasa: 340 m;
- Najkraća trasa: 160 m;
- Prosečna dužina trase: 246 m.

Investitor je za poslove utovara i transporta u ovoj fazi razvoja projekat Jadar razmatrao primenu utovarne mašine sa karakteristikama koje odgovaraju Sandvik LH517E, snage 275 kW i nosivošću od 17,2 t (slika 4.4.24.).



Slika 4.4.24. Jamski utovarač Sandvik LH517E

U tabeli 4.4.9. su navedeni rezultati proračuna kapaciteta utovarne mašine Sandvik LH517E sa kašikom zapremine 8,4 m³. Osenčena polja predstavljaju očekivane kapacitete za različite dužine trasa u jednom panelu. Može se videti da će se efektivni kapacitet mašine kretati od oko 100 do 150 t/h, a da će kapacitet za prosečnu dužinu trase od 246 m u jednom pravcu biti oko 120 t/h.

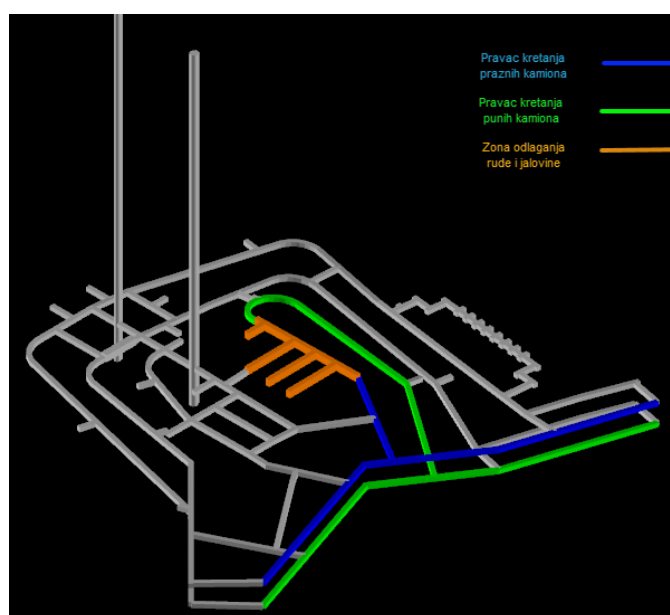
Tabela 4.4.9 Rezultati proračuna kapaciteta utovarne mašine Sandvik LH517E

Dužina trase, u jednom pravcu (m)	Vreme ciklusa (s)	Teoretski kapacitet (t/h)	Efektivni kapacitet (t/h)
50	185	261	193
100	215	224	166
150	245	197	146
200	275	175	130
250	305	158	117
300	335	144	107
350	365	132	98
400	395	122	90
450	425	113	84
500	455	106	78

Utovarna mašina će privremeno odlagati miniranu rudu u prvoj pregrađenoj ventilacionoj vezi. Zbog ovoga će biti potrebno ventilacione pregrade postavljati što bliže etažnom hodniku sa povratnom vetrenom strujom, kako bi se omogućio maksimalni prostor za privremeno odlaganje rude. Pored ovoga, minirani materijal će moći da se odlaže i u napuštene komore za bušenje sa jezgrovanjem, koje će biti izražene u bokovima pripremnim prostorijama pri podini.

4.4.4.2 Transport od mesta pretovara do navozišta

Transport od mesta pretovara do navozišta izvoznog okna je zasnovan na jamskim kamionima. Utovar miniranog materijala u jamske kamione će vršiti utovarne mašine na mestu privremenog odlaganja rude u zoni otkopa. Slika br. 4.4.25 prikazuje pravce kretanja kamiona prilikom transporta rude.



Slika 4.4.25. Trase kretanja kamiona prilikom transporta rude

Za proračun transporta korišćene su različite prosečne brzine praznih i punih kamiona specifične za oblast u kojoj se obavlja transport (skladište, glavni hodnici, pripremni hodnici, itd.), kao i nagib hodnika po kome se oni kreću. Sandvik TH550B baterijski kamioni služe za prevoz rude i jalovine sa nižih i viših nivoa do područja okna. Prosečan kapacitet kamiona je zasnovan na najvećem standardnom Sandvik TH550B sanduku (31 m³) sa gustinom materijala od 1,62 t/m³. Tabela 4.4.10 prikazuje usvojene karakteristike kamiona Sandvik TH550B i utovarača Sandvik LH517E za potrebe modela.

Tabela 4.4.10 Usvojene karakteristike kamiona Sandvik TH550B i utovarača Sandvik LH517E

Karakteristika	Jedinica	Količina
Broj kamiona		8
Brzina punog kamiona na ravnom	km/h	19
Brzina praznog kamiona na ravnom	km/h	19
Brzina punog kamiona na usponu	km/h	14
Brzina praznog kamiona na padu	km/h	19
Brzina kamiona u panelu	km/h	10
Brzina u istovarnom delu	km/h	10
Ubrzanje punog kamiona	m/s ²	0.3
Usporenje punog kamiona	m/s ²	0.5
Ubrzanje praznog kamiona	m/s ²	0.3
Usporenje praznog kamiona	m/s ²	0.5
Vreme pozicioniranja	s	10
Vreme istovara	s	30
Nosivost kamiona	t	48
Korpa kamiona (koeficijent punjenja)	%	90
Nosivost kamiona (Efektivna)	t	43.2
Efektivni kapacitet kašike utovarača	t	10.9
Broj kašika za punjenje korpe kamiona		4
Trajanje ciklusa utovarača do utovara u kamion	min	1.3
Prosečno vreme punjenja kamiona	min	5

Za model je korišćen raspored sa dva glavna hodnika na gornjem i donjem nivou, kao i dve odvojene rute jednosmernog saobraćaja, jedna za pune kamione a jedna za prazne što je eliminisalo transportna ograničenja tokom putovanja po ruti.

4.4.4.2.1 Otpremanje, utovar i istovar jamskih kamiona

Prioritet organizacije rada u modelu je takav da su kamioni otpremljeni ka CBM mašini ukoliko je u radu, na način da se otpremljuje minimalan broj kamiona koji je potreban kako bi se zadovoljile potrebe mašine. Ako nijedna CBM mašina nije dostupna, kamioni su otpremani na popunjeno skladište sa utovaračem na lokaciji. U odsustvu punog odlagališta (u osnovnom slučaju se pretpostavlja da je popunjeno 80%) kojem nedostaju kamioni, kamioni su otpremani na odlagalište sa najvećom količinom materijala, aktivnim utovaračem na lokaciji i najmanjim brojem kamiona koji su već otpremljeni na tu lokaciju. U slučaju da nema raspoloživih lokacija sa manjim od maksimalnog broja otpremljenih kamiona, kamion bi čekao u blizini okna da lokacija postane dostupna. Kada je lokacija dostupna, kamioni će menjati nivoe što bliže oknu a zatim se kretati do ulaza u panel koristeći unapred određenu

rutu. U slučaju kada se u pristupnom hodniku već nalazi kamion, drugi kamioni bi stajali u redu na ulazu u panel. Samo jedan kamion je dozvoljen na svakoj od lokacija za utovar sa skladišta, a ispred svakog panela postojaće adekvatan prostor za kamione da stanu u redu prema potrebi.

Tokom trajanja ciklusa kamiona na nekoliko tačaka se vrši provera da li CBM mašina ili utovarač još uvek rade na određenoj lokaciji. Ako u bilo kom trenutku CBM mašina ili utovarač više nisu dostupni (kvarovi, dopuna goriva, itd.), kamion bi bio poslat na novu lokaciju.

Kamioni su takođe planirani za periodično dopremanje materijala za nasipanje puteva. Kada bi utovarač bio slobodan, kamioni bi dobili signal za isporuku materijala sa skladišta do utovarača. Utovarač bi potom rasturio materijal po putu.

4.4.4.2.2 Niše za punjenje baterija

Kamioni će biti opremljeni softverom koji će pratiti stanje baterije kamiona i na osnovu toga utvrđivati da li je potrebno zaustavljanje u nišama za punjenje ili ne. U situaciji kada je baterija prazna preko 90%, niša je zauzeta ili nema napunjene baterije, kamion bi nastavio do sledeće niše. Ukoliko kamion nema dovoljno energije do sledeće niše, čeka bi na napunjenu bateriju bez obzira na dužinu reda.

4.4.4.2.3 Rezultati i Analiza - Karakteristični slučaj 5., 16. i 27. godini

Model je prvobitno korišćen kako bi se optimizovala flota potrebna za ispunjenje ukupnih ciljeva razvoja i proizvodnje za 5. godinu rada rudnika. Karakteristični slučaj je uključivao sve ulaze, logiku i pretpostavke. Zatim su razvojni i proizvodni rasporedi za 16. i 27. godinu testirani sa flotama opreme optimizovanim za svaku godinu. Tabela 4.4.11 prikazuje sažetak ciljeva i flote kamiona, utovarača i CBM mašina koje su korišćene za sve tri godine.

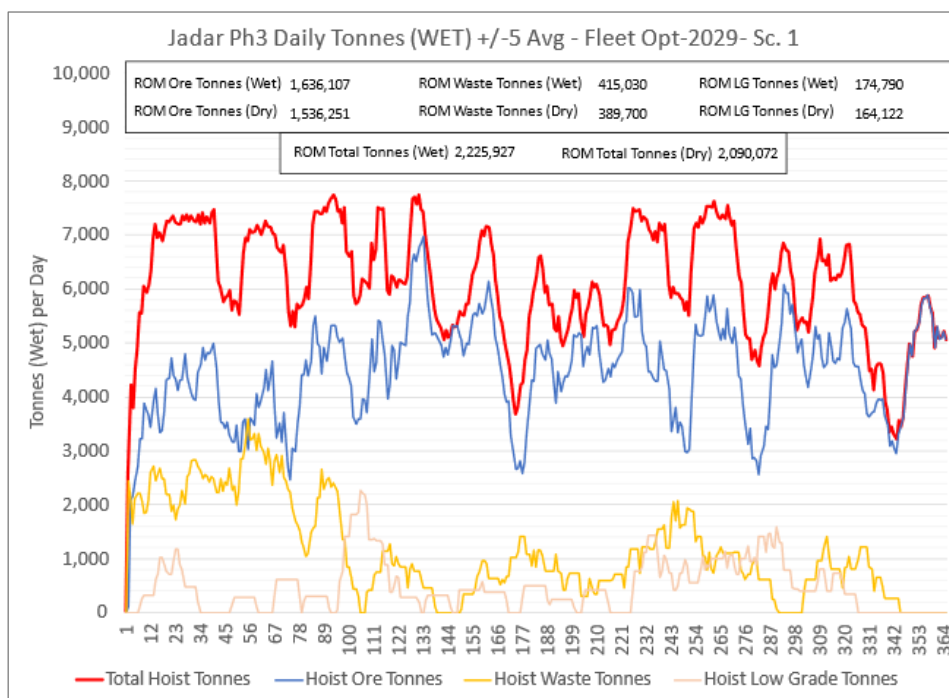
Tabela 4.4.11 Jadar Faza 3 - Osnovni ciljevi i pregled flote kamiona za 5., 16. i 27. godinu

Godina	Ciljana proizvodnja	Ciljana proizvodnja rude	Broj kamiona	Broj utovarača	Broj CBM mašinana	Broj aktivnih panela
5	2.095.595	1.291.054	5	6	4	8
16	1.837.992	1.554.937	8	4	2	20
27	1.657.473	1.498.501	8	5	1	23

Za sve tri godine, pretpostavke su uključivale:

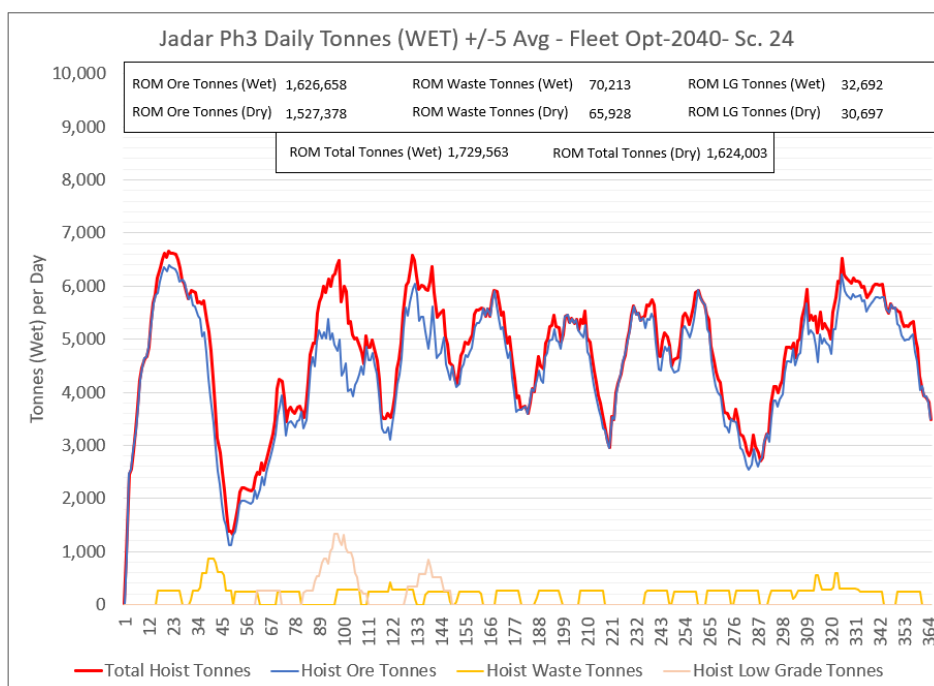
- Vreme punjenja baterije od 1 sata, vreme pražnjenja baterije od 3 sata u iskorišćenoj vetrenoj struji (putovanje kroz vetrena vrata radi zamene baterija).
- Kapacitet skipova od 11 tona sa vremenom utovara od 20 sekundi.
- 3 smene od po 8 sati.
- Kapacitet skladišta u skladu sa projektovanim rešenjem
- Jednosmerni transport u glavnim hodnicima, sa dvosmernim saobraćajem na rampama i drugim područjima kad je to potrebno.
- Detaljni rasporedi i flote mašina za kontinualno rezanje u odnosu na trenutni plan proizvodnje.

Slika 4.4.26 prikazuje dnevne proizvodnje za 5. godinu rada rudnika. Za bolju preglednost, koristi se +/- 5-dnevna prosečna vrednost.



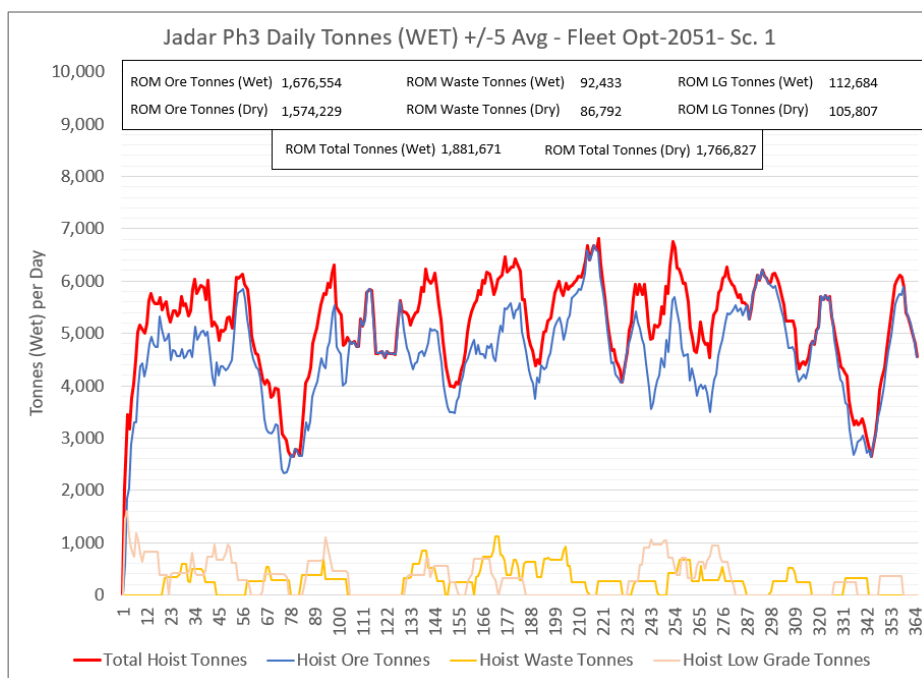
Slika 4.4.26. Prikaz dnevne proizvodnje iz slučaja za 5. godinu rada rudnika

Slika 4.4.27 prikazuje dnevne proizvodnje za 16. godinu rada rudnika. Kao i u prethodnom slučaju, za bolju preglednost, koristi se +/- 5-dnevna prosečna vrednost.



Slika 4.4.27. Prikaz dnevne proizvodnje iz slučaja za 16. godinu rada rudnika

Slika 4.4.28 prikazuje dnevne količine za primarni scenario za 27. godinu rada rudnika sa +/- 5-dnevnim prosekom koji se koristi radi izjednačavanja.



Slika 4.4.28. Prikaz dnevne proizvodnju iz slučaja za 27. godinu rada rudnika

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. Osnovna i pomoćna rudarska oprema podrazumevaju rudarsku opremu, koja će biti angažovana na površini, i jamsku osnovnu i pomoćnu rudarsku opremu, koja će biti angažovana u podzemnom proizvodnom sistemu.

4.4.5.1 Rudarska oprema na površini

U skladu sa dosadašnjim nivoom planiranja projekta Jadar i utvrđenim obimom poslova na površini terena predviđena je rudarska oprema navedena u tabeli 4.4.12 ili oprema istih ili sličnih karakteristika drugih proizvođača.

Tabela 4.4.12 Spisak mehanizacije angažovane na površini, u rudniku Jadar

Naziv	Broj mašina u određenim godinama				Proizvođač	Model
	3.	5.	15.	27.		
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 ¹⁾	1	1	1	1	Genset	MPM8 - 300-S-R
Platforma za rad na visini	1	1	1	1	JLG	E300AJP – El. Boom Lift
Kamion, zglobovi	2	2	2	2	Volvo	A60H
Buldozer	1	1	1	1	Caterpillar	D10T
Grejder	1	1	1	1	Caterpillar	12M
Kamion cisterna, zglobovi	1	1	1	1	Caterpillar	740 Articulated

¹⁾ Za zavarivanje, sa dizel pogonom

4.4.5.2 Jamska osnovna i pomoćna rudarska oprema

Osnovna i pomoćna mehanizacija predviđena za angažovanje u podzemnom delu rudnika Jadar, na sadašnjem nivou planiranja, navedena je u tabeli 4.4.13. Pri tom treba imati u vidu da je moguće koristiti i opremu drugih proizvođača, ali sličnih ili istih karakteristika.

Tabela 4.4.13 Spisak opreme za rad u podzemnom rudniku Jadar

Naziv	Ukupan broj mašina u prvih 5 godina	Proizvođač	Model
CBM	4	Sandvik	MB670-1
Utovarna mašina (LHD)	4	Sandvik	LH517E
Kamion	8	Sandvik	TH550B
Bušača kola ¹⁾	4	Epiroc	Boomer S2
Bušača kola ²⁾	4	Epiroc	Simba M4
Bušača kola ³⁾	6	Epiroc	Boltec S
Bušača kola ⁴⁾	2	Epiroc	Cabletec MC
Mašina za ugradnju prskanog betona	4	Normet	Spraymec SF 050 D
Kamion mešalica za beton	6	Normet	Utimec LF 600
Grejder	2	CAT	12M
Kamion za prevoz eksploziva i punjenje minskih bušotina	3	Normet	Charmec MF 605 VE CD
Servisni kamion	2	Normet	Utimec SF 060
Platforma	3	Normet	Utilift MF 540
Platforma sa korpom	4	Normet	Himec 605
Teleskopska korpa	3	Manitou	MHT10120
Ambulantno vozilo	1	Paus	Minca 5.1
Lako vozilo za prevoz zaposlenih - 8	6	Toyota	Land Cruiser 78 Miller
Univerzalno lako vozilo za prevoz ljudi i alata	10	Toyota	Land Cruiser Dual Cab 78
Lako vozilo za prevoz zaposlenih - 3	4	Toyota	Land Cruiser Dual Cab 78
Platforma za rad na visini	2	Genie	Z-45/25J RT
Električni viljuškar	2	Toyota	8FBMT
Vozilo za transport goriva	1	Normet	Utimec MF 400
Vozilo za transport vode	2	Normet	LF Utimec 1000
Univerzalna utovarna mašina	1	CAT	236D3

¹⁾ Izrada PP i ugradnja viseće podgrade, ²⁾ Proizvodno bušenje, ³⁾ Ugradnja viseće podgrade, ⁴⁾ Ugradnja užadne viseće podgrade

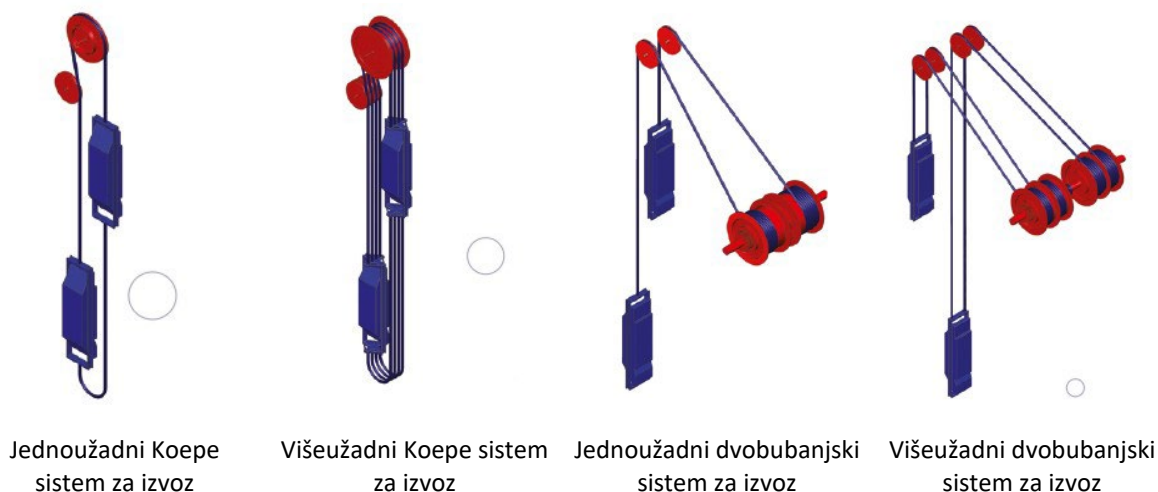
4.4.6. Izvoz materijala i ljudi

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.

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

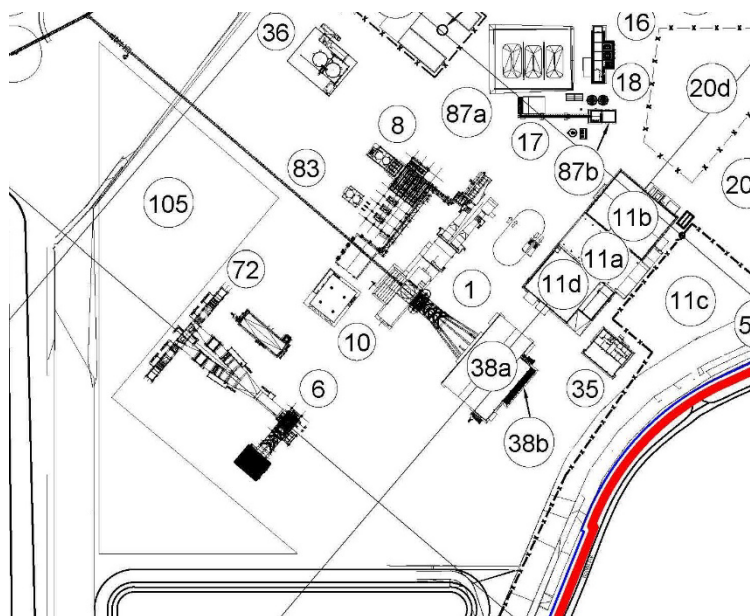
uračunaće se još pola sata za odlazak radnika na radilišta na početku smene i povratak sa radilišta na kraju smene, tako da će efektivno smensko radno vreme biti 6,5 sati.

Na osnovu prethodnih iskustava i preporuka proizvođača opreme za izvoz, za slične rudnike, 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 4.4.29. prikazani su Koepe sistem (jednoužadni i višeužadni) i sistem sa dva cilindrična bubnja (jednoužadni i višeužadni).



Slika 4.4.29. Koepe sistem (jednoužadni i višeužadni) i sistem sa dva cilindrična bubnja (jednoužadni i višeužadni).

Projekat predviđa izradu dva okna i to Izvoznog okna i Ventilacionog okna. Lokacija okana je prikazana na slici 4.4.30.

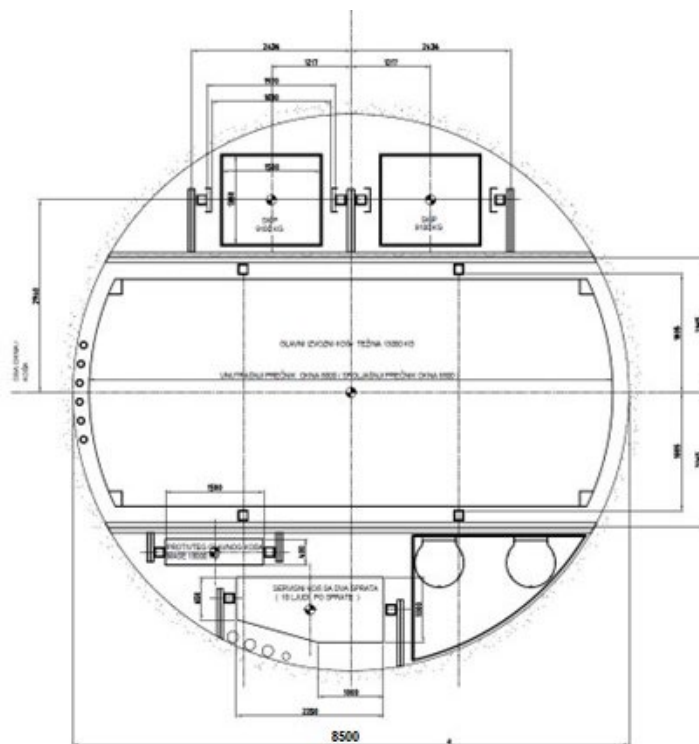


Slika 4.4.30. Lokacija okana (1 – Izvozno okno, 6 – Ventilaciono okno).

Izvozno okno će biti finalnog prečnika 8,5 m u kom će se nalaziti:

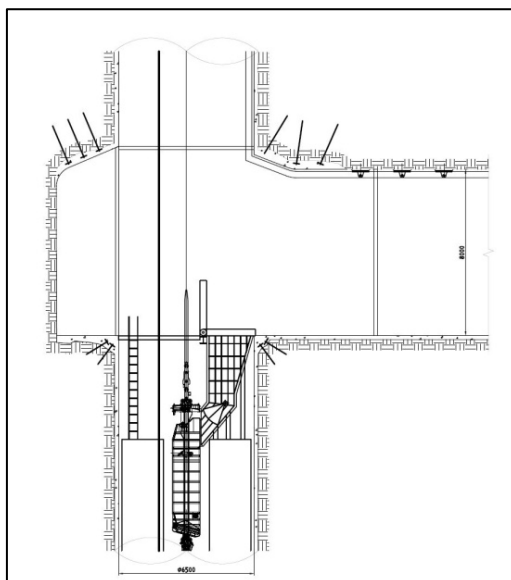
- izvozna mašina za izvoz rude i jalovine skipovima,
- izvozna mašina za transport ljudi i repromaterijala izvoznim košem,
- izvozna mašina za pomoćni koš za transport ljudi i repromaterijala i inspekciju okna.

Šema rasporeda skipa i dva koša u proizvodnom izvoznom oknu je prikazana na slici 4.4.31.



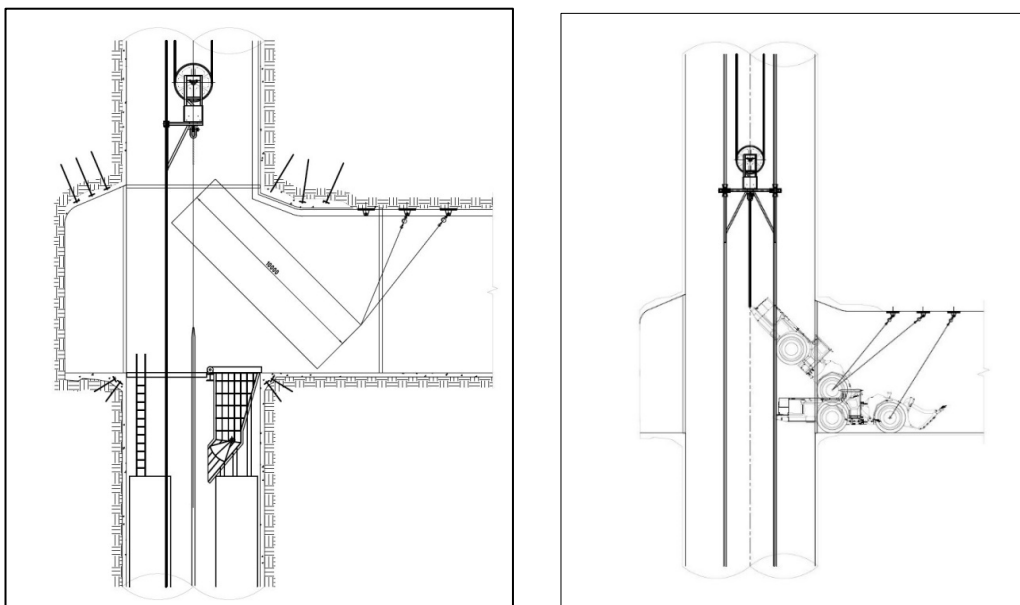
Slika 4.4.31. Šematski prikaz elemenata proizvodnog okna

Na slici broj 4.4.32. prikazan je način punjenja skipova na utovarnom mestu. Na slici 4.4.33. prikazan je način izvoza dugačkih elemenata opreme, repromaterijala i mehanizacije.

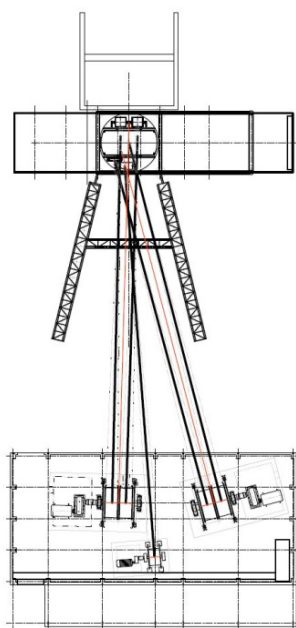


Slika 4.4.32. Način punjenja skipova na utovarnom mestu

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, koja su različite za sva tri izvozna sistema. Raspored izvoznih mašina za izvoz u rudniku prikazan je na slici 4.4.34.



Slika 4.4.33. Način izvoza dugačkih elemenata opreme i repromaterijala



Slika 4.4.34. Raspored izvoznih mašina za izvoz u rudniku

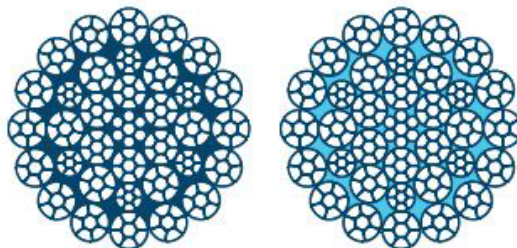
Ulazni parametri za proračun i izbor skipa za transport rude dati su tabeli 4.4.14.

Tabela 4.4.14 Ulazni parametri za proračun i izbor skipa za transport rude

Ulazni parametri	Oznaka	Vrednosti	Jedinica
Gustina rude u masivu (čm, in-situ)	ρ	2,35	t/m ³
Koeficijent rastresitosti	k_r	1,35 – 1,40	
Gustina rude u nasutom stanju (rm)	γ_m	1,68 - 1,74	t/m ³
Dubina okna	H_0	423,7	m
Izvozna visina	H	456,2	m
Nagib okna	α	90	°

Ulazni parametri	Oznaka	Vrednosti	Jedinica
Časovni kapacitet izvoznog postrojenja	Q_h	410	t/h
Radno vreme izvoznog postrojenja	h/dan	20	20
Br. efektivnih radnih sati izvoznog postrojenja	t_a	16	h
Vreme manevara ili vreme pauze, s	Θ	30	s

Po pitanju užadi za skipove, biraju se standardna užad za izvoz skipovima. Na slici 4.4.35. dat je poprečni presek izabranog užeta.



Slika 4.4.35. Poprečni presek užeta

U tabeli 4.4.15. date su karakteristike izabranog užeta.

Tabela 4.4.15 Karakteristike užeta za skipove

Prečnik užeta	Orijentaciona težina	Izračunata ukupna prekidna sila					Izračunata minimalna prekidna sila				
		1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	1860 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²	1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	1860 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²
mm	kg/m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	Kn	kN	kN	kN
34	5,83	1030	1160	1220	1290	1420	796	897	943	993	1090

Prečnik cilindričnih bubnjeva za nova postrojenja mora biti najmanje 80 puta veći od nazivnog prečnika izvoznog užeta. Za užad zatezne čvrstoće 1770 N/mm² i veće, prečnik cilindričnih bubnjeva mora biti najmanje 100 puta veći od nazivnog prečnika užeta.

Izvozni bubnjevi moraju biti tako konstruisani da mogu preneti sva opterećenja koja se javljaju u pogonu pri pokretanju, normalnoj vožnji, usporavanju i kočenju. Dinamička opterećenja računaju se dodavanjem 10% vrednosti na maksimalno statičko opterećenje.

Za izvozne mašine sa bubnjem uže se sme namotavati samo u jednom redu. Izuzetno, kod produbljivanja okna i kod postrojenja koje služi samo za prevoz materijala uže se može namotavati najviše u dva reda.

Navedeni uslovi po pitanju bubnjeva i užadi važe i u slučaju izvoznog koša za izvoz ljudi, mehanizacije, opreme i repromaterijala i servisnog koša.

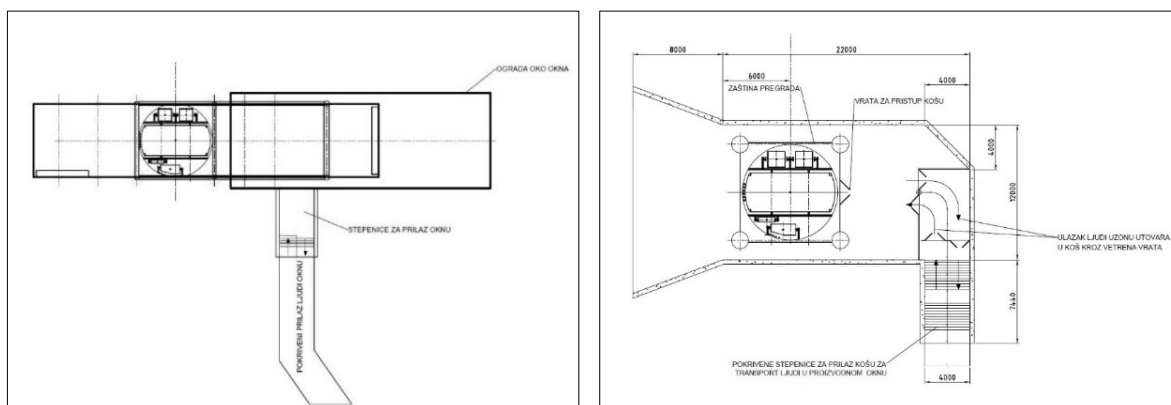
U tabeli broj 4.4.16. dati su projektovani - izlazni parametri za izbor skipa za transport rude.

Za prevoz ljudi, koristiće se neprevrtni koš sa opremom i uređajima koji su standardni za ovu vrstu izvoza. Glavni izvozni koš će se pored prevoza ljudi koristiti i za izvoz opreme, repromaterijala i vozila koja će se koristiti za eksploataciju u rudniku. Dimenzije koševa će biti prilagođene ulaznim parametrima i slobodnom prostoru u oknu kao i broju ljudi potrebnih za jednu smenu i gabaritima opreme i automobila koji se izvoze u rudniku.

Tabela 4.4.16 Izlazni parametri za proračun i izbor skipa za transport rude

Izlazni parametri	Oznaka	Vrednosti	Jedinica
Nosivost izvoznog suda, t	Q_t	9,1	t
Broj vožnji na sat	n_h	45,23	
Ciklus izvoza, s	T	79,63	s
Vreme čistog izvoza	t	49,6	s
Vreme manevara ili vreme pauze, s	Θ	30	s
Idealna snaga izvoza, kW	N_0	600	kW
Prečnik užeta	d	34	mm
Težina užeta	q_u	5,83	kg/m
Čvrstoća žica		1770	N/mm ²
Prekidna čvrstoća užeta		1160	kN
Proračunata maksimalna brzina izvoza		9,2	m/s
Maksimalna dozvoljena brzina izvoza		20	m/s
Prečnik bubnja	D	3,4	m
Širina bubnja	B	1,9	m

Na slici broj 4.4.36. prikazano je koš za prevoz ljudi i prilazni putevi za utovar u Izvoznom oknu.


Slika 4.4.36. Koš za prevoz ljudi i prilazni putevi za utovar u izvoznom oknu.

U tabeli broj 4.4.17. dati su ulazni parametri za proračun i izbor izvoznog koša za izvoz ljudi, mehanizacije, opreme i repromaterijala.

Tabela 4.4.17 Ulazni parametri za proračun i izbor izvoznog koša za izvoz ljudi, mehanizacije, opreme i repromaterijala

Ulazni parametri	Oznaka	Vrednosti	Jedinica
Jutarnja smena – broj ljudi u košu		95	
Popodnevna smena - broj ljudi u košu		65	
Noćna smena - broj ljudi u košu		65	
Dubina okna	H_0	423,7	m
Kota utovara – istovara ljudi na površini		146,4	m
Kota utovara - istovara ljudi u jami		-247	m
Izvozna visina	H	398	m
Nagib okna	α	90	°
Časovni kapacitet izvoznog postrojenja	Q_h	328	t/h
Rastojanje od navozišta do koturače izvoznog koša na tornju	H'	421	m

U tabeli 4.4.18. date su karakteristike izabranog užeta za izvozni koš za izvoz ljudi, mehanizacije, opreme i repromaterijala

Tabela 4.4.18 Karakteristike užeta za izvozni koš za izvoz ljudi, mehanizacije, opreme i repromaterijala

Prečnik užeta	Orijentaciona težina	Izračunata ukupna prekidna sila					Izračunata minimalna prekidna sila				
		1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	1860 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²	1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	1860 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²
mm	kg/m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
46	10,7	1870	2100	2210	2340	2570	1440	1620	1700	1790	1980

U tabeli 4.4.19. dati su projektovani - izlazni parametri za proračun i izbor koša za izvoz ljudi, mehanizacije, opreme i repromaterijala.

