

Istraživanje ležišta boksita iz podzemnih rudarskih radova

The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin
UDC: 622.1:622.2
DOI: 10.17794/rgn.2018.3.10

Pregledni znanstveni rad



Ivan Budeš¹, Ivo Galić², Ivan Dragičević³

¹ Rudnici boksita Jajce d.d. Jajce, Trg hrvatskih branitelja b.b., Jajce, BiH

² Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

³ Zelinska 2, 10000 Zagreb

Sažetak

Rad prikazuje novi pristup istraživanju ležišta boksita iz podzemnih rudarskih radova u boksitonosnome području Bešpelj kod Jajca u Bosni i Hercegovini. U razmatranome području ležišta boksita istražuju se i eksploatiraju preko 60 godina. Usprkos visokomu stupnju istraženosti u geološki zamršenim strukturama Bešpelja nalaze se brojna do kraja neistražena ležišta. Ona su do sada uglavnom istraživana bušenjem s površine u mreži bušotina kako to diktiraju zakonski propisi. Zbog povećanja dubina na kojima su smještena ležišta, a i zamršenih strukturnih odnosa, takva istraživanja postala su skupa i manje učinkovita. S geološkoga stajališta ležišta boksita primarno se nalaze u vodoravnome položaju. No dugotrajna geološka evolucija od gornje krede do danas dovela je ležišta u vrlo različite strukturne položaje. Zato ih nalazimo u nagnutom položaju, u subvertikalnome i vertikalnome te nerijetko u inverznome položaju. Kako bi daljnja istraživanja postala racionalna i učinkovita, razvijen je novi pristup istraživanja iz podzemnih rudarskih radova koji će poslužiti za istraživanje i potom za eksploataciju boksitnih ležišta.

Ključne riječi:

ležišta boksita, istraživanja, novi pristup, podzemni rudarski radovi

1. Uvod

U širem boksitonosnom području Jajca nalaze se brojna ležišta visokokvalitetnih boksita. Razlikuju se četiri boksitonosna revira: Crvene stijene, Poljane, Bešpelj i Liskovica. Crvene stijene i Poljane većim su dijelom istražena područja s površine, a preostale utvrđene zalihe boksita iskorištavaju se podzemnim rudarskim radovima. Područja boksita Bešpelja i Liskovice još uvijek nisu dovoljno istražena. No prema poznatim geološkim podacima pretpostavlja se postojanje još neotkrivenih, vrlo vrijednih ležišta duboko ispod površine terena na svim boksitonosnim područjima (Farkaš, 2006, Slanc, 2011). Te činjenice opravdavaju daljnja ulaganja u istraživanja.

Područje Bešpelja odlikuje se zamršenim strukturnim geološkim odnosima. Brojnim i raznovrsnim geološkim istraživanjima utvrđena su ležišta u nagnutom, uspravnome i inverznome položaju. Ona se nalaze od same površine terena do dubina od nekoliko stotina metara. Osim ležišta koja se nalaze na površini terena i predstavljaju erozijske ostatke, ostala imaju jasno definiranu stratigrafsku podinu i krovinu. Kod nagnutih ležišta one su istovremeno i rudarska krovina i podina. Kod ležišta u inverznome položaju stratigrafska podina postaje rudarska krovina, a stratigrafska krovina postaje rudarska podina. U primarnome, dakle horizontalnome položaju, ležišta boksita zauzimaju znatne površine, dok u slučaju

subvertikalnoga i vertikalnoga položaja ležišta, ova površina ima ocrt vrlo uske izdužene zone koja približno prati kontakt podinskih i krovinskih stijena. Takav strukturni sklop bitno utječe na način istraživanja ležišta boksita. Ako bi se nastavila istraživanja bušenjem u propisanoj mreži bušotina s površine terena, vjerojatnost pronalaska ležišta u takvoj vrlo uskoj i strmim zoni svedena je na minimum. Povećanje dubine bušenja dodatno poskupljuje istraživanja.

Zbog toga je predložen novi racionalni pristup istraživanju koji uključuje kombinaciju podzemnih rudarskih prostorija i istraživačkih bušotina. Treba odmah napomenuti da se podzemne rudarske prostorije, nakon istraživanja, također koriste za eksploataciju boksita.

2. Prirodne značajke boksitonosnoga područja Bešpelj

2.1 Zemljopisni položaj

Boksitonosno područje Bešpelj nalazi se oko 10 kilometara zračne udaljenosti sjeverno od Jajca te zauzima površinu od oko 20 km². Sjevernu granicu područja čini kanjon Ugra. Na istoku je granica planina Ober. Južna granica označena je strmim padinama Studenca i Debeljaka, a zapadnu granicu čini markantni kanjon rijeke Vrbasa. Bešpelj predstavlja blagu zaravan na prosječnoj nadmorskoj visini od oko 900 m (Dragičević et al.,

