

Površinska eksploatacija boksita u Republici Hrvatskoj

Spajić, Sara

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:647514>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-03**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij rudarstva

POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA BOKSITA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Završni rad

Spajić Sara

R4886

Zagreb, 2024



KLASA: 602-02/24-01/20
URBROJ: 251-70-11-24-2
U Zagrebu, 13.09.2024.

Sara Spajić, studentica

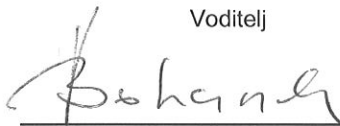
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-02/24-01/20, URBROJ: 251-70-11-24-1 od 21.06.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA BOKSITA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada izv.prof.dr.sc. Vječislav Bohanek nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj




(potpis)

izv.prof.dr.sc. Vječislav Bohanek

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:



(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Mario Klanfar

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:



(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)

POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA BOKSITA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Sara Spajić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Završni rad obrađuje površinsku eksploataciju boksita u Republici Hrvatskoj, s osvrtom na njegov postanak, vrste, primjenu u industriji te povijesni i suvremeni pregled eksploatacijskih polja. Boksit nastaje dugotrajnim trošenjem stijena u vlažnim i tropskim krajevima, jedan je od ključnih mineralnih sirovina na globalnoj razini. Koristi se u raznim industrijskim sektorima poput kemijske, cementne i naftne industrije te ima poseban značaj u proizvodnji aluminija. S obzirom na važnost u industriji, boksit je prepoznat kao kritična sirovina prema Critical Raw Materials Actu. Strateški je važan za zelenu tranziciju zbog prisutnosti rijetkih kemijskih elemenata neophodnih za razvoj moderne tehnologije. U Republici Hrvatskoj, boksit se pronalazi u raznim oblicima i bojama, kao i različitih geoloških starosti. U ovom radu dan je pregled eksploatacije boksita u Republici Hrvatskoj kroz povijest i danas, postojećih eksploatacijskih polja u Hrvatskoj, dok su aktivna eksploatacijska polja (EP Rovinj i EP Kruševo) detaljno analizirana. Zbog svojih karakteristika i relativno jednostavnog procesa eksploatacije, boksit se u Hrvatskoj eksploatira već stoljećima. Najstariji poznati rudnik boksita, Minjera, nalazi se upravo u Hrvatskoj, što boksitu daje status "nacionalnog minerala".

Ključne riječi: površinska eksploatacija, boksit, eksploatacijsko polje

Završni rad sadrži: 46 stranice, 3 tablice, 16 slika i 34 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr. sc. Vječislav Bohanek, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Vječislav Bohanek, izvanredni profesor RGNF

Dr. sc. Ivo Galić, redoviti profesor RGNF

Dr. sc. Stanko Ružičić, izvanredni profesor RGNF

ZAHVALA

Želim se zahvaliti mentoru, izv. prof. dr. sc. Vječislavu Bohaneku, dipl. ing., na strpljenju, posvećenom vremenu i stručnom vodstvu tijekom pisanja završnog rada, čime je omogućio da temu završnog rada kvalitetno razložim i sročim u strukturiranu cjelinu.

Hvala gospodinu Milanu Mihoviloviću i tvrtki Geo-5 d.o.o. na pomoći i ustupanju podataka o EP „Rovinj“. Također, zahvaljujem gospodinu Goranu Delimaru i tvrtki FASSA d.o.o. na pomoći i ustupanju podataka o EP „Kruševo“. Pruženi podaci omogućili su da na kvalitetniji način obradim temu završnog rada.

Posebno hvala mojim roditeljima, za bezuvjetnu podršku, strpljenje i razumijevanje koje su mi pružili tijekom studija.

SADRŽAJ

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | UVOD | 1 |
| 2 | MINERALOŠKE ZNAČAJKE..... | 2 |
| 3 | POSTANAK BOKSITA..... | 3 |
| 3.1 | LATERITNI BOKSITI..... | 4 |
| 3.2 | KRŠKI BOKSITI | 4 |
| 4 | BOKSIT U HRVATSKOJ | 9 |
| 4.1 | TERRA ROSSA | 10 |
| 4.2 | POVIJEST EKSPLOATACIJE..... | 11 |
| 4.3 | VRSTE BOKSITNIH LEŽIŠTA U HRVATSKOJ | 13 |
| 5 | EKSPLOATACIJSKA POLJA BOKSITA U HRVATSKOJ..... | 24 |
| 5.1 | BRISANA EKSPLOATACIJSKA POLJA | 24 |
| 5.2 | NEAKTIVNA EKSPLOATACIJSKA POLJA | 26 |
| 5.3 | AKTIVNA EKSPLOATACIJSKA POLJA | 29 |
| 6 | ZAKLJUČAK | 43 |
| 7 | LITERATURA | 44 |