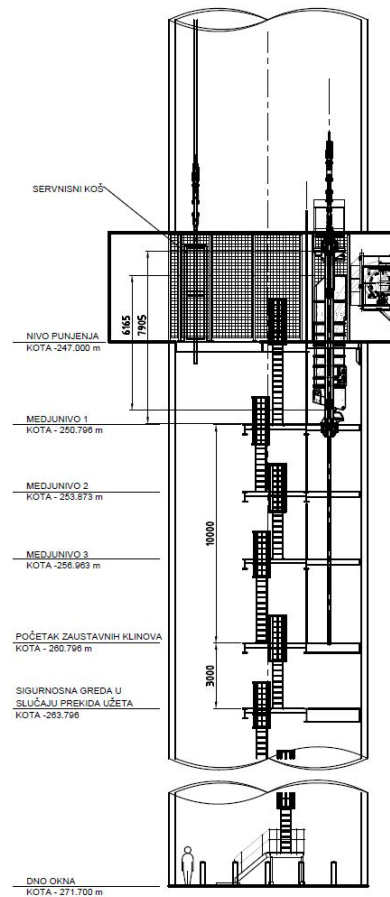
Tabela 4.4.19 Projektovani - izlazni parametri za proračun i izbor koša za izvoz ljudi, mehanizacije, opreme i repromaterijala

Izlazni parametri	Oznaka	Vrednosti	Jedinica
Nosivost izvoznog suda, t ili kg	Q_t	8,75	t
Ciklus izvoza, s	T	98,2	s
Vreme čistog izvoza	t	58,2	s
Vreme manevara ili vreme pauze, s	Θ	40	s
Idealna snaga izvoza, kW	N_i	347,89	kW
Prečnik užeta	d	46	mm
Težina užeta	q_u	10,7	kg/m
Čvrstoća žica		2100	kN
Prekidna čvrstoća užeta		1770	kN
Proračunata maksimalna brzina izvoza		9,2	m/s
Maksimalna dozvoljena brzina izvoza		14	m/s
Prečnik bubnja	D	4,6	m
Širina bubnja	B	1,7	m

Servisni koš će biti instaliran u proizvodnom izvoznom oknu. Servisni koš, u proizvodnom izvoznom oknu, će služiti za transport radnika u slučaju vanrednih situacija i prilikom inspekcije i održavanja okna i uređaja u oknu. Servisni koš je konstruisan kao dvoetažni izvozni koš sa maksimalnim brojem osoba u košu – 2 x 10 osoba po etaži. Na slici 4.4.37. prikazana je dispozicija servisnog koša u jami.

Sastavni delovi izvoznih posuda i protivtegova moraju imati najmanje sedmostruku sigurnost s obzirom na najveće statičko opterećenje pri prevozu materijala i na zateznu čvrstoću materijala od kojeg su izrađeni. Ako posude služe samo za prevoz materijala, sigurnosni faktor mora biti najmanje 4.

Okno za prevoz ljudi i materijala mora imati posebno odeljenje za prolaz ljudi, snabdeveno odgovarajućim lestvama i odmaralištima. Odeljenje za prolaz ljudi mora uvek biti slobodno da bi se njime nesmetano prolazilo, lako pristupačno sa svakog sprata (horizonta) i dovoljno prostrano da kroz njega i otvore odmarališta mogu slobodno prolaziti ljudi s aparatima za spasavanje. Odeljenje za prolaz ljudi mora se nalaziti na takvom mestu u oknu, U tabeli broj 4.4.20. dati su ulazni parametri za proračun i izbor servisnog koša.



Slika 4.4.37. Dispozicija servisnog koša u jami

Tabela 4.4.20 Ulazni parametri za proračun i izbor servisnog koša

Ulazni parametri	Oznaka	Vrednosti	Jedinica
Dimenzije servisnog koša		1x2	m
Površina poda servisnog koša		2	m ²
Maksimalan broj ljudi u košu		20	
Maksimalan broj ljudi po etažama u servisnom košu		10	
Dubina okna	H ₀	423,7	m
Kota utovara – istovara ljudi na površini		146,4	m
Kota utovara - istovara ljudi u jami		-247	m
Izvozna visina	H	398	m
Nagib okna	α	90	°
Rastojanje od navozišta do koturače izvoznog koša na tornju	H'	421	m

U tabeli 4.4.21. date su karakteristike izabranog užeta.

Tabela 4.4.21 Karakteristike užeta

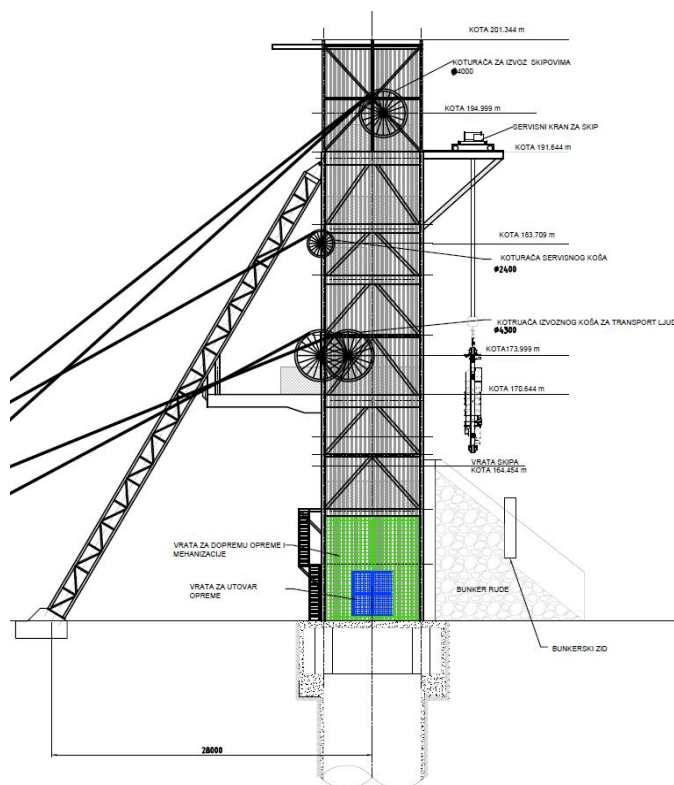
Prečnik užeta	Orijentaciona težina	Izračunata ukupna prekidna sila					Izračunata minimalna prekidna sila				
		1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	1860 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²	1570 N/mm ²	1770 N/mm ²	1860 N/mm ²	1960 N/mm ²	2160 N/mm ²
mm	kg/m	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
32	5,17	915	1030	1080	1140	1260	705	795	835	880	970

U tabeli 4.4.22. dati su projektovani - izlazni parametri za proračun i izbor servisnog koša.

Tabela 4.4.22 Projektovani - izlazni parametri za proračun i izbor servisnog koša

Izlazni parametri	Oznaka	Vrednosti	Jedinica
Nosivost izvoznog suda, t ili kg	Q_t	1,66	t
Ciklus izvoza, s	T	98,2	s
Vreme ubrzanja	t_1	15	s
Vreme normalne vožnje	t_2	28,2	s
Vreme usporenja	t_3	15	s
Put ubrzanja	S_1	69	m
Put normalne vožnje	S_2	260	m
Put usporenja	S_3	69	m
Vreme čistog izvoza	t	58,2	s
Vreme manevara ili vreme pauze, s	Θ	40	s
Idealna snaga izvoza, kW	N_i	66,28	kW
Orijentaciona snaga motora za izvoz	N_0	166,65	kW
Prečnik užeta	d	32	mm
Težina užeta	q_u	5,17	kg/m
Čvrstoća žica		1770	N/mm ²
Prekidna čvrstoća užeta		1030	kN
Proračunata maksimalna brzina izvoza		9,2	m/s
Maksimalna dozvoljena brzina izvoza		14	m/s
Prečnik bubnja	D	3,2	m
Širina bubnja	B	1,7	m

Na slici 4.4.38. prikazan je izvozni toranj sa opremom na njemu i dispoziciji elemenata tornja.



Slika 4.4.38. Dispozicija servisnog koša u jami

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.

Koturače na tornju se postavljaju na vrh izvoznog tornja. Namena im je dovođenje ose izvoznog užeta, a preko njega i izvoznog suda, u projektovanu osu njegovog kretanja u odgovarajućem izvoznom odeljenju vertikalnog okna. Minimalni prečnik koturača definisan je Pravilnikom o tehničkim normativima pri prevozu ljudi i materijala oknima rudnika. Na osnovu ovog Pravilnika uzima se najmanje 1,8 puta veća sigurnost u odnosu na rezultantu slučajne sile pri nasilnom prekidu užeta i s obzirom na zateznu čvrstoću materijala. Prečnik užetnog kotura mora biti najmanje 1.000 puta veći od prečnika najdeblje žice, odnosno najmanje 80 puta veći od nazivnog prečnika izvoznog užeta ako je zatezna čvrstoća užeta 1770 N/mm² i više. Prečnik užetnog kotura mora biti najmanje 1.200 puta veći od prečnika najdeblje žice, odnosno najmanje 100 puta veći od nazivnog prečnika izvoznog užeta.

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 147,0 m do kote -271,00 m i ventilacionim oknom, prečnika $d=6,5$ m, od kote 147,0 m do kote -271,00m. 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.

Strategija automatskog upravljanja ventilacijom radova na eksploataciji ležišta Jadar planirana je prema konceptu ventilacije na zahtev. 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 u ovoj Studiji su razvijena korišćenjem softverskog paketa VentSim za modeliranje i projektovanje ventilacije rudnika.

Kriterijumi za projektovanje ventilacije rudnika, u okviru predmetnog projekta, 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
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 temperature u podzemnim rudarskim prostorijama	25°C efektivne temperature	Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju uglja
Minimalna temperature u podzemnim rudarskim prostorijama	10°C efektivne temperature	Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih mineralnih
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 ³	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 mg/m³. 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. Iritacija ne traje dugo nakon napuštanja lokacije sa pojavom prašine. Nisu identifikovani drugi efekti na zdravlje radnika. Može se

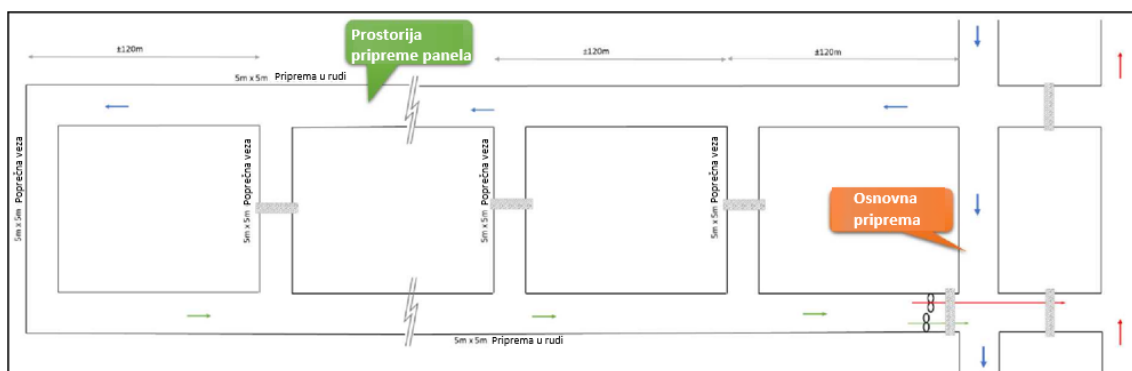
pretpostaviti da prašina rude bora neće zahtevati poseban tretman u odnosu na standardnu praksu upravljanja prašinom u podzemnim rudnicima, što je uzeto u obzir pri planiranju i projektovanju ventilacije.

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 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 4.5.2. 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 $d=1,4$ 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 $4 \text{ m}^3/\text{min}/\text{kW}$ ($0,067 \text{ m}^3/\text{s}/\text{kW}$). Ukupna količina vazduha za ventilaciju radova po pojedinim godinama eksploatacije ležišta Jadara 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 prostirija za boravak.

Tabela 4.5.2. Količina vazduha potrebna za provetravanje rudarskih prostorija po kW snage primenjene opreme na dizel pogon

Oprema	Pogonski motor	kW	Pogon prilikom transporta	kW	$Q_{\text{vazd}}/\text{kW}$	Planirano iskorišćenje	Broj komada angažovane opreme		Qvazd	
							3. god.	14. god.	3. god.	14. god.
Bušača kola ¹	Električni	90	Dizel	0	0,067	1.00	1	2	6.03	12.06
Bušača kola ²	Električni	90	Dizel	0	0,067	1.00	2	3	12.06	18.09
Bušača kola ³	Električni	65	Dizel	0	0,067	1.00	1	3	4.35	13.06
Bušača kola ⁴	Električni	65	Dizel	0	0,067	1.00	3	2	13.06	8.71
Bušača kola ⁵	Električni	120	Dizel	0	0,067	1.00	1	5	8.04	40.2
Bušača kola ⁶	Električni	95	Dizel	0	0,067	0.80	2	2	10.18	10.18
CBM	Električni	520	Električni	0	0,067		4	1		
Utovarna mašina ¹	Električni	250	Električni	250	0,067		7	5		
Utovarna mašina ²	Električni	250	Električni	250	0,067		7	5		
Kamion	Električni	0	Električni	0	0,067		5	5		
Mašina za ugradnju prskanog betona	Električni	56	Dizel	56	0,067	1.00	3	2	11.25	7.50
Kamion mešalica za beton	Dizel	168	Dizel	168	0,067	1.00	4	4	45.02	45.02
Kamion za prevoz eksploziva i punjenje minskih bušotina	Dizel	96	Dizel	96	0,067	1.00	1	3	6.43	19.29
Grejder	Dizel	105	Dizel	105	0,067	0.70	1	2	4.92	9.84
Platforma	Električni	120	Električni	0	0,067	0.80	1	4	6.43	25.72
Platforma za rad na visini	Dizel	10	Dizel	0	0,067	0.80	2	2	1.06	1.06
Platforma sa korpom	Dizel	96	Dizel	1	0,067	0.80	3	3	15.43	15.43
Lako vozilo za prevoz zaposlenih - 8	Dizel	96	Dizel	0	0,067	0.75	6	6	28.94	28.94
Lako vozilo za prevoz zaposlenih - 3	Dizel	96	Dizel	0	0,067	0.70	7	10	31.51	45.02
Univerzalno lako vozilo za prevoz ljudi i alata	Dizel	96	Dizel	0	0,067	0.70	4	4	18.00	18.00
Ambulantno vozilo	Dizel	96,0	Dizel	0,0	0,067	0.50	1	1	3.21	3.21

Oprema	Pogonski motor	kW	Pogon prilikom transporta	kW	Q _{vazd} /kW	Planirano iskorišćenje	Broj komada angažovane opreme		Qvazd	
							3. god	14. god	3. god.	14. god.
Servisni kamion	Dizel	185	Dizel	0	0,067	0.80	2	2	19.83	19.83
Vozilo za transport goriva	Dizel	185	Dizel	0	0,067	0.80	1	1	9.91	9.91
Vozilo za transport vode	Dizel	185	Dizel	0	0,067	0.80	1	2	9.91	19.83
Teleskopska korp	Dizel	130	Dizel	0	0,067	0.80	1	3	6.96	20.90
Električni viljuškar	Dizel	42	Dizel	0	0,067	0.70	2	2	3.93	3.93
Univerzalna utovarna mašina	Dizel	56	Dizel	0	0,067	0.80	1	1	3.00	3.00
Ukupno									279.56	398.83
Određeni podzemni infrastrukturni objekti i gubici vazduha									70	70
UKUPNO									349.56	468.83

1) za izradu podzemnih prostorija, 2) cut fill jumbo, 3) za ugradnju viseće podgrade, 4) rock bolter 5) za proizvodno bušenje, 6) za ugradnju užadne viseće podgrade

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 m/s, vodeći računa da je navedena brzina strujanja vazduha iznad vrednosti minimalnih zahteva Pravilnika o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih 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:

3. godina: prva godina nakon podizanja kapaciteta proizvodnje,

14. godina: maksimalna proizvodnja.

U svakoj analiziranoj fazi razvoja rudnika, raspodela protoka vazduha modelirana je prema zahtevima za potrebnim količinama vazduha prikazanim u poglavlju 4.5.4.1.

Koncepcija sistema razvođenja vazduha za provetravanje planiranih rudarskih radova u projektu Jadar u 3. 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 krovnu 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.

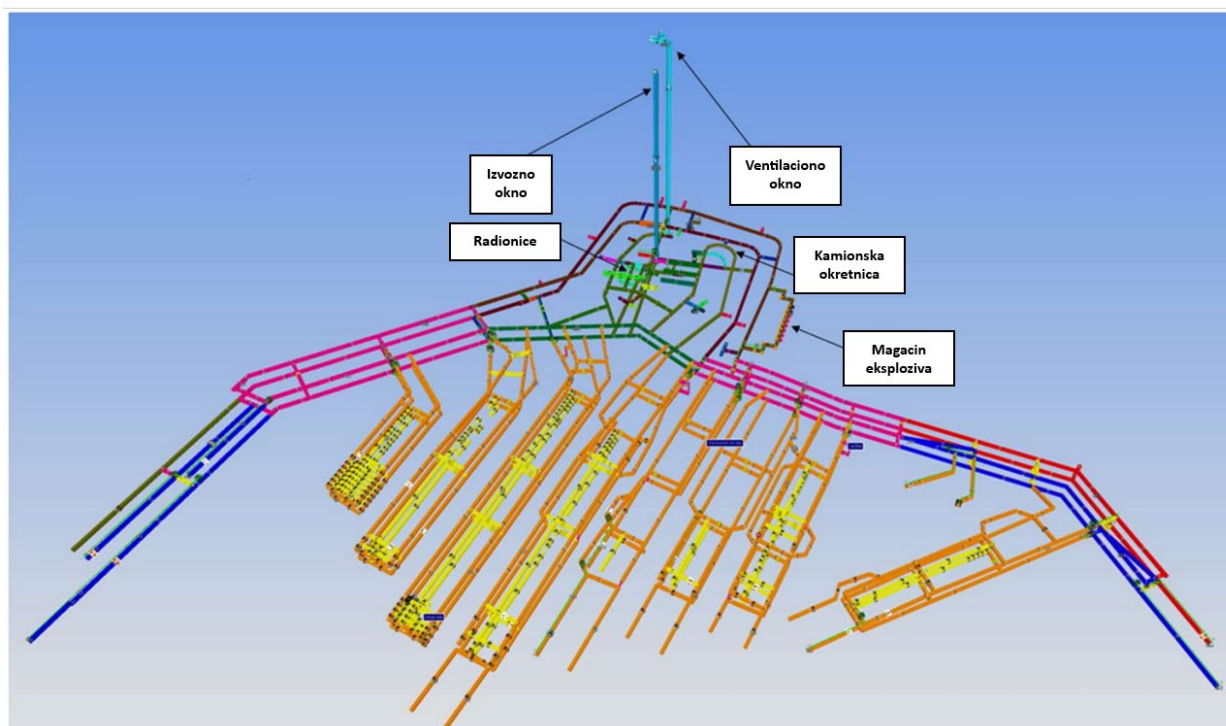
Povratna vazdušna struja iz proizvodnih panela i panela u pripremi vodi se preko para ventilacionih prostorija osnovne pripreme prema glavnom ventilacionom oknu. Za provetravanje planiranih rudarskih radova u 3. godini u skladu sa zahtevima broja aktivnih otkopa/panela i rudarskih aktivnosti koje se realizuju potrebno je 350 m³/s vazduha (slika 4.5.2.).

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.



Slika 4.5.2. Prikaz sistema ventilacije u 3. godini

4.5.5. Kapacitet i režim rada glavnih rudničkih ventilatora

U cilju obezbeđivanja podrške za varijacije u konfiguraciji sistema kao i fleksibilnosti u obimu angažavane 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.

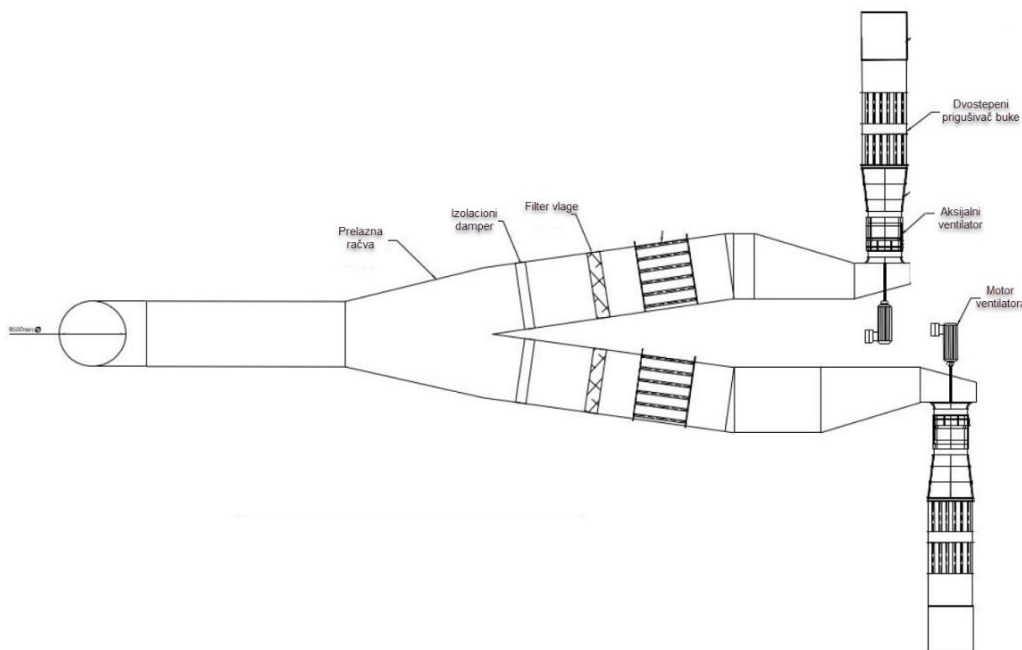
U tabeli 4.5.3 prikazane su procenjene radne tačke glavnih ventilatora za provetravanje rudarskih radova tokom izgradnje i rada rudnika Jadar.

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.

Tabela 4.5.3 Procenjene karakteristike ventilacionog sistema

Karakteristike ventilacionog sistema	Jedinica	3. god.	14. god.
Protok vazduha kroz glavnu ventilatorsku stanicu	m ³ /s	350	470
Broj glavnih ventilatora	Broj	2	2
Protok vazduha po jednom glavnom ventilatoru	m ³ /s	175	235
Ukupni pritisak	kPa	0.95	1.6
Potrebna snaga po jednom glavnom rudničkom ventilatoru	kW	250	500
Ukupna potrebna snaga glavnih rudničkih ventilatora	kW	500	1000



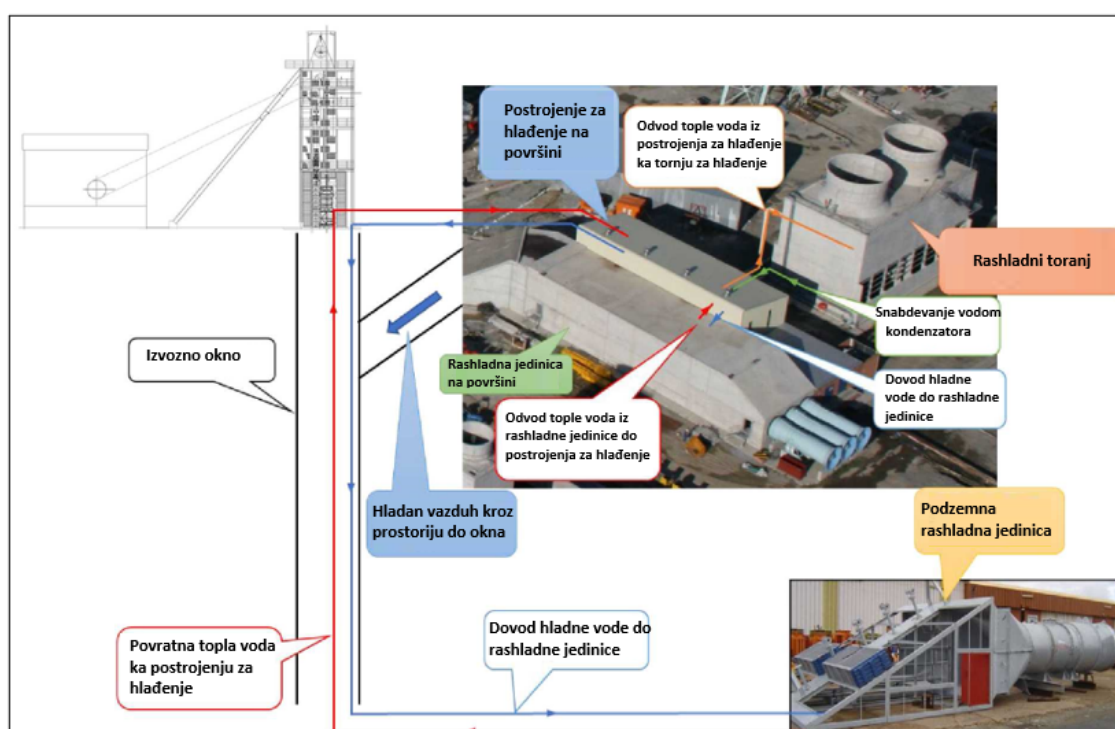
Slika 4.5.3. Glavna ventilatorska stanica

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.

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 16 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 8 MW snage) bude opskrbljeno rashlađenom vodom iz površinskog rashladnog postrojenja radi hlađenja vazduha na oko 8 °C temperature vlažnog termometra. Ohlađeni vazduh će se uvoditi u ventilacioni sistem preko prostorije povezane sa izvoznim oknom. Poželjno je podzemno povezivanje, i taj detalj bi trebalo razmotriti u fazi detaljnog projektovanja i inženjeringa. Pored postrojenja za hlađenje vazduha na površini terena, predviđene su i 5 podzemnih rashladnih jedinice snage po 1.6 MW, koje će se iz površinskih rashladnih mašina snabdevati rashlađenom vodom. Na slici 4.5.4. dat je grafički prikaz predložene koncepcije rashladnog sistema.



Slika 4.5.4. Prikaz koncepcije rashladnog sistema

Jedinice za podzemno hlađenje vazduha su u jedinstvenom zatvorenom rashladnom sistemu, koji se pumpama snabdeva rashlađenom vodom kroz sistem cevovoda visokog pritiska iz površinskog rashladnog postrojenja do izmenjivača toplote.

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

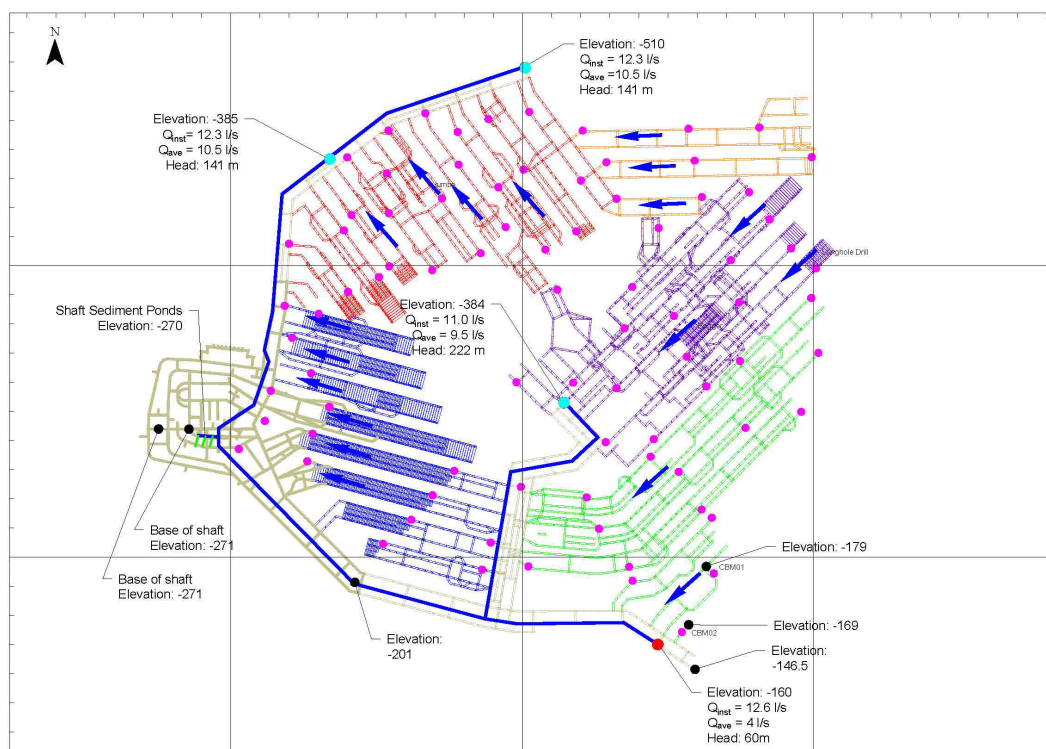
4.6.1. Osnovna koncepcija odvodnjavanja

Voda koja se pojavljuje u podzemnim prostorijama rudnika po pravilu se sakuplja u privremenim vodosabirnicima, u prostorijama otkopne pripreme, ukoliko za tim ima potrebe. Tako sakupljena voda se potom usmerava ka obodnim vodosabirnicima, lociranim u prostorijama osnovne pripreme, a potom ka glavnom vodosabirniku, koji se po pravilu nalazi u blizini glavnih izvoznih prostorija, u ovom slučaju izvozno okno, 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 vodom 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 su:

- podzemne vode (koje dotiču u rudarske prostorije iz okolnog stenskog masiva) i
- servisna voda (bušenja, kontrola zapašenosti radne sredine – obaranje prašine, pranje, ispiranje cevovoda - za zasipavanje otkopanog prostora i za prskani beton).

Shodno napred rečenom, osnovna koncepcija odvodnjavanja, u datim uslovima, podrazumeva (Slika 4.6.1.):



Slika 4.6.1. Koncepcija odvodnjavanja

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 sprovoditi 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 odvodnjavanje 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. **Odvodnjavanje duž okna.** 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.

Drugim rečima, koncepcija odvodnjavanja podrazumeva:

- **Glavno** odvodnjavanje – glavna pumpna stanica, u blizini izvoznog okna, koja ima zadatak sa celokupnu vodu iz rudnika izbaciti na površinu, i obodne pumpne stanice, duž prostorija osnovne pripreme, na donjem nivou, koje imaju zadatak da sakupe vodu iz obodnih prostorija i iz svih panela (otkopa) i sprovedu je do glavne pumpne stanice;
- **Pomoćno** odvodnjavanje – odvodnjavanje panela (otkopa) koje ima zadatak da vodu sa čela radilišta u otkopima (panelima) sprovede do obodnih sistema odvodnjavanja, odnosno do cevovoda duž prostorija osnovne pripreme.

4.6.2. 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:

- bušenje,
- obaranje i sprečavanje izdvajanja prašine,
- pranje mehanizacije,
- ispiranje cevovoda (za prskani beton i za zasipavanje otkopanog prostora).

Procena potrošnje vode u vezi sa angažovanom mehanizacijom data je na bazi iskustvenih i literaturnih podataka, kao i na bazi procene angažovanosti rudarske opreme. Shodno navedenom, procenjena potreba za servisnom vodom tokom radnog veka rudnika kretaće se u rasponu od maksimalnih 26 m³/h pa do minimalnih 14 m³/h, pri čemu većinu vremena neće prelaziti 21 m³/h. Ovde treba napomenuti da su navedene količine bez uračunate potrošnje rashladne vode za sistem ventilacije. Upotrebom pomenutog rashladnog sistema, potrebe za vodom mogu porasti i za 25 m³/h.

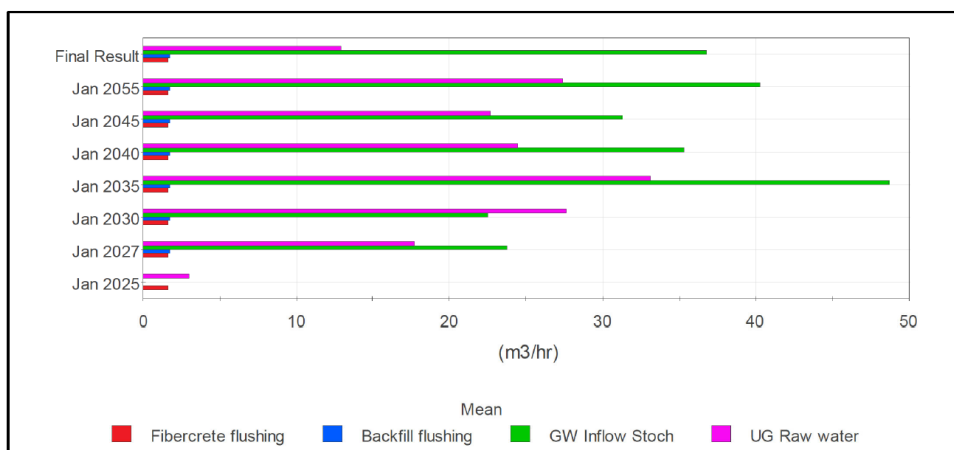
4.6.3. Bilans voda u podzemnom proizvodnom sistemu

4.6.3.1 Pregled

Za procenu potreba u vezi sa kapacitetom i vrstom opreme potrebne za odvodnjavanje podzemnog rudnika razvijen je model vodnog bilansa. Vodni bilans je uzeo u obzir:

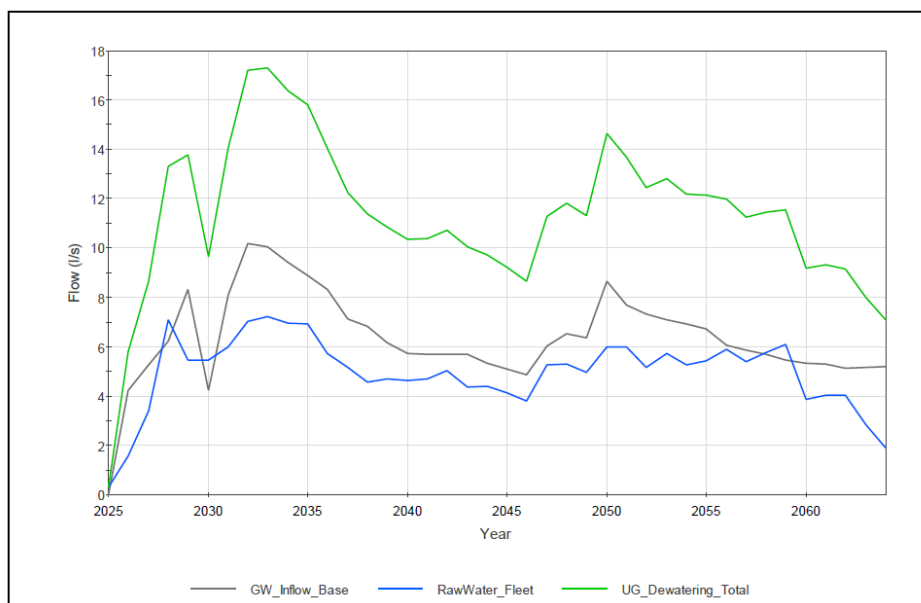
- dotoke podzemnih voda, procenjene korišćenjem numeričkog modela podzemnih voda,
- vodu koja se sa površine šalje u podzemni rudnik - servisna voda za bušenje, suzbijanje prašine i pranje, i
- vodu za ispiranje linija za zasipavanje i ispiranje linija za prskani beton.

Dotok podzemnih voda čini najveći udeo u bilansu, a zatim sledi servisna voda za rudarsku opremu. Ispiranje linija za zasipavanje i ispiranje linija za prskani betona, predstavlja mnogo manji udeo priliva. Ispiranje linija za prskani beton se vrši u zoni infrastrukture okana, u blizini glavne pumpne stanice, dok ispiranje linija za zasipavanje otkopanog prostora prati razvoj rudnika (slika 4.6.2.) .



Slika 4.6.2. Procenjeni priliv voda u podzemni sistema za odvodnjavanje rudniku

Maksimalni protok vode u sistemu odvodnjavanja od 17,3 l/s (62,3 m³/h) očekuje se u 2033. godini (slika 2-2), što uključuje 10,1 l/s (36,4 m³/h) dotoka podzemne vode i 7,2 l/s (25,9 m³/h) protoka servisne vode. Većinu vremena se očekuje da će ukupni proticaji odvodnjavanja biti ispod 14 l/s (50,4 m³/h). Pored predviđenih prosečnih protoka, očekuje se da će se pojaviti i pojedini pikovi – povećani trenutni protoci (slika 4.6.3.), na primer tokom otvaranja panela i napredovanja obodne mreže prostorija, usled oslobađanja akumulacija podzemnih voda i sl. Ovi povećani, trenutni protoci će se prihvatati u privremenim vodosabirnicima i u vodosabirnicima pumpnih stanica. Shodno tome, sistem se projektuje za prosečne - normalne protoke, a povećani – trenutni protoci će se regulisati pomoću vodosabirnika.



Slika 4.6.3. Distribucija protoka odvodnjavanja tokom životnog veka rudnika

4.6.3.2 Tretman voda tokom odvodnjavanja

Razmatrane su dve glavne mogućnosti za tretman voda koje je potrebno ispumpati iz podzemnog rudnika na površinu (uključujući upravljanje talogom - sedimentom):

- Podzemna kontrola sedimenta primenom taložnika i/ili lamelarnih zgušnjivača (uz daljnji tretman vode tamo gde je to potrebno) do nivoa prikladnog za njenu ponovnu upotrebu, a zatim ispumpavanje suvišnih voda na površinu. 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.

- Minimalno podzemno taloženje i ispumpanje svih podzemnih dotoka na površinu kao „priljave“ 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 tako pročišćene rudničke vode nazad u podzemni rudnik, radi potrošnje iste kao servisne vode.

Rio Sava Exploration je procenio ove mogućnosti i odabrao nadzemnu obradu podzemnih voda (opcija 2). Opcija 2 takođe omogućuje jednostavniji konceptualni dizajn i troškove odvođivanja.

4.6.3.3 Prilivi voda

Prilivi vode u podzemni rudarski sistem identifikovani su na sledeći način:

- **Priliv podzemnih voda u okna i u rudnik** - Podaci o prilivu podzemnih voda za prognozirani scenario baziraju su se na modelu koji je Univerzitet u Beogradu uradio za RSE.
- **Ispiranje linije za zasipavanje** - Izračunato na bazi pretpostavke zapremine ispiranja navedene od strane RS i različitih pretpostavki u vezi sa intenzitetom zasipavanja.
- **Ispiranje linije za prskani (torkret) beton** ("slick-line") - Izračunato na bazi preporučenih specifikacija u vezi sa ispiranjem i cevovodima za zapunjavanje otkopanog prostora, osiguranim od strane RS-a.
- **Podzemno snabdevanje vodom** - Odnosi se na potrebe vode za bušenje, otprašivanje (snižavanja i sprečavanja stvaranja prašine), pranja rudarske mehanizacije, plus potražnja u vezi sa zahtevima hlađenje u sistemu ventilacije.

4.6.3.4 Odlivi voda

Odlivi iz podzemnog sistema rudarskih voda identifikovani su na sledeći način:

- **Voda zahvaćena i uklonjena zajedno sa odminiranim stenskom masom**. Izračunato na temelju godišnjeg kretanja proizvodnje u tonama, pretpostavljene gustine iskopanog materijala ($2,2 \text{ t/m}^3$) i procene sadržaja vlage (1% dodano u iskopani materijal).
- **Hlađenje, do isparavanja**. Potrebu za vodom za rashlađivanje u ventilacionom sistemu definisao je Rio Sava, sa stanovišta maksimalnih i minimalnih potreba.
- **Ostali gubici zbog isparavanja** usled suzbijanja prašine i oticanja otvorenih voda u rudniku. Izračunato na bazi 10% ukupnog dotoka, bez hlađenja. Iako je isparavanje teško proceniti (postoji visok stepen nesigurnosti u vezi sa ovom vrednošću), malo je verovatno da će predstavljati značajniji deo bilansa podzemne vode.