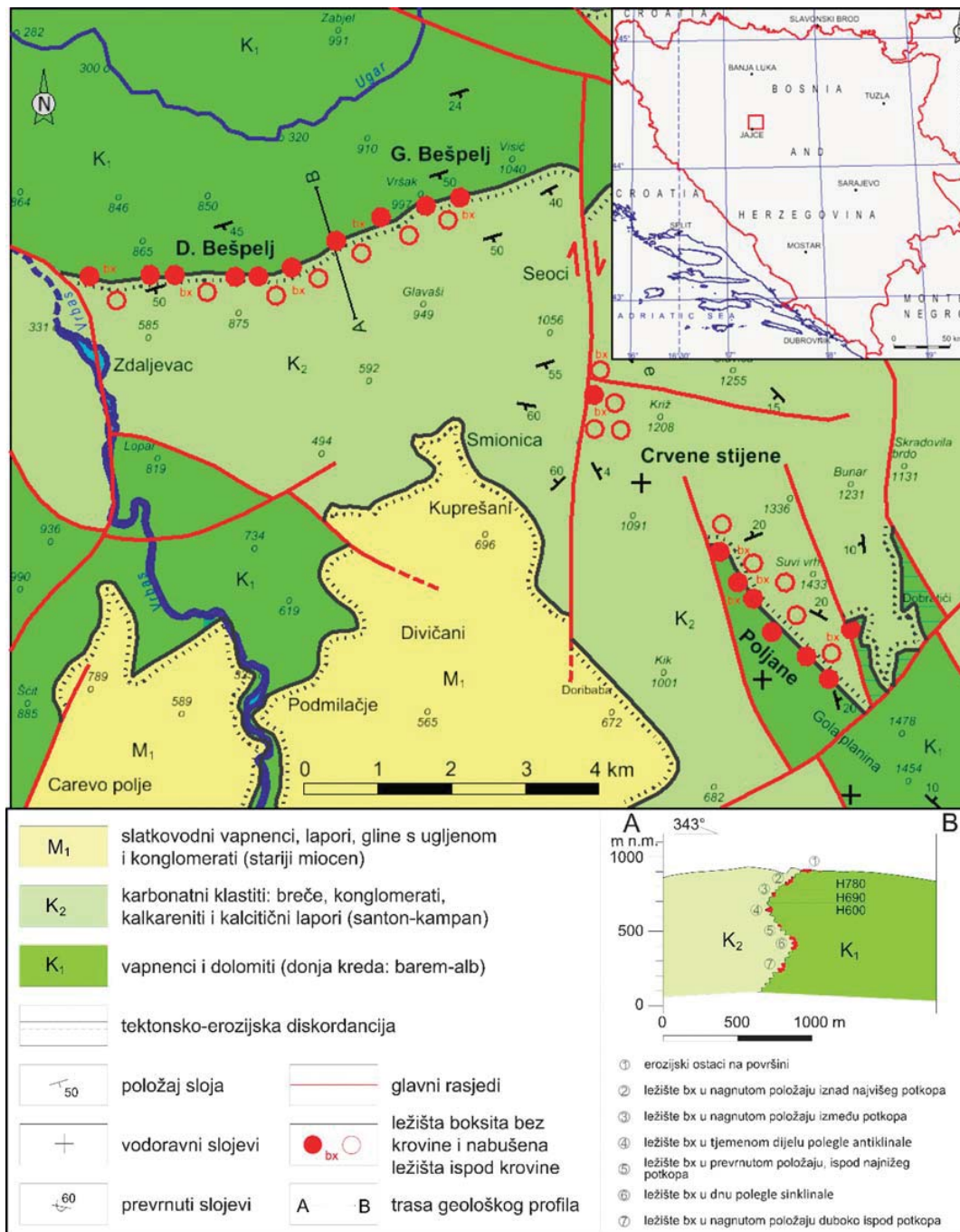
2003). Na zaravni su dva naselja: Donji i Gornji Bešpelj. Prometna povezanost s Bešpeljom ostvarena je asfaltnim putem od Jajca preko Divičana i Kuprešana, u dužini od 25 km.

2.2 Geološka građa

Geološka građa širega boksitonosnog područja prikazana je na **slici 1**. Temeljni su geološki odnosi riješeni

izradom osnovne geološke karte 1 : 100 000, list Jajce (**Marinković i Ahac, 1975**). Prema tim podacima ležišta boksita vezana su za kopnenu fazu, odnosno stratigrafsku prazninu između cenoman-turonskih vapnenaca u podini i senonskih karbonatnih taložina u krovini ležišta boksita. To je tektonsko-erozijska diskordancija s kutom diskordancije do 10°.

Strukturni odnosi u području su zamršeni. Prevladavaju bore i rasjedi pružanja zapad – istok. Glavnina ra-



Slika 1: Zemljopisni položaj i geološka karta boksitonosnih područja kod Jajca (**Marinković & Ahac, 1975**; dopunjeno i prilagođeno prema **Dragičević, 1981, 1987, 1997**)

sjeda iz domene je reversnih. Bore su kose do prebačene, a vergencije su osnih ploha južne. Zbog vrlo vrijednih boksita zadnjih šezdesetak godina u području Bešpelja provedena su raznovrsna i brojna geološka istraživanja. Preciznije je definiran stratigrafski položaj ležišta boksita, odnosno trajanje stratigrafske praznine. Utvrđeno je da podinu ležištima boksita tvore plitkovodni marinski vapnenci najmlađega alba, a krovinski su sedimenti predstavljeni heterogenim karbonatnim klastitima, mjestimice i vapnencima, koji su započeli s taloženjem u kampanu i mastrihtu (Dragičević, 1981, 1987, 1997). Dakle kopnena faza tijekom koje su nastali boksiti trajala je oko 18 milijuna godina. Posebnu vrijednost navedenih radova predstavljaju geološki profili koji vrlo zorno i na temelju bušotinskih podataka, dakle egzaktno, daju sliku o zamršenosti strukturnih odnosa u području Bešpelja. Detaljno se prikazuje strukturni položaj ležišta, odnosno kontaktne plohe podina-krovina. Neka od ležišta nalaze se u nagnutom položaju, veći dio u vrlo strmome do verikalnome, a dio je ležišta u prevrnutome položaju, što dodatno otežava istraživanje i eksploataciju (Hajsek, 2005; Galić i dr., 2006-1, 2006-2; Dragičević i Velić, 2006; Budeš, 2009; Crnoja, 2015).