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 2-1 Boksit, Punjab Mineral Development Corporation. | 2 |
| Slika 3-1 Osnovni tipovi tektonskih okoliša u kojima nastaju boksiti (D'argenio, B. & Mindszenty, A., 1995). | 6 |
| Slika 3-2 Karta ležišta boksita svijeta (Mineral Resources Program, 2014). | 8 |
| Slika 4-1 Ležišta i pojave aluminijskih ruda (Marković, 2002). | 9 |
| Slika 4-2 Geološki položaj ležišta boksita u dolini Mirne (Durn, Sakač, Šinkovec, 1994).11 | |
| Slika 4-3 Nalazišta boksita u porječju Kupe i Korane (Marković, 2002). | 14 |
| Slika 4-4 Presjek kroz jamske radove rudnika Visoka (Šušnjara i dr., 1990.). | 22 |
| Slika 5-1 Brisana EP (JISMS, 2024.). | 25 |
| Slika 5-2 MORLACCO- prezentacijski centar običaja, kulture i podneblja podvelebitskog kraja, (Morlacco 2022). | 26 |
| Slika 5-3 Neaktivna eksploatacijska polja (JISMS, 2024). | 27 |
| Slika 5-4 Aktivna eksploatacijska polja boksita (JISMS, 2024). | 30 |
| Slika 5-5 Satelitski prikaz područja EP "Kruševo" (JISMS 2024.). | 31 |
| Slika 5-6 Grafički prikaz eksploatacijskog polja boksita "Kruševo" i ležišta "Kruševo" M 1 : 30 000 (Krašić, 2013). | 34 |
| Slika 5-7 Satelitski prikaz EP "Rovinj" (JISMS, 2024). | 36 |
| Slika 5-8 Grafički prikaz poprečnog presjeka ležišta EP "Rovinj" (SPP, 2023) | 39 |
| Slika 5-9 Iskop, utovar i primarna prerada boksita (SPP, 2023). | 41 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica 5-1 Neaktivna eksploatacijska polja u Republici Hrvatskoj..... | 28 |
| Tablica 5-2 Prikaz utvrđenih rezervi EP "Kruševo"..... | 35 |
| Tablica 5-3 Utvrđene rezerve boksita u Istarskoj županiji. | 38 |

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I PRIPADAJUJH SI JEDINICA

| Oznaka | Opis |
|--------------------------------|--|
| Na | Natrij |
| K | Kalij |
| P | Fosfor |
| Cr | Krom |
| Pb | Olovo |
| S | Sumpor |
| Al(OH) ₃ | Aluminijev hidroksid |
| AlOOH | Bemit |
| Al ₂ O ₃ | Aluminijev oksid |
| SiO ₂ | Silicijev dioksid |
| t | tona |
| m | Metar |
| m n. m | Metara nad morem |
| č. m. | obujam u osnovnoj stijeni ("u sraslom") |
| t/g | Tona po godini |
| JISMS | jedinstveni informacijski sustav mineralnih sirovina |
| MINGO | Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i obrta |
| tgk | Tehničko-građevni kamen |
| EP | Eksploatacijsko polje |
| PK | Površinski kop |

1 UVOD

Boksit je rezidualna sedimentna stijena koja se najčešće nalazi u tropskim ili suptropskim regijama. Koristi se u kemijskoj, cementnoj i naftnoj industriji. Oko 85% boksita koristi se za proizvodnju aluminija, 8% za proizvodnju glinice, a 7% za abrazive, propanate i cement. Prema Critical Raw Materials Actu, boksit je uvršten na listu kritičnih mineralnih sirovina. Ovaj zakon donosi mjere za osiguranje snažnog i održivog lanca vrijednosti za kritične sirovine u EU, smanjujući ovisnost o uvozu i jačajući domaće kapacitete za eksploataciju, preradu i reciklažu. Boksit, kao ključna sirovina za proizvodnju aluminija, prepoznat je kao strateški važan za tehnologije potrebne za zelenu i digitalnu tranziciju (Europska komisija, 2023). U novije je vrijeme zanimljiv zbog rijetkih kemijskih elemenata neophodnih za razvoj i proizvodnju moderne tehnologije.

Nastaje dugotrajnim trošenjem stijena na površini Zemlje u vlažnim i tropskim krajevima. Na području Hrvatske nalazi se krški boksit u raznim oblicima, bojama te različite starosti (Trijas, Jura, Kreda, Paleogen i Neogen).