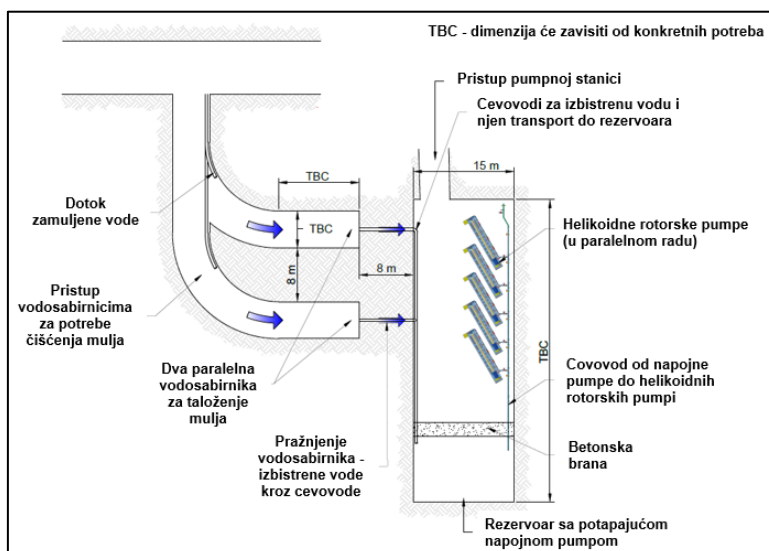
Na osnovu napred rečenog, količine vode za odvođivanje predstavljaju razliku priliva podzemnih voda (dotok, servisna voda, voda za ispiranje cevovoda) i navedenih odliva.

4.6.4. Pumpne stanice, pumpe i cevovodi

4.6.4.1 Pumpne stanice

Električne potapajuće muljne pumpe, smeštene u prostorije otkopne pripreme, crpiće vodu direktno iz malih privremenih vodosabirnika, tamo gde je to potrebno.

Glavna pumpna stanica i obodne pumpne stanice će biti izvedene kao trajni objekti, kako je to prikazano na slici 4.6.4. Konceptualno rešenje glavne i obodnih pumpnih stanica obuhvata dva taložna vodosabirnika; jedan u upotrebi, dok je drugi zamuljen, odnosno spreman za čišćenje.



Slika 4.6.4. Konceptualni izgled glavne i obodnih pumpnih stanica

Shodno važećoj zakonskoj regulativi (Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju metalnih i nemetalnih mineralnih sirovina, „Sl. list SFRJ“ br. 24/91, član 326., u daljem tekstu „Pravilnik“), glavni vodosabirnici se dimenzionišu tako da mogu da prime osmočasovni priliv vode. Izuzetno, ako se očekuju iznenadni veći prodori vode, odgovarajućim proračunom mogu se predvideti i veći kapaciteti vodosabirnika, ako to na drugi način nije rešeno.

Zapremina obodnih vodosabirnika zavisice od konkretnih priliva vode u tome delu rudnika. Pri tom treba imati u vidu da su obodni vodosabirnici, na pojedinim stranama rudnika, u serijskoj vezi, odnosno voda se iz najnižih delova rudnika, sukcesivno prebacuje iz nižeg u viši vodosabirnik, povećavajući tako ukupni kapacitet pojedinačnih obodnih vodosabirnika.

4.6.4.2 Pumpe i cevovodi

Pumpe

Imajući u vidu da će tokom rada rudnika biti potrebne pumpe, kako za rad sa malim visinama pumpanja i malim protocima (izrada niskopa i aktivni otkopi i paneli – pomoćne pumpe), tako i za rad sa većim visinama pumpanja i većim protocima (obodne pumpne stanice i glavna pumpna stanica – stacionarne i mobilne pumpe), u obzir je uzet niz tipova pumpi, koji se obično koriste u podzemnim rudnicima širom sveta, za oba navedena tipa rada.

Prilikom razmatranja i odabira pumpi, uzete su u obzir pumpe za „prljavu“ vodu (do 5% nečistoća u vodi) i „muljne“ pumpe (za više od 5% nečistoća u vodi). Pumpe za prljavu vodu mogu tolerisati sadržaj čvrstih materija do 5% težine, što je dovoljno za tipične podzemne operacije. Muljne pumpe su dizajnirane za rad sa veoma abrazivnim tečnostima, svih tipova, i do 40% čvrstih materija po zapremini, a neki proizvođači navode i do 75% čvrstih materija.

Stacionarne i mobilne pumpe (glavno odvodnjavanje)

Stacionarne pumpne stanice, duž obodnih prostorija, su locirane tako da ograniče ukupni pritisak, odnosno visinu pumpanja, na svakoj stanici na manje od 220 m, kako bi se omogućila upotreba mobilnih (Traveller) pumpi. Kada mobilna pumpa stigne do lokacija na kojoj ukupni pritisak onemogućava postizanje njenog kapaciteta, instalira se stacionarna pumpna stanica, a mobilna pumpa će nastaviti sa sledećim delom prostorije osnovne pripreme, do njene konačne dužine. Od svake stacionarne pumpne stanice, voda će se pumpati sukcesivno, duž cevovoda na donjem nivou, do sledeće stacionarne stanice i dalje do glavnog vodosabirnika u blizini izvoznog okna, odakle će se pumpati na površinu.

Stacionarne pumpne stanice duž obodnih prostorija biće locirane u blizini osnove pojedinih niskopa, koji povezuju gornji i donji nivo prostorija otvaranja, raspoređene na rastojanjima koja treba da ujednače visine pumpanja. Ovaj pristup omogućava da stacionarne pumpne stanice (glavno odvodnjavanje) budu opremljene uobičajenim pumpnim setovima, tj. neklizajućom verzijom ekvivalentne mobilne (Traveller) pumpe (Slika 4.6.5.).



Slika 4.6.5. Pumpa Challenge WearTuff

Pomoćne pumpe (pomoćno odvodnjavanje)

Većina panela, sa izuzetkom panela kraćih od 200 m, imaće najmanje dva vodosabirnika postavljene na strateškim lokacijama duž donjeg nivoa prostorija. Priliv podzemnih voda, servisna voda iz procesa bušenja i voda od ispiranja linija za zasipavanje, će se gravitacijom odvoditi duž poda prostorije do najbližeg vodosabirnika. Različite pumpe sa niskim naporom (pritiskom) i niskim protokom (muljne pumpe) će zatim prebacivati ovu vodu duž panela, od vodosabirnika do vodosabirnika, ka obodnim prostorijama i stacionarnim pumpnim stanicama. Male električne potapajuće muljne pumpe će se takođe koristiti i za odvodnjavanje radova na čelu radilišta u uslovima izrade niskopa. Kao pomoćne pumpe (izrada niskopa, aktivni otkopi), a shodno definisanim kriterijumima, najbolje su se pokazale pumpe proizvođača Flygt, tipa 2000 (slika 4.6.6.).



Slika 4.6.6. Pumpa Flygt, serija 2000

Cevovodi

U vezi sa predmetnim projektom, razmotreni su materijali cevovoda za odvodnjavanje, koji se obično koriste u podzemnim rudnicima širom sveta: HDPE, Pexgol i Čelik.

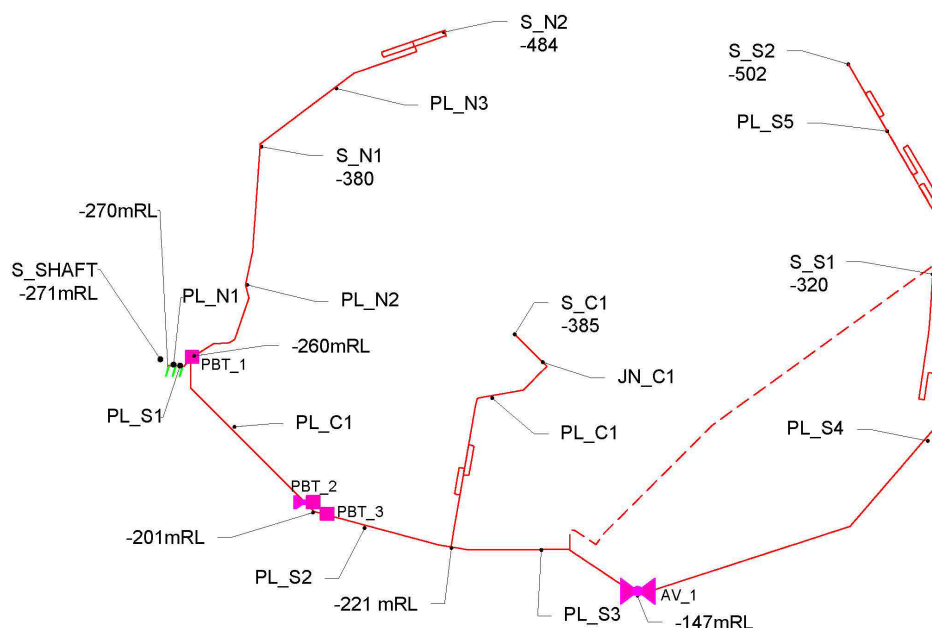
Polietilen visoke gustine (HDPE) se veoma često koristi za odvodnjavanje rudnika. Obično je dostupan sa nazivnim pritiscima do PN 25, što odgovara maksimalnom radnom pritisku od 25 bara (250 m). Pexgol cevi imaju izuzetan strukturni integritet i otpornost na visoke temperature, oštre uslove i abraziju što ih čini izdržljivijim. Glavna prednost u odnosu na HDPE je ta što može da podnese radni pritisak do 30 bara, što je

više od uobičajeno dostupnog HDPE-a. Čelične cevi su izdržljivije od HDPE, iako zahtevaju više rada za ugradnju i znatno su skuplje. Čelične cevi su otpornije na habanje u uslovima abrazivnih suspenzija, ali mogu biti podložnije agresivnim hemijama vode, u zavisnosti od toga koja se vrsta čelika koristi. U zavisnosti od spoljašnjeg prečnika, cevi od nerđajućeg čelika mogu izdržati radni pritisak veći od 80 bara.

Na bazi definisanih kriterijuma (radni pritisak, cena, izdržljivost i ugradnja) HDPE je izabran kao najprikladniji materijal za cevovode za sistem odvodnjavanja rudnika, do glavne pumpne stanice. Za izbacivanje vode iz glavne pumpne stanice na površinu, koristiće se čelični cevovod, postavljen duž izvoznog okna.

4.6.5. Prikaz sistema odvodnjavanja

Predloženi konačni raspored glavnih cevovoda i glavnih pumpnih stanica može se generalno podeliti u tri dela: severni, centralni i južni kao što je prikazano na slici 4.6.7.



Slika 4.6.7. Izgled predloženog sistema odvodnjavanja

Pumpne stanice i delovi cevovoda predviđeni za svaki od navedenih delova sistema su navedeni i opisani u Tabeli 4.6.1. i Tabeli 4.6.2. u nastavku teksta.

Tabela 4.6.1 Detalji glavnih pumpnih stanica

Pumpna stanica	Opis	Elevacija (mRL)	Obrazloženje
S_SHAFT	Glavni vodosabirnik, u blizini izvoznog okna.	-273	Glavni vodosabirnik iz kojeg se voda pumpa, duž izvoznog okna, na površinu, na dalji tretman.
Severni cevovod:			
PBT_3	Rezervoar za regulaciju pritiska	-260	Rezervoar za regulaciju pritiska između S_N1 i S_SHAFT, odnosno za snižavanje pritiska na izlasku iz okna S_SHAFT, kao i za omogućavanje gravitacionog toka u krajnjoj sekciji.
S_N1	Pumpna stanica 1 severnog cevovoda	-380	Među stanica, strateški locirana kako bi omogućila prelaz sa mobilne pumpne stanice (Traveler pump) na stalnu pumpnu stanicu.

Pumpna stanica	Opis	Elevacija (mRL)	Obrazloženje
S_N2	Pumpna stanica 2 severnog cevovoda	-484	Stalna pumpna stanica na kraju severne obodne prostorije - prostorija osnovne pripreme.
Južni cevovod:			
PBT_2	Rezervoar za regulaciju pritiska	-221	Rezervoar za regulaciju pritiska sa ventilom za snižavanje pritiska, za snižavanje pritiska na izlasku iz okna S_SHAFT, kao i za omogućavanje gravitacionog toka u krajnjoj sekciji.
AV_1	Vazdušni ventil	-147	Vazdušni ventil, lociran na vrhu, radi kontrole hidrodinamičkog udara i ispuštanje vazdušnih džepova.
S_S1	Pumpna stanica 1 južnog cevovoda	-320	Među stanica, strateški locirana kako bi omogućila prelaz sa mobilne pumpne stanice (Traveler pump) na stalnu pumpnu stanicu.
S_S2	Pumpna stanica 2 južnog cevovoda	-500	Stalna pumpna stanica na kraju južne obodne prostorije - prostorija osnovne pripreme.
Centralni cevovod:			
PBT_1	Rezervoar za regulaciju pritiska	-221	Rezervoar za snižavanje pritiska sa ventilom za redukciju pritiska za snižavanje pritiska na izlasku iz okna S_SHAFT kao i za omogućavanje gravitacionog toka u finalnom delu .
S_C1	Pumpna stanica centralnog cevovoda	-385	Stalna pumpna stanica na kraju centralne prostorije – prostorija osnovne pripreme

Tabela 4.6.2 Detalji cevovoda

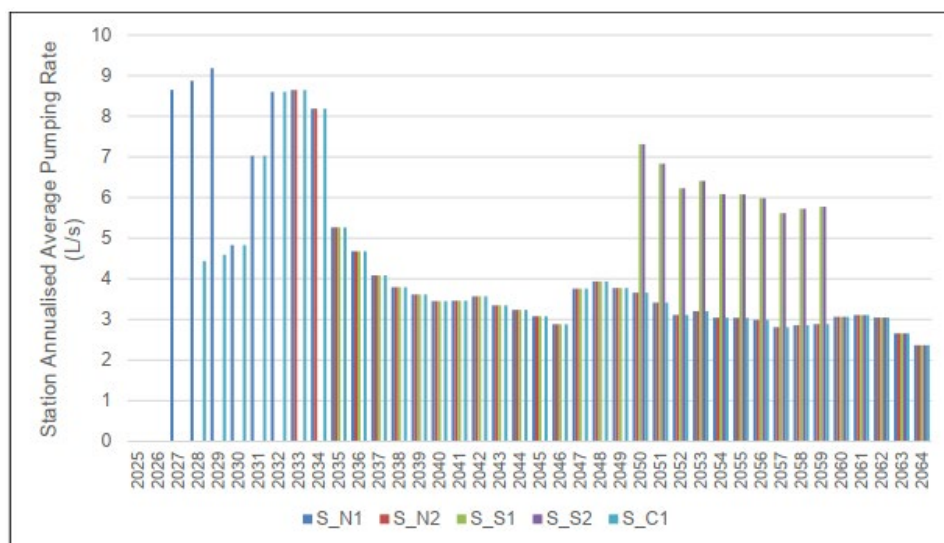
Cevovod	Od	Do	Max dužina (m)	Max statički pritisak (m)
Severni cevovod:				
PL_N3	S_N2	S_N1	1600	104
PL_N2	S_N1	PBT_3	1200	120
PL_N1	PBT_3	S_SHAFT	400	Gravitacioni tok
Južni cevovod:				
PL_S5	S_S2	S_S1	1900	183
PL_S4	S_S1	AV_1	2200	173
PL_S3, PL_S2	AV_1	PBT_2	1100	54
PL_S1	PBT_2	S_SHAFT	1300	Gravitacioni tok
Centralni cevovod:				
PL_C1	S_C1	PBT_1	2200	184
PL_C2	PBT_1	S_SHAFT	1000	Gravitacioni tok

Odabir pumpi i cevovoda izvršen je tako da projektovani sistem bude jednostavan i prilagodljiv. Procena je izvršena tako da se veličine protoka mogu menjati u modelu troškova, a broj pumpi lako prilagoditi

zahtevanom protoku. Cilj nije bio odabrati optimalnu pumpu/cevovod za svaku pojedinu pumpnu stanicu ili deo cevovoda, već pronaći odgovarajući približan dizajn, koji se može koristiti za procenu troškova za sve slične delove sistema za odvodnjavanje rudnika, kao i da bude prilagodljiv promenama u veličini protoka.

4.6.6. Dimenzionisanje pumpi

Prosečni godišnji kapacitet pumpanja, koji se očekuje na svakoj pumpnoj stanici, na osnovu predloženog sistema odvodnjavanja, prikazan je na slici 4.6.8. Protoci i lokacije proticaja, procenjeni su na osnovu dotoka podzemnih voda u panele iz numeričkog modela, raspoređeni po delovima zajedno sa planiranom rudarskom aktivnošću tokom pojedinih godina. Ukupni tokovi odvodnjavanja su zatim podeljeni na osnovu razvoja rudnika i potreba odvodnjavanja aktivnih panela.



Slika 4.6.8. Procenjeni prosečni godišnji kapaciteti pumpanja na svakoj pumpnoj stanici tokom životnog veka rudnika

Na osnovu prikazanih zahteva za protokom i ustanovljenih kriterijuma prilikom izbora tipova pumpi, izabrani su modeli pumpi kako je prikazano u Tabeli 4.6.3.

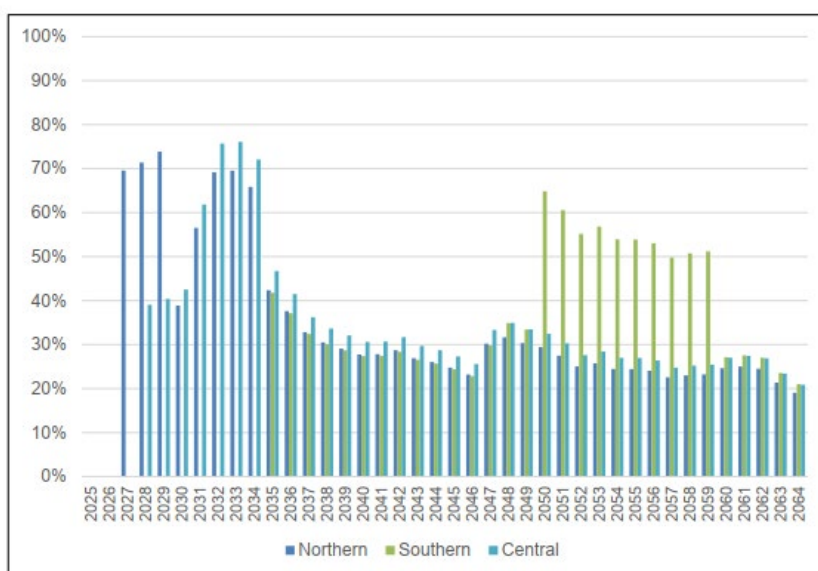
Tabela 4.6.3 Sumarni prikaz selektovanih pumpi

Od	Do	Model pumpe	Max. ukupni dinamički pritisak (m)	Radni kapacitet (l/s)	Rezervni kapacitet (l/s)	Efikasnost u radnoj tački
S_N2	S_N1	1x Challenge WTX84 TwinTraveller zamenjena sa 1x Challenge WT84 Twin kada se uspostavi stacionarna pumpna stanica	141	12,3	12,3	75%
S_N1	PBT_N1	1x Challenge WTX84 TwinTraveller zamenjena sa 1x Challenge WT84 Twin kada se uspostavi stacionarna pumpna stanica	145,0	12,3	12,3	75%
S_S2	S_S1	1x Challenge WTX84 TwinTraveller zamenjena sa 1x Challenge WT84 Twin kada se uspostavi stacionarna pumpna stanica	216,0	11,3	11,3	75%

Od	Do	Model pumpe	Max. ukupni dinamički pritisak (m)	Radni kapacitet (l/s)	Rezervni kapacitet (l/s)	Efikasnost u radnoj tački
S_S1	PBT_S 1	1x Challenge WTX84 TwinTraveller zamenjena sa 1x Challenge WT84 Twin kada se uspostavi stacionarna pumpna stanica	213,0	11,3	11,3	75%
S_C1	PBT_C 1	1x Challenge WTX84 TwinTraveller zamenjena sa 1x Challenge WT84 Twin kada se uspostavi stacionarna pumpna stanica	222,0	11,2	11,2	75%
Pumpanje u panelima		Flygt 2075.690	50	3	n/a*	30%

*Ukupni kapacitet pumpanja za Flygt flotu daleko premašuje potreban kapacitet. Međutim, potreban je veliki broj pumpi i rezultujuća visoka redundantnost da bi se osiguralo da se odgovarajući kapacitet pumpanja nalazi na korektnoj lokaciji, širom rudnika.

Procenjeni kapaciteti pumpanja (slika 4.6.8.), iskazani procentualno u odnosu na projektovane radne kapacitete, prikazani su na slici 4.6.9. za sva tri dela rudnika (severni, južni i centralni).



Slika 4.6.9. Prosečna godišnja upotreba raspoloživih kapaciteta, za sva tri dela rudnika (severni, južni i centralni), iskazana u vidu procentualnog učešće procenjenih kapaciteta u odnosu na projektovane kapacitete.

Iz priloženog se može videti da procenjeni kapaciteti predloženog sistema odvodnjavanja nikada ne prelaze 76% radnog kapaciteta pumpanja, na bilo kojoj lokaciji, tj. sistem odvodnjavanja uvek ima najmanje 24% redundancije. Ovo omogućava izvesnu očekivanu grešku u predviđenim dotocima podzemnih i servisnih voda. Međutim, pored ove očekivane redundancije u smislu radnih kapaciteta primenom setova sa dvostrukim pumpama, drugi identičan set je prisutna za svaki radni set, u obliku rezervne pumpe. Ovo je predviđeno kako bi se omogućilo redovno i neplanirano održavanje i kvarovi. Međutim, u situaciji kada su radni i rezervni pumpni setovi potpuno funkcionalni, sistem bi imao kapacitet da prihvati nagle prodore od najmanje 124% modelovanih radnih tokova.

4.6.7. Dimenzionisanje cevovoda

Cevovodi su dimenzionisani tako da zadovolje zahtevane kriterijume u smislu brzine strujanja i da optimizuju gubitke u pritiscima u sistemu odvodnjavanja. Odabrane specifikacije cevovoda su ujednačene u celom sistemu, odnosno 100 mm ID PN25 HDPE, sa maksimalnim radnim pritiskom od 25 bara (tabela 4.6.4.).

Tabela 4.6.4 Sumarni prikaz selektovanih cevovoda

Cevovod	Od	Do	Max dužina (m)	Cevovod PN (bar)	Prečnik cevovoda (mm)	Max radni pritisak cevovoda (bar)	Max protok (l/s)	Brzina (m/s)
PL N3	S N2	S_N1	1600	25	100	14	12,3	1,6
PL N2	S_N1	PBT_1	1200	25	100	14	12,3	1,6
PL-N1	PBT_1	S_SHAFT	400	25	100	0	12,3	1,6
PL-S5	S_S2	S_S1	1900	25	100	22	11,3	1,4
PL-S4,	S_S1	AV_1	2200	25	100	21	11,3	1,4
PL-S3, PL-S2	AV_1	PBT_3	1100	25	100	0,5	11,3	1,4
PL-S1	PBT_3	S_SHAFT	1300	25	100	0	11,3	1,4
PL-C1	S_C1	PBT_1	2200	25	100	22	11,2	1,4
PL-C2	PBT_1	S_SHAFT	1000	25	100	0	11,2	1,4

Tokom ranih godina rudnika, ako sedimentacija postane problem, mogli bi da se koriste cevovodi manjeg prečnika, što će povećati brzine u cevima, koji bi se po potrebi mogli ili udvostručiti ili zameniti cevovodima većeg prečnika kasnije, tokom životnog veka rudnika.

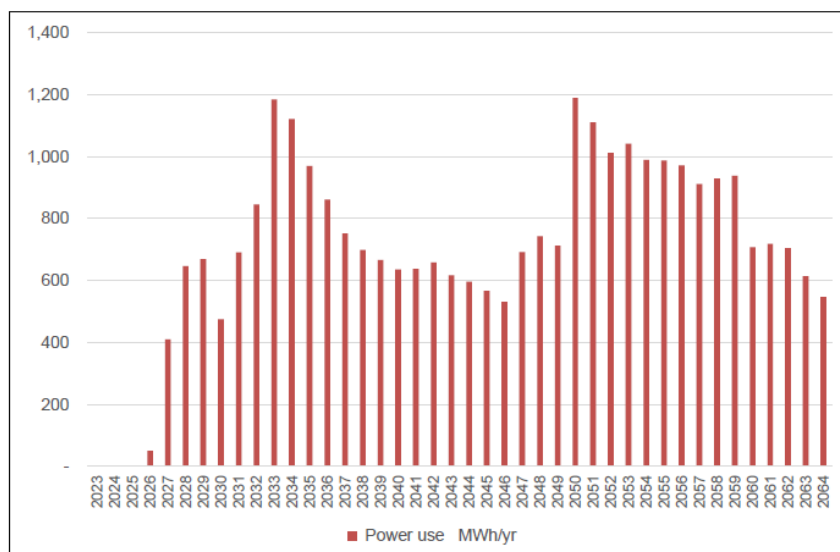
4.6.8. Snaga – električna energija

Rezime maksimalnih zahteva u vezi sa snagom predviđenih pumpi, u planiranom sistemu odvodnjavanja prikazan je u tabeli 4.6.5.

Tabela 4.6.5 Sumarni prikaz snage planiranih pumpi

Pumpa	Maksimalna snaga (kW)
Challenge WTX84	55
Challenge WT084	55
Flygt 2075.690	5,2

Procenjene ukupne potrebe za snagom sistema za odvodnjavanje, na osnovu očekivanih stvarnih kapaciteta pumpanja tokom životnog veka rudnika prikazane su na slici 4.6.10.


Slika 4.6.10. Procenjene ukupne potrebe sistema odvodnjavanja za snagom (MWh/god) tokom životnog veka rudnika

4.7. Priprema i distribucija zasipa

4.7.1. Prikaz istraživanja

Tokom perioda razvoja projekta sa ciljem za unapređenje projektnog rešenja u prošlost su vršena istraživanja u pravcu tradicionalnih pasta zasipa. Kao najprihvatljiviji prihvaćen je koncept formiranja zasipa u kojem prevladava kameni agregat uz korišćenje odabranih delova ostataka iz tehnoloških procesa i cementa, kao veziva.

Iz recepture prikazane u tabeli 4.7.2. očigledno je da agregat maseno učestvuje sa 53%, ostaci iz tehnoloških procesa sa 40%, a vezivo (cement) sa 7%. Dobijeni rezultati pokazuju da tako formirani zasip zadovoljava zahteve rudnika. Inicijalno projektovano rešenje eksploatacije rudnika predviđalo je naknadno otkopavanje stubova, dok aktuelni pristup podrazumeva njihovo otkopavanje u toku eksploatacije. Rezultati preliminarnih istraživanja ukazuju na potrebu za povećanjem čvrstoće zasipa u cilju omogućenja sigurno otkopavanje stubova u toku povlačenja.

Tabela 4.7.1. Ranije usvojeni recept

	Jedinica	Vrednost		Komentar
		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		Uklanjanjem bora iz vode daje jaču čvrstoću i ekonomski je povoljnije nego korišćenje ubrzivača
Napon smicanja	Pa	128 (u nekim opitima 170)		Veći napon zahteva korišćenje više cementa
Viskozitet	Pa.s	0,41		Veći viskozitet zahteva korišćenje više cementa
Odnos voda:cement		4,39		Veći odnos je moguć za pumpanje na kraće dužine
UCS, jednoaksijalna čvrstoća posle 28 dana	kPa	2013 (u nekim opitima 3732)		Minimalna zahtevana čvrstoća je 1000 kPa (RioTinto je propisao kao likvefacioni limit)

Kada se želi pristupiti zasipanju otkopanih rudničkih prostora jedan od najvažnijih problema vezan je za iznalaženje recepture za mešanje različitih, što je moguće više ostataka iz procesa, 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 kompanija RioTinto izvela obimna ispitivanja u periodu od 2014 do 2023. g. Testovi su vršeni na klasičnim uzorcima stvrdnjavajućeg zasipa i ukupno je testirano 145 različitih receptura koje su se razlikovale po tipu korišćenog veziva (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 (ostatak iz PMS, ostatak iz digestije, krečni mulj), a vršeni su i opiti sa vodama različitog sastava. Takođe je izvršeno više testova na stvrdnjavajućem pasta zasipu koji će koristiti vezivna sredstva koja nisu na bazi Portland cementa. Trenutno rešenje predviđa dve vrste stvrdnjavajućeg pasta zasipa, u daljem tekstu primarnog i sekundarnog zasipa.

- Primarni stvrdnjavajući zasip jednoaksijalne pritisne čvrstoće do 5 MPa i minimalnog modula stišljivosti od 100 MPa koristiće se za stabilizaciju otkopanih primarnih komora i ima čvrstoću veću

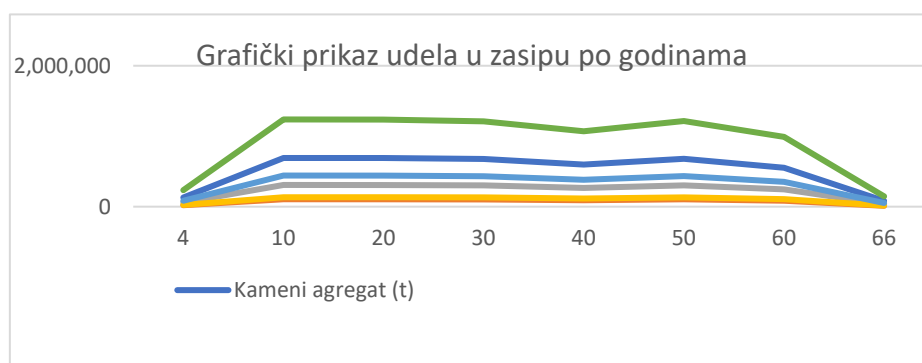
od prosečne čvrstoće stene što znači da će zasip, nakon sazrevanja, preuzeti veće pritiske i time omogućiti otkopavanje stubova.

- Sekundarni stvrdnjavajući zasip jednoaksijalne pritiskne čvrstoće od minimalno 1 MPa i minimalnog modula stišljivosti od 60 MPa će se ugrađivati u prostor prethodno otkopanih stubova.

Sastavni delovi ovoga zasipa sastoje se od sledećeg, Tabela 4.7.2.

Tabela 4.7.2. Sastav zasipne mešavine

Čvrsta frakcija	Primarni zasip %	Sekundarni zasip %
Kek, krupne klase filterske pogače iz obogaćivanja rude	30	30
Kek, krupne klase filterske pogače iz digestije	13	13
Kameni agregat	57	57
Vezivno sredstvo: cement	9,3	8



Slika 4.7.1. Grafički prikaz udela u zasipu po godinama

Očekivane prosečne potrebe za popunjavanjem biće godišnje 796.000 m³ za maksimalni kapacitet rude od 1,86 miliona tona.

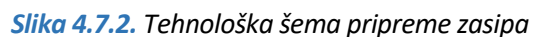
4.7.2. Prikaz tehnološke šeme pripreme zasipa

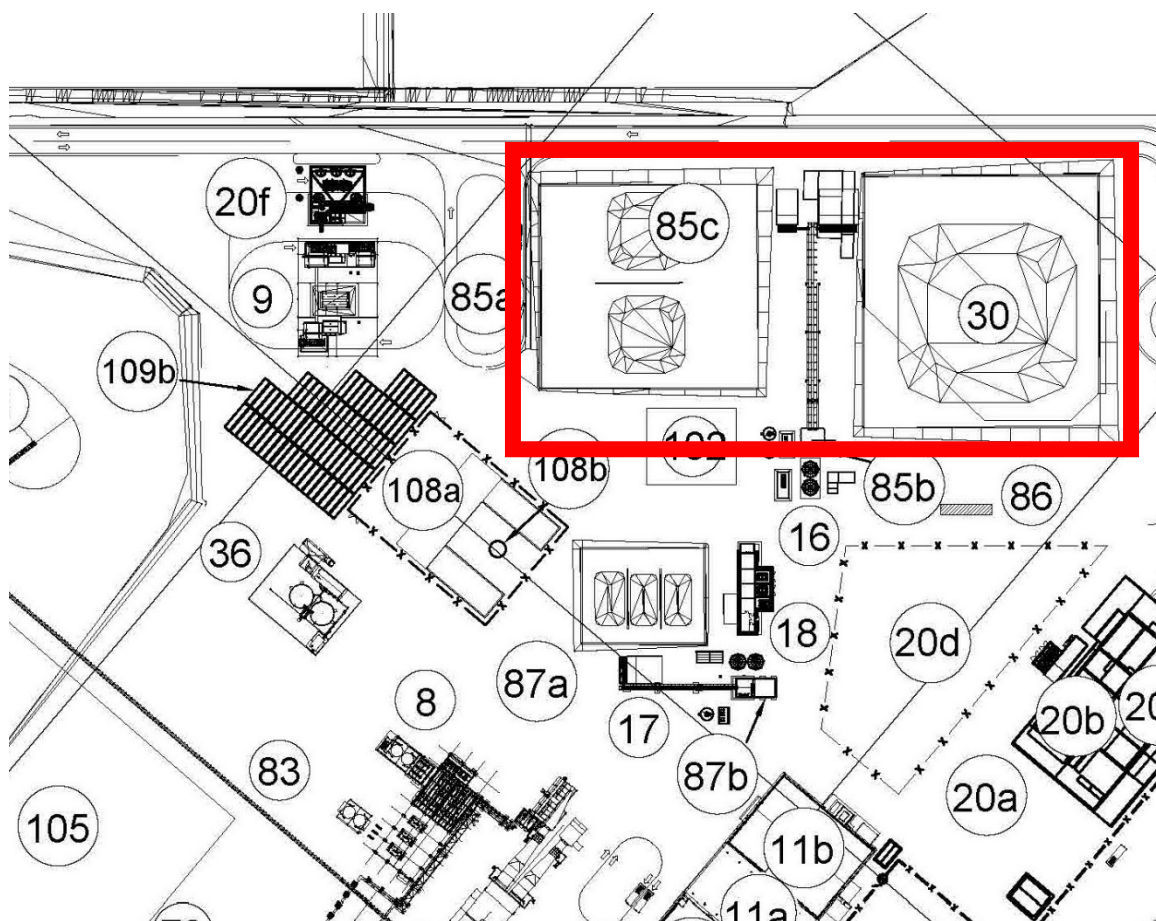
Tehnološka šema pripreme zasipa prikazana je na slici 4.7.2. Proces proizvodnje zasipa zasniva se na mešanju ostataka iz PMS-a, vezivnih sredstava i procesne vode.

Saglasno podacima prikazanim u tabeli u okviru tehnološke šeme pripreme zasipa 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). Maseno je najzastupljeniji kameni agregat sa 53%, potom pesak jalovine iz postrojenja za pripremu rovne rude sa 28%, dok najkrupnije jalovine (pesak hidrociklona) iz postrojenja za digestiju koncentrata ima 12%, a veziva 9,3%. Dakle, 40% zasipa se priprema od jalovine iz postrojenja, a 60% čine eksterni dodaci.

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. Početak pripreme zasipa vezan je za transport komponenti u silose. Kapacitet silosa za cement treba da obezbedi nesmetan rad postrojenja u trajanju od najmanje 72 sata. Cement se iz silosa (poz. 17210-SI-001 i 002) odmerava i prebacuje u međubunkere (poz. 17210-HP-005 i 006).

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).





Slika 4.7.3. Raspored objekata na površini i površinski deo postrojenja za pripremu zasipa

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. Vezivo (cement) se pneumatski, preko duvaljki (poz. 17210-BL-001 i 002) transportuje do bunkera iznad mešača (poz. 17210-BN-001). U bunker se istovremeno dodaje i voda i eluat od ispiranja kolona. Kameni agregat i jalovina se transportuju direktno u mešač (poz. 17210-MX-001) preko separativnih transportnih traka (17210-CV-002 - agregat), (17210-CV-001 - jalovina), odnosno preko zajedničkih transportnih traka (poz. 17210-CV-003 i 004).

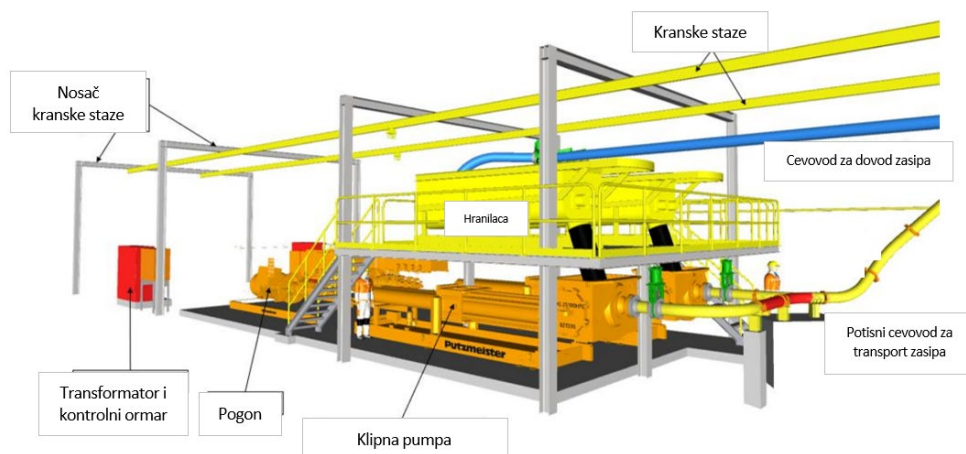
Mešanje veziva i tečne faze sa kamenim agregatom i jalovinom obavlja se u dvoosnom mešaču, sa naizmenično postavljenim pedalama (poz. 17210-MX-001). Formirana mešavina se privremeno skuplja u bunkerima (poz. 17210-HP-003 i 004) odakle se gravitacijski kroz bušotine transportuje ka klipnim pumpama (poz. 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 4.7.3. Prostor predviđen za smeštaj otvorenih skladišta i opreme ima dimenzije 88x141 m.

Jedan deo jame, bliže bušotinama, može se zasipati gravitacijski (procenjuje se da će to biti moguće u prvih 2-4 godina 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 4.7.4.

Postrojenje za pripremu zasipa snabdeveno je i sledećim pomoćnim sistemima:

- Sistem za otprašivanje,
- Sistem za ispiranje cevovoda: rezervoari pumpe, ispiranje cevovoda će se vršiti pre početka zasipanja i po prestanku zasipanja, potrošnja vode se planira na nivou od 30 m³, vreme ispiranja je 20 minuta, a transportna brzina vode biće 1,5 m/s,
- Sistem za čišćenje cevovoda od naslaga (inkrustacije): lanser čistača, ovaj sistem koristi vodu za ispiranje cevovoda, i
- Sistem za prikupljanje rastura u postrojenju: pumpa.