2.3 Položaj ležišta boksita

Primarni je položaj svih ležišta horizontalan (slika 2a). Gledajući generalno, ako ležišta nalazimo u ovome položaju, ona nisu bila znatnije zahvaćena tektonskim procesima. Takvih ležišta boksita nema u području Bešpelja. Vrlo čest strukturni položaj ležišta boksita jest da su ona zajedno s podinskim i krovinskim slojevima nagnuta (Bárdossy, 2013). Njih u području Bešpelja nalazimo u blizini tektonsko-erozijske granice (slika 2b). Daljnjim ustrmljavanjem kontaktne plohe između podine i krovine ležišta, ona dolaze u vrlo strm (subvertikaln) do vertikaln položaj (slika 2c). Zbog daljnjih tangencijalno-kompresijskih tektonskih djelovanja dolazi do prebačenoga (inverzno) položaja kontaktne plohe između podinskih i krovinskih slojeva, a time i takva položaja ležišta boksita (slika 2d).

U slučajevima kada se ležišta nalaze u vrlo strmim, uspravnim i prebačenim položajima, područje istraživa-

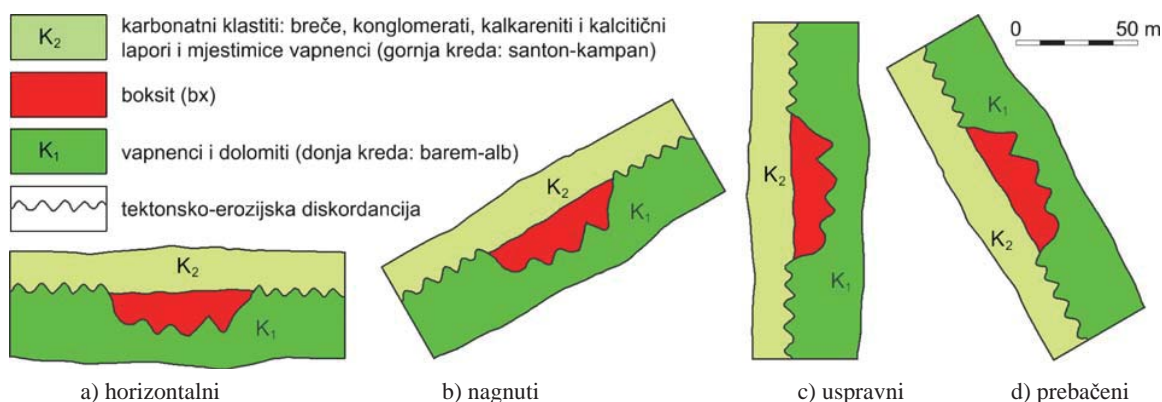
nja s površine postaje vrlo uska zona koja se proteže na površini uz kartografski prikazanu crtu transgresivne granice. Treba istaknuti da kod inverznih položaja ležišta boksita stratigrafska podina (vapnenci) postaje rudarska krovina, a stratigrafska krovina (pretežito karbonatni klastiti) postaje rudarska podina (Budeš, 2009; Crnoja, 2015). Takvi strukturni odnosi vrlo otežavaju istraživanja ležišta s površine. Redovito su takva istraživanja ekonomski neopravdana. Zbog toga je predložen novi pristup istraživanju ležišta iz podzemnih rudarskih prostorija.

3. Istraživanje ležišta boksita iz podzemnih rudarskih prostorija

Prve ideje o istraživanju ležišta boksita iz podzemnih rudarskih prostorija u području Bešpelja dao je Ilić (1989) u koncepcijskome rješenju za istraživanje i otvaranje ležišta Bešpelj u rudnicima boksita Jajce. Metodologija je bila dobro postavljena, no zbog nepoznavanja stratigrafskih, a time i strukturnih odnosa neposredno uz kontaktnu plohu, praktična primjena tih metoda nije dala očekivane rezultate. Naime položaj kontaktne plohe, koja je jedina relevantna za pronalaženje ležišta, mijenja se po pružanju i zalijeganju od nagnute do strmo nagnute, uspravne do inverzne te se zbog toga istraživačko bušenje treba stalno prilagođavati njezinu strukturnom položaju. Posebno treba naglasiti da uspješnost takvih istraživanja nužno ovisi o stalnome geološkom kartiranju kontaktne plohe, odnosno podzemnih rudarskih radova (Hajsek, 2005; Galić et. al., 2006-1, 2006-2, 2008).

Podzemni rudarsko-istraživački radovi trebaju biti isplanirani tako da se izvode uz samu kontaktnu plohu te da se nakon pronađenoga ležišta mogu iskoristiti i kao eksploatacijski objekti. Nakon što geolog utvrdi položaj kontaktne plohe u odnosu na podzemni rudarski istraživački rad, pristupa se projektiranju istraživačkoga bušenja. Nužno je izvesti bušenje s jezgrovanjem.

Takav pristup rezultirao je pronalaženjem novih ležišta boksita iz podzemnih rudarskih radova i završetkom



Slika 2: Shematski prikaz strukturnoga položaja ležišta boksita (Budeš, 2009)

istraživanja ležišta koja su samo dijelom ustanovljena bušenjem s površine. (Dragičević et al., 2007; Galić et al., 2006, 2008).

3.1 Načini istraživačkoga bušenja iz podzemnih rudarskih prostorija

a) Bušenje prema dolje

Istraživačko bušenje prema dolje izvodit će se kada je kontaktna ploha u nagnutom i vertikalnome ili približno vertikalnome položaju. Tada će se s višega hodnika (780) bušiti prema nižemu (690) te će se pratiti kontaktna ploha kako je prikazano na **slici 3a i 3b**.

b) Bušenje prema dolje i prema gore

Istraživačko bušenje prema dolje i prema gore primijenit će se kada kontaktna ploha učestalo mijenja položaj po pružanju i zalijeganju te se pojavljuje u prevrnutome (inverznome) položaju. Ako se istraživački hodnik udalji od kontaktne plohe, onda je potrebno izraditi smjerni hodnik prema kontaktnoj plohi, a zatim vrijedi naprijed opisani način istraživanja (**slika 4**).