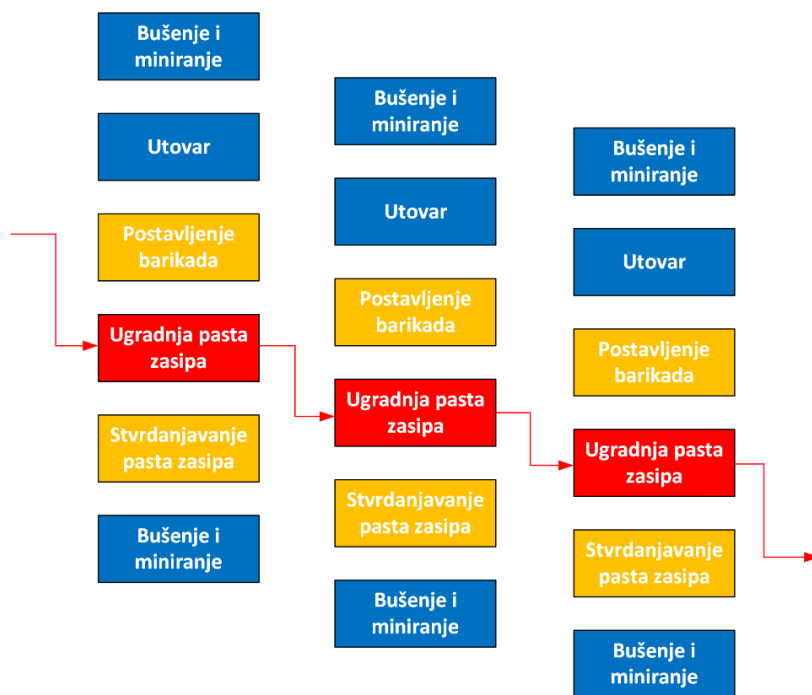


Slika 4.7.4. Pumpna stanica za transport zasipa

Predviđeno je da postrojenja za pripremu zasipa i zasipanje otkopanih prostora 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, produžavanje 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 životnog veka rudnika uzimajući u obzir srednjoročne i dugoročne planove, kao i potrebom za godišnju proizvodnju pasta zasipa od 792.000 m³ + 10%. Raspored zasipavanja se rukovodi zahtevima otkopavanja i potrebom da se 100% ispune otkopani prostori, da bi se maksimalno povećala stabilnost, tj deformacija tla svela na minimum, u cilju ostvarenja planirane proizvodnje. 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 4.7.5. 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 rudnicima.

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.

Transport zasipa vršiće se korišćenjem cevovoda mrežastog dizajna. Mreža cevovoda će biti izgrađena tako će sve pripremne prostorije biti pokrivene glavnim vodovima koje sadrže čelične cevi tipa DN 200 i debljine zida 0,018 mm. Za spajanje glavnih vodova biće korišćene spojnice sa navojem. Cevovod koji se nalazi u servisnoj bušotini biće zavaren. Cevovod se postavlja uz krovinu hodnika i osigurava se vođicama.

Nosači cevi redukuju stresove koji su u vezi sa silama koje utiču na cevovode zbog gravitacije, temperaturnih promena, seizmičkih događaja i prelaznih pritisaka. Filozofija projekta je da dozvoli cevovodu da se širi i skuplja da bi došlo do oslobađanja termalnih stresova u cevovodu. Ograničen cevovod normalno kao rezultat ima veoma velika opterećenja na mestima gde je pričvršćen kao i zahteve koje donose građevinski projekti. Da bi se cevi oslobodile pritiska cevovodi moraju imati malo slobode na mestima gde pravac skreće da bi se dobila mogućnost za termalnu ekspanziju i kontrakciju i kao posledica toga doći će do nekog pomeranja cevi na tim lokacijama. Osnovni principi projekta obuhvataju tri glavna tipa oslonaca za opšte usmeravanje cevi: nosači, vođice i sidra.

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 izvoznog 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 1000 litara preko servisnog koša izvoznog postrojenja u izvoznom 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. Ovi rezervoari će se puniti sa jednog mesta iz cisterne za dopremu goriva. Predviđeno je da se cisternama za dopremu goriva u rezervoare omogući istakanje pomoću pumpe za istovar koja se nalazi u objektu. Rezervoari će se nalaziti na betonskoj ploči. 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. Odlagalište će biti snabdeveno sopstvenim, odvojenim sistemom komprimovanog vazduha.

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 25 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 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 aluviona reke Drine. Postrojenje za prečišćavanje vode je dimenzionisano tako da u svim okolnostima održava zalihe prihvatnih bazena ispod 400 milona litara.

Sveža – sirova voda crpiće se iz aluviona reke Drine koji će se cevovodom dovoditi do lokacije. 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 aluviona reke Drine. Korisnici sveže vode su postrojenja za pranje filtera, zaptivke pumpe, čišćenje i pranje.
- 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 aluviona 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 aluviona 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 do 700 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 dve smene. Ovo znači da će se rad organizovati u dve smene: dnevnu i noćnu. Svaka smena će trajati 12 sati, što uključuje prisustvo na primopredaji smene pre početka smene i prevoz radnika do radilišta.

Rad u dve smene uslovljava organizovanje 4 posade/brigade, koje će se smenjivati posle 4 dana rada, i to tako da se svaka posada posle 4 dana rada odmara 4 dana (posada koja je radila noćnu smenu će se odmarati 4 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 stranih državljana angažovati na određenim stručnim i upravljačkim pozicijama, u početnim fazama (tokom prve 4 godine);
- neprekidan rad rudnika: 24 sata dnevno, 7 dana nedeljno;
- postojeće 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 12 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.

Maksimalan broj radnika koji će raditi u planiranom rudniku Jadar je 686 (2032. godina). Očekivani procenat angažovanja jamskih i površinskih radnika je 71% : 29%.

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. 2027.)	99	76	145	11	331
Projektovani kapacitet (jan. 2030.)	349	85	236	11	681
2030.	319	85	228	11	643
2040.	334	85	228	11	658

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. 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. 35/2023) 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 lica 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). Zaštita od požara ostvaruje se: organizovanjem i pripremanjem subjekata zaštite od požara za sprovođenje zaštite od požara; obezbeđivanjem uslova za sprovođenje zaštite od požara; preduzimanjem mera i radnji za zaštitu i spasavanje ljudi, materijalnih dobara i životne sredine prilikom izbijanja požara i nadzorom nad primenom mera zaštite od požara.

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 ergonomskim 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.

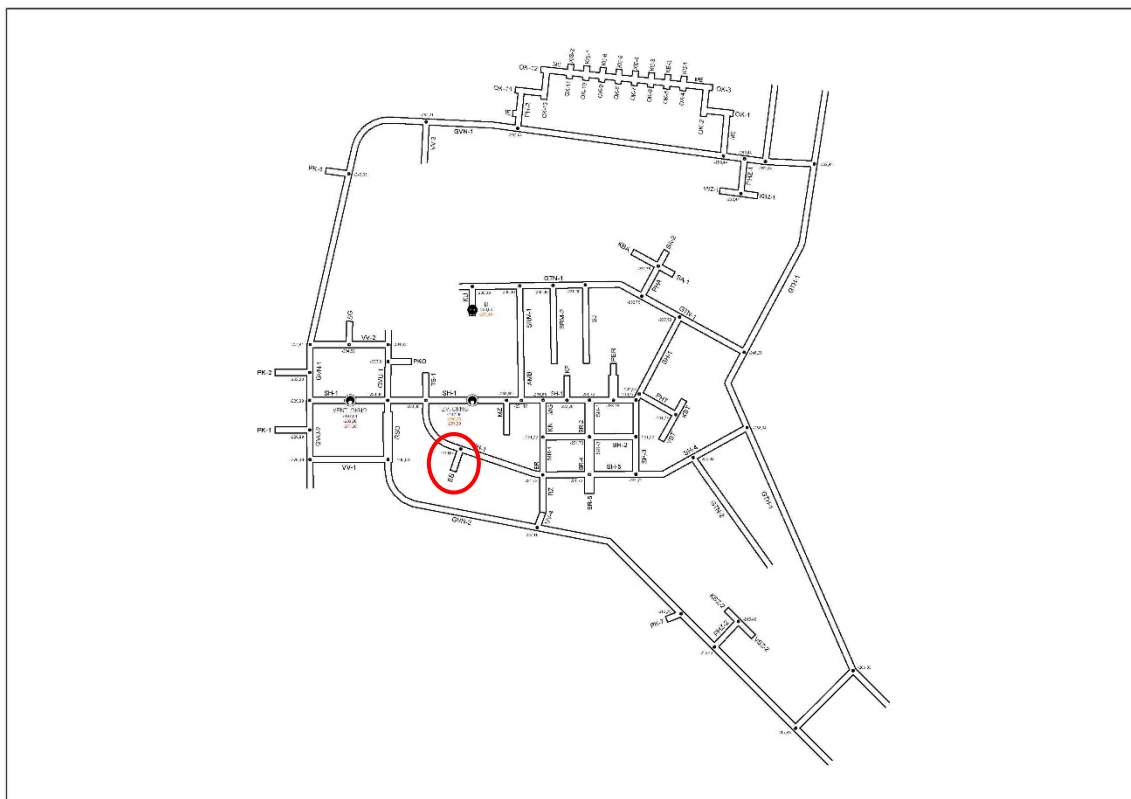
Događaji koji mogu rezultirati neprihvatljivom atmosferom u podzemnom rudniku uključuju: požar, eksploziju, neadekvatna ili gubitak ventilacije, potapanje, provala mulja, izboji gasa, prašina, kontaminirana atmosfera (stari radovi ...).

Postoje tri nivoa operativnog stanja stanice za spasavanje. U cilju povećanja nezavisnosti, to su sledeća stanja:

- pripravnost,
- eksterno podržana,
- 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 750m 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 600 ili 500m).



Slika 4.10.1. Lokacija glavne stanice za spasavanje



Slika 4.10.2. Izgled pomoćnih, mobilnih stanica za spasavanje

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 sistemi snabdevanja moraju omogućiti kontinuirano snabdevanje stanice.

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 kriterijumi za projektovanje koncepcije sistema zaštite od požara se odnose na ispunjavanje zahteva kao što su obezbeđivanje bezbednosti osoblja, smanjivanje rizika za protivpožarni tim, smanjivanje 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.

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 prskalica 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:

- Prostori 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);
- Prostori za koje voda nije pogodno sredstvo za gašenje (skladište dizela, stanica za pretakanje i odvođenje, skladište maziva, skladište guma);
- Prostori 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 vatre,
- drugi uslovi od značaja za zaštitu od požara.

Prema standardima EN 1838 i EN 60598-2-22, površine i mesta okupljanja veća od 60m² 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. Ukupan broj lampi potrebnih za ovaj prostor je 110. 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * prskalice / drenčeri za gašenje požara * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
9	Dispečerska soba	Glavni nivo	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * otkrivanje požara optičkim termosenzorskim kablom, * mobilni aparati za gašenje požara * protiv panično osvetljenje
11	Radionica za osnovne mašine	Glavni nivo	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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	<ul style="list-style-type: none"> * 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. Zbog velike udaljenosti između centrala za kontrolu požara treba obezbediti optičke kablove. Glavna centrala ima mogućnost mrežne veze sa ostalim centralnim i protivpožarnim terminalima preko FCNet magistrale, kao i integrisani veb server i mogućnost povezivanja putem BACnet / IP protokola. Glavni centralni, a to je čitav sistem zaštite od požara, povezan je sa serverom i odgovarajućim aplikativnim softverom sa monitorima, tastaturama i interaktivnim pločama u okviru integrisanog kontrolnog i informacionog sistema. U sistem treba da budu povezani sve centrale: centrala za otkrivanje požara i svi aparati za gašenje požara (prskalice, drenčer, inergeni, aerosoli, CO₂ itd.)

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).

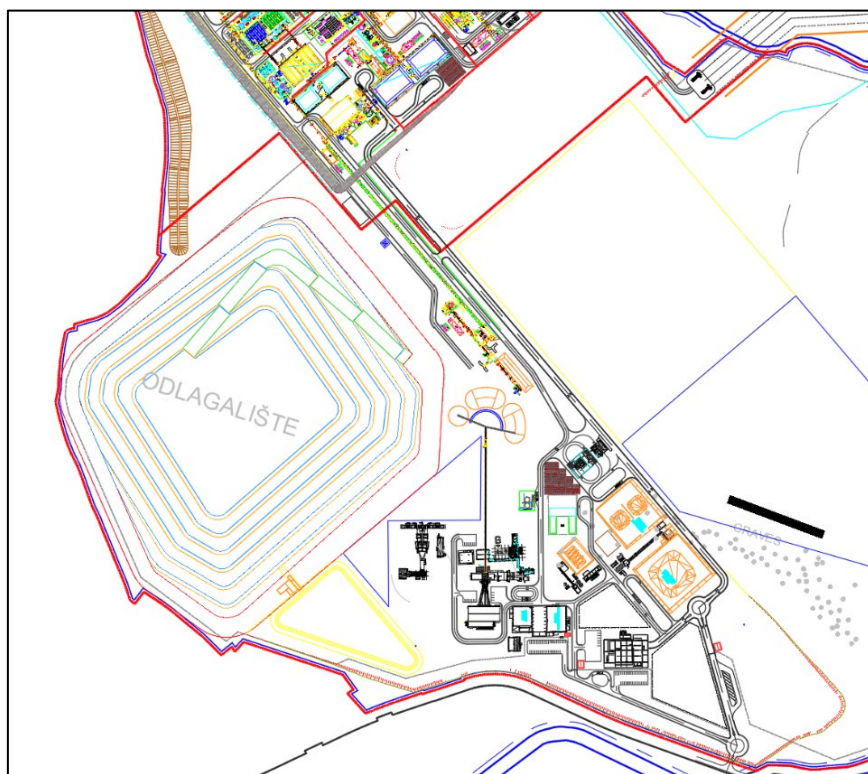
Sistem za video nadzor čine serveri, snimači, rezervni serveri i serveri sa softverom za analitiku, integrisani nadzorni i informacioni sistemi, mrežna i kablovska oprema i kamere itd. Kamere bi trebalo da pokrivaju sva područja, tako da operater u sobi za nadzor može u potpunosti nadgledati sve objekte 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 davanje daljih uputstava u procesu automatskog ili ručnog gašenja požara.

Sva navedena oprema je EVAC kategorija. Sistem treba da bude u mogućnosti da šalje nezavisne poruke u nezavisne zone. Sistem informacija i ranog upozoravanja treba integrisati u jedinstveni informacioni sistem.

5. Odlaganje rudničke jalovine

5.1. Lokacija

Odlagalište rudničke jalovine predstavlja neophodan objekat u u rudarskom tehnološkom procesu, gde se odvaja i smešta stenski materijal koji se otkopava u procesu podzemne eksploatacije. Odlagalište rudarskog otpada se nalazi u zoni rudarskih infrastrukturnih objekata, neposredno u blizini ventilacionog i izvoznog okna. (slika 5.1.1.)



Slika 5.1.1. Prikaz lokacije odlagališta

Lokacija je usvojena na osnovu geoloških, hidrogeoloških, geotehničkih i socijalnih aspekata kako bi se osigurao minimalan uticaj na životnu sredinu i postigla maksimalna održivost. Predložena lokacija odlagališta je van zona kulturnih i arheoloških lokaliteta, tako da ne ugrožava integritet i vrednosti zaštićenih kulturnih dobara i identifikovanih mesta sa kulturnim vrednostima. Pad terena omogućava prirodno oticanje vode i smanjuje rizik od erozije ili klizišta. Izbor lokacije je van zone reke Korenite što dodatno smanjuje rizik od procurivanja drenažnog sistema. Visinska razlika od 25m omogućava efikasno kontrolisanje i vođenje procesa odlaganja rudničke jalovine pa će odlaganje jalovine u prvih

20 godina životnog veka rudnika biti na najnižoj koti terena, time će se smanjiti vizuelni uticaj, kao i uticaj buke i prašine. Odlaganje materijala i operacije na odlagalištu su planirane u dnevnoj smeni čime se smanjuje uticaj buke u noćnim satima.

5.2. Vrste materijala

Odlagalište će tokom većeg perioda trajanja operacija sadržati dve glavne vrste materijala: rudarsku jalovinu i siromašnu rudu. Planirano je da se siromašna ruda iskoristi, nakon čega na odlagalištu ostaje samo rudnička jalovina, čime se postiže efikasnost u korišćenju resursa i smanjuje uticaj na životnu sredinu.

Rudarska jalovina ili rudarski otpad predstavlja deo stenskog materijala koji se otkopava u procesu podzemne eksploatacije i nema ekonomsku vrednost. Ukupne količine rudarske jalovine su 6.375.273 t.

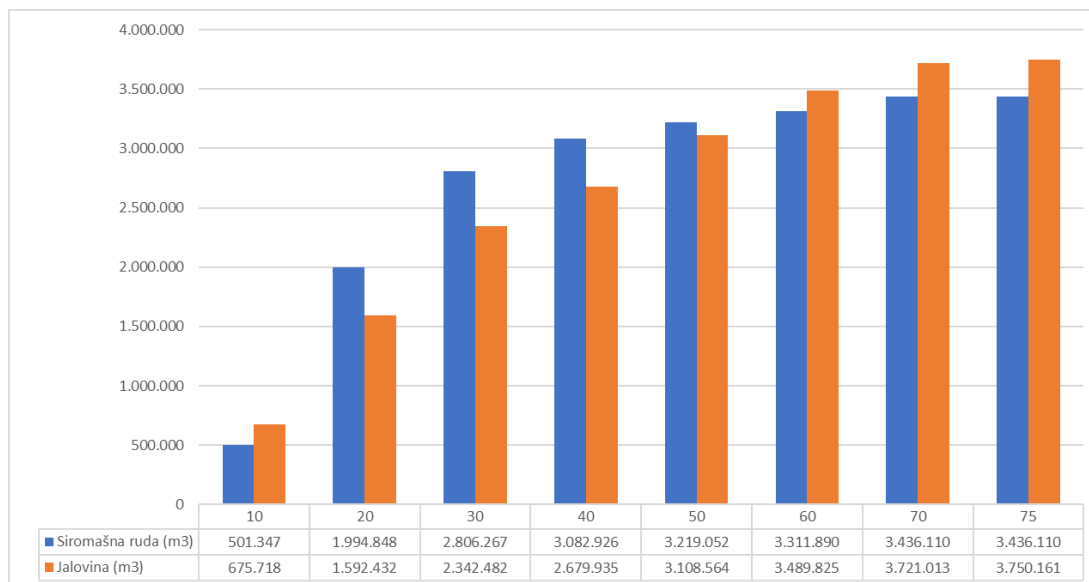
Siromašna ruda predstavlja materijal koji ima niže koncentracije vrednih minerala. Plan je da se ovaj materijal podvrgne daljoj obradi radi izdvajanja vrednih elemenata. Ukupne količine siromašne rude, koja će se privremeno odlagati iznose 5.841.388 t.

Granična vrednost bora i litijuma u siromašnoj rudi iznosi: B_2O_3 se kreće ispod 7 %, dok je učešće litijuma ispod 1,4%.

Iskorišćavanjem siromašne rude sa odlagališta, postiže se održiviji pristup upravljanju resursima i smanjuje se količina materijala koja zauzima prostor na odlagalištu. Ovakav pristup integriše ekonomske i ekološke ciljeve, pridonoseći dugoročnoj održivosti rudarskih operacija.

Odlaganja rasutog materijala izvezenog iz podzemnog dela rudnika, tj. jalovine i siromašne rude, odvijaće se u skladu sa projektovanom dinamikom eksploatacije, koja je prikazana na dijagramu (slika 5.2.1).

Projektno rešenje formiranja odlagališta podrazumeva konstrukciju površine od 278.000 m², kao i upotrebu diskontinualnog sistema kamion-buldozer. Odlagalište se formira u sekcijama – etažama visine po 10m. Tokom projektovanog veka rudnika, otkopaće se 3.750.161 m³ jalovine i 3.436.110 m³ siromašne rude odnosno ukupno 7.186.271 m³ materijala koji je potrebno odložiti na odlagalište. Shodno tome potrebno je obezbediti odlagališni prostor od 7.5 Mm³ kako bi se osigurao rezervni prostor na odlagalištu .



Slika 5.2.1. Kumulativni dijagram materijala odloženog na odlagalištu u rasponu od 10 godina

Podaci o proizvodnji jalovine i siromašne rude, karakteristike samog materijala i pridruženi ekološki izazovi čine osnovu za projektovanje odlagališta. Analize su sprovedene u cilju utvrđivanja optimalnog rešenja za smeštanje 7,2 miliona kubnih metara jalovine i siromašne rude, uzimajući u obzir dugoročnu održivost i smanjenje negativnih uticaja na okolinu.

Efikasno i bezbedno upravljanje rudarskim otpadom odnosi se na smanjivanje uticaja kroz pažljiv izbor lokacije, inženjersko projektovanje i primenu sigurnosnih mera. Svaka etaža odlagališta je planirana sa ciljem da se obezbedi ravnoteža između maksimalnog kapaciteta i strukturne stabilnosti kao i implementacija drenažnog sistema za usmeravanje protoka vode. Odlagalište će biti strateški razvijeno sa ukupnom visinom od 60 metara, podeljeno u šest etaža. U tabeli su navedeni geometrijski elementi odlagališta i količine materijala.

Tabela 5.2.1 Osnovni parametri za projektovanje odlagališta

Parametar	Vrednost
Ukupno jalovine	6.375.273 t
Ukupno siromašne rude	5.841.377 t
Ukupno materijala na odlagalištu	12.216.661 t
Maksimalna visina odlagališta	60 m
Visina pojedinačne etaže	10 m
Zahtevani kapacitet odlagališta	7.2 Mm ³
Projektovani kapacitet odlagališta	7.5 Mm ³
Površina odlagališta	28 Ha
Kosina radnih etaža	28°
Generalna kosina	23°
Širina rampe	25 m
Nagib rampe	10°
Nasipna zapreminska masa	1.7 t/m ³

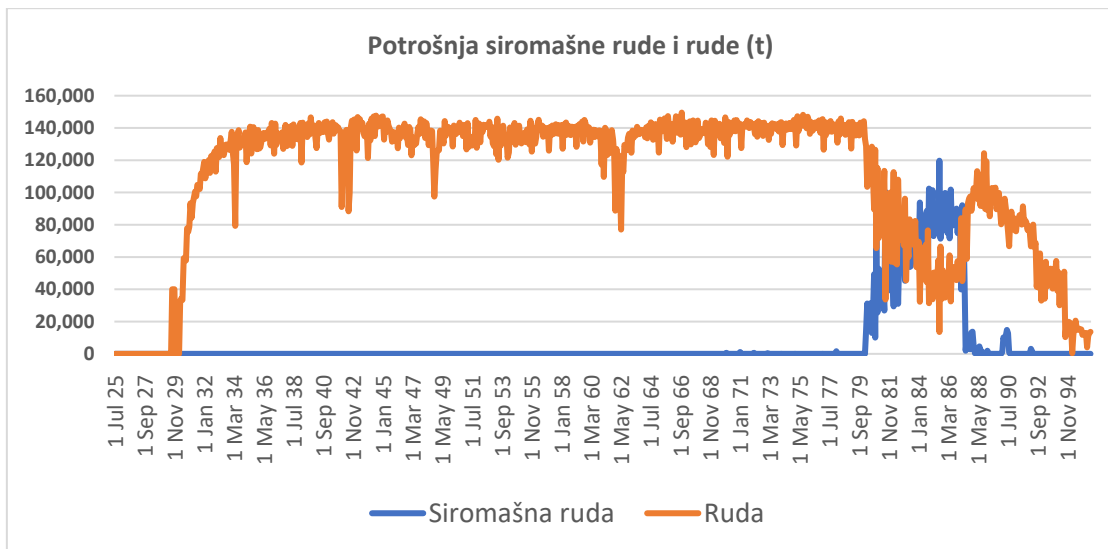
Uredbom o uslovima i postupku izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu (Službeni glasnik RS, br. 53, 2017.) bliže se uređuju uslovi i postupak izdavanja dozvole za upravljanje otpadom, kao i kriterijumima, karakterizaciji, klasifikaciji i izveštavanju o rudarskom otpadu. Rio Sava Exploration D.O.O. planira da izvrši karakterizaciju stenskog materijala koji se odlaže na odlagalištu. Imajući u vidu da će se na odlagalištu pored jalovine odlagati i siromašna ruda sa određenim sadržajem litijuma i bora odlagalište rudničke jalovine će, dok se ne izvrši kategorizacija, tretirati kao „odlagalište kategorije A“. Ovo znači da okruženje treba štititi folijom koja se postavlja po dnu deponije 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.

5.3. Strategija korišćenja siromašne rude

Razlozi iskorišćavanja siromašne rude na kraju životnog veka rudnika, umesto njene upotrebe tokom glavnog perioda eksploatacije, leže u nekoliko ključnih faktora koji su direktno vezani za ekonomske, tehnološke i ekološke aspekte upravljanja resursima:

- Iskorišćavanje rude visokih koncentracija korisne mineralne sirovine tokom ranijih faza životnog veka rudnika omogućava brži povraćaj investicija. Siromašna ruda zahteva veće troškove obrade po jedinici iskorišćenog minerala, što u početnim fazama može negativno uticati na ekonomsku održivost operacija.
- Sa tehnološkog aspekta, odlaganje i čuvanje siromašne rude dozvoljava rudniku vremenski period gde će optimizacija tehnologije prerade omogućiti efikasnije iskorišćenje minerala iz siromašne rude, smanjujući tako operativne troškove i povećavajući ukupnu isplativost eksploatacije.
- Korišćenjem rude visokih koncentracija korisne mineralne sirovine rudnik može optimalno upravljati raspoloživim resursima, osiguravajući da se siromašniji materijal koristi kada to postane ekonomski i tehnološki najprijhvatljivije. Ova strategija takođe pomaže u produžavanju operativnog života rudnika.
- Bogata ruda je pojam koji se odnosi na rudu koja potencijalno sadrži visoku količinu korisnog proizvoda u odnosu na količinu industrijske jalovine, kao i jalovine nakon procesa pripreme mineralnih sirovina. Kada se siromašna ruda meša sa bogatom, ukupna potencijalna količina

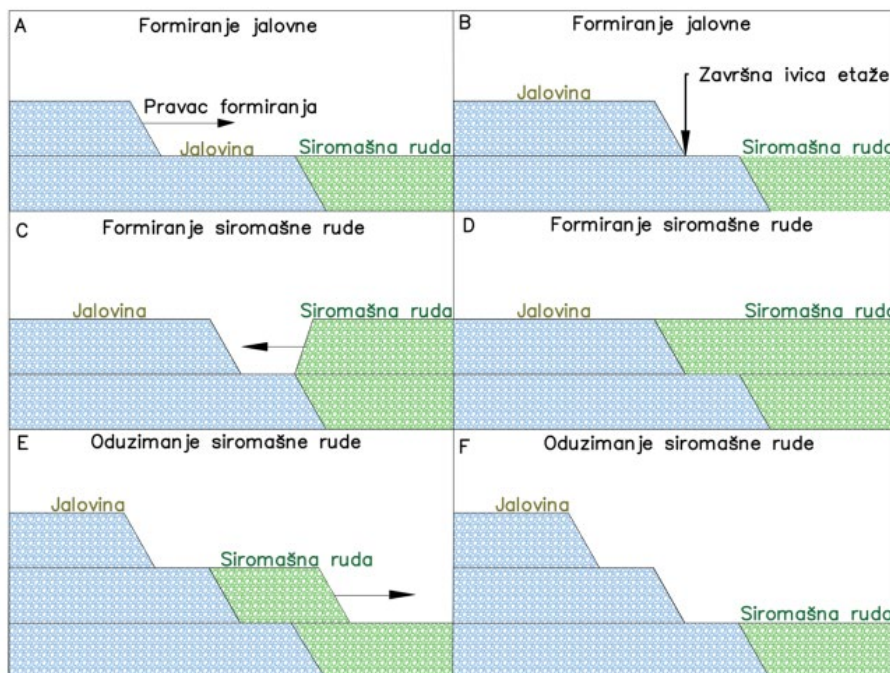
litijum karbonata u koncentratu je manja, dok je količina industrijske jalovine, i jalovine nakon procesa pripreme mineralnih sirovina veća, iz tog razloga mešanje siromašne i bogate rude se ne preporučuje.



Slika 5.3.1. Dijagram potrošnje siromašne rude i rude

5.4. Strategija odlaganja jalovine i oduzimanja siromašne rude

Projektno rešenje odlagališta obuhvata formiranje zasebnih etaža jalovine i etaža siromašne rude, kao što se može videti na slici 5.4.1. Ovaj detaljan proces odlaganja rudarske jalovine i siromašne rude integriše tehnologije hidroizolacije, sistem odvodnjavanja i inženjerske prakse kako bi se postigla optimalna efikasnost i očuvala ekološka održivost tokom celog operativnog veka odlagališta. Kontinualno praćenje hidroizolacionog sistema i sistema odvodnjavanja se sprovodi tokom celog procesa.



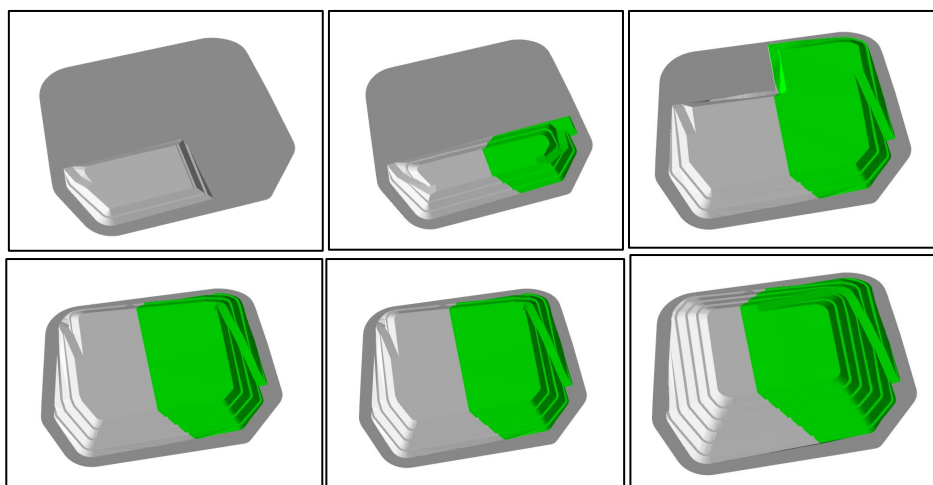
- A. Odlaganje jalovine i formiranje etaža sa radnim kosinama
- B. Završavanje etaže sa jalovinskim materijalom i početak formiranja etaže sa siromašnom rudom
- C. Formiranje etaže sa siromašnom rudom i napredovanje ka etaži sa jalovinom

- D. Završavanje etaže sa siromašnom rudom (naleganje na etažu sa jalovinom)
- E. Oduzimanje siromašne rude (kosine etaža sa jalovinskim materijalom se ne menjaju)
- F. Napredovanje etaža sa jalovinom i oduzimanje siromašne rude

Slika 5.4.1. Princip formiranja etaža odlagališta

Dobrim planiranjem u rudarstvu postiže se kontrola u dinamici otkopavanja, što znači da se unapred definišu koraci i procesi eksploatacije kako bi se postigla efikasnost i efektivnost u upravljanju resursima i otpadom. Samim tim, moguće je pažljivo odlagati i sortirati materijal na odlagalištu, što osigurava geotehničku stabilnost odlagališta i kontrolu i monitoring uticaja na životnu sredinu. Na slici 5.4.1. dat je detaljan prikaz formiranja odlagališta tokom svakih 10 godina eksploatacije, što pruža uvid u dugoročno planiranje i strategije upravljanja resursima i otpadom.

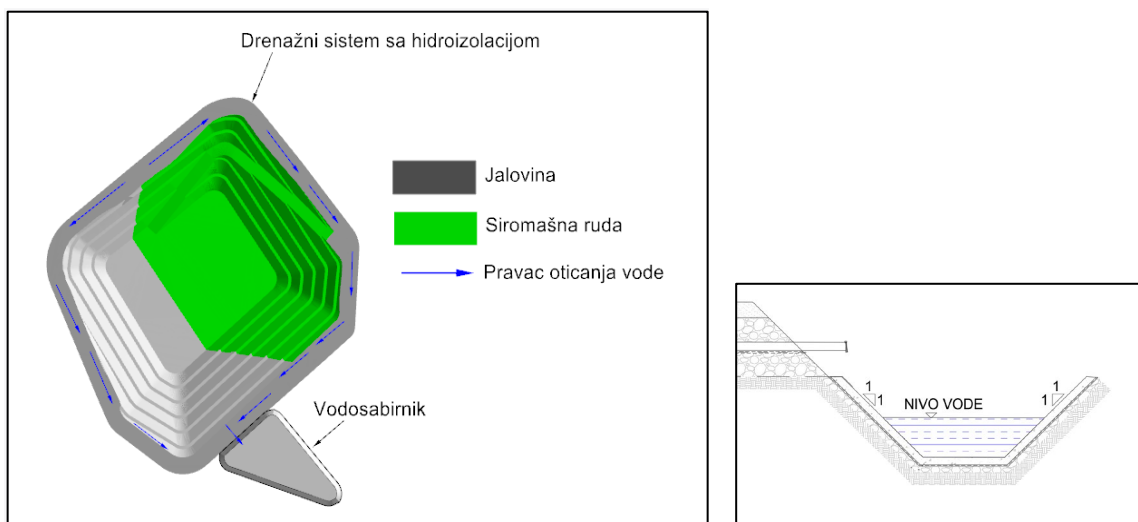
Koncept odlaganja materijala je prikazan na slici 5.4.2 :



Slika 5.4.2. Prikaz faznog odlaganja jalovine i siromašne rude

U glavnom tehničkom rešenju, dinamika odlaganja materijala na odlagalištu će biti pažljivo planirana na mesečnom nivou. Ovo omogućava precizno praćenje i nadgledanje formiranja odlagališta, uz kontinuiranu procenu i optimizaciju kako bi se osigurala efikasnost i održivost procesa.

Odvodnjavanje odlagališta odnosi se na proces uklanjanja slobodne vode kako bi se očuvala stabilnost odlagališta. Drenažni sistemi podrazumevaju postavljanje drenažnih struktura od krupnog kamena i drenažnih cevi ispod površine odlagališta kako bi se prikupila i odvodila voda do vodosabirnika (slika 5.4.3.). Detaljno tehničko rešenje folije će biti definisano tehničkom dokumentacijom.



Slika 5.4.3. Drenažni sistem odlagališta

Slika 5.4.4. Tipski profil drenažnog kanala

5.5. 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".

Prvi korak pri postavljanju folije jeste određivanje površina na kojoj će se postaviti HDPE folija. Ovo obično uključuje ravnjanje i pripremu terena, uklanjanje eventualnih prepreka i nivelaciju površine. HDPE folija se temeljno pregleda pre ugradnje kako bi se identifikovali eventualni defekti ili oštećenja. Kvalitet materijala ima ključni uticaj na dugoročnu efikasnost hidroizolacionog sistema.

Paneli HDPE folije se raspoređuju prema određenom planu, uz minimalno preklapanje. Paneli se spajaju pomoću specifičnih metoda, često termičkim zavarivanjem. Ovaj proces osigurava hermetičko povezivanje panela, smanjujući mogućnost curenja vode kroz spojeve. HDPE folija se prilagođava konturama terena, uključujući radne kosine i promene nagiba. Ovo se postiže preciznim rezanjem i prilagođavanjem panela tokom instalacije.



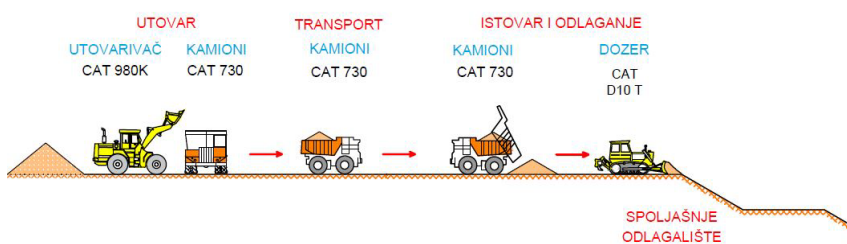
Slika 5.5.1. Postavljanje HDPE folije

Iznad HDPE folije, postavlja se drenažni sloj koji omogućava prikupljanje vode koja eventualno proдре. Ovaj sloj obezbeđuje dodatnu sigurnost i olakšava odvođenje viška vode. Integracija sistema drenaže, uključujući cevi i drenažne jame, omogućava efikasno odvođenje vode sa odlagališta. Drenaža se pažljivo projektuje kako bi se sprečilo nakupljanje vode i potencijalne erozije.

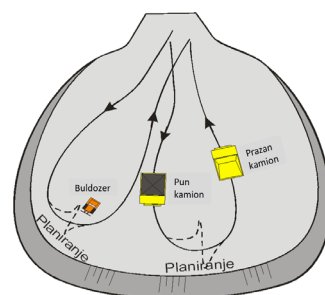
Nakon instalacije, vrše se provere integriteta HDPE folije. Ove provere uključuju vizuelne inspekcije, testiranje nepropusnosti ispitivanje varova/sastava i eventualno ispitivanje pomoću geofizičkih metoda. Ako se identifikuju nepravilnosti ili oštećenja, preduzimaju se odgovarajuće korektivne mere kako bi se osigurao integritet hidroizolacionog sistema.

5.6. Tehnologija formiranja odlagališta

Tehnologija formiranja odlagališta podrazumeva primenu sistema kamion-buldozer. Rasut materijal koji je neophodno odložiti na odlagalište, prethodno će se utovarati pomoću utovarača iz klase Caterpillar 980K (zapremine kašike u opsegu od 4.2 m³ do 12 m³). 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 5.6.1., dok je na slici 5.6.2. data šema izvođenja radova na planiranju istovarenog materijala.



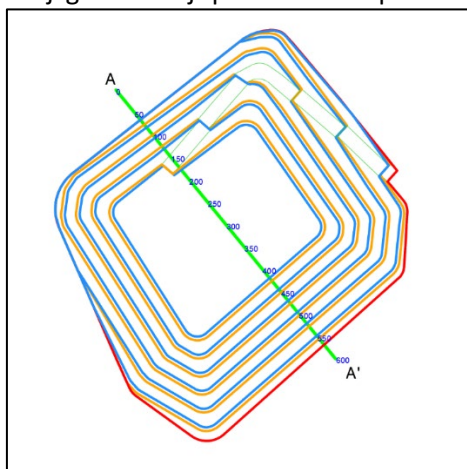
Slika 5.6.1. Projektovana šema formiranja odlagališta



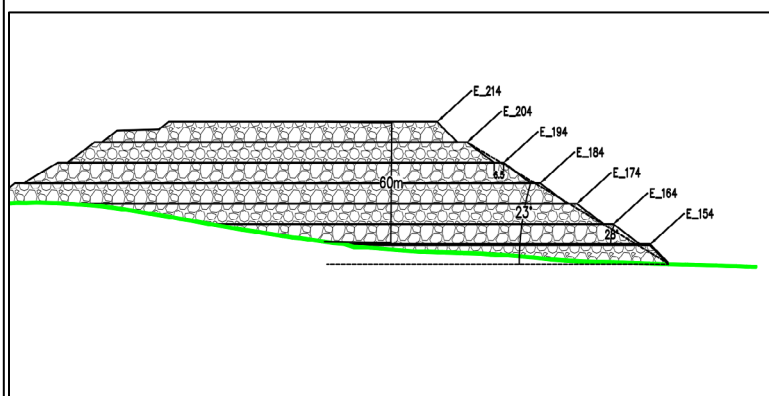
Slika 5.6.2. Šema odlaganja i planiranja istovarenog materijala

5.7. Konstrukcija odlagališta

Konstrukcija odlagališta izvršena je u skladu sa geomehaničkim karakteristikama materijala za njegovo formiranje. Kako bi se obezbedio pristup do svake etaže, konstruisan je transportni put, od osnove do vrha odlagališta. Konstruisan put je dvosmeran, 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 10%. Konstruisan put ima maksimalnu dužinu od 640 m u poslednjoj godini odlaganja i širinu od 25m. Potrebno je napomenuti da će u prvih 40 godina formiranja odlagališta postojati dva pristupna puta, jedan za jalovinu drugi za siromašnu rudu, dok će u kasnijem periodu, zbog boljeg iskorišćenja prostora celokupan transport će se vršiti duž jednog transportnog puta.



Slika 5.7.1. Profilna linija A-A'



Slika 5.7.2. Profil A-A'

U skladu sa određenim konstruktivnim elementima i neophodnom zapreminom za smeštaj materijala, konstruisano je odlagalište čiji je oblik, pre izuzimanja siromašne rude, prikazan na slici 5.7.1.

Selektivnim odlaganjem se obezbeđuje mogućnost eventualnog ranijeg uzimanja siromašne rude, u zavisnosti od potrebe. Položaj i granica siromašne rude i jalovine će se određivati geodetskim snimanjem odlagališta 3D laser skenerom iz vozila ili drona kao i ostalim odgovarajućim geodetskim metodama. Granicu je takođe moguće odrediti specijalnim bojama koje su postojane u uslovima na odlagalištu tako da će i vizuelna kontrola biti moguća.

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.

5.8. Verifikacija odlagališnog prostora

Za konstruisano odlagalište izvršen je obračun zapremine i masa koje je u okviru njega moguće deponovati. Proračun je sproveden za vrednost nasipane zapreminske mase od $1,7 \text{ t/m}^3$ (nakon prirodnog sleganja odnosno bez kompaktiranja masa na odlagalištu) i prikazan je u tabeli 5.8.1.

Tabela 5.8.1 Prikaz proračuna zapremine materijala

Etaža	Zapremina jalovine (m ³)	Zapremina siromašne rude (m ³)	Nasipna zapreminska masa (t/ m ³)	Količine jalovine (t)	Količine siromašne rude (t)
144-154	333.133	135.714.10	1,7	566.326	230.714
154-164	807.353	627.372	1,7	1.372.500	1.066.532
164-174	931.324	837.173	1,7	1.583.251	1.423.195
174-184	831.287	834.949	1,7	1.413.187	1.419.414
184-194	558.629	717.299	1,7	949.669	1.219.409
204-214	288.435	283.603	1,7	490.340	482.124
Ukupno	3.750.160	3.436.110		6.375.273	5.841.387
	7.186.271			12.216.660	

Kao što se iz prethodne tabele može videti, ukupno zahtevani prostor iznosi oko 7,2 miliona m³ u koji se može odložiti 12.216.661 t materijala. S obzirom da projektovane količine materijala za odlaganje (jalovine i siromašne rude) iznose 7.5 miliona m³, može se zaključiti da konstruisano rešenje odlagališta obezbeđuje neophodnu zapreminu.

5.8.1. Polazne osnove za analizu nosivosti i stabilnosti kosina odlagališta

Uslovi za određivanje geometrije kosina koji su korišćeni u analizama koje slede su definisani u okviru *Zbirke propisa iz rudarstva, Pravilnika o tehničkim normativima za površinsku eksploataciju ležišta mineralnih sirovina*, SITS, Beograd, 2015. godine. 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, dok sa uticajem seizmičnosti iznosi $F_s \geq 1,15$, a što odgovara uslovu stabilnosti sistema radne kosine odlagališta.

Geomehnički uslovi formiranja odlagališta rudarskog otpada 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 rudarskog otpada.

Prema seizmološkoj karti Srbije, za povratni period od 100 godina, na području odlagališta rudarskog otpada može se očekivati maksimalni intenzitet 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 $k_s = 0,03$.

Izbor računskih parametara

Analizom raspoložive dokumentacije zaključeno je da deo terena na kome će biti formirano odlagalište izgrađuju, u geološkom smislu, sledeći litološki članovi: površinski-humusni sloj, gornji sloj gline, peskovito-šljunkoviti materijal, donji sloj gline i marinski sedimenti. 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 5.8.2.

Tabela 5.8.2. Zbirni pregled računskih vrednosti parametara za analizu stabilnosti kosina odlagališta

Litološki član	Zapreminska težina γ (kN/m ³)	Kohezija c (kN/m ²)	Ugao unutrašnjeg trenja φ (°)
Površinski-humusni sloj	-	-	-
Gornji sloj gline	19.0	15.0	20.0
Peskovito-šljunkoviti materijal	20.0	0.0	30.0
Donji sloj gline	19.0	15.0	20.0
Marinski sedimenti	20.0	20.0	25.0
Odloženi materijal	20.0	0.0	30.0

Proračun dozvoljene nosivosti podloge odlagališta i maksimalne visine odloženog materijala

Proračun dozvoljene nosivosti je izvršen primenom metode Brinch-Hansen-a i prema Pavilniku o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje radova na temeljenju građevinskih objekata br. 1273 od 4. aprila 1974. godine. 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 φ .

Podlogu odloženog materijala čini gornji sloj gline, pa su za proračune dozvoljene nosivosti korišćeni računski parametri ovog litološkog člana, tabela 5.8.2. 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 od $H = 60$ m i visina etaža na odlagalištu od $h = 10.0$ m što zadovoljava kriterijum nosivosti podloge odlagališta.

Analiza stabilnosti kosina

Analiza stabilnosti kosina odlagališta rudarskog otpada je izvršena za radne etaže i završnu kosinu. Modeli za analizu stabilnosti kosine radnih etaža se sastoji iz odloženog materijala, dok je konačan model projektovane završne kosine određen na osnovu geološkog profila podloge i projektovanog odlagališta, slika 5.8.1.

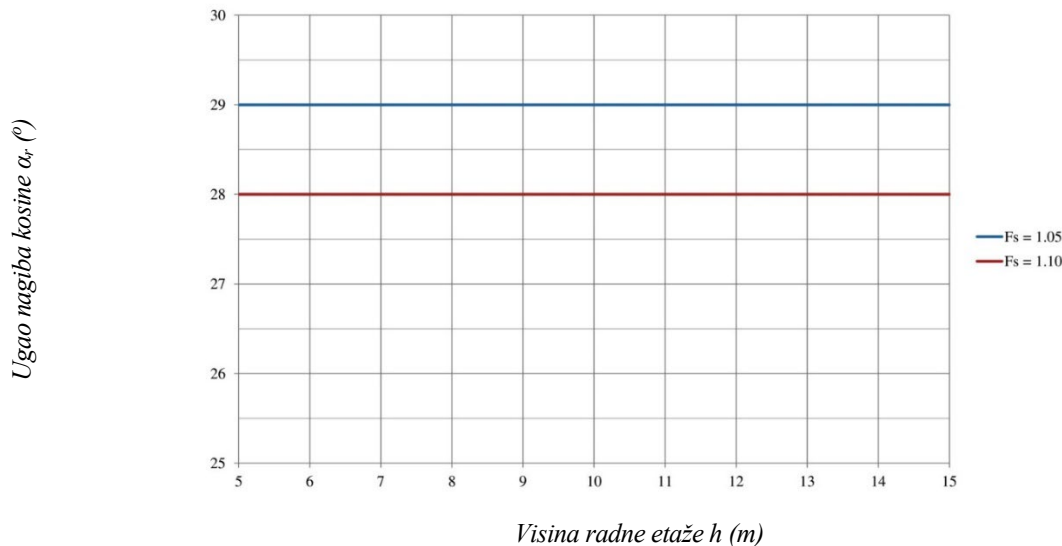
Analiza stabilnosti kosina odlagališta rudarskog otpada je vršena primenom metode Morgenstern-Price-a (GLE).

Analiza stabilnosti kosina radnih etaža

Odlagalište rudarskog otpada 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 sprečiće 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° . Rezultati analize stabilnosti kosina su prikazani na dijagramu na slici 5.8.1.

Idejnim rešenjem je predviđeno formiranje radnih etaža visine $h = 10.0$ m, a na osnovu rezultata prikazanih na slici 5.8.1, ugao nagiba kosine radnih etaža koji zadovoljava kriterijum stabilnosti radnih etaža na odlagalištu ($F_s \geq 1.10$) iznosi $\alpha_r = 28^\circ$.



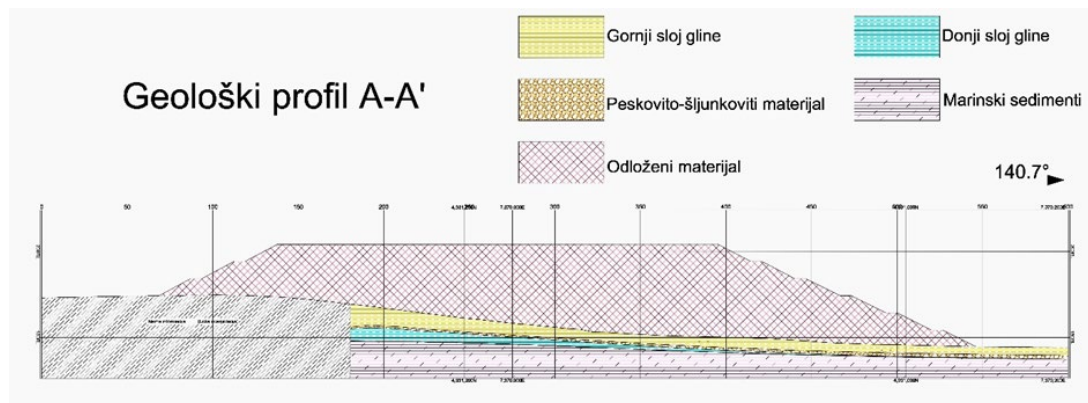
Slika 5.8.1. Rezultati analize stabilnosti kosina radnih etaža odlagališta

Analiza stabilnosti završne kosine

Analiza stabilnosti završne kosine odlagališta rudarskog otpada je izvršena za visinu kosine $H = 60.0$ m. Analizom stabilnosti su obuhvaćeni uglovi nagiba kosine $\alpha_z = 20, 22, 24, 26, 28$ i 30° . Prema projektnom rešenju formiraće se ukupno 6 etaža sa odgovarajućim bermama. Prilikom formiranja odlagališta 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, sprečiće se erozija čela kosine i vremenom će doći do povećanja kohezije odloženog materijala.

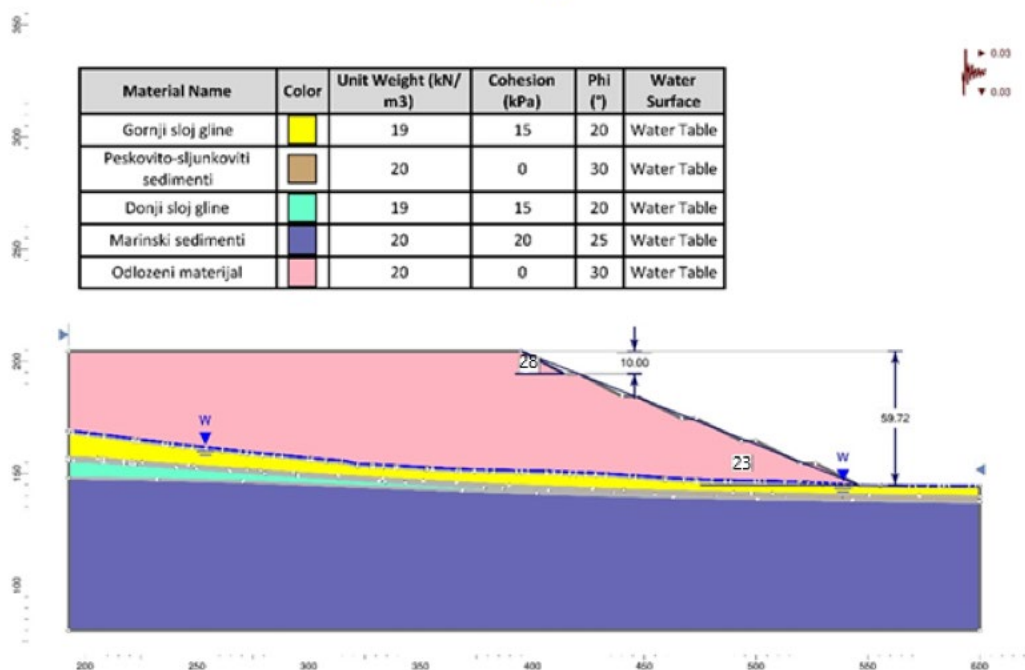
Projektnim rešenjem je predviđeno formiranje odlagališta ukupne visine $H = 60.0$ m, ugao nagiba završne kosine za tek odloženi jalovinski materijal ($c = 0$ kN/m²) koji zadovoljava kriterijum stabilnosti završne kosine na odlagalištu ($F_s \geq 1.30$) iznosi $\alpha_z = 22.8^\circ$.

Na osnovu prikazanih rezultata analize stabilnosti kosina radnih etaža i završne kosine definisano je projektno rešenje izgleda odlagališta, a koje je zajedno sa položajem karakterističnog profila prikazano na slici 5.7.1, a dok je izgled karakterističnog profila odlagališta rudarskog otpada dat na slici 5.8.2.

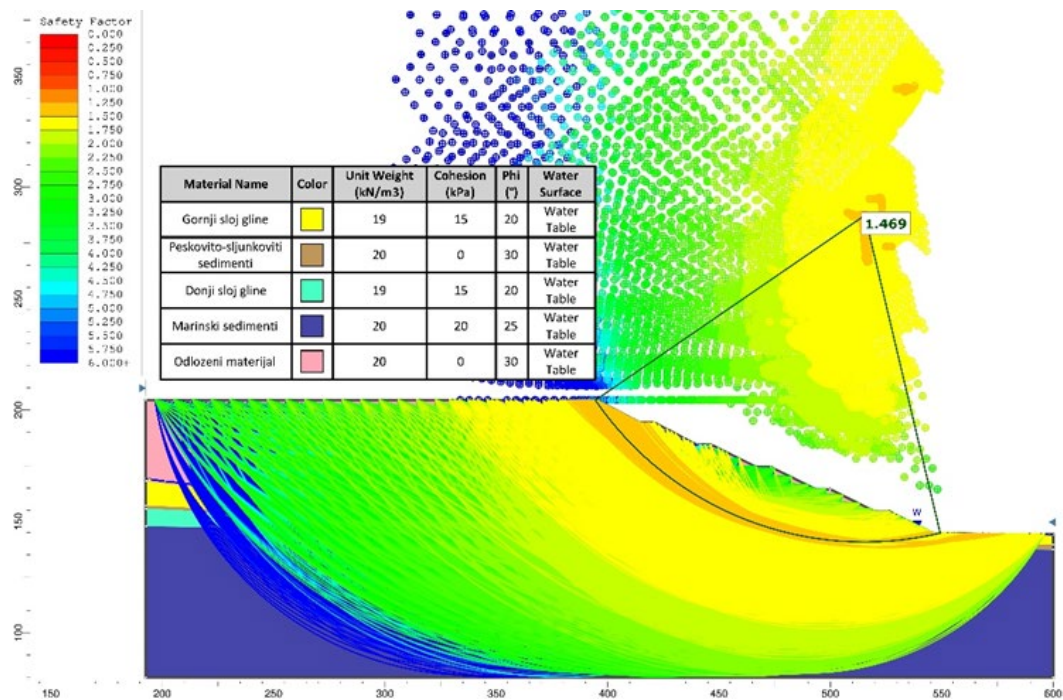


Slika 5.8.2. Izgled idejnog rešenja završne kosine odlagališta rudarskog otpada

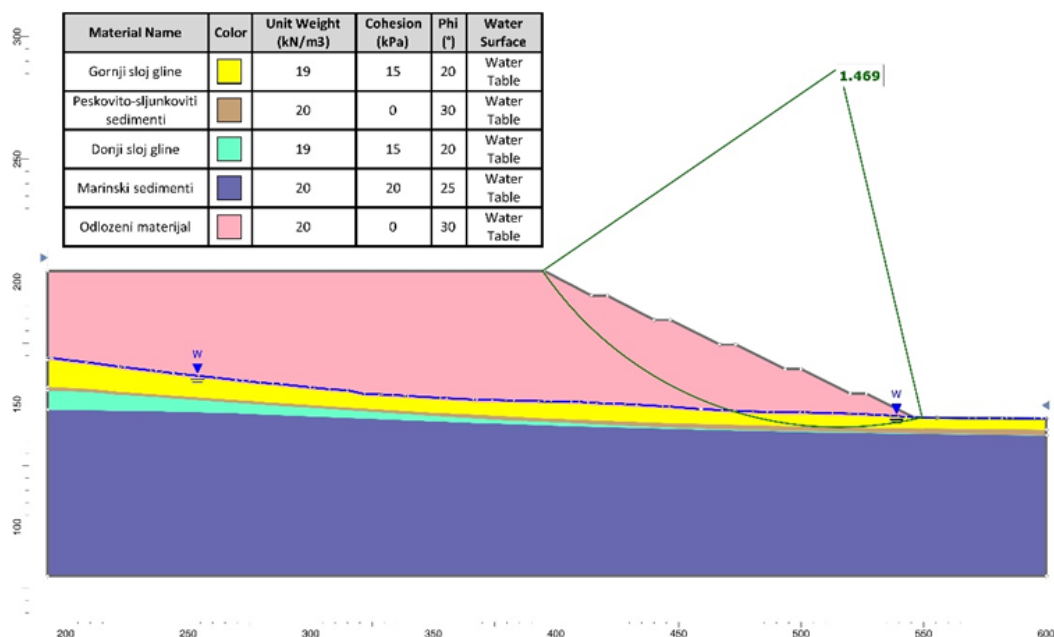
Prema rezultatima analize stabilnosti kosine za projektovano stanje završne kosine odlagališta rudarskog otpada, prikazanim na slikama 5.8.3., 5.8.4., 5.8.5., 5.8.6. i 5.8.7., ista zadovoljava kriterijum stabilnosti za završne kosine bez uticaja seizmičnosti, $F_s \geq 1.30$, odnosno zadovoljava kriterijum stabilnosti za završne kosine sa uticajem seizmičnosti $F_s \geq 1.15$.



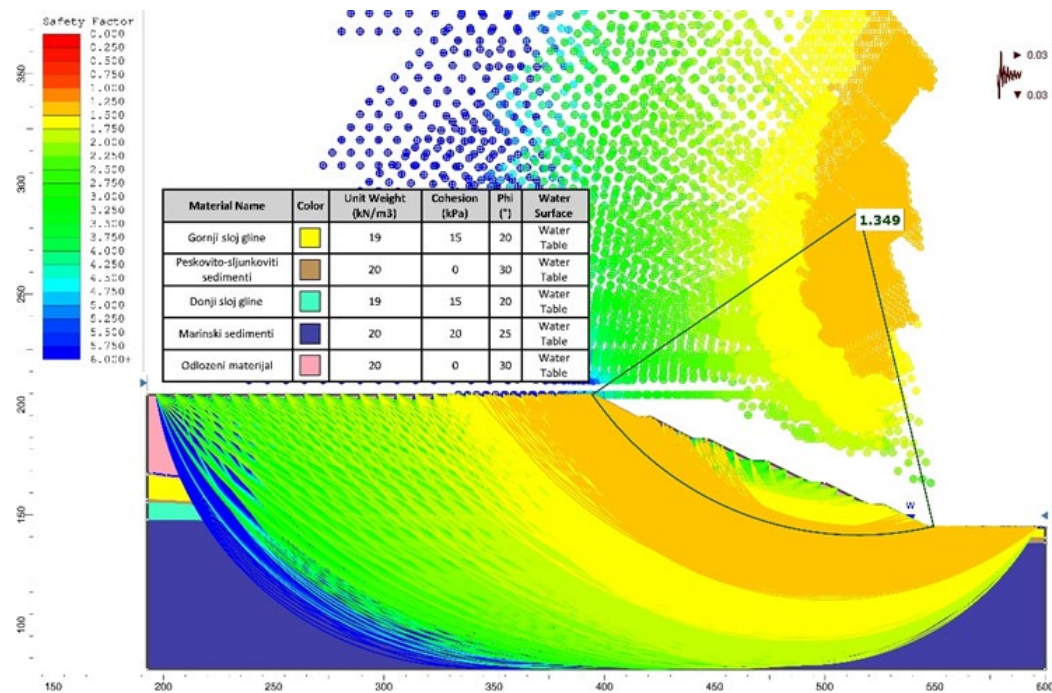
Slika 5.8.3. Izgled modela završne kosine odlagališta rudarskog otpada



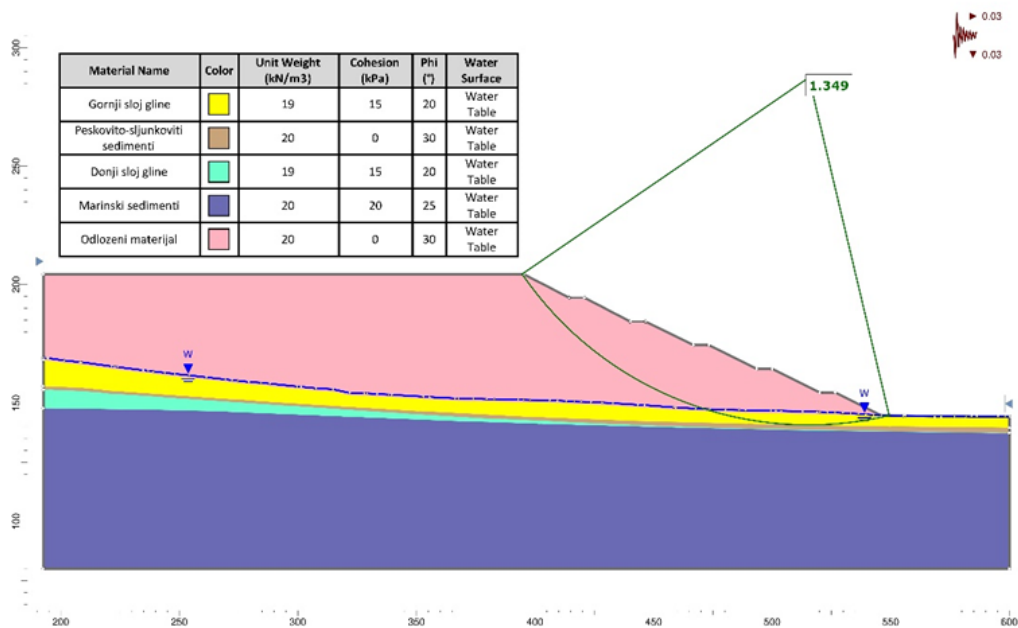
Slika 5.8.4. Rezultati analize stabilnosti završne kosine odlagališta rudarskog otpada



Slika 5.8.5. Rezultati analize stabilnosti završne kosine odlagališta rudarskog otpada sa položajem kliznog kruga sa minimalnim faktorom sigurnosti



Slika 5.8.6. Rezultati analize stabilnosti završne kosine odlagališta rudarskog otpada sa uticajem seizmičnosti



Slika 5.8.7. Rezultati analize stabilnosti završne kosine odlagališta rudarskog otpada sa uticajem seizmičnosti i položajem kliznih krugova sa minimalnim faktorom sigurnosti

Zaključna razmatranja sa preporukama

Analizom stabilnosti kosine radne etaže visne $h = 10.0$ m utvrđeno je da ugao nagiba kosine radnih etaža koji zadovoljava navedeni kriterijum stabilnosti ($F_s \geq 1.10$) iznosi $\alpha_r = 28^\circ$. Na osnovu rezultata analize stabilnosti završne kosine visine $H = 60.0$ m uvrđen je ugao nagiba završne kosine za tek odloženi jalovinski materijal koji iznosi $\alpha_z = 22.8^\circ$ i zadovoljava kriterijum stabilnosti završne kosine na odlagalištu ($F_s \geq 1.30$).

5.9. Rudarska oprema na odlaganju rudničke jalovine

U skladu sa dosadašnjim nivoom 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. Pravilan izbor ove opreme treba da obezbedi uspešno ostvarenje proizvodnih ciljeva i ukaže na obim kapitalnih i operativnih troškova koji očekuju Investitora.

5.9.1. Oprema za utovar i transport

Planirana utovarna i transportna oprema (utovarač 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, dok je za transportnu jedinicu usvojen zglobni kamion tipa Caterpillar 730. Za dopunu i zamenu utovarnih i transportnih kapaciteta u narednom periodu tj. do kraja eksploatacije, za potrebe proračuna biće korišćen upravo ovaj tip utovarača i kamiona.

Kako bi se adekvatno predvideo potreban broj utovarnih i transportnih jedinica koje je neophodno anagažovati za utovar i transport rasutog materijala, izvršen je detaljan proračun za najkritičniju godinu, odnosno za godinu u okviru koje figurišu najveće mase rasutog materijala. Kao kritična, prepoznata je 2039. godina, tokom koje će se eksploatisati ukupno 570 484 t rasutog materijala, koji je potrebno odložiti na odlagalište. Pomenuta 2039. godina predstavlja reprezent za prikaz detaljnog proračuna verifikacije kapaciteta utovarno transportne opreme. Od ukupnih 570 484 t rasutog materijala, 189 903 t pripada jalovinskog materijalu, dok preostalih 380 581 t čini ruda niskog kvaliteta, koja se takođe odlaže na spoljašnje odlagalište.

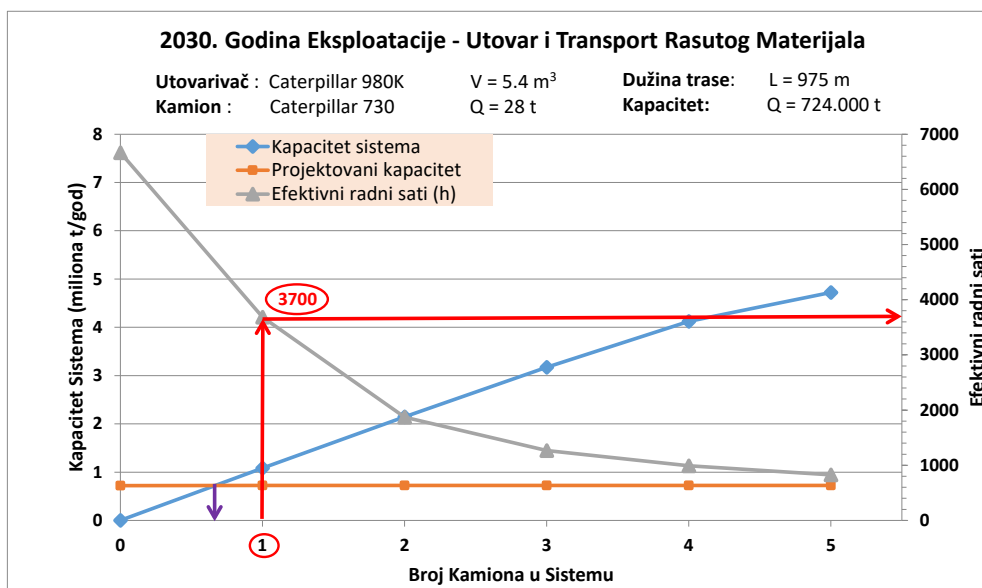
Analiza sistema utovarivač-kamioni urađena je u cilju utvrđivanja realno mogućih godišnjih količina materijala koje se mogu realizovati sa određenom strukturom sistema. Parametri za optimizaciju ovih sistema su prikazani u tabeli 5.9.1.

Tabela 5.9.1. Ulazni parametri za optimizaciju sistema

Utovarna jedinica - Caterpillar 980K	
Zapremina kašike (m ³)	5,4
Koeficijent punjenja (%)	90
Prosečno vreme trajanja ciklusa (sec)	30
Transportna jedinica - Caterpillar 730	
Nosivost (t)	28
Zapremina sanduka-SAE 2:1 (m ³)	16.9
Koeficijent punjenja (%)	85
Karakteristike rasutog materijala za potrebe formiranja spoljašnjeg odlagališta	
Zapreminska masa u masivu (t/m ³)	2.36
Koeficijent rastresitosti u kašici bagera	1,40
Nasipna zapreminska masa (t/m ³)	1,64
Koeficijent rastresitosti u sanduku kamiona	1,40
Nasipna zapreminska masa u sanduku kamiona (t/m ³)	1,69

Mesto utovara generisane transportne trase u simulaciji, prethodno je definisano prostornim planom, dok je sa druge strane, za mesto istovara rasutog materijala, određen centar masa na odlagalištu.

Rezultati analize utovarno transportnog sistema sastavljenog od utovarivača Caterpillar 980K i zglobnog kamiona tipa Caterpillar 730, na utovaru rasutog materijala izvezenog iz podzemnog dela rudnika i njegovom transportu do spoljašnjeg odlagališta, dati su na dijagramu (slika 5.9.1.).



Slika 5.9.1. Dijagram zavisnosti kapaciteta od broja kamiona, 2030. godina eksploatacije

Sa dijagrama na slici iznad vidljivo je da je za postizanje projektovanog kapaciteta utovarivaču Caterpillar 980K, minimalno potreban jedan kamiona tipa Caterpillar 730 kako bi se utovarile i transportovale projektovane količine rasutog materijala (presek krive projektovanog i kapaciteta sistema, ljubičasta strelica). Međutim, kako bi se obezbedila sigurnost u pogledu kontinuiranog rada, neophodno je usvojiti još jedan dodatni kamion istog tipa. U slučaju zastoja utovare mašine, kao zamenska oprema iskoristiće se jedan od utovarivača koji će biti angažovan za snabdevanje postrojenja za izradu prskanog betona i postrojenja za pripremu paste sa puniocem (pesak ili jalovina). Višak kapaciteta utovarne i transportne opreme prema potrebi može biti iskorišćen kao ispomoć za izvršenje preostalih radnih operacija u okviru industrijskog kruga rudnika.

Rekapitulacija potrebne utovarne i transportne opreme predviđene za rad sa rasutim materijalom izvezenim iz podzemnog dela rudnika, data je u tabeli 5.9.2.

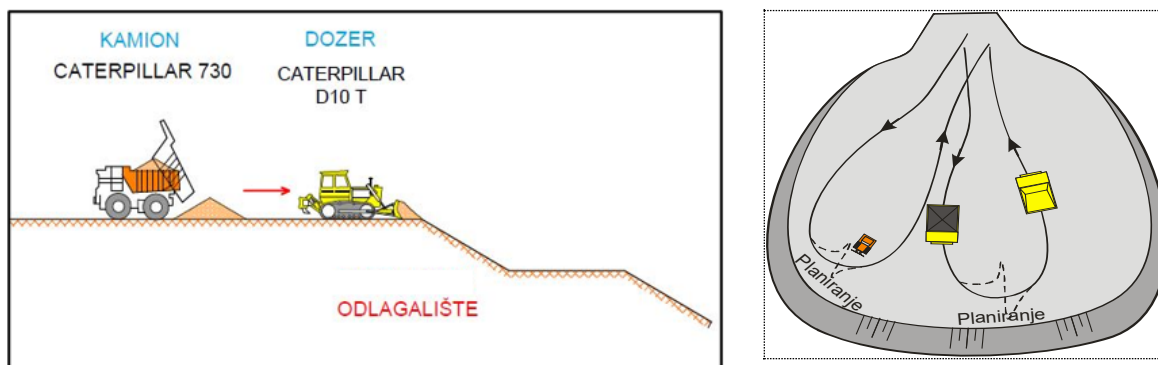
Tabela 5.9.2. Spisak potrebne utovarne i transportne opreme za rad sa rasutim materijalom

Naziv	Broj potrebnih mašina	Proizvođač	Model
Utovarna mašina (jalovina i siromašna ruda)	1	Caterpillar	980K
Kamion, zglobni	2 (1+1)	Caterpillar	730

5.9.2. Pomoćna mehanizacija

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 ravnjanje 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 koji je opremljen univerzalnim plugom. Projektovana tehnološka šema odlaganja i formiranja odlagališta sistemom kamioni-buldozer prikazana je na slici 5.9.2.



Slika 5.9.2. Tehnološka šema formiranja odlagališta sistemom kamion-buldozer

Za održavanje transportnih komunikacija biti angažovan jedan grejder i jedna auto-cisterna za vodu. Za ove potrebe koristiće se konkretno grejder tipa Caterpillar 12M.

Rekapitulacija potrebne pomoćne mehanizacije angažovane na površini, data je u tabeli 5.9.3.

Tabela 5.9.3. Spisak potrebne pomoćne mehanizacije

Naziv	Broj potrebnih mašina	Proizvođač	Model
Buldozer	1	Caterpillar	D10T
Grejder	1	Caterpillar	12M

5.10. 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.

5.10.1. Model rekultivacije i struktura površina

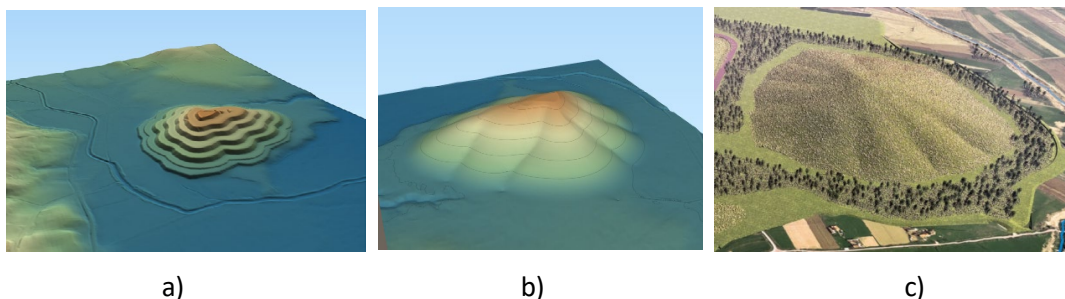
Za rekultivaciju predmetnog odlagališta rudničke jalovine biće primenjena eurekultivacija sa sledećim fazama:

- Tehnička rekultivacija koja podrazumeva:
 - osposobljavanje pristupnih puteva na jalovištu kao i nivelisanje jalovišta,
 - protiverozione radove,
 - 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 izravnatim površinama. Ukupna površina za rekultivaciju jalovišta iznosi oko 24 ha.

Konačni morfološki oblik odlagališta biće definisan kroz tehnički projekat odlaganja rudničke jalovine i tehnički projekat rekultivacije odlagališta nakon definisanja namene prostora.

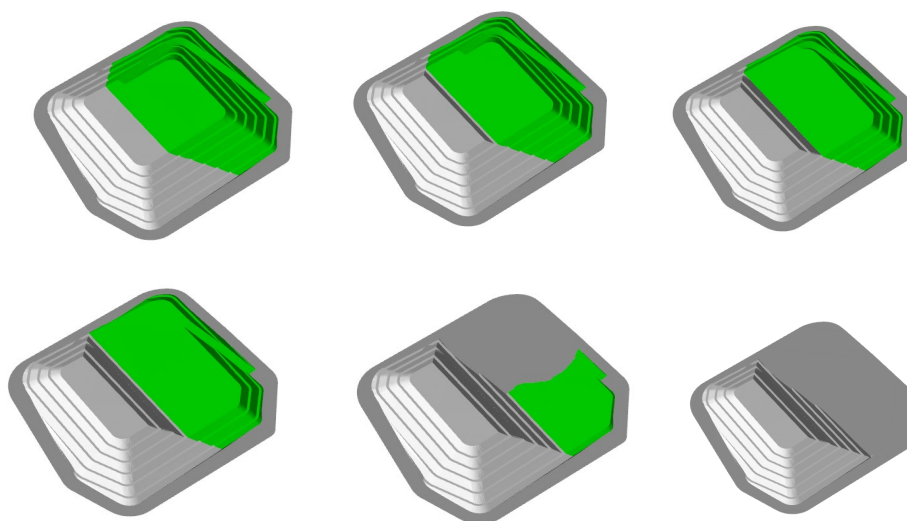
Geomorfološki pristup planiranja zatvaranja odlagališta zahteva pažljivo razmatranje topografije i okoline kako bi se postigla harmonična integracija s prirodnim topografijom (slika 5.10.1.). Navedeni pristup planiranja zatvaranja se bazira na oblikovanju odloženog materijala tako da oblik oponaša prirodni pejzaž, istovremeno, pored prirodnog oblika koji se integriše u okolnu topografiju ima ulogu u smanjivanju uticaja, sprečavanje erozije i obezbeđuje dugoročnu stabilnost. Jedna od značajnih prednosti ovog pristupa je održavanje nagiba preostalog materijala ispod 15 stepeni, čime se osigurava prohodnost mehanizacije u svim pravcima i mogućnost rekultivisanja kompletne površine odlagališta.



Slika 5.10.1. Koncept geomorfološkog zatvaranja odlagališta a) Površina sa etažama b) ravnanje terena c) rekultivacija

Nakon završetka životnog veka rudnika sa lokacije odlagališta sva količina siromašne rude će biti uklonjena nakon čega će se pristupiti rekultivaciji preostale rudničke jalovine (slika 5.10.2.). Projekat zatvaranja odlagališta se odnosi na oblikovanju preostale jalovine kako bi se postigli projektovani uglovi i planirani geomorfološki oblik, nanošenje prekrivke, humusnog sloja i ponovno uspostavljanje prirodne funkcije terena.

Sva preostala količina jalovine smeštena je na hidroizolacionoj (HDPE) podlozi, koja služi kao prostor za manipulaciju jalovinom i oblikovanje materijala prema projektiranom obliku. Kako bi se postigao odgovarajući oblik materijala potrebno je pomeriti 20-30% od ukupne količine materijala (jalovine) ($30\% \cdot 3,750,000 \sim 1,250,000 \text{ m}^3$).



Slika 5.10.2. Izgled jalovinskog materijala nakon oduzimanja siromašne rude

Detaljan plan i prikaz pomeranja materijala biće predstavljen u tehničkom projektu zatvaranja odlagališta.

5.10.2. Tehnička rekultivacija

Poslednje odložene gomile jalovine na završnim ravnama deponije se ostavljaju neplanirane sve dok se ne izvrši priprema za rekultivaciju. Ova mera predstavlja meru zaštite na deponijama jer se time sprečava sakupljanje vode i stvaranje bara ili jezera.

Tehnička rekultivacija odlagališta se sastoji od sledećih faza:

- Nivelisanje ravnih površina odlagališta;
- Nanošenje i planiranje (nivelisanje) sloja zemlje i drenažnog sloja kako bi se prekrila deponovana jalovina.

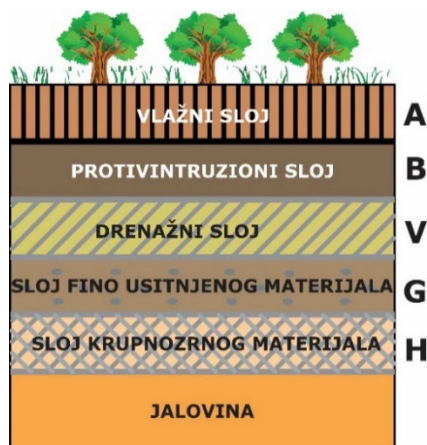
Nivelisanje završne ravni buldozerom vrši se pre pripreme ravnih površina za agrotehničku i biološku rekultivaciju. Na završnim ravnama ostavljaju se prolazi - prazni prostori širine 6,0 m i služe kao transportni putevi i kao zaštitni prostori od širenja požara.

Za izvođenje radova na nivelisanju površina koristiće se buldozer Caterpillar D10T ili neki drugi sličnih tehničkih karakteristika.

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 5.10.4).

Pomenute slojeve je potrebno dopremiti i isplanirati po odlagalištu. Prema tabeli 5.8.1 u kojoj je prikazana struktura površina predviđena za rekultivaciju odlagališta (204 554 m²), potrebna količina materijala koju treba dopremiti i isplanirati da bi se naneo sloj od 1.6m iznosi $\approx 327\,286\text{ m}^3$.