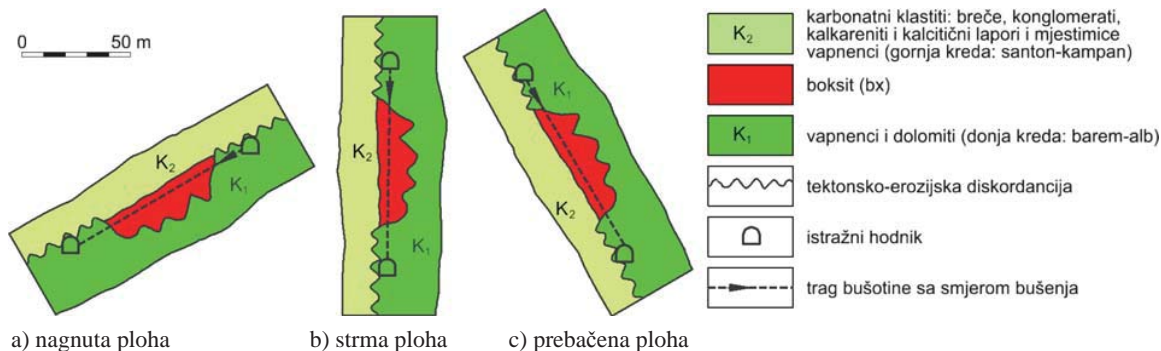
c) Bušenje prema gore

Bušenje prema gore koristi se samo u posebnim slučajevima, npr. kad nam je nepristupačan teren pa je onemogućeno bušenje s površine, ili je ležište bliže pod-

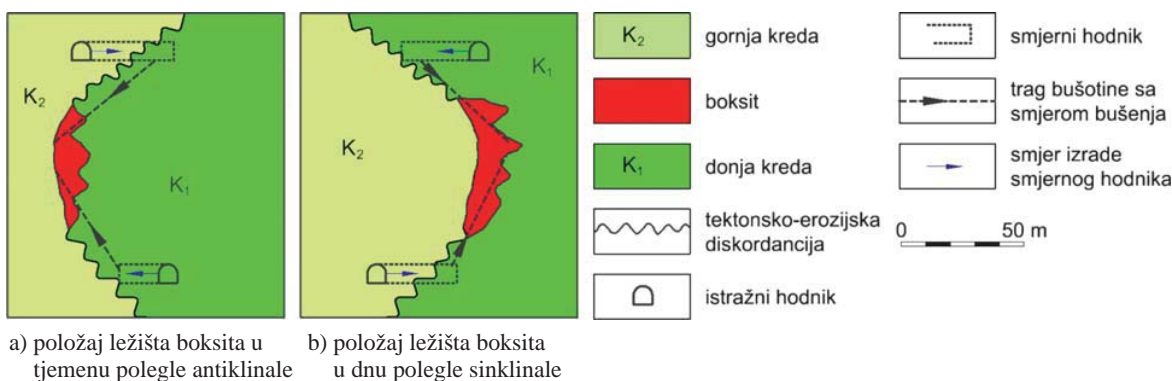
zemnim rudarskim prostorijama nego površini, ili nas sprječavaju imovinsko-pravni odnosi. U tim slučajevima imamo mogućnost da iz postojećih podzemnih rudarskih prostorija bušimo prema površini, kako je prikazano na **slici 5**.

3.2 Primjeri primjene novoga pristupa istraživanja ležišta boksita

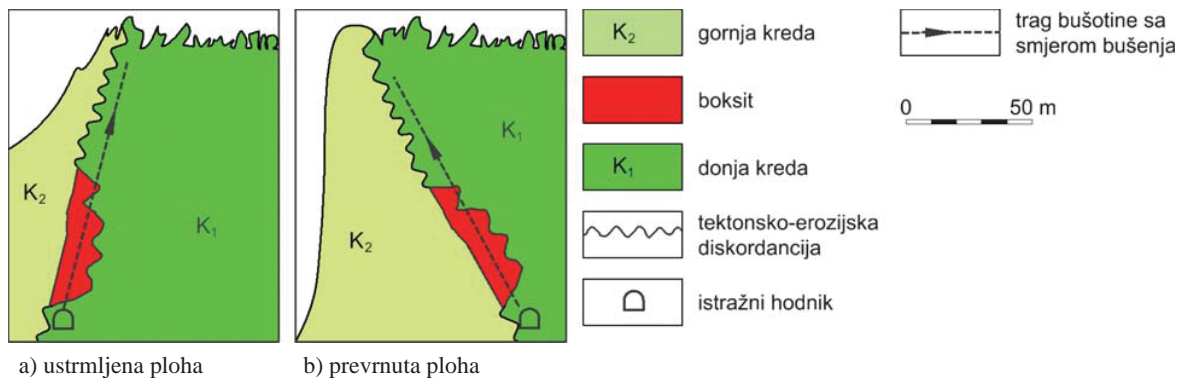
Do sada su na području Bešpelja istraživanja rađena isključivo bušenjem s površine terena. Daljnje bušenje s površine bilo bi krajnje neracionalno, jer bi u cijeni boksita troškovi za istraživanje iznosili i do 50 %. Kada bi se još uzeli troškovi jamske eksploatacije, krajnji rezultat bio bi nepovoljan i neekonomičan. Stoga je primijenjen novi pristup istraživanjima ležišta boksita, te su istraživanja nastavljena izradom potkopa i podzemnih hodnika kojima će se ujedno i otvarati rudnik. U svrhu istraživanja, a kasnije i otvaranja rudnika, izradili bi se potkopi na kotama 600, 690 i 780 m. Potkopi dolaze do kontaktne plohe, a zatim se ona slijedi istraživačkim hodnicima. Hodnici se mogu izvoditi ili u podini ili u krovini, ali što bliže kontaktnoj plohi. Kasnije, u fazi eksploatacije, istraživački hodnici imat će ulogu pripremnih hodnika, hodnika za transport i ventilaciju. Zbog toga su veličine i oblici hodnika prilagođeni modernoj mehanizaciji. Iz hodnika bi se radila istraživačka bušenja na svakih 40 metara, a komore za istraživačko bušenje izra-



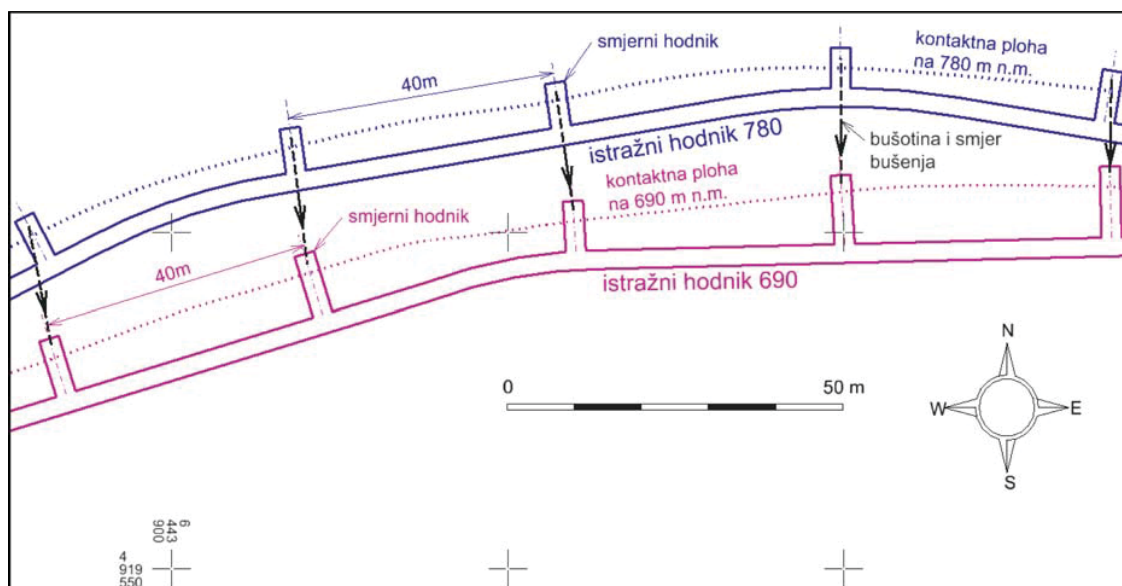
Slika 3: Shematski prikaz modela bušenja odozgo prema dolje (Budeš, 2009)



Slika 4: Shematski prikaz modela bušenja kada je istraživački hodnik udaljen od kontaktne plohe, bilo u podini bilo u krovini (Budeš, 2009)



Slika 5: Shematski prikaz modela bušenja odozdo prema gore (Budeš, 2009)



Slika 6: Shematski prikaz istraživačkih i smjernih hodnika (Galić et al., 2006)

dile bi se samo tamo gdje bi za to bilo potreba (slika 6). Veličina komora za istraživanje vrlo je bitna, jer se u njih moraju montirati garniture za istraživačko bušenje. No, ovdje se istraživanja mogu i dodatno racionalizirati ako se primijeni pristup integralnoga istraživanja cijeloga područja koji pretpostavlja da se istodobno istraži mogućnost postojanja i drugih mineralnih sirovina uz ležišta boksita, poput arhitektonsko-građevnoga kamena (Galić et al., 2015).

Primjer ležišta L-29

Rudnici boksita Jajce nastavili su istraživanja boksita u području Bešpelja te su u posljednjih desetak godina pronađena i okonturena nova ležišta. Istraživanja se provode kombiniranim metodama, izradom podzemnih prostorija i istraživačkim bušenjem iz hodnika koji se nalaze neposredno uz kontaktnu plohu. Izradom potkopa 780 i istraživačkih hodnika koji se nalaze na istoj razini pronađeno je ležište L-29 (slika 7). Ono je potpuno utvrđeno istraživačkim hodnikom, koji je izrađen uzdužno

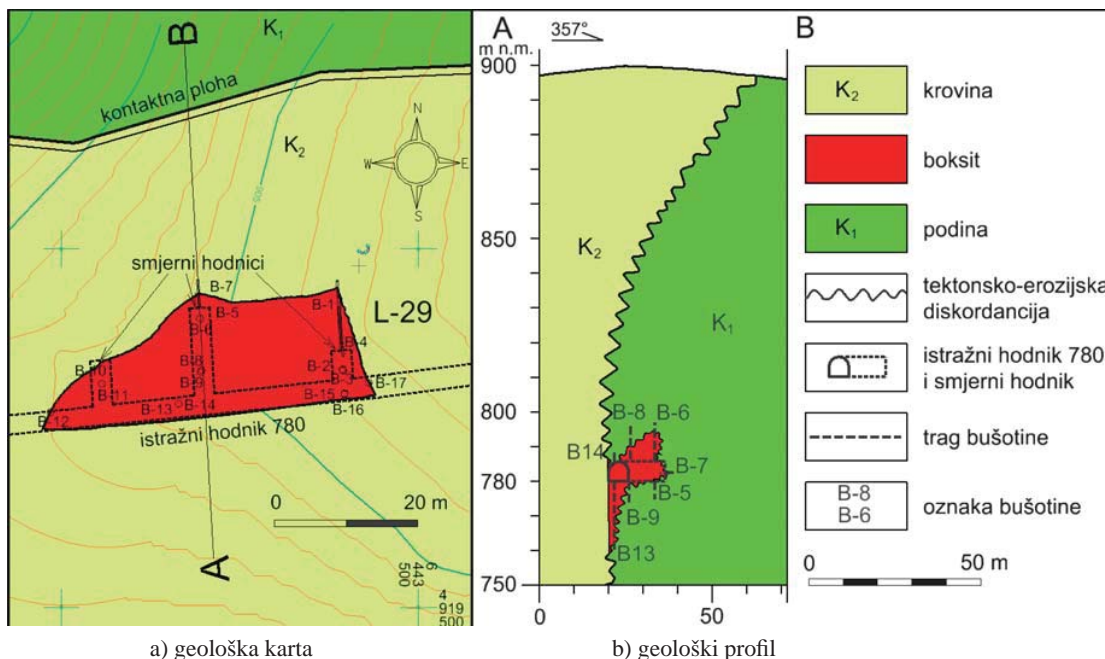
kontaktnu plohu, s tri smjerna hodnika okomito na istraživački hodnik te 17 istraživačkih bušotina koje su izrađene iz uzdužnih i smjernih hodnika, prema gore i dolje, s razine potkopa 780.

Ovaj primjer pokazao je kako je nužno raditi uzdužni hodnik uz kontaktnu plohu ili što bliže uz nju, jer se time povećava vjerojatnost pronalaženja ležišta boksita na razini jednoga potkopa ili između dvaju potkopa, ako ono zaista i postoji (Dragičević et al., 2007; Galić et al., 2008).

4. Očekivani rezultati

4.1 Model istraživanja ležišta boksita s površine

Osnovna je pretpostavka u ovoj analizi da prije početka istraživačkih radova nismo još utvrdili postojanje niti jednoga ležišta. Cilj je utvrditi postojanje ležišta boksita na području istraživanja i teorijsku vrijednost ukupnih troškova određenom metodom istraživanja. Uspored-



Slika 7: Primjer modela bušenja na ležištu boksita L-29 (Dragičević i dr., 2007)

bom troškova istraživanja proizići će učinkovitost metode istraživanja.

Da bi utvrdili učinkovitost istraživačkih radova, bilo s površine bilo iz podzemnih rudarskih radova, potrebno je odrediti ili dimenzionirati područje istraživanja (Haldar, 2013). Područje istraživanja, hipotetski, mora biti identično i za bušenje s površine i za istraživačke radove iz podzemlja. Budući da je boksitonosno područje Bešpelj dugačko preko 5 km, kao primjer za ovu analizu pretpostavljeno je područje koje zahvaća 2000 m duljine i 40 m širine. Ako se postavi pravilna mreža istraživačkih bušotina 40 x 40 m, dobit će se ukupan broj od 100 istraživačkih bušotina, koje je potrebno izbušiti s površine.

Osim dimenzioniranja područja istraživanja potrebno je odrediti i dubine (razine) do kojih će se izvoditi istraživački radovi s površine i iz podzemlja. Za ovu analizu određeno je da dubine bušenja budu: 90, 180, 270 i 360 m. Dubine bušenja prikladne su nadmorskim visinama na kojima će biti glavni hodnici.

Cijena bušenja na jezgru, s površine, iznosi prosječno 100 €/m³, do 200 m dubine. Cijena bušenja, s površine, povećava se s dubinom, i to 25 €/100m. Pri površinskoj istraživanju treba izraditi i prilazne ceste do mjesta bušenja. Cijena izrade prilaznih cesta iznosi 100 €/m³.

4.2 Model istraživanja ležišta boksita iz podzemnih rudarskih prostorija

Istraživanje iz podzemnih rudarskih radova izvodit će se iz hodnika koji će biti na razinama 780, 690, 600 i 510 m. Dimenzije područja istraživanja identične su kao i za istraživanja s površine. Duljina uzdužnih istraživačkih

hodnika ovisit će o razini do koje će se bušiti te će iznositi:

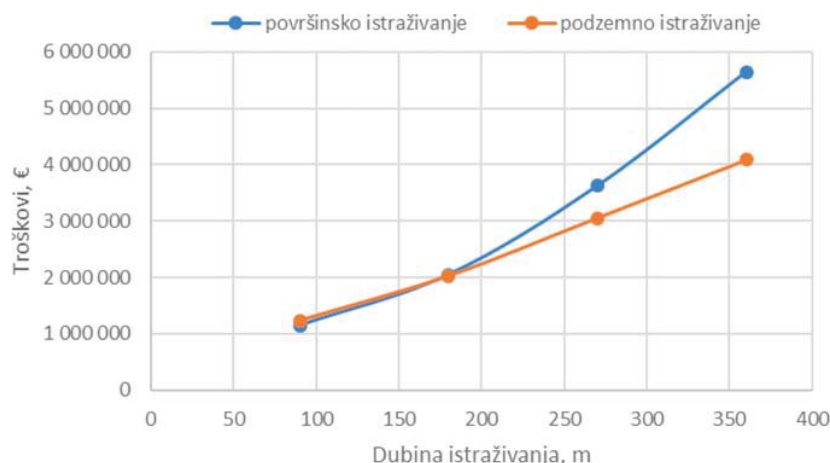
- 2600 m za hodnik 780
- 4100 m za hodnik 690
- 6200 m za hodnik 600
- 8300 m za hodnik 510.