Za planiranje potrebnog materijala može se, takođe, koristiti buldozer Caterpillar CAT D10T ili neki drugi sličnih tehničkih karakteristika. Časovni kapacitet buldozera iznosi 455 m³/h.



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 prodrila 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.

Slika 5.10.3 Raspored slojeva pri zatvaranju jalovišta

Utovar materijala za potrebe faze tehničke rekultivacije vršiće se utovarnom mašinom Caterpillar 980M ili nekom drugom kapaciteta Q_h =od 504 do 1464 m³/h (prema specifikaciji proizvođača) ili sličnih karakteristika.

Za transport materijala na odlagalištu koristiće se kamioni tipa Volvo A60H čija je nosivost 55t ili drugi slične nosivosti. Utovar materijala vršiće se utovaračem zapremine kašike 4.2 - 12.2m³ (prema specifikaciji proizvođača). Za nivelisanje završnih ravni na odlagalištu nakon nanošenja slojeva zemlje koristiće se buldozeri CAT D10T i zadržava se isti princip sa ostavljanjem prolaza koji služe kao transportni putevi i kao zaštita prostora od širenja požara.

5.10.3. 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 agrotehnike 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. Ukupna površina za agrotehničku rekultivaciju iznosi 24 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.

5.10.4. 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 ;
- zasnivanjem travnjaka - sejanjem smeše travno - leguminoznih biljaka.

Model biološke rekultivacije prikazan je na slici 5.10.5. Ukupna površina za rekultivaciju iznosi 24ha.

Na osnovu preliminarne pedoloških 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 5.10.4 Model biološke rekultivacije

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 okolnim 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 sadrže određeni procenat semena leguminoznih krmnih biljaka, kako bi se u određenom periodu uvećao potencijal za korišćenje ovih površina u stočnoj ishrani.

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. Tehnički opis pripreme rude jadarita

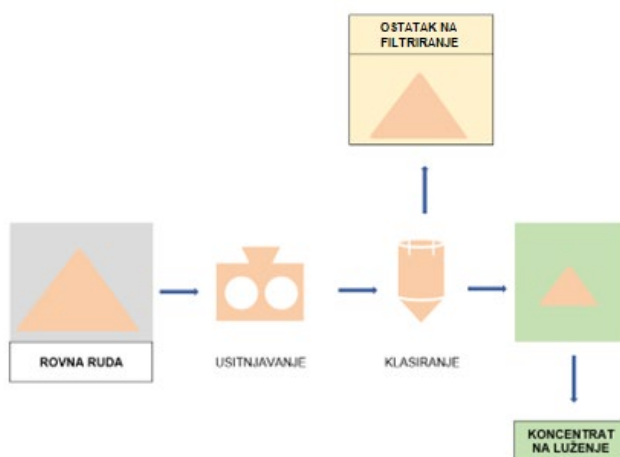
6.1. Principi projektovanja

Postrojenje za pripremu rude jadarita je projektovano za prosečan kapacitet od (približno) 1,6 Mt/god do maksimalnog kapaciteta od oko 1,8 Mt/g rovne rude jadarita, što daljom preradom koncentrata obezbeđuje proizvodnju do 286 kt/god borne kiseline, do 58 kt/god litijum-karbonata i 259 kt/god natrijum-sulfata, kao finalnih 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 pripremu jadarita nalaze se u sklopu rudnika Jadar.

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 $-4+0,212$ mm u kojoj su koncentrisane korisne komponente. Klasa $-0,212+0$ mm sačinjena je uglavnom od gline i ona se tretira kao ostatak iz postrojenja za pripremu mineralne sirovine (PMS). Deo tog ostatka koristi se za pripremu rudničkog zasipa, a ono što se ne iskoristi deponuje se na zajedničkoj deponiji sa otpadom iz hemijske prerade koncentrata jadarita.

Krajnje uprošćena 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 proces pripreme rude jadarita (PMS) može se uslovno izdeliti u nekoliko faza:

- Usitnjavanje rovne rude,
- Klasiranje usitnjene rude,

- Izdvajanje i skladištenje koncentrata jadarita,
- Zgušnjavanje sitnozrnog ostatka,
- Filtriranje ostataka.

Šema tehnološkog procesa od skladištenja rovne rude do izdvajanja koncentrata jadarita, koji se šalje na dalju hemijsku preradu, i ostatka prikazana je na Prilogu 6.2.1. Na istom prilogu je prikazana i šema kretanja masa.

6.2.1. Usitnjavanje rovne rude

Otkopana rovna ruda se, preko odlagača, privremeno odlaže na skladište (poz. 21100-ST-001), odakle se utovarivačem ruda okvirne krupnoće -500+0 mm transportuje do trakastog transportera (poz. 21100-FE-001) odakle se dodaje u primarnu drobilicu tipa sajzer (poz. 21100-CR-001). Primarno usitnjena ruda se transporterom 21100-CV-001 transportuje do drobilice (sajzera) 21100-CR-002. Nakon druge drobilice 95% usitnjene rude je sitnije od 45 mm. Usitnjena ruda se nakon druge drobilice upućuje ka vibro situ, iz kojeg se odsev skladišti u bunker iz kojeg se utovarivačem vraća na početno skladište, a prosev se trakastim transporterom upućuje ka HPGR-u, u visokopritisnu drobilicu sa valjcima.

Skupljena ruda, preko hranilice na kojoj je instalisana vaga (poz. 21100-FE-002) i trakaste hranilice (poz. 21100-CV-002), odlazi na tercijarno drobljenje u drobilicu sa valjcima tipa HPGR (poz. 21100-CR-003). Zadatak ove drobilice je da rudu usitni do krupnoće 80% -4+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 situ (poz. 21100-SC-003). Prosejavanje je mokro, a dodatna količina vode stiže iz preliva zgušnjivača (poz. 21300-TH-001). Na situ se izdvaja odsev, +4 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 otprašivači (poz. 21100-DC-001/4), ventilator (poz. 21100-FA-001/4) i izduvna cev (dimnjak) za ispuštanje prečišćenog vazduha (poz. 21100-SK-001/4). Oborene čestice prašine se gravitacijski ili preko pužnog transportera (poz. 21100-CX-4) transportuju u ciklus prerade.

Sav rastur koji se pojavi u odeljenju usitnjavanja skuplja se u kolektoru 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+0,212 mm, koja će se kao koncentrat procesa pripreme uputiti na dalju hemijsku preradu. Zrna sitnija od 0,212 mm smatraće se PMS ostatkom. Proces klasiranja započinje sakupljanjem proseva vibro sita (poz. 21100-SC-003) 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-001 A/B). Hidrociklon hidromešavinom snabdeva muljnu pumpu (poz. 21200-PP-002 A/B). Preliv hidrociklona preskače drugi stepen klasiranja i direktno ide na treći stepen klasiranja u hidrociklon (poz. 21200-CY-002 A/B). Drugi stepen klasiranja je u RE-Flux klasifikatoru (poz. 21200-CS-001). Snabdevanje ovoga klasifikatora hidromešavinom ide preko muljne pumpe (poz. 21200-PP-002). 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-001), dok sitniji proizvod – preliv ide

na treći stepen klasiranja. Na situ za odvodnjavanje (poz. 21200-SC-001) prosev se upućuje u napojni sanduk muljne pumpe pre prvog stepena klasiranja (poz. 21200-PB-001), a odsev, kao koncentrat ide dalje u proces.

Preliv klasifikatora (poz. 21200-CS-001) preko muljne pumpe (poz. 21200-PP-003) ide na treći stepen klasiranja u hidrociklon (poz. 21200-CY-0004 A/B). Oba proizvoda ovoga hidrociklona smatraju se ostatkom, s tim što preliv ide u zgušnjivač za sitne klase (poz. 21300-TH-001), a pesak se upućuje ka delu postrojenja za upravljanje ostatkom.

Sav rastur koji se pojavi u odeljenju klasiranja skuplja se u kolektoru i vertikalnom pumpom (poz. 21200-PP-005) se transportuje do napojnog sanduka (poz. 21200-PB-003) pumpe kojom se hidromešavinom snabdeva 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-001), odakle se transportnom trakom (poz. 21400-SS-001) odlaže na skladištu koncentrata jadarita. Sa privremene deponije koncentrat se, u slučaju potrebe za tim, 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 ostatka iz postrojenja za PMS

Zgušnjavanje najsitnije jalovine obavlja se u radijalnom zgušnjivaču (poz. 21300-TH-001). U ovaj zgušnjivač se dodaju: preliv hidrociklona, poz. 21200-cy-002 a/b/c, otpad iz ultrafiltracije rudničke vode, iz rezervoara poz. 33100-tk-020 otpad iz ultrafiltracije, iz rezervoara poz. 33100-tk-013, procesna voda, iz rezervoara poz. 33100-TK-002.

Posredno se, preko rezervoara poz. 21300-TK-001 u zgušnjivač se dodaje i voda iz procesa filtriranja ostataka iz PMS-a radi potrebnog pranja sistema.

Pored navedenih povremeno se u zgušnjivač dodaju i: otok, iz drenažne jame pumpom 21100-PP-002, repulpirani filter kolač iz procesa uklanjanja primesa, preko rezervoara poz. 24100-TK-020, 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:

- 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 798 m³/h preliva ima 0,37 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 63,4 t/h ostataka pomešane sa 173 m³/h vode. Masena koncentracija čvrstog iznosi 26,8%.

6.2.5. Filtriranje i sušenje ostataka iz postrojenja za PMS

Filtriranju se podvrgava pesak zgušnjivača poz. 21300-TH-001 i pesak iz hidrociklona 21200-CY-002. Proces filtriranja se može obavljati na dva postrojenja:

- filtriranje ostataka, koji se kao otpad odlaže na industrijsku deponiju, i

- filtriranje ostataka koji se koristi za pripremu rudničkog zasipa.

Za filtriranje ostataka iz postrojenja za PMS koristi se filteri, poz. 29100-FL-001 do 004. Pesak zgušnjivača se, u posudi poz. 29100-TK-001, meša sa rasturom koji se skupio u kolektorima, a potom se pumpom transportuje do filtera. Filtere vazduhom snabdevaju kompresori, poz. 29100-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 ostaci koriste za pripremu zasipa onda se ostatak iz ciklona 21200-CY-002 upućuje ka prihvatnoj posudi filter prese, 29100-TK-003, a zatim u filter presu 29100-FL-006/7. Filterska pogača iz filter presa se transportuje trakastim transporterima 29100-CV-007/8/9 na deponiju ostatka sa koje se utovarivačima dalje šalje ka sistemu za pripremu zasipa.

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	Ostatak iz procesa PMS	
			Krupnozrni	Sitnozrni
Litijum, Li, %	0,807	1,41	0,22	0,204
Bor, B, %	3,61	6,53	0,753	0,756
Kalcijum, Ca, %	6,12	4,23	7,95	8,79
Hlor, Cl, ppm	146	107	185	170
Gvožđe, Fe, %	2,73	2,35	3,11	3,07
Kalijum, K, %	1,96	1,46	2,45	2,25
Magnezijum, Mg, %	3,72	2,45	4,95	5,07
Natrijum, Na, %	4,38	6,39	2,43	2,23
Sumpor, S, %	0,467	0,421	0,516	1,54
Silicijum, Si, %	15,6	14,7	16,5	15,1

Dakle, u koncentratu je došlo do koncentrisanja litijuma, bora i natrijuma, a u ostatku su koncentrisani svi 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	190,08	0,807	3,61	4,38	100,00	100,00	100,00
Koncentrat	48,7	92,57	1,41	6,53	6,39	84,8	88,1	70,8
Ostaci	51,3	97,51	0,238	0,83	2,47	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. Bilans koncentracije

Parametar	Vrednost
Kapacitet postrojenja, t/g, suvo	1.665.000
Količina litijuma (Li) u rovnoj rudi, t/g	13.442
Količina litijuma (Li) u koncentratu, t/g	11.398
Količina bora (B) u rovnoj rudi, t/g	60.045
Količina bora (B) u koncentratu, t/g	52.899
Količina natrijuma (Na) u rovnoj rudi, t/g	72.297
Količina natrijuma (Na) u koncentratu, t/g	51.834

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 i sl).

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 (Prilog 6.2.1.)

Poreklo vode	Količina vode, m ³ /h	Komentar	Poreklo vode
Voda koja dolazi sa rovnom rudom	9		Vlažnost rude 4,66%
Voda iz postrojenja za filtriranje PMS jalovine	157	Povratna voda	Povratna voda, ukupno, 192 m ³ /h Potrošnja povratne vode je 1 m ³ /t rude
Mulj iz krečnog postrojenja	18	Povratna voda	
Voda od prečišćavanja	9	Povratna voda	
Voda od UF prečišćavanja rudničke vode	7	Povratna voda	
Procesna voda za pripremu flokulanta i koagulanta	34	Procesna voda	Sveža (procesna) voda, ukupno, 38 m ³ /h Potrošnja vode je 0,2 m ³ /t rude
Voda koja stiže sa flokulantom i koagulantom	4	Procesna voda	
UKUPNO, ULAZ	238		

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 (Prilog 6.2.1.)

Poreklo vode	Količina vode, m ³ /h	Komentar
Voda koja odlazi sa koncentratom	16	Č:T = 92,57:16 = 5,79:1, odnosno vlažnost je 14,7%
Voda koja odlazi sa sitnom jalovinom	173	Č:T = 97,51: (173+49) = 1:2,27, odnosno vlažnost je 69,4%
Voda koja odlazi sa krupnom jalovinom	49	
UKUPNO, IZLAZ	238	

Dakle, ukupna potrošnja nove (sveže, procesne) vode u postrojenju za pripremu rude iznosi 38 m³/h, odnosno 0,2 m³/t pripremljene rude. Ova voda će se obezbediti od odvodnjavanja jame, od sušenja jalovine

i gotovih proizvoda, sa slivnog područja koje gravitira ka jezerima projektovanim za te namene i sa novoprojektovanih vodoizvorišta u priobalju reke Drine.

6.5. Spisak opreme u postrojenju za pripremu rude

U tabeli 6.5.1. dat je spisak opreme u postrojenju za pripremu rude prema pozicijama u prilogu 6.2.1.

Tabela 6.5.1. Spisak opreme u postrojenju za pripremu rude

Pozicija	Uređaj i karakteristike
21100 – USITNJAVANJE RUDE	
21100-ST-001	DEPONIIJA ROVNE RUDE, kapacitet 25.000 t rovne rude + 3.500 t rude slabe mineralizacije, visina – 8 m, širina – 28 m
	RADIJALNI ODLAGAČ NA DEPONIIJI ROVNE RUDE POZ. 21100-ST-001
	UTOVARIVAČ NA DEPONIIJI ROVNE RUDE POZ. 21100-ST-001, kapacitet 202 t/h
21100-HP-001	BUNKER SA REŠETKOM ZA ODBACIVANJE VANGABARITNIH KOMADA ROVNE RUDE, kapacitet 200 m ³
21100-FE-001	TRAKASTA HRANILICA ISPRED PRIMARNE DROBILICE POZ. 21100-CR-001
21100-MA-001	MAGNET ZA UKLANJANJE MAGNETIČNIH KOMADA ISPRED DROBILICE POZ. 21100-CR-001
21100-CR-001	PRIMARNA DROBILICA – SAJZER, kapacitet 202 t/h, motor 300 kW
21100-CR-002	SEKUNDARNA DROBILICA – SAJZER, kapacitet 162 t/h, motor 300 kW
21100-SA-001	UZIMAČ UZORAKA SEKUNDARNO IZDROBLJENE RUDE
21100-BN-001	BUNKER ZA SMEŠTAJ UZORKOVANE RUDE
21100-CV-001	TRANSPORTNA TRAKA ZA TRANSPORT PRIMARNO IZDROBLJENE RUDE
21100-SC-002	VIBRO REŠETKA
21100-HP-002	BUNKER SEKUNDARNO IZDROBLJENE RUDE, kapacitet 7 m ³
21100-MA-002	MAGNET ZA UKLANJANJE MAGNETIČNIH KOMADA ISPOD BUNKERA POZ. 21100-HP-001
21100-FE-002	TRAKASTA HRANILICA SA TRAČNOM VAGOM ISPOD BUNKERA POZ. 21100-HP-001
21100-DC-001	OTPRAŠIVAČ
21100-FA-001	VENTILATOR IZA OTPRAŠIVAČA POZ. 21100-DC-001
21100-SK-001	DIMNJAK OTPRAŠIVAČA POZ. 21100-DC-001
21100-CX-002	PUŽNI TRANSPORTER MATERIJALA IZ OTPRAŠIVAČA POZ. 21100-DC-001
21100-CV-002	TRANSPORTNA TRAKA ZA TRANSPORT SEKUNDARNO IZDROBLJENE RUDE
21100-CR-003	HPGR DROBILICA ZA TERCIJARNO DROBLJENJE, kapacitet 324 t/h, motor 622 kW
21100-CV-003	HRANILICA HPGR DROBILICE TERCIJARNOG DROBLJENJA
21100-CR-004	UREĐAJ ZA DEAGLOMERIZACIJU PROIZVODA TERCIJARNOG DROBLJENJA
21100-PB-001	NAPOJNI SANDUK MULJNE PUMPE
21100-PP-001 A/B	MULJNA PUMPA ZA TRANSPORT FINO USITNJENOG MATERIJALA NA SITO POZ. 21100-SC-003
21100-SC-003	VIBRO SITO ZA PROSEJAVANJE PROIZVODA POSLE TERCIJARNOG DROBLJENJA
21100-PP-002	VERTIKALNA PUMPA ZA PRIHVAT RASTURA U ODELJENJU DROBLJENJA
21200 - KLASIRANJE RUDE	
21200-PB-001	NAPOJNI SANDUK HIDROCIKLONSKO PUMPE POZ. 21200-PP-001 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-001
21200-PP-001 A/B	HIDROCIKLONSKA MULJNA PUMPA
21200-CY-001 A/B/C	HIDROCIKLON KONCENTRATA JADARITA
21200-PB-002	NAPOJNI SANDUK PUMPE, POZ. 21200-PP-006, ZA PRIHVAT PESKA HIDROCIKLONA 21200-C1-003 I PRELIVA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001
21200-PP-002 A/B	MULJNA PUMPA ZA TRANSPORT MATERIJALA DO KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001



Pozicija	Uređaj i karakteristike
21200-CS-001	KLASIFIKATOR KONCENTRATA JADARITA
21200-SC-001	SITO ZA ODVODNJAVANJE KONCENTRATA JADARITA POSLE KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001
21200-PB-003	NAPOJNI SANDUK PUMPE POZ. 21200-PP-004 ZA PRIHVAT PRELIVA KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 I PRELIVA HIDROCIKLONA 21200-CY-001
21200-PP-003 A/B	HIDROCIKLONSKA MULJNA PUMPA ZA TRANSPORT PRELIVA KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 I PRELIVA HIDROCIKLONA 21200-CY-003
21200-CY-002 A/B/C	HIDROCIKLON ZA DODATNO KLASIRANJE PRELIVA KLASIFIKATORA POZ. 21200-CS-001 I PRELIVA HIDROCIKLONA 21200-CY-001
21200-PP-004	VERTIKALNA PUMPA ZA PRIHVAT RASTURA U ODELJENJU KLASIRANJA
21300 - OSTALO	
21300-SI-001	SILOS ZA SKLADIŠTENJE FLOKULANTA
21300-DC-001	OTPRAŠIVAČ NA SILOSU FLOKULANTA
21300-CX-001	PUŽNI TRANSPORTER FLOKULANTA
21300-TK-003	REZERVOAR ZA PRIPREMU FLOKULANTA
21300-AG-002	AGITATOR ZA PRIPREMU FLOKULANTA
21300-PP-006 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT RASTVORENOG FLOKULANTA
21300-TK-004	REZERVOAR ZA PRIVREMENO SKLADIŠTENJE RASTVORENOG FLOKULANTA
21300-PP-007 A/B	DOZIRNA PUMPA ZA FLOKULANT
21300-TK-002	REZERVOAR ZA REPULPIRANJE FILTER KOLAČA KREČA
21300-AG-001	AGITATOR ZA REPULPIRANJE KREČNOG FILTER KOLAČA
21300-PP-004 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT REPULPIRANOG KREČNOG FILTER KOLAČA
21300-TH-001	RADIJALNI ZGUŠNJIVAČ ZA ZGUŠNJAVANJE FINIH KLASA JALOVINE
21300-TK-001	REZERVOAR ZA PRIHVAT PRELIVA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001
21300-PP-001 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT PRELIVA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001
21300-PP-002 A/B	PUMPA ZA TRANSPORT PESKA ZGUŠNJIVAČA POZ. 21300-TH-001
21300-PP-009	DOZIRNA PUMPA ZA KOAGULANT
21300-SM-001	LINIJSKI MEŠAČ ZA MEŠANJE FLOKULANTA NA LINIJI ZA PROCESNU VODU IZ 33100-TK-002
21300-SM-004	LINIJSKI MEŠAČ ZA MEŠANJE KOAGULANTA NA LINIJI ZA PROCESNU VODU IZ 33100-TK-002
21300-PP-006	VERTIKALNA PUMPA ZA PRIHVAT RASTURA U ODELJENJU ZGUŠNJAVANJA
21400 - KONCENTRAT JADARITA	
21400-SS-001	ODLAGAČ KONCENTRATA
21400-FE-001	TRAČNA VAGA ZA KONCENTRAT
21400-ST-001	DEPONIJA KONCENTRATA JADARITA
	UTOVARIVAČ
21400-CV-002	TRANSPORTNA TRAKA BR.1 ZA TRANSPORT KONCENTRATA
21400-CV-003	TRANSPORTNA TRAKA BR.2 ZA TRANSPORT KONCENTRATA

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-god rude minerala jadarita sa prosečnim sadržajem Li_2O oko 1,6-1,7 %. Na nadzemnom delu rudnika izvršiće se priprema rude i proizvodnja koncentrata jadarita sa oko 2,88% Li_2O .

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.

Kompleks 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 elektroenergetskim kapacitetima

Rudnik sa podzemnom eksploatacijom	Priprema mineralnih sirovina	Hemijska prerada Odlaganje jalovine Pomoćna infrastruktura
16.5 MVA	2.5 MVA	49 MVA
očekivana vršna (max) snaga 70MVA @ 0,95 PF prosečna (avg) snaga 54MVA @0,95 PF		

Studija opisuje napajanje rudnika električnom energijom kako nadzemnog tako i površinskog dela kao i pomoćne rudarske objekte 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 10 kV naponom. Svi infrastrukturni i proizvodni delovi u podzemnom delu napajaće se najviše sa 10 kV naponom.

7.2. Napajanje rudnika i procesne proizvodnje Jadar

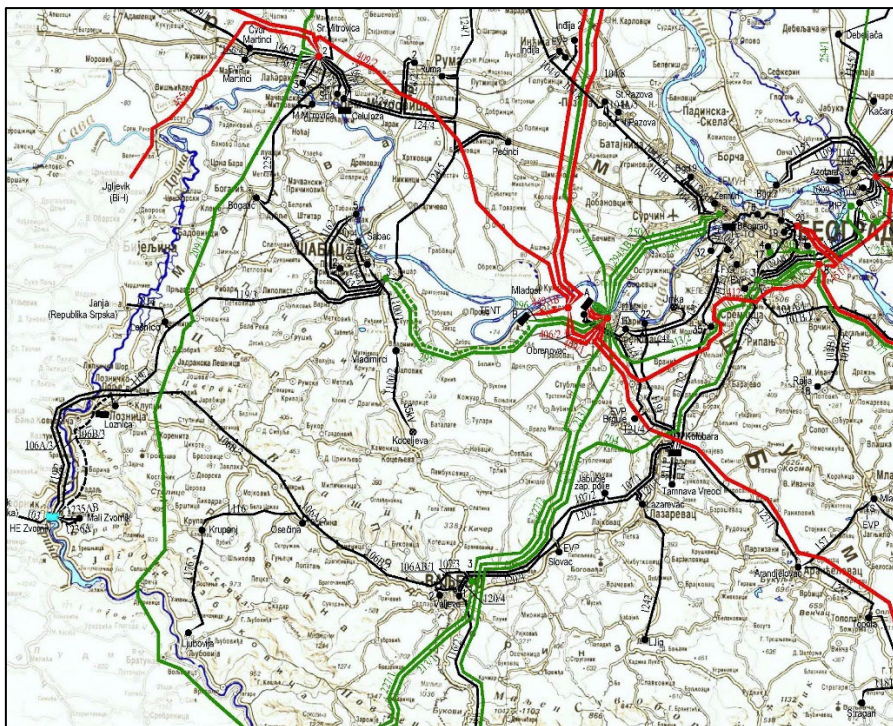
7.2.1. Napojna i prenosna mreža Srbije

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

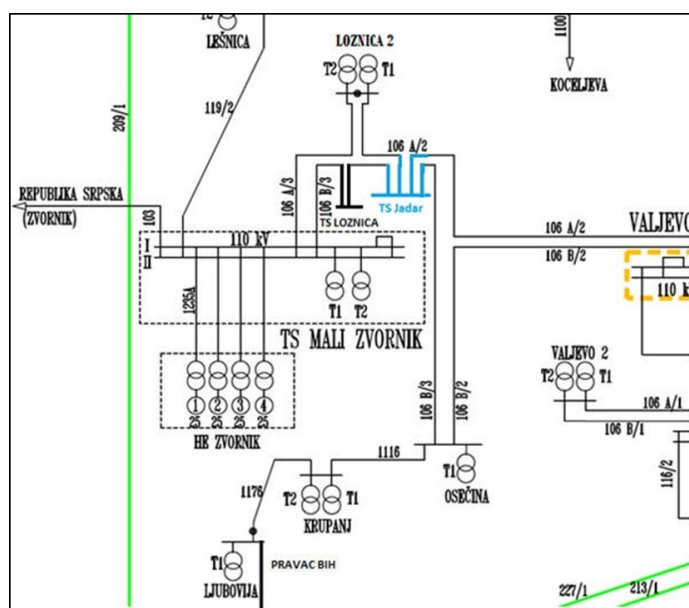
na potezu Valjevo - Loznica, dok je na slici 7.2.2. data jednopolna šema sa uklapanjem Priključnog Razvodnog Postrojenja PRP Jadar. Presecanjem dalekovoda 106A/2 i 106B/3 i uvođenjem sa četiri dalekovodna polja omogućiće se napajanje PRP Jadar. Na ovaj način dobiće se četiri nova dalekovoda sa novim 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



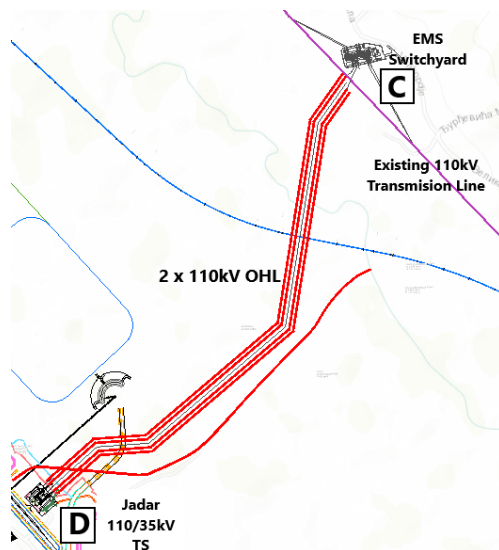
Slika 7.2.2. Prenosni sistem Srbije na potezu Valjevo-Loznica

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 66.7MW uz faktor snage @0,95 PF što daje maksimalnu prividnu snagu od 70.2MVA, dok je prosečno godišnje opterećenje 54.5 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 omogućiće Elektromreža Srbije (EMS) napajanje sa četiri nezavisna napajanja (po dva sa svakog dalekovoda). Napajanje TS Jadar 110kV/35k V 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.

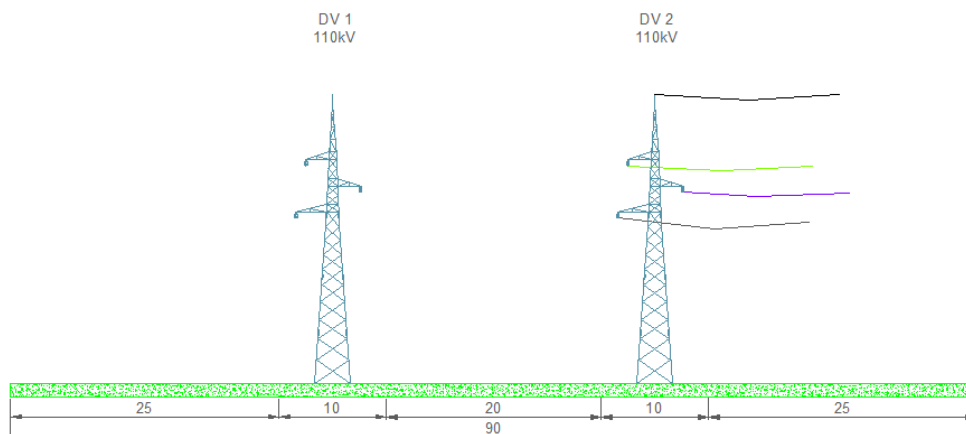


Slika 7.2.3. Trasa dalekovoda za TS Jadar 110/35 kV/kV

Razvodno postrojenje 110 kV koje će se izgraditi pripadaće i njime će upravljati Elektromreže Srbije. Odnosi oko izgradnje postrojenja između Investitora i EMS regulisaće 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 potencijalnog 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. Na slici 7.2.4. je prikazan potrebn koridor.

Dalekovodi iz razvodnog postrojenja 110 kV napajaće TS JADAR 110/35 kV. U trafostanici će biti postavljena dva transformatora 63/75/82 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 35/10 kV/kV i TS 35/0,4 kV/kV.



Slika 7.2.4. Širina potrebnog koridora za dalekovode 110 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, 10 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
10	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 proizvodnju zasipa 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.	Vitlo PS1
6.	Vitlo 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 elektroinfrastrukturu. 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.	Bušača kola za vertikalne bušotine - Simba
4.	Bušača kola za izradu prostorija - Jumbo
5.	Mašina za ugradnju ankera
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 više etapa, dok se podzemni deo planira razvijati u kroz životni vek rudnika. 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 10kV i 0,4 kV za napajanje vratila na oba okna PS1 i ES1.

Celokupno postrojenje i infrastrukturu potrebno je tako projektovati da se što više opreme standardizuje, gde god je to moguće, kako bi se minimalizovale zalihe rezervnih delova. Radi toga potrebno je

standardizovati nazivne napone i nazivne snage opreme. Gde god je moguće na površinskoj infrastrukturi koristeće se slični transformatori.

Glavna trafostanica 35/10/0,4 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 35/10 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:

$$S_{max} = \sqrt{3} U I = \sqrt{3} 10 1200 = 20,78 \text{ MVA}$$

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 trafostanice 33330-SUB-020 planirana je i izgradnja dizel agregatskog postrojenja 10kV za napajanje i slučaju hitnosti. Trafostanica je predviđena i za napajanje potrošača površinske infrastrukture naponom 10kV 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 1,8MW. 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 zasebne 10kV sabirnice (Bus A i Bus B). Postrojenje je sa svoje strane napona 10 kV vezano na sabirnicu 10kV sa dva nezavisna odvoda. Prekidačke ćelije na 10kV za dizel agregate su 630A struja agregata je 130A.

$$I_{dea} = \frac{S_{dea}}{U_{10}} = \frac{2250}{\sqrt{3} 10} = 130A < 630A$$

$S_{dea}=2250\text{kVA}$

Nominalna prividna snaga dizel električnog agregata

I_{dea}

Nominalna prividna struja dizel električnog agregata

Maksimalna instalisana struja na sabirnicama sistema A i B je :

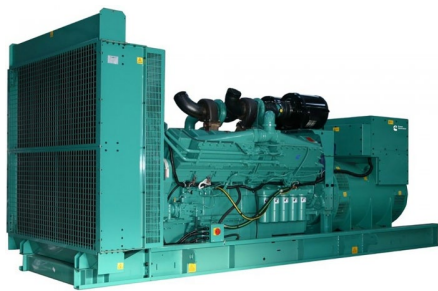
$$I = \frac{2 S_{dea}}{\sqrt{3} U_6} = \frac{2 2250}{\sqrt{3} 10} = 260A < 630A$$

Ukupna instalisana snaga generatorskog postrojenja je $4 \times 2,25\text{MVA} = 9\text{MVA}$

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

U slučaju nestanka napona sa mreže dizel agregati se automatski pokreću i obezbeđuju napajanje jednog ventilatora kako bi radnici u jami mogli da 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.



Slika 7.2.5a. Izgled dizel agregatskog postrojenja velike snage



Slika 7.2.5b. Generator set montiran u kontejner

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 10kV 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 35/10kV 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 10/0,4kV 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 10 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.

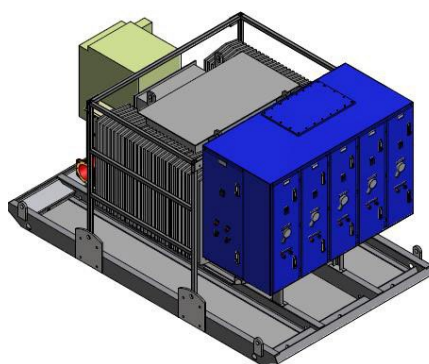
Prilikom projektovanja kablova razmotriti mogućnost kasnijeg proširenja i povećanja snage.

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 a druga 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 10kV i trafo ćelije 200A za napajanje transformatora 10/1 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 struje 400A. Svaka linija napajaće 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 sledećoj 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 izvede 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.

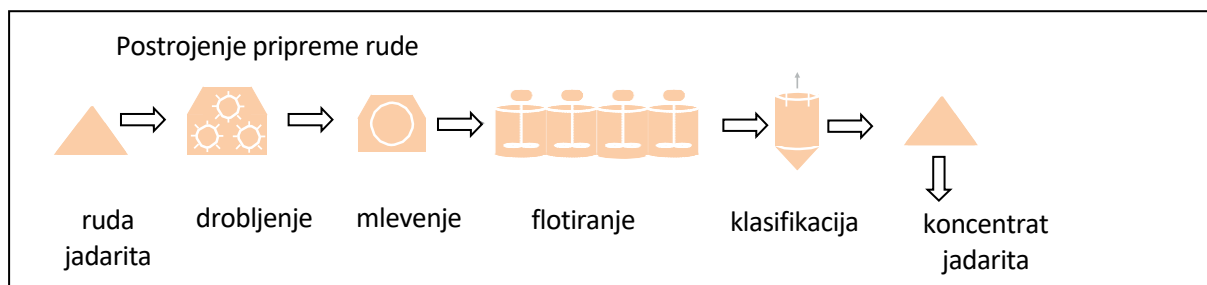
Trafostanica 35 kV na površini (33330-SUB-020) napaja se sa dva voda 35kV iz trafostanice 33310-SUB-001 sa različitim sabirnicama, tako da u slučaju kvara na jednom sistemu omogućeno napajanje preko drugog trafoa. Takođe napajanje podzemnog dela rudnika vrši se preko dva sistema sabirnica vezanih u prsten 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 x 2,25MVA.

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. data tehnološka šema.



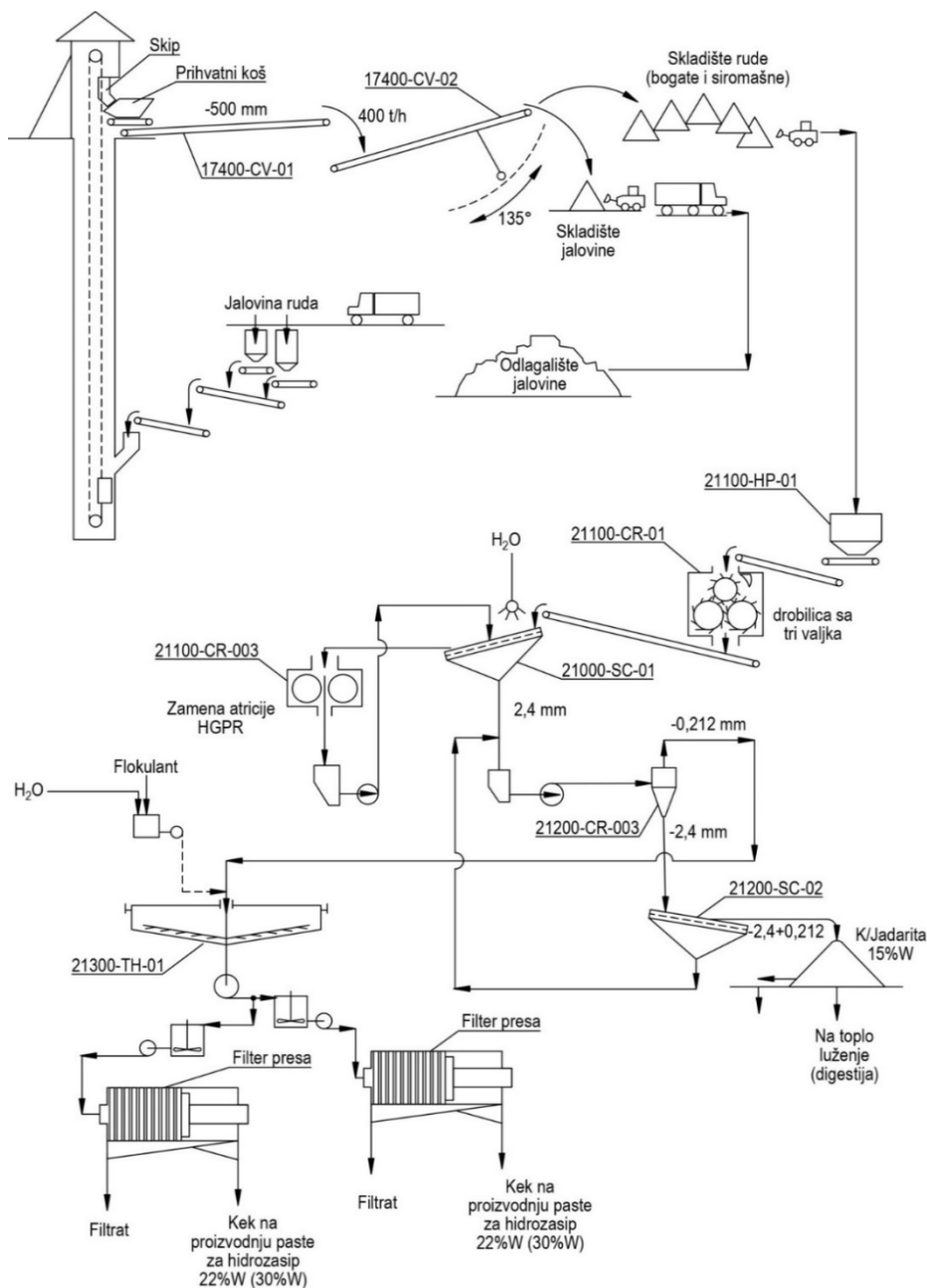
Slika 7.2.7. Postrojenje pripreme rude Jadarit- blok šema

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 10 kV,
- transformatori 10/0,4 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 drobljenja i ispiranja rude predviđeno je i postavljanje dizel agregata za napajanje nužnih potrošača.

7.3. Potrošnja električne energije u rudniku Jadar

Procena prosečne cene električne energije tokom životnog veka rudnika usvojena je iz dokumenta pod nazivom „Review of reagents and energy prices for the Jadar project“ (08/09/2023), zavedenim pod brojem CDM.02-00000-PL-PRP-00074.

Prema navedenom dokumentu usvojićemo cenu od 95.4 €/MWh (104 \$/ MWh) za aktivnu energiju i 4€ MVarh. U tabeli data 7.3.1 je potrošnja podzemnog i površinskog dela rudnika Jadar u prvih pet godina i nakon 5 godina.

Tabela 7.3.1. Potrošnja električne energije rudnika Jadar po godinama razvoja

Godina	PODZEMNO		POVRŠINSKI		UKUPNO	
	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:

$$C = 54.418 \cdot 95,4 + 26637 \cdot 4 = 5.191.429,81 + 106.546,85 = 5.297.976,67 \text{ €}$$

ako uzmemo da je prosečna proizvodnja $1.6 \cdot 10^6$ t rude dobijamo prosečnu potrošnju električne energije po toni rude:

$$w_{rudnik} = \frac{54.417.503}{1.600.000} = 34,01 \frac{kWh}{tona \text{ rude}}$$

ili 3,25€ po toni iskopane rude za trošak električne energije.

Vidi se da se deo reaktivne 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.

Tabela 7.3.2. Ukupna potrošnja energije za rudnik i pripremu rude na godišnjem nivou

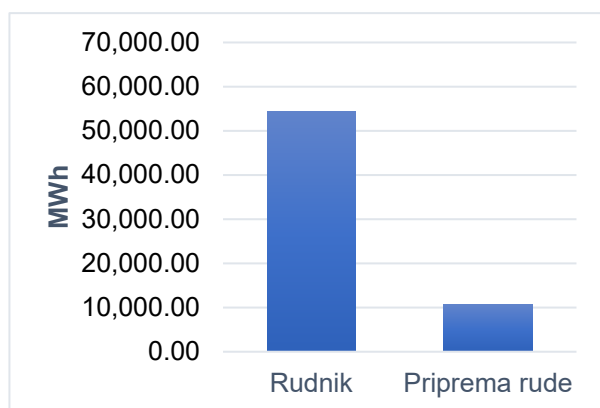
	UKUPNO		Jedinična cena		UKUPNO		UKUPNO
	Aktivna	Reaktivna	Aktivna	Reaktiv.	Aktivna	Reaktivna	
	MWh	MVarh	€/MWh	€/MVarh	€	€	€
Rudnik	54.418,0	26.636,7	95.4	4	5.191.429,813 €	106.546,85 €	5.297.976,66€
Priprema rude	10.719,0	6.424,0	95.4	4	1.022.592,60€	25.696,00 €	1.048.288,60€
UKUPNO:	65.136,5	33.060,7			6.214.022,41€	132.242,85 €	6.346.265,26€

Potrošnja električne energije postrojenja za preradu rude data je u tabeli 7.3.2. koristeći analogiju po prethodnom proračunu dobijamo prosečnu potrošnju električne energije po toni rude za postrojenje pripreme:

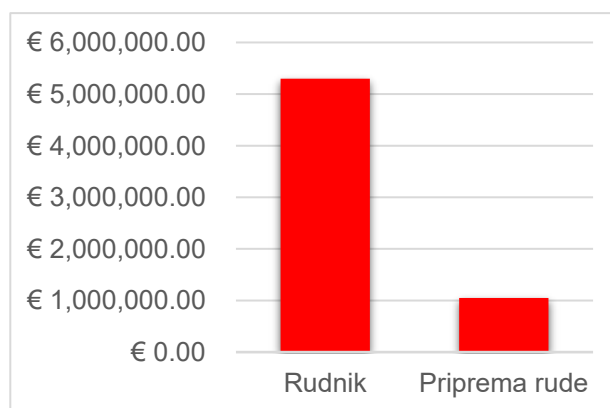
$$w_{\text{priprema rude}} = \frac{10.719.000}{1.600.000} = 6,70 \frac{kWh}{\text{tona rude}}$$

što je 0,39 €/t. Sabiranjem prethodnih vrednosti dolazimo do 44,73 kWh po toni iskopane rude ili 4,23 €/t.

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 koje su prošle obuku i položile stručni ispit u rudarstvu.

Planiran 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 226x8=1808 h/god. Imajući u vidu bolovanja, uzimamo efektivan broj časova 1808x 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:

$$25000 \text{ t} \cdot 15\% \cdot 20 \frac{h}{t} = 75000 \text{ h/god}$$

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
	UKUPNO:	52

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 tabeli 7.4.3. dat je ukupan broj radnika na elektro održavanju uključujući sve vrste održavanja i posluživanja rudarske opreme, kao i izvršioci 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 15m² prostora to je ukupna površina radionica i prostorija za električare 690 m² 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 usklađene 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. Telekomunikacije, upravljanje, IT instalacije i monitoring sistema na rudarskim objektima

U okviru projekta Jadar će biti primenjena odgovarajuća tehnologija koja treba da obezbedi efikasnu proizvodnju i dobijanje krajnjih proizvoda koji dosledno ispunjavaju stroge specifikacije kvaliteta. Shodno tome projekat Jadar će se sprovesti u digitalnom okruženju koje se sastoji od integrisanih operativnih, poslovnih i informacionih sistema sa visokim stepenom automatizacije i korišćenja informacija / podataka.

8.1. IS&T infrastruktura

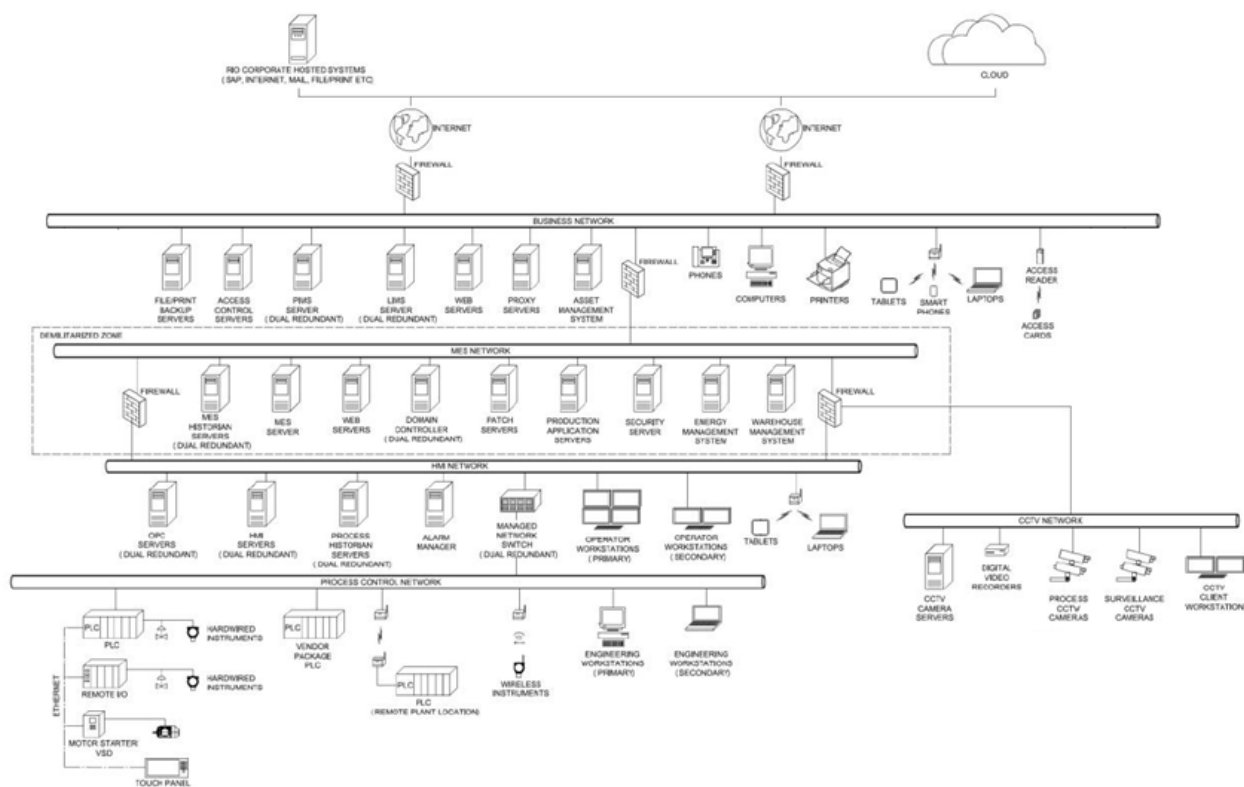
Komunikaciona i računarska infrastruktura projekta Jadar, zasniva se na pouzdanoj i sigurnoj arhitekturi, koja treba da obezbedi odsustvo svih grešaka, a koju čine:

- Dvostruka povezanost sa RioNet WAN mrežom, obezbeđena pomoću redundantne Internet veze koje dolaze iz dve pristupne tačke mreži;
- 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 standardnih industrijskih prekidača;
- 2 farme VM servera, redundantne za usluge koje zahtevaju rad bez grešaka;
- LTE usluge širom postrojenja, visoke pouzdanosti 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 Tinta 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

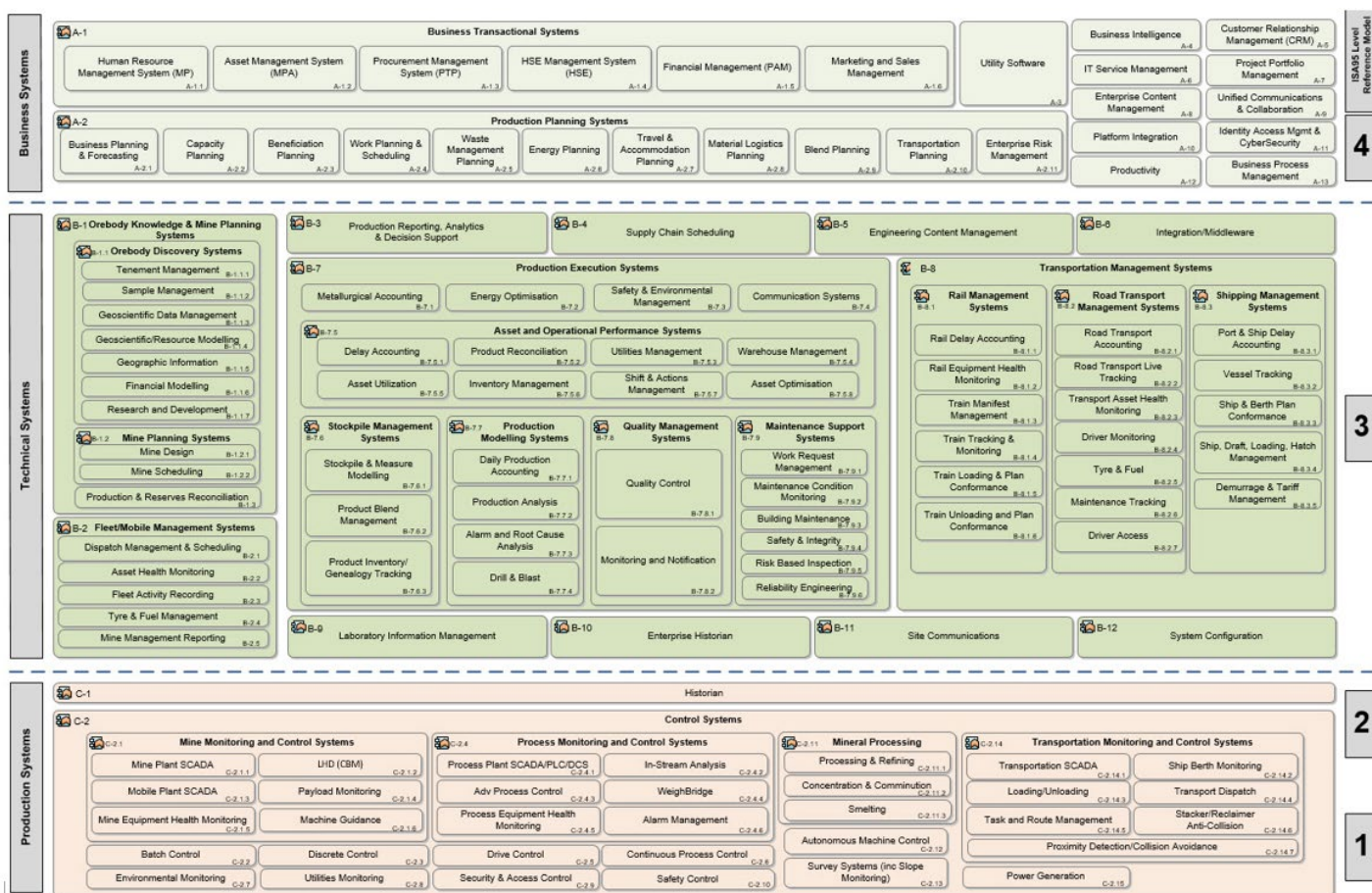
Projekat Jadar je „greenfield“ projekat i kao takav savršeno je pogodan za primenu najboljih aplikacija koje zahteva moderna 4.0 industrija i tehnologija. Na svim nivoima portfolio projekta Jadar će se sastojati od standardnih korporativnih aplikacija, dokazanih rešenja, vodećih uslužnih programa i računarske 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 8.1.1. 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. Stacionarni rudarski objekti

9.1. Projektna dokumentacija

Projektna dokumentacija mora biti usklađena sa nacionalnom važećom tehničkom regulativom (Pravilnikom za građevinske konstrukcije, standardima SRPS EN i drugo) i urađena na srpskom jeziku.

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 stacionarnih rudarskih objekata

Na slici 9.2.1. i prilogu 9.2.1. data je dispozicija stacionarnih rudarskih objekata u rudničkom krugu rudnika Jadar.

1. Izvozno okno

Planirana je namenska armirano-betonska konstrukcija ušća okna, u kliznoj oplati. Projektovani svetli prečnik okna je 8,50 m, a dubina oko 430 m. Takođe su predviđeni temelji za postavljanje Izvoznog tornja i pratećih objekata.

2. Skladište sirove rude

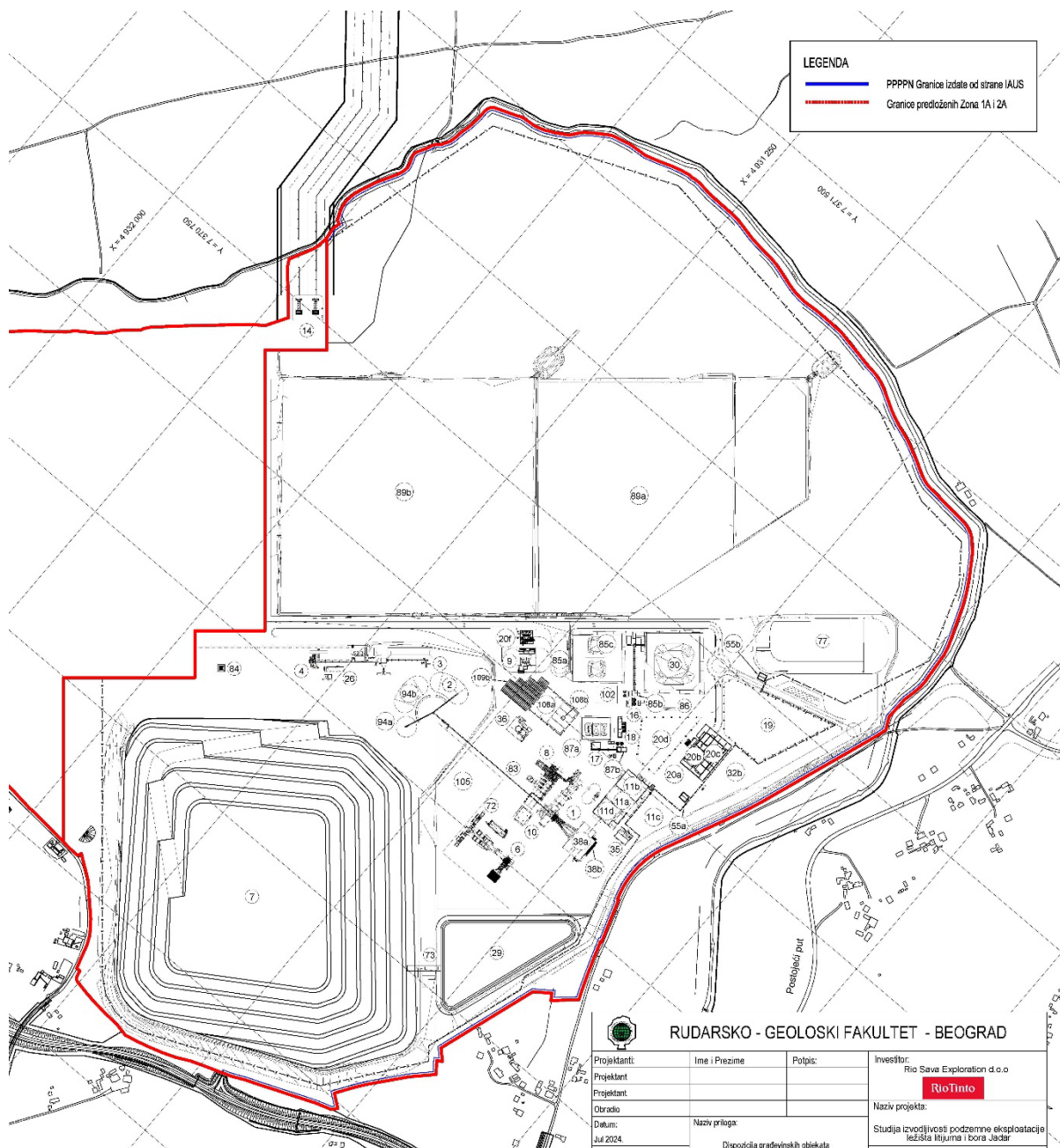
Postrojenje je definisano kao privremena deponija. Biće predviđeni zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža podtla uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

3. Postrojenje za drobljenje rude

U građevinskom smislu postrojenje je uređeni nivelisani plato sa temeljima za mašinsku opremu i transport rude trakastim transporterima.

4. Drobljenje i ispiranje rude

Planirane su armirano betonske i čelične konstrukcije za potrebu ugradnje tehnološko-mašinske opreme, elektro i prateće opreme.



Slika 9.2.1. Dispozicija stacionarnih rudarskih objekata

6. Ventilaciono okno

Ušće ventilacionog okna je od armiranog betona na koji će se montirati toranj od čelične rešetkaste konstrukcije.

7. Odlagalište jalovog stenskog materijala

Odlagalište je prostor koji služi za deponovanje rudničke jalovine. Uređenje podloge odlagališta obuhvata zemljane radove i iskop drenažnih kanala za prihvatanje procednih atmosferskih voda, uz ugradnju drenažnog sloja od vodonepropusne folije i geotekstila.

8. Površinski objekat postrojenja za hlađenje vazduha za ventilaciju rudnika

Objekat je fundiran na armirano betonskim temeljima, a pod objekta je betonska ploča. Nad konstrukcija je čelična (opciono armirano betonska montažna). Uz objekat su planirani rashladni tornjevi i rezervoar za vodu.

9. Rezervoar dizel goriva i pretakalište

Planirani su armirano betonski (nadzemni, opciono podzemni) temelji rezervoara, betonski pristupni plato i pomoćni objekti. Objekat je od čelične konstrukcije.

10. Kompresorska stanica

Objekat je prizemni sa armirano betonskim temeljima za objekat i opremu. Iznad terena je predviđena čelična konstrukcija (opciono armirano betonska ramovska) sa dvovodnim krovnim ravnicama. Oblaganje fasade je planirano sendvič panelima (opciono zidana ispuna). Stolarija i bravarija je od eloksiranog aluminijuma ili drugih materijala.

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 drugih materijala.

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. Stolarija i bravarija će biti od eloksiranog aluminijuma ili drugih materijala.

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 armirano-betonske konstrukcije temelja sa uređenim betonskim površinama. Za opremu je predviđena odgovarajuća čelična podkonstrukcija.

17. Postrojenje za pripremu torkret betona

Planirani su armirano-betonski temelji za silose, transportere i bunker, kao i prateća čelična podkonstrukcija za mašinsku i elektro opremu.

18. Trafostanica za napajanje postrojenja za proizvodnju zasipa i torkret betona

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.

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 armirano betonskim temeljima, a pod objekta je betonska ploča za teške terete. Nadkonstrukcija je čelična (opciono armirano betonska montažna). Oblaganje fasade je predviđeno sendvič panelima. Stolarija i bravarija je od eloksiranog aluminijuma i drugih materijala.

20b. Radionica za održavanje mehanizacije

Objekat je fundiran na armirano betonskim temeljima, a pod objekta je betonska ploča za teške terete. Nadkonstrukcija je čelična (opciono armirano betonska montažna). Oblaganje fasade je predviđeno sendvič panelima. Stolarija i bravarija je od eloksiranog aluminijuma i drugih materijala.

20c. Rudničko skladište

Rudničko skladište je deo zgrade radionice.

20d. Magacin opreme/rezervni delovi

Predviđen je betonski plato za odlaganje opreme i rezervnih delova.

20f. Prostor za pranje mehanizacije

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.

26. Razvodna prostorija postrojenja za obogaćivanje

Objekat je armirano betonska konstrukcija sa zidanom ispunom. Predviđeno je uređenje platoa sa potrebnim temeljima teške elektro opreme i razvodnim betonskim kanalima.

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).

32b. Parking za zaposlene

Predstavlja uređenu betonsku površinu sa potrebnom rasvetom i hidrotehničkim instalacijama odvodnjavanja. Planirana je horizontalna signalizacija, tj. obeležavanje prostora.

35. Zgrada prve pomoći sa nadstrešnicom

Objekat je armirano betonska ramovska konstrukcija sa zidanom ispunom. Krovna konstrukcija je čelična (opciono ravna betonska ploča sa hidroizolacijom i termoizolacijom). Stolarija je od eloksiranog aluminijuma ili drugih materijala.

36. 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.

38. Izvozni toranj

Izvozni toranj, visine oko 50 m, je od čelične rešetkaste konstrukcije, sa oblogama od sendvič panela i profilisanog lima. Služi za održavanje i praćenje rada vitla.

38b. Trafostanica za napajanje vitla

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.

55. Portirnica na ulazu u krug rudnika sa nadstrešnicom

Objekat je armirano betonska 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 drugih materijala.

72. Ventilatori za rudnik

Objekat je armiranobetonska konstrukcija na kojoj se nalaze dva glavna ventilatora za dovod sveže vetrene struje u ventilaciono okno a zatim i u rudnik.

77. Sabirna laguna za rudnik

Planirani su zemljani radovi iskopa, nasipanja i formiranja drenaža podtla uz upotrebu vodonepropusne folije i geotekstila.

84. Toranj za komunikaciju

Komunikacijski toranj će se koristiti za postavljanje antena za radio-sisteme postrojenja i rudnika. Sastojaće se od merdevina za kablove, zaštitu od groma i pada sistema, uzemljenja i svih potrebnih uređaja za obeležavanje prepreka i osvetljenja. Toranj će biti konstruktivno ojačan i projektovan prema kriterijumima za projektovanje temelja i konstrukcija i postavljen na betonski temelj.

85b. Prostor za skladištenje jalovine za pripremu zasipa

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).

85c. Postrojenje za pripremu zasipa

Objekat je armirano betonske konstrukcije opremljen sistemom za otprašivanje, ispiranje i čišćenje cevovoda i sistemom za prikupljanje rastura u postrojenju.

86. Vaga

Industrijska vaga koja se koristi za merenje kamenog agregata i ostataka predstavlja deo infrastrukture. Ova posebno dizajnirana vaga omogućava precizno merenje velikih količina različitih materijala koji se koriste u procesu pripreme zasipa, uključujući kameni agregat i ostatke materijala koji se koristi kao komponenta za zasipanje.

87a. Skladište torkret betona

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).

89a. Privremeni objekat za smeštaj radnika

Privremeni objekat za smeštaj radnika, maksimalnog kapaciteta 4200 ljudi koji uključuje smeštajne jedinice, prostorije za kuhinju i trpezariju, operativne i lične prostorije za pranje veša, zatvorene i spoljašnje društvene objekte, unutrašnje i spoljašnje sportske objekte, prodavnicu, skladišne prostore, objekat za obuku, objekat molitvene sobe, administrativne objekte uključujući medicinski centar, objekat hitne pomoći, objekti za održavanje, komunalne usluge (električna mreža, komunikaciona infrastruktura, vodosnabdevanje i mreža za vodu za piće/požar, mreža i tretman kanalizacije), puteve, parkirališta, pešačke staze, ograde i obezbeđenje, autobuska stajališta, obezbeđenje isporuke i odvoz otpada.

89b. Prostor za odlaganje

Prostor za odlaganje će se tokom izgradnje koristiti za istovar, skladištenje, skladištenje i predmontažu građevinskog materijala. Područje će imati privremene građevinske objekte uključujući servisne prostorije, skladišta i kancelarije.

94a. Skladište za potrebe odlagališta jalovog stenskog materijala

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).

94b. Skladište siromašne rude

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).

102. Postrojenje za stabilizaciju soli

Postrojenje za stabilizaciju soli se sastoji od peći za topljenje i uređaja za hvatanje i neutralizaciju gasova

- Peć za topljenje soli: Uređaj koji se koristi za zagrevanje soli do visoke temperature kako bi se otopila. Ovaj proces omogućava da se so pretvori u tečno stanje i promeni svoja fizička svojstva, što je korisno za različite primene.
- Uređaj za hvatanje gasova: Kada se so zagreje, može doći do otpuštanja različitih gasova i isparljivih supstanci. Uređaj za hvatanje gasova je dizajniran tako da efikasno hvata ove gasove kako bi se sprečilo njihovo ispuštanje u okolinu.

105. Prostor za privremeno odlaganje opreme

Prostor za odlaganje će se tokom rada rudnika koristiti za privremeno odlaganje opreme

108. Postrojenje za dostavu agregata

Postrojenje za dostavu agregata sastoji se od nekoliko osnovnih delova

- Skladišta za različite frakcije kamenog agregata
- Transportnog sistema zaduženog za prenos agregata od skladišta do bušotine
- Bušotine koji vodi do podzemnih prostorija gde će se agregat koristiti

10. Mera zaštite i sanacije životne sredine i uticaj eksploatacije 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: BAT – primena najboljih raspoloživih tehnika u fazi projektovanja i razvoja predmetnog projekta, odnosno BMP – 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 otklanjanju 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	<p>Projektovati procese i postrojenja tako da se minimizuje nastajanje prašine.</p> <p>Proces prerade/ koncentracije rude je vlažan proces.</p> <p>Priprema će biti u zatvorenom objektu.</p> <p>Transporter za rudu će biti pokriven.</p>	<p>Uskladiti rad sa odredbama zakona koje definišu kvalitet vazduha.</p> <p>Obezbediti sistem sakupljanja prašine na mestima fugitivne emisije prašine u okviru rudnika i postrojenja za preradu</p> <p>Postaviti zaštitne barijere oko aktivnosti u kojima nastaje dosta prašine</p> <p>Preduzeti mere da se smanji emisija prašine tokom izgradnje.</p> <p>Prekriti, zatvoriti (tj. pomoću veziva) ili rekultivisati odlagalište rudničke jalovine čim postane izvodljivo.</p> <p>Sprovoditi ograničenja brzine na područjima izgradnje ili otvorenom</p> <p>Praktikovati polivanje puteva kako bi se smanjilo rasipanje prašine</p> <p>Oprati i očistiti točkove vozila i obezbediti rešetku za čišćenje točkova vozila na izlasku sa lokacije.</p> <p>Primenjivati mere redovnog održavanja prostora kako bi se smanjilo rasipanje i zagađivanje</p> <p>Visinu deponovanog materijala smanjiti što je moguće više.</p> <p>Vodom očistiti javne puteve oko pristupnih tačaka lokacije.</p> <p>Ukoliko je moguće, transportovanje zemljišta svesti na minimum i izbegavati skidanje slojeva zemljišta u suvim i vetrovitim uslovima.</p> <p>Popločavanje ili drugi vid obrade puta od lokacije postrojenja do mesta istovara na jalovištu.</p> <p>Smanjiti prašinu sa odlagališta rudničke jalovine i skladišta površinskog sloja zemljišta i odlagališta industrijskog otpada (u slučaju suvog odlaganja) sadnjom vegetacije, pokrivanjem, korišćenjem odgovarajućih materijala ili fiksnih/mobilnih uređaja za</p>		
		<p>U fazi izgradnje, rada i zatvaranja pratiti taložne materije, suspendovane čestice PM10 i PM 2,5 u ambijentalnom vazduhu i kvalitet zemljišta, u pogledu taloženja metala vezanih za čestice.</p> <p>Pre uklanjanja postrojenja uklonite ostatke materijala kako bi se izbeglo stvaranje prašine.</p> <p>Pokriti ili na drugi način trajno rešiti stanje jalovišta kako bi se sprečila emisija prasine prasine.</p>		



Potencijalni uticaj	Mere po fazama projekta			
	Projektovanje	Izgradnja	Rad	Zatvaranje
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 sađenje 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 se u fazi izgradnje Projekta mogu očekivati znatne emisije NOx, pre svih iz motora sa unutrašnjim sagorevanjem (mobilna oprema). Razmotriti upotrebu vozila sa manjom emisijom; Organizovati monitoring.		
Buka	Preduzimanje mera za smanjenje emisije buke tokom projektovanja (barijera – zemljani bedem, izbor opreme koja proizvodi niže nivoe buke, materijali za izradu industrijskih objekata sa većim prigušenjem 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. 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. Ukoliko je to izvodljivo, zamena stolarije ili ugradnja fasada sa boljom zvučnom izolacijom na mestima gde dolazi do prekoračenja, a prethodno preduzete mere ne daju rešenje.		
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 potencijalom za luženje opasnih materija, kao i za hidrotehničke objekte za upravljanje vodama (lagune, kanali i sl.). Za potrebe projektovanja objekata za prihvatanje atmosferskih voda u okviru kompleksa usvojiti strože kriterijume za dimenzionisanje ($Q_{1\%}$). Izvršiti modelska ispitivanja efekata izlivanja viška vode iz laguna na kvalitet Reke Korenite i podzemnih voda. Na bazi sprovedenih ispitivanja izvršiti projektovanje laguna za rudničke vode projektovati sa odgovarajućim radnim kapacitetom, nadvišenjem i prelivom, a tako da se ne ugrožava režim i kvalitet reke Korenite i podzemnih voda. Razviti plan upravljanja vodama u odnosu na detalji proračun vodnog bilansa Objekte za odbranu od poplava rudničkog i proizvodnog kompleksa dimenzionisati na Q_{PMF} .	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, implementirati i inovirati plan upravljanja vodama. 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. Sprovoditi i inovirati plan upravljanja vodama. Predvideti izradu sistema za tretman rudničkih voda tokom izrade okana		

Potencijalni uticaj	Mere po fazama projekta			
	Projektovanje	Izgradnja	Rad	Zatvaranje
		<p>Pridržavati se uslova Republičke Direkcije za vode za vreme izgradnje, rada i zatvaranja.</p> <p>Stroga kontrola i nadzor tokom izgradnje i rada objekata.</p> <p>Implementacija preventivnih mera i plana upravljanja vodama, monitoring efekata i održavanje uz odgovarajuće intervencije i izmene.</p>		
Podzemne vode i zemljište	<p>Implementirati vodne uslove Republičke Direkcije za vode.</p> <p>Implementirati uslove Zavoda za zaštitu prirode.</p> <p>Prilikom projektovanja zemljanih radova na izgradnji objekata na površini terena izbegavati uklanjanje pri-površinskog glinovitog sloja i zadiranje u vodonosni peskovito-šljunkoviti sloj.</p> <p>Izvršiti modelska ispitivanja akcidentnih izlivanja zagađujućih supstanci na kvalitet podzemnih voda i migraciju zagađenja.</p> <p>Razviti tehničko rešenje za kontrolu i sprečavanje migracije zagađujućih supstanci putem podzemnih voda iz zone proizvodno-rudničkog kompleksa dalje ka dolini Jadora. Modelskim ispitivanjima razmotriti varijantna rešenja uspostavljanja hidrauličke barijere (dijafragme i/ili linije drenažnih bunara) za tok podzemnih voda i migraciju zagađenja u okviru aluvijalne izdani.</p> <p>Predvideti sakupljanje i odlaganje zemljišnog sloja za kasniju upotrebu za potrebe rekultivacije.</p>	<p>Pridržavati se zakonskih odredaba o zemljištu i upravljanju vodama.</p> <p>Goriva i hemikalije skladištiti u skladu sa planom za upravljanje opasnim materijama (korišćenje sistema tankvana, betonskih podova itd.).</p> <p>Postaviti skladišta opasnih materija što dalje od vodenog staništa.</p> <p>Tokom izrade okana, istražnih bušotina i bunara izolovati sedimente prve izdani kako bi se sprečilo mešanje podzemnih voda i dotok podzemnih voda iz dubljih izdani.</p> <p>Prilikom izrade podzemnih prostorija ispucale i ovodnjene zone prethodno injektirati u cilju sprečavanja naglog obaranja nivoa podzemnih voda i priliva velikih količina rudničkih voda u rudarske radove.</p> <p>Upotreba odgovarajućih sistema - uređaja za tretiranje fekalne vode i kanalizacije i usaglašeni sistem za upravljanje otpadom.</p> <p>Instalirati bunare za monitoring podzemnih voda.</p> <p>Sprovoditi monitoring toka podzemnih voda i kvaliteta vode, proveravati usklađenost sa parametrima kvaliteta vode.</p>		

10.1.1. Biodiverzitet

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, 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	Mera zaštite
CB08	Obnova šumskih staništa sa Aneksa I Direktive o staništima
CC01	Prilagoditi / upravljati vađenjem neenergetskih izvora
CC06	Smanjiti uticaj koridora i mreža usluga
CC07	Obnavljanje / stvaranje staništa iz resursa, područja eksploatacije ili područja oštećenih instalacijom infrastrukture obnovljivih izvora energije
CC08	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje tačkastih izvora zagađenja površinskih ili podzemnih voda usled eksploatacije resursa i proizvodnje energije
CC09	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje difuznog zagađenja površinskih ili podzemnih voda usled eksploatacije resursa i proizvodnje energije
CE01	Smanjenje uticaja transportnih aktivnosti i infrastrukture
CE02	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje zagađenja površinskih ili podzemnih voda iz transporta

Code	Mera zaštite
CE03	Upravljanje / smanjenje / uklanjanje zagađenja vazduha iz transporta
CE06	Obnavljanje staništa područja pogođenih transportom
CF01	Upravljanje konverzijom zemljišta za izgradnju i razvoj infrastrukture
CF02	Obnavljanje staništa na područjima pod uticajem stambene, komercijalne, industrijske i rekreativne infrastrukture i aktivnosti
CF04	Smanjenje / eliminisanje tačkastih izvora zagađenja površinskih ili podzemnih voda iz industrijskih, komercijalnih, stambenih i rekreativnih područja i aktivnosti
CF05	Smanjenje / eliminisanje difuznog zagađenja površinskih ili podzemnih voda iz industrijskih, komercijalnih, stambenih i rekreacionih područja i aktivnosti
CF06	Smanjenje / eliminisanje zagađenja vazduha iz industrijskih, komercijalnih, stambenih i rekreativnih područja i aktivnosti
CF10	Upravljanje promenama u hidrološkim i priobalnim sistemima i režimima za izgradnju i razvoj
CI01	Rano otkrivanje i brzo iskorenjivanje invazivnih stranih vrsta od značaja za Uniju
CI02	Upravljanje, kontrola ili iskorenjivanje utvrđenih invazivnih stranih vrsta od značaja za Uniju
CI03	Upravljanje, kontrola ili iskorenjivanje drugih invazivnih stranih vrsta

Tabela 10.1.2 Predlozi mera za smanjenje negativnih uticaja na biodiverzitet

Vaskularna flora	<p>Implementirati uslove Zavoda za zaštitu prirode.</p> <p>Kompanija mora dosledno i kontinuirano da sprovodi sve predložene mere zaštite na navedenim lokacijama, uz obavezno očuvanje šumskih koridora. Za pomenute delove preporučuje se i fizičko ograđivanje, a takođe treba preduprediti i eventualni eksterni prodor polutanata.</p> <p>Sprovoditi kontinuirano zatrpavanje i rekultivaciju delova odlagališta uz obnovu autohtone šumske flore i vegetacije. Takođe, sprovoditi kontinuiranu ekoremedijaciju i bioremedijaciju na području rudarskih aktivnosti.</p>
Akvatični beskičmenjaci	<p>Pri korišćenju neophodne količine vode za potrebe prerade rude voditi računa o "biološkom minimumu" čime bi se obezbedio opstanak živog sveta (reka Korenita pre svega).</p> <p>U najvećoj mogućoj meri smanjiti količinu vode koja će se crpeti iz aluviona reke Drine a tehničku otpadnu vodu pre ispuštanja u Jadar prečistiti kroz sisteme za prečišćavanje opremljene biofilterima. Voda koja se crpi, koristiti nekoliko puta u procesu prerade, uz prečišćavanje nakon svake upotrebe.</p>
Tvrdokrilci	<p>Za procenu uticaja na stanje populacija 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.</p>
Ribe	<p>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.</p> <p>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.</p>
Vodozemci	<p>Smanjenje ili sprečavanje emisija hemijskih polutanata na staništima vodozemaca.</p> <p>Mera koja može sprečiti devastirajući efekat na vodozemce je striktno sprečavanje kontakta zagađujućih materija staništa vodozemaca. Ovo se odnosi na kontaminaciju tečnim, čvrstim i gasovitim polutantima</p> <p>U slučaju ireverzibilnih promena neophodno je sprovođenje mera kojima se kompenzuje nestanak staništa.</p>

Gmizavci	<p>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.</p> <p>Vodni režim mora da se kontroliše i na više tačaka potrebno je kontrolisanje kvaliteta vode i prisustvo vodenih organizama (bioindikatorske vrste).</p> <p>Sa mesta planirane izgradnje neophodno je translocirati jedinke.</p>
Ptice	<p>Elektrovode dobro zaštititi i postaviti ih na lokalitetima gde je slabija frekvencija dnevnih migracija ptica, u cilju smanjenja rizika od elektrokcije.</p> <p>Adekvatno prečistiti sve otpadne vode pre ispuštanja u obližnje recipijente, jer će mnoge vrste ptica nadomak primarne i sekundarne zone uticaja pronalaziti svoja pojišta.</p> <p>Redovna kontrola i monitoring predmetnog područja, kao i obuka radnika i drugog osoblja da prepoznaju zaštićene vrste i ukažu na potencijalne rizike.</p>
Sisari	<p>Poželjnu sadnju vegetacije (autohtone žbunaste i drvenaste vrste) u okolini bučnih postrojenja kao i u okolini postrojenja koje emituje zagađujuće supstance</p> <p>Mere rekultivacije i revitalizacije, koje se moraju primenjivati u svim slučajevima degradirane površina pokrivenih prirodnom vegetacijom.</p> <p>Obezbeđenje konektivnost prirodnih staništa (kopnenih i vodenih) i izbegavanje struktura koje bi predstavljale barijere za vodene i kopnene sisare.</p> <p>Ograničavanje radova i kretanja teške mehanizacije na usko radno područje kako bi se smanjilo prekomerno i nepotrebno uništavanje staništa.</p>

10.2. Uticaj projekta na društvenu zajednicu

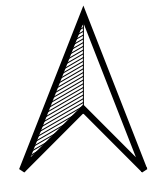
U tabeli 10.2.1 dat je sumarni prikaz mera za sprečavanje, smanjenje ili otklanjanje potencijalnih uticaja projekta na društvenu zajednicu.