Cijena izrade jednoga metra hodnika iznosi 400 €. Istraživačka bušenja planirana su na svakih 40 metara, uzduž hodnika, kao i kod površinskoga bušenja, ali samo u jednome redu, neposredno uz kontakt. Nepotrebno je raditi bušenje u drugome redu jer će se već iz poznavanja strukturnih i stratigrafskih odnosa uz kontaktnu plohu moći utvrditi postoji li ležište boksita na toj poziciji. Duljina bušenja iznosi oko 96 metara između dvaju potkopa, jer je nagib kontaktne plohe oko 70° te oko 96 m od razine 780 prema površini. Time će se praktično istražiti kontaktna ploha od razine 510 do površine terena (870 m nad morem) i utvrditi postoji li ležište boksita u tome području. Prema tome, bušenje će se izvoditi na 50 lokacija u duljini od ukupno oko 360 metara. Cijena bušenja jednoga metra na jezgru iz podzemnih rudarskih radova iznosi 40 €

No, u istraživanju iz podzemnih prostorija postoje i dodatni troškovi sadržani u izradi komora za bušenje. Komore za bušenje neće se izrađivati na svakoj poziciji bušenja, nego samo na potrebnim mjestima, gdje hodnici budu odmaknuti od kontaktne plohe. Pretpostavlja se da će u najnepovoljnijem slučaju biti potrebno izraditi 40 komora na četiri hodnika (780, 690, 600 i 510). Komore moraju biti dovoljno velike da u njih stane bušača garnitura. Za izradu 40 komora u duljini od 5 metara u prosjeku potrebno je izraditi 200 metara hodnika. Cijena izrade jednoga metra hodnika iznosi 400 €

Tablica 1: Ovisnost troškova o mjestu i dubini istraživanja

Dubina	Istražni radovi s površine						Istražni radovi iz podzemnih prostorija							
	Istražno bušenje			prilazne ceste			Ukupno	Istražno bušenje			podzemne prostorije			Ukupno
m'	duljina m'	cijena €/m'	trošak €	duljina m'	cijena €/m'	trošak €	€	duljina m'	cijena €/m'	trošak €	duljina m'	cijena €/m'	trošak €	€
90	9000	100	900000	2500	100	3E+05	1 150 000	4790	40	191595	2600	400	1040000	1 231 595
180	18000	100	2E+06	2500	100	3E+05	2 050 000	9580	40	383190	4100	400	1640000	2 023 190
270	27000	125	3E+06	2500	100	3E+05	3 625 000	14370	40	574786	6200	400	2480000	3 054 786
360	36000	150	5E+06	2500	100	3E+05	5 650 000	19160	40	766381	8300	400	3320000	4 086 381



Slika 8: Dijagram troškova površinskoga i podzemnoga istraživanja

4.3 Rezultati analize modela istraživanja ležišta boksita

Temeljem ulaznih podataka opisanih u modelima istraživanja napravljena je analiza troškova. Rezultati analize prikazani su u **tablici 1**.

Ukupni troškovi istraživanja pretpostavljenoga područja iz podzemnih rudarskih prostorija do dubine 180 m neznatno su veći od vrijednosti troškova istraživanja s površine. No, već s porastom dubine na 190 m troškovi istraživanja s površine premašuju troškove istraživanja iz podzemnih rudarskih prostorija.

S porastom dubine ležišta, odnosno duljine istraživačkih bušotina, iznad 200 m' jedinična cijena bušenja povećava se jer se povećava promjer uvedne kolone. Stoga se s porastom dubine iznos troškova istraživanja s površine znatno povećava u odnosu na istraživanje iz podzemnih prostorija, što je prikazano u **tablici 1** i na **slici 8**.

Nadalje, istraživačka bušenja s površine ne prate nagib kontaktne plohe te su stoga puno nepouzdanija od podzemnih istraživanja. Pri podzemnim istraživanjima, prostorije otvaranja i razrade ujedno su i priprema za eksploataciju ležišta te time predstavljaju veliku uštedu u ukupnim troškovima. Može se utvrditi da je nakon određene dubine istraživanja isplativije izraditi i podzemne prostorije od bušenja bušotina s površine.

5. Zaključak

Na eksploatacijskome polju Bešpelj izvodi se eksploatacija boksita već dugi niz godina, međutim dosad provedena istraživanja upućuju na to da se na tome području nalazi još vrijednih ležišta boksita. Mnogo godina detaljna istraživanja obavljala su se bušenjem s površine. Zbog zamršenih strukturnih geoloških odnosa, strmih do vertikalnih te prevrnutih (inverznih) položaja ležišta boksita, bilo je potrebno osmisliti novi pristup istraživanjima ležišta. Istraživačko bušenje s površine do dubokih ležišta boksita skupo je i neracionalno. Stoga je predložen novi pristup istraživanja koji obuhvaća izradu podzemnih rudarskih prostorija i istraživačko bušenje iz tih prostorija. Kontaktna ploha podine i krovine na ležištima boksita strma je, no promjenjivoga nagiba po pružanju i zalijeganju. Zato je uz izradu podzemnih rudarskih prostorija potrebno stalno izvoditi geološko kartiranje s ciljem daljnega usmjeravanja radova.

U radu prikazani koncept istraživanja izradom istraživačkih bušotina iz uzdužnih hodnika neposredno uz kontaktnu plohu daje veliku vjerojatnost pronalaska novih ležišta boksita. Analizom ekonomskih pokazatelja utvrđeno je da su troškovi istraživanja iz podzemnih rudarskih radova nominalno niži u odnosu na površinska istraživačka bušenja jer se dio troškova ubraja u pripremu za eksploataciju boksita. Predloženim pristupom

može se odrediti granična dubina istraživanja ispod koje je puno povoljnije istraživanje iz podzemnih rudarskih radova, čak i ako se podzemne prostorije izrađuju namjenski kao pripreme prostorije za istraživačko bušenje.

6. Literatura

- Bárdossy, G. (2013): Karst bauxites: Developments in Economic Geology 14. Elsevier, Amsterdam, 442 p.
- Budeš, I. (2009): Istraživanje boksita iz podzemnih rudarskih radova, diplomski rad, 27 str. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Crnoja, F. (2015): Geološki odnosi u boksitonošnom području "Poljane" kod Jajca (BiH) s posebnim osvrtom na ležišta boksita i arhitektonsko-gradevnog kamena, diplomski rad, 26 str. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Dragičević, I. (1981): Geološki odnosi u boksitonošnom području Jajca, magistarski rad, str. 65. Sveučilište u Zagrebu, Centar za postdiplomski studij, Zagreb.
- Dragičević, I. (1987): Paleogeografska evolucija rubnog dijela mezozojske karbonatne platforme Dinarida između Vrbasa i Bosne, disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Dragičević, I. & Velić, I. (1994): Stratigraphical position and significance of reef facies at the Northern margin of the Dinaric carbonate platform during the Late Jurassic and Cretaceous in Croatia and Bosnia. *Geologie Mediterranee*, Tome XXI, NO 3-4, 59-63, Marseille.
- Dragičević, I. (1997): The Bauxites of the Northern Margin of the Dinarides Carbonate Platform (Area of Jajce, Bosnia). 8th Internat. Congress of ICSOBA, Milan, April 16/18-1997, Travaux, ICSOBA, Vol. 24, 64-73, Milan.
- Dragičević, I., Nuić, J., Nuić, M. (2003): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenog boksita na ležištima: L-20, L-24, L-25, L-26, L-27, L-34 i L-35 u području Bešpelja (Jajce-BiH), Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Dragičević, I., Velić, I. (2006): Litostratigrafski odnosi ležišta boksita u području Bešpelj. *GEOECO.ing d.o.o.* p.30, Zagreb.
- Dragičević, I., Galić, I. (2007): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi crvenog boksita na ležištu L-29 u području Bešpelja (Jajce – BiH), Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Farkaš, B. (2006): Modeliranje boksitonošnog područja Vlasinje s konceptom novih istraživačkih radova, diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 62 str.
- Galić, I., Krasić, D. & Dragičević, I. (2015): Evaluation of research in a bauxite-bearing area on a locality „Crvene stijene“ with emphasis on exploitation of associated deposits. *Geologia Croatica*, Vol. 68/3, 225-236.
- Galić, I., Dragičević, I., Živković, S. A., Janković, B., Hajsek, D., Radovac, T., Kovacsics, A., József, H., Podanyi, T. (2006): Glavni rudarski projekt eksploatacije ležišta boksita u eksploatacijskom polju «Bešpelj», Zavod za rudarstvo i geotehniku, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Galić, I., Dragičević, I., Radovac, T. (2006): Primjena računalnih programa pri modeliranju površinskih i podzemnih kopova. //Međunarodni rudarski simpozij-mining 2006. Istraživanje, eksploatacija i prerada čvrstih mineralnih sirovina/ Žunec, Nenad; Horvat, Jasna; Bunić, Silvija (ur.), Grafika Hrašće, Zagreb, 126-139.
- Galić, I., Dragičević, I., Janković, B., Hajsek, D., Radovac, T., Kovacsics, A., Podanyi, T. (2008): Dopunski rudarski projekt eksploatacije ležišta boksita u eksploatacijskom polju «Bešpelj» (L-29), Zavod za rudarstvo i geotehniku, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Hajsek, D. (2005): Primjena računalnih programa pri modeliranju prostorija otvaranja, razrade i istraživanja u eksploatacijskom polju «Bešpelj», diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 46 str.
- Haldar, S.K. (2013): Mineral Exploration: Principles and Applications. Elsevier, Amsterdam, 334 p.
- Ilić, Z. (1989): Konceptijsko rješenje za istraživanje i otvaranje ležišta Bešpelj u rudnicima boksita Jajce, Rudarski institut Zemun.
- Marinković, R. i Ahac, A. (1975): Osnovna geološka karta, list Jajce. Geoinženjering, Institut za geologiju, Sarajevo.
- Papeš, J. (1984): Geološka karta boksitonošnih terena Liskovice, Bešpelja, Seoca, Crvenih stijena i Poljana, kod Jajca, M 1 : 25 000. Geoinženjering, Institut za geologiju, Sarajevo.
- Slanc, G. (2011): Utjecaj nagiba kontaktne plohe boksita i pratećih stijena na vrstu i raspored istraživačkih radova na području Bešpelja, završni rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 41 str.

Doprinosi autora

Ivan Budeš (tehnički rukovoditelj) – glavni doprinos u kreiranju modela podzemnih rudarskih radova u funkciji istraživanja ležišta boksita. **Ivo Galić** (izvanredni profesor) – glavni doprinos u suradnji pri izradi novoga pristupa i modela istraživanja ležišta boksita iz podzemnih rudarskih radova i komparativnoj analizi efikasnosti istraživanja s površine i iz podzemnih prostorija. **Ivan Dragičević** (profesor u mirovini) – glavni doprinos u definiranju geoloških odnosa u području istraživanja te suradnji pri izradi novoga pristupa i modela istraživanja ležišta boksita iz podzemnih rudarskih radova.