Tabela 10.2.1 Mere za sprečavanje, smanjenje ili otklanjanje potencijalnih uticaja projekta na društvenu zajednicu

Sfera uticaja	Uticaj	Mere za smanjenje i otklanjanje uticaja
Promene u načinu korišćenja zemljišta	Fizičko i ekonomsko izmeštanje (raseljavanje)	<p>Faza: Projektovanje</p> <ul style="list-style-type: none"> Minimizirati zauzimanje zemljišta projektom, kako bi se izbeglo nepotrebno ekonomsko i fizičko izmeštanje. Sprovesti kupovinu zemljišta na osnovu dogovorenih transakcija poravnanja sa voljnim kupcem / voljnim prodavcem. Razviti Akcioni plan preseljenja i Plan obnove sredstava za život u skladu sa standardima Republike Srbije i Standardom 5 IFC-a, za najugroženiju zonu Projekta, pružajući detaljno objašnjenje koraka potrebnih za ublažavanje rizika fizičkog i ekonomskog raseljavanja.
Populacija, grupisanje i migracije	Doseljavanje, promene u demografiji	<p>Faza: Izgradnja i Rad</p> <ul style="list-style-type: none"> Jasna komunikacija i objavljivanje radnih mesta, zahteva za veštinama i očekivano trajanje angažovanja. Oglasi preko filijale Nacionalne službe za zapošljavanje Loznica i Krupanj za promociju lokalnog zapošljavanja. Praćenje korišćenja lokalnih usluga i povezivanje sa lokalnim vlastima ako se identifikuju uticaji priliva (doseljavanja). Praćenje pritužbi - žalbeni mehanizam.



Sfera uticaja	Uticaj	Mere za smanjenje i otklanjanje uticaja
Socioekonomija	Kreiranje poslova	Faza: Izgradnja i Rad <ul style="list-style-type: none"> Jasna komunikacija i objavljivanje radnih mesta, zahteva za veštinama i očekivano trajanje angažovanja. Oglasi preko filijale Nacionalne službe za zapošljavanje Loznica i Krupanj za promociju lokalnog zapošljavanja, kao i šire nacionalno oglašavanje radnih mesta.
Usluge	Smanjeni pristup uslugama zbog potreba Projekta	Faza: Izgradnja <ul style="list-style-type: none"> Praćenje pritužbi - žalbeni mehanizam (ne očekuje se značajan uticaj). Faza: Rad <ul style="list-style-type: none"> Korišćenje visokonaponske mreže. Praćenje pritužbi - žalbeni mehanizam.
Zdravlje populacije	Izlaganje neadekvatnim standardima i merama zaštite i bezbednosti na radu	Faza: Izgradnja i Rad: <ul style="list-style-type: none"> Od projekta se traži da bude u skladu sa nacionalnim zakonima o radu i zaštiti zdravlja i bezbednosti na radu, kao i sa 8 osnovnih konvencija MOR-a Planovi zaštite zdravlja i bezbednosti na radu (razvijanje, sprovođenje, praćenje) Obuka o bezbednosti na radu Plan reagovanja u vanrednim situacijama Praćenje pritužbi - žalbeni mehanizam Praćenje upravljanja zaštitom i bezbednošću na radu izvođača (kontraktora).
	Rizik od incidenata zbog neovlašćenog ulaska na lokaciju Projekta	Faza: Izgradnja i Rad: <ul style="list-style-type: none"> Zaštitne ograde. Bezbednosne patrole. Angažovanje zajednice
	Povećan rizik bezbednosti saobraćaja	Faza: Projektovanje <ul style="list-style-type: none"> Pristupni put sa severa. Faza: Izgradnja i Rad <ul style="list-style-type: none"> Plan upravljanja saobraćajem i transportom. Angažovanje zajednice
	Poremećaji i umanjeni prihod (dobrobit)	Faza: Izgradnja i Rad <ul style="list-style-type: none"> Primena mera zaštite i monitoringa. Angažovanje zajednice. Praćenje pritužbi – žalbeni mehanizam.
Kulturno nasleđe	Oštećenje ili uništavanje kulturnog nasleđa	Faza: Izgradnja <ul style="list-style-type: none"> Istraživanja i iskopavanja u toku u saradnji sa nadležnim institucijama, po odobrenim dozvolama. Procedure u slučajnog pronalaska. Plan upravljanja kulturnim nasleđem.
	Ograničen pristup kulturnom nasleđu	Faza: Izgradnja i Rad <ul style="list-style-type: none"> Plan upravljanja kulturnim nasleđem.



Legenda

- Predlog eksploatacionog polja
- Zaštitni prostor oko ekspl. polja
- Bilansne rezerve - Elaborat
- Granice katastarskih opština
- Hidrografija
- Putevi
- Stambeni objekti (postojeći)
- Ostali objekti (postojeći)
- Podzemni objekti (projektovani)
- Površinski objekti podzone 1A (projektovani)

PPPPN mart 2020:

- 1A - Podzona pristupa rudniku
- 2A - Podzona proizvodno industrijskih aktivnosti
- 1B - Podzona rudnika i uticaja rudarskih aktivnosti na okolinu

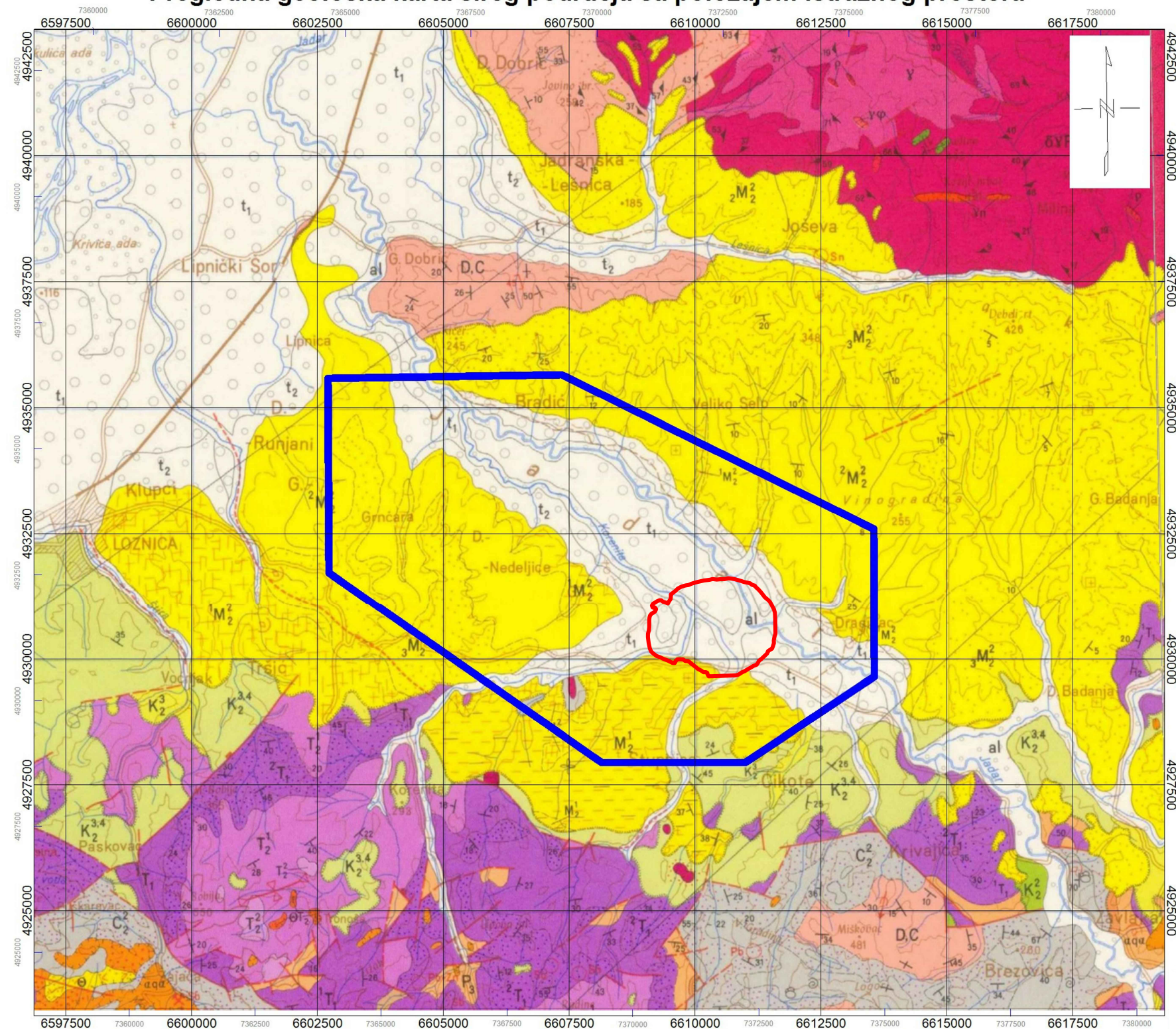
0 500 1,000 1,500 m



RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD

Projektori:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Projektor:			Rio Sava Exploration d.o.o
Projektor:			RioTinto
Obradio:			Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije
Razmera:	Predlog eksploatacionog polja		ležišta litijuma i bora Jadar
1 : 10 000			Broj priloga:
			1.1.1

Pregledna geološka karta šireg područja sa položajem istražnog prostora



Legenda kartiranih jedinica

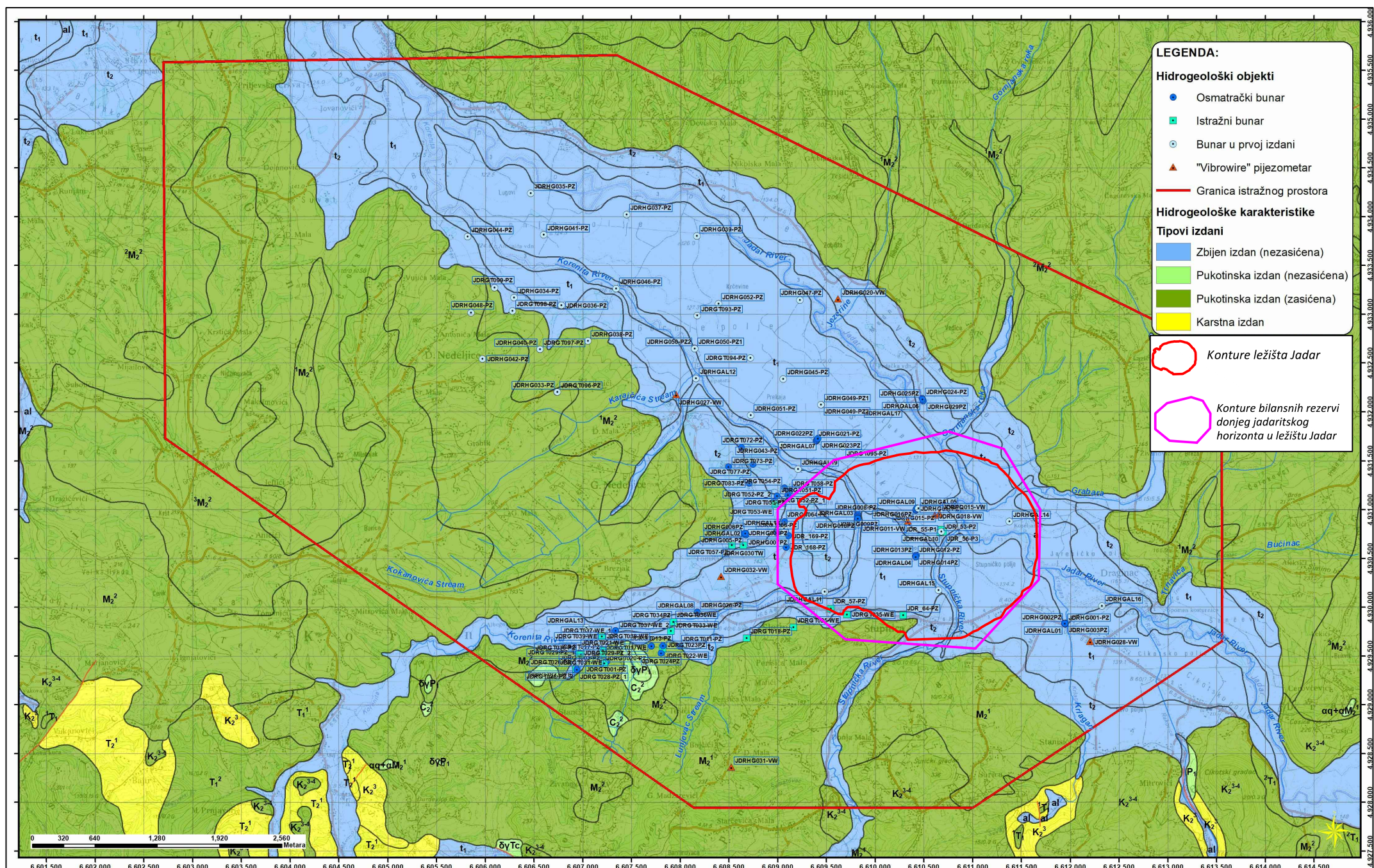
1. Aluvijum	20. Krečnjaci sa rožnanim (ladinski kat)	39. Krečnjaci i glineni škriljci (vizeski i namirski kat)
2. Peskovi i šljunkovi	21. Piroklastiti sa tanjim slivovima mezoandezita i porfirta	40. Konglomeratično - škriljačka serija
3. Peskovi i šljunkovi	22. Dolomiti i dolomitni krečnjaci (anizijski kat)	41. Kvarcni peščari i argilofiliti
4. Peskovi, glina i šljunkovi (portafrski potkat)	23. Krečnjaci, peščari i glinoviti škriljci	42. Žličasto-sačasti, kvrgavi i mermerasti krečnjaci
5. Peskovi, šljunkovi, aglomerati i kaolinne gline (panon i donji pont)	24. Slojeviti i bankoviti oolitni krečnjaci i peščari	43. Kvarcni peščari, konglomerati breče i ređe argilofiliti
6. Šljunkovi, aglomerati i peskovi (a); peskovi, glina i šljunkovi (b) - (panon)	25. Slojeviti krečnjaci, glinci i peščari	44. Argilofiliti, filiti i kvarcni peščari
7. Gline, peskovi i šljunkovi (gornji pont)	26. Glineni škriljci, ređe kvarcni peščari i konglomerati	
8. Laporoviti peščari i laporovito - peskoviti lajtovački krečnjaci (srednji torton)	27. Kontaktnometamorfne stene	
9. Peščari, glinci i laporci (torton)	28. Pegmatiti	
10. Pločasti peskoviti i bankoviti litotamnijski krečnjaci (torton)	29. Lamprofiri	
11. Laporci, glinci i peščari (helvetski kat); masivni krečnjaci (helvetski kat) (a)	30. Aplitočni granati	
12. Termometamorfne stene	31. Turmalinski granati	
13. Hidrotermalno promeњene stene	32. Granitporfiri	
14. Piroklastiti dacito-andezita	33. Dvoliskunski graniti	
15. Dacito-andeziti	34. Dvoliskunski graniti sa porfiroblastima muskovita	
16. Daciti	35. Biotitski i biotit-amfibolski granodioriti	
17. Peščari, konglomerati i glinci (senon, danski kat)	36. Glineni škriljci i kvarcni peščari (baškirski kat)	
18. Masivni i slojeviti krečnjaci (senon)	37. Tamnosivi krečnjaci (baškirski kat)	
19. Masivni krečnjaci (turon)	38. Krinoidski i foraminiferski krečnjaci (baškirski kat)	

(metara)
Beselov elipsoid Gaus-Kriggerova projekcija 6. zona
Osnovna Geološka karta SFRJ (OGK) list Zvornik L34-123, razmere 1 : 100 000 (Mojsilović i dr, 1977))



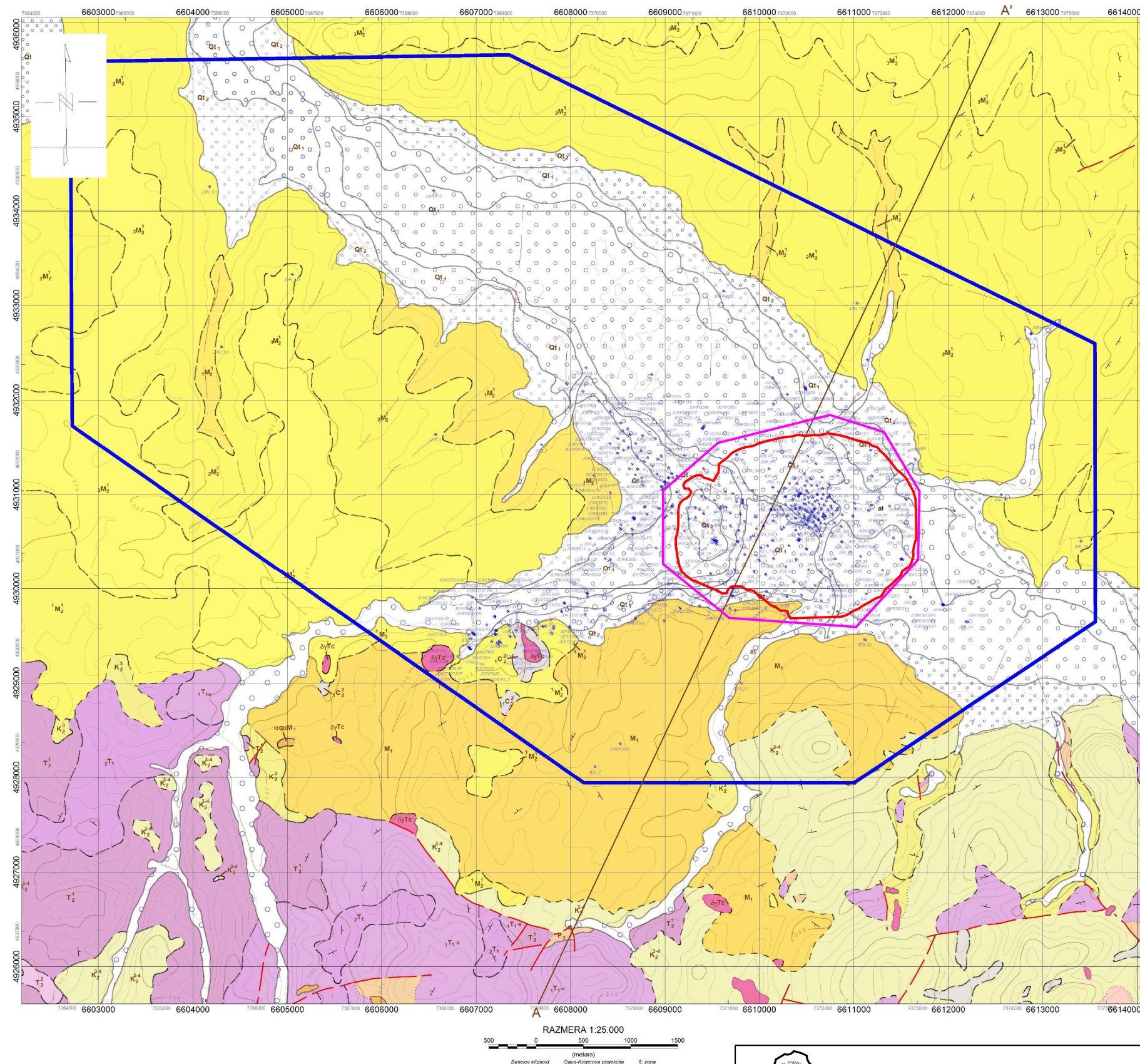
RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD

Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Odobrio	Prof. dr Nikola Lilić		Rio Sava Exploration d.o.o
Projektovao	Prof. dr Radule Tošović		RioTinto
Obradio	Prof. dr Aleksandar Cvjetić		Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar
Novembar 2020.	Geološka karta šireg područja ležišta Jadar		Broj priloga:
Razmera:			3.1.1
1:1000			



RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD

Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Odobrio	Prof. dr Nikola Lilić		Rio Sava Exploration d.o.o
Projektovao	Prof. dr Radule Tošović		RioTinto
Obradio	Prof. dr Aleksandar Cvjetić		Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije
Novembar 2020.	Hidrogeološka karta šireg područja ležišta Jadar		ležišta litijuma i bora Jadar
Razmera:			Broj priloga:
1:50			3.1.2



- Legenda:**
- Aluvijum
 - Gornja rečna terasa
 - Donja rečna terasa
 - Glina, pesak, šljunak
 - Laporoviti peščari i laporoviti peskoviti krečnjaci
 - Peskoviti glinci i laporci
 - Pločasti peščari i bankoviti litotamnijski krečnjaci
 - Laporci, glinci i peščari
 - Dacit i andezit
 - Granodioriti i porfiroidni granodioriti
 - Peščari, konglomerati i glinci
 - Krečnjaci sa rožnacijama
 - Dolomiti i dolomitni krečnjaci
 - Krečnjaci, peščari i glinci
 - Oolitni krečnjaci i peščari
 - Krečnjaci, glinci i peščari
 - Tamnosivi krečnjaci
- Lokacija istražne bušotine
- Rased, fotogeološki osmatran
- Kontura prostora sa zadržavanjem prava na istražni prostor
- Geološki profil A-A'
- Konture ležišta Jadar
- Konture bilansnih rezervi donjeg jadaritskog horizonta u ležištu Jadar

Digitalizovana kompletna geološka karta izrađena na osnovu OGK SFRJ 1:100.000 za list Zvornik L 34-123 (Mijatović, 1977) i podataka novijih geoloških istraživanja.

RAZMERA 1:25.000

500 0 500 1000 1500

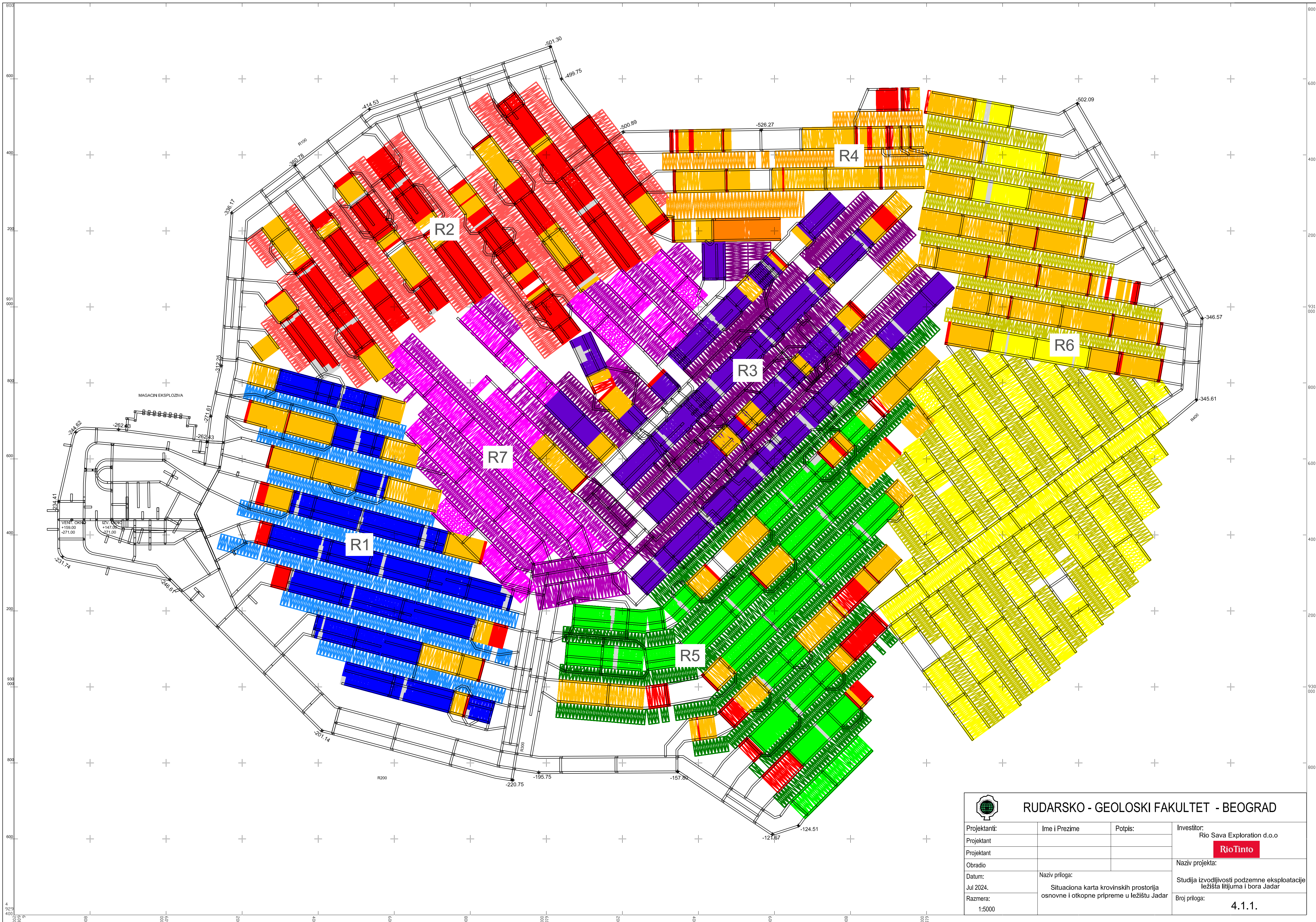
(metars)


Baselov elipsoid Gauss-Krugerova projekcija 6. zona

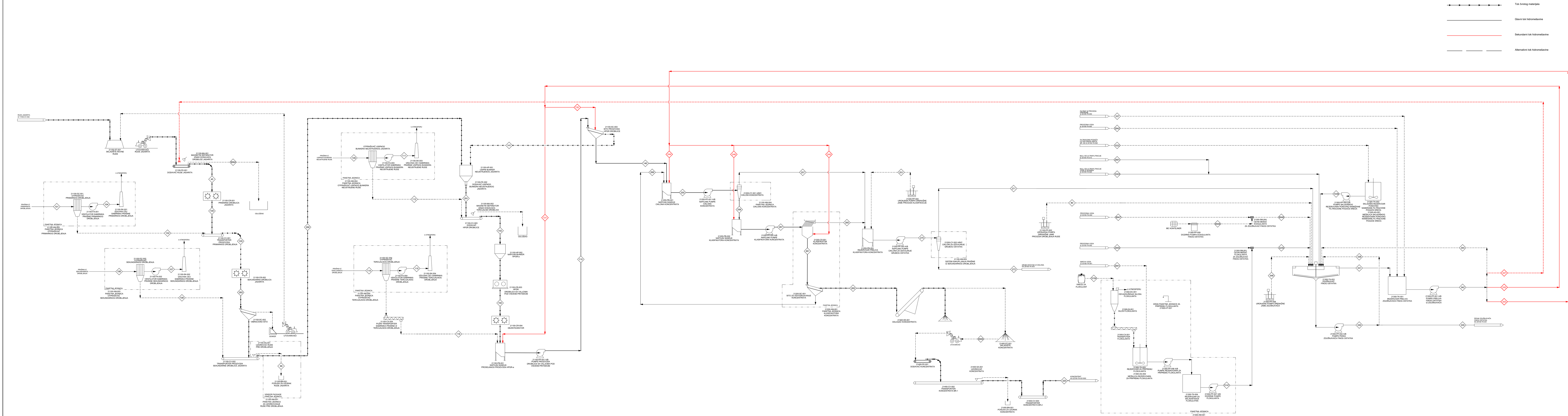


RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD


Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Odobrio	Prof. dr Nikola Lilić		Rio Sava Exploration d.o.o
Projektovao	Prof. dr Radule Tošović		RioTinto
Obradio	Prof. dr Aleksandar Cvjetić		Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar
Novembar 2020.	Geološka karta područja ležišta Jadar sa naznačenim objektima geoloških istraživanja i ucrtanom konturom overenih bilansnih rezervi		Broj priloga:
Razmera:			3.1.3
1:50			



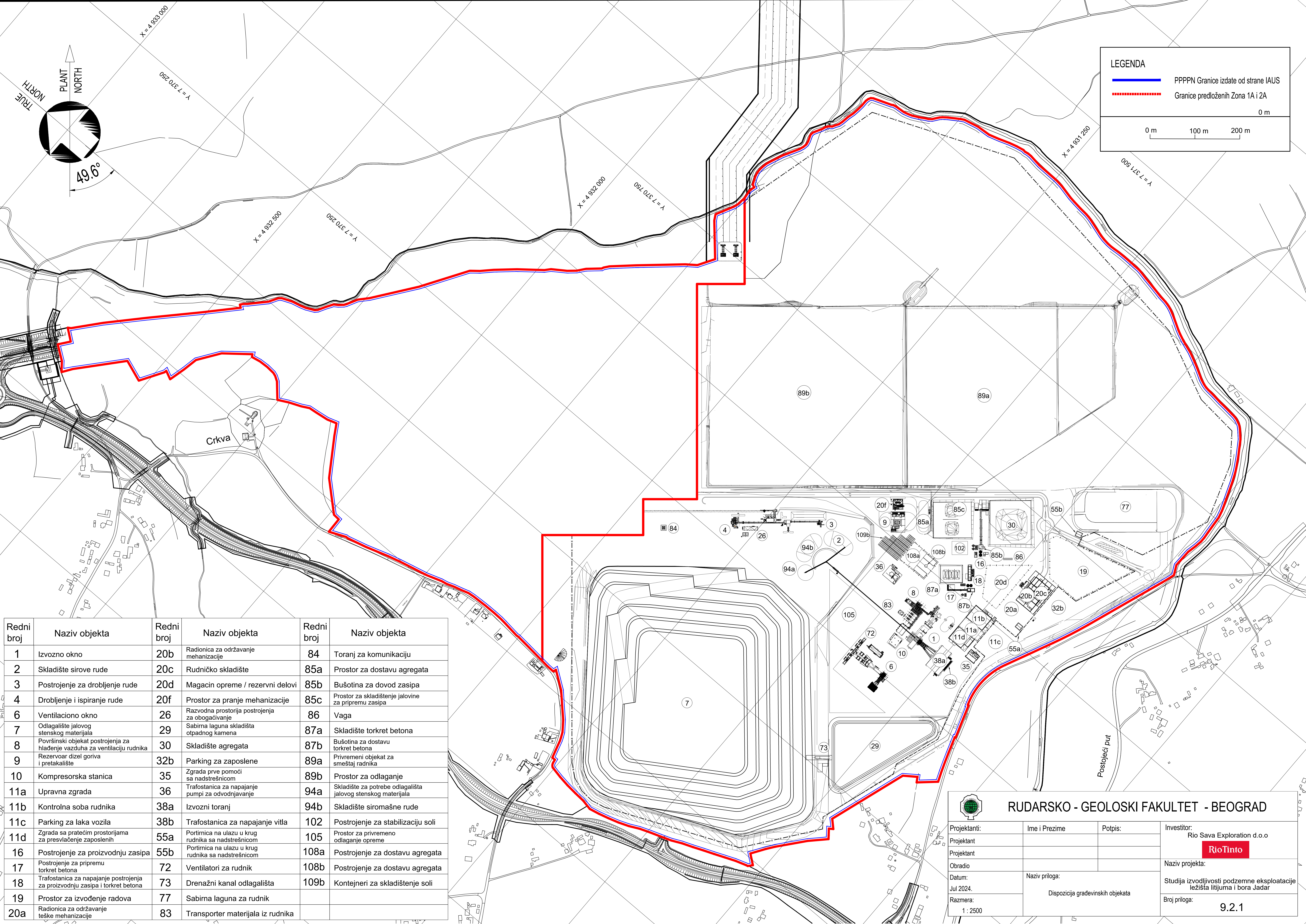
RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD			
			
Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor: Rio Sava Exploration d.o.o <div>RioTinto</div>
Projektant			
Projektant			
Obradio			Naziv projekta:
Datum:	Naziv priloga:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar
Jul 2024.	Situaciona karta krovinskih prostorija osnovne i otkopne pripreme u ležištu Jadar		
Razmera:			Broj priloga:
1:5000			4.1.1.



Oznaka	45	80	100	105	110	130	131	140	141	142	150	243	244	245	246	255	257	260	261	265	266	267	270	271	272	283	290	291	320	330	331	334	335	337	342	343	1022	1039	2891	2940	2941	3141	3154	3240	3303
Naziv	Ulaz u prvu dробилicu	Otkaj vode	Deponija rovne rude	Ulaz u drugu dробилicu	Ulaz na sito 21100-SC-001	Voda za sito 21100-SC-001	Preliv aguljničava	Prosev sita 21100-SC-001	Odvod sita 21100-SC-001	Ulaz u HGR dробилicu	Proizvod HGR dробилice	Voda iz dробljenja	Preliv aguljničava ka prihvatom rezervuaru ciklona	Voda	Preliv aguljničava ka prihvatom rezervuaru klasifikatora	Ulaz u hidrociklon 21200-CY-003	Preliv hidrociklona 21200-CY-003	Otpad iz PMS-a	Koncentrat posle klasiranja	Odvod sita za odvajanje 21200-SC-002	Prosev sita za odvajanje 21200-SC-002	Ulaz u klasifikator koncentrata	Ulaz u hidrociklon 21200-CY-004	Preliv hidrociklona 21200-CY-004	Pesak hidrociklona 21200-CY-004	Proizvod sekundarne dробljenja	Proizvod sekundarne dробljenja	Izlaz iz prihvate posude	Koncentrat	Pesak aguljničava 21300-TH-001	Preliv aguljničava 21300-TH-001	Recirkulacija	Pesak aguljničava	Filtrat	Preliv aguljničava	Preliv aguljničava	Recirkirani tok iz procesa ulaganja nečistoća	Recirkirani tok iz procesa ulaganja nečistoća	Voda iz ultrafiltracije	Voda koja se meša sa flokulantom	Voda	Rastvor flokulanta	Flokulant	Rastvor flokulanta	Voda iz ultrafiltracije
Meseni protok, t/h	199	<1 kg/h	199	199	792	155	473	827	120	320	320	628	<1 kg/h	121	63.6	856	653	249	138	109	29.3	267	902	815	86.6	199	199	320	109	239	656	<1 kg/h	239	160	812	184	23.9	23.9	9.37	34.4	3.8	3.82	0.0191	38.2	8.04
Zapreminski protok, m ³ /h	84	<1 l/h	84	84	600	152	465	701	51.2	135	135	617	<1 l/h	118	62.5	730	609	220	81.8	53.1	28.8	183	829	766	62	84	84	135	53.1	198	644	<1 l/h	198	157	798	181	20.7	20.7	9.34	34	3.83	3.85	0.0225	37.8	7.94
Masa čvrstog, t/h	190		190	190	304	0.0705	0.215	190	114	304	304	0.286	<1 kg/h	0.0549	0.029	190	56.3	41.6	92.6	58.5	39	134	97.9	58.5	39	190	190	304	92.6	63.4	0.317	63.4	0.0543	0.37	0.0839	5.24	5.24	0.0148	0.00678	<1 kg/h	0.0191	0.0259	0.00479		
Voda, m ³ /h	9.04	<1 l/h	9.04	9.04	480	152	465	626	6.28	15.3	15.3	617	<1 l/h	118	62.5	655	587	204	44.8	16.1	28.8	130	791	744	46.8	9.04	9.04	15.3	16.1	173	644	<1 l/h	173	157	798	181	18.5	18.5	9.34	34	3.83	3.83	0.0225	37.8	7.94
Sadržaj čvrstog, %					38.4			23	94.7	95.1	95.1	0.0456		0.0456	0.0456	22.2	8.61	16.7	67	85		50.3	10.9	7.17	45	95.4	95.4	95.1	85	26.5	0.0484	43.9	26.5	0.0339	0.0456	0.0456	21.9	21.9	0.157	0.0197		993	100	0.0678	0.0596
Guстина pulpe, kg/m ³		999			2537	1020	1017	1180	2351	2365	2365	1017	1017	1017	1017	1173	1073	1131	1088	2052	1017	1454	1088	1064	1398	2373	2373	2364	2052	1210	1018	1385	1210	1016	1017	1017	1156	1156	1003	994	994	0.501	850	1012	1013

**RUDARSKO - GEOLOŠKI FAKULTET - BEOGRAD**

Projektanti:	Ime i Prezime	Polpis:	Investitor: Rio Save Exploration d.o.o. Rio Tinto
Odobrio:	Prof. dr Nikola Lilić		
Projektoval:	Prof. dr Dinko Knežević		
Obradio:	Uroš Pantelić, mast. inž.		
Datum:	Naziv priloge:		Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar
April 2021.	Tehnološka shema pripreme rude jadarita za hemijsku preradu		
Razmera:			Broj priloge: 6.2.1



LEGENDA

PPPPN Granice izdate od strane IAUS

Granice predloženih Zona 1A i 2A

0 m

0 m100 m200 m

Redni broj	Naziv objekta	Redni broj	Naziv objekta	Redni broj	Naziv objekta
1	Izvozno okno	20b	Radionica za održavanje mehanizacije	84	Toranj za komunikaciju
2	Skladište sirove rude	20c	Rudničko skladište	85a	Prostor za dostavu agregata
3	Postrojenje za drobljenje rude	20d	Magacin opreme / rezervni delovi	85b	Bušotina za dovod zasipa
4	Drobljenje i ispiranje rude	20f	Prostor za pranje mehanizacije	85c	Prostor za skladištenje jalovine za pripremu zasipa
6	Ventilaciono okno	26	Razvodna prostorija postrojenja za obogaćivanje	86	Vaga
7	Odlagalište jalovog stenskog materijala	29	Sabirna laguna skladišta otpadnog kamena	87a	Skladište torkret betona
8	Površinski objekat postrojenja za hlađenje vazduha za ventilaciju rudnika	30	Skladište agregata	87b	Bušotina za dostavu torkret betona
9	Rezervoar dizel goriva i pretakalište	32b	Parking za zaposlene	89a	Privremeni objekat za smeštaj radnika
10	Kompresorska stanica	35	Zgrada prve pomoći sa nadstrešnicom	89b	Prostor za odlaganje
11a	Upravna zgrada	36	Trafostanica za napajanje pumpi za odvodnjavanje	94a	Skladište za potrebe odlagališta jalovog stenskog materijala
11b	Kontrolna soba rudnika	38a	Izvozni toranj	94b	Skladište siromašne rude
11c	Parking za laka vozila	38b	Trafostanica za napajanje vitla	102	Postrojenje za stabilizaciju soli
11d	Zgrada sa pratećim prostorijama za presvlačenje zaposlenih	55a	Portirnica na ulazu u krug rudnika sa nadstrešnicom	105	Prostor za privremeno odlaganje opreme
16	Postrojenje za proizvodnju zasipa	55b	Portirnica na ulazu u krug rudnika sa nadstrešnicom	108a	Postrojenje za dostavu agregata
17	Postrojenje za pripremu torkret betona	72	Ventilatori za rudnik	108b	Postrojenje za dostavu agregata
18	Trafostanica za napajanje postrojenja za proizvodnju zasipa i torkret betona	73	Drenažni kanal odlagališta	109b	Kontejnere za skladištenje soli
19	Prostor za izvođenje radova	77	Sabirna laguna za rudnik		
20a	Radionica za održavanje teške mehanizacije	83	Transporter materijala iz rudnika		

RUDARSKO - GEOLOSKI FAKULTET - BEOGRAD

Projektanti:	Ime i Prezime	Potpis:	Investitor:
Projektant			Rio Sava Exploration d.o.o
Projektant			<div>RioTinto</div>
Obradio	Naziv priloga:	Naziv projekta:	
Datum:	Dispozicija građevinskih objekata	Studija izvodljivosti podzemne eksploatacije ležišta litijuma i bora Jadar	
Razmera:		Broj priloga:	
1 : 2500		9.2.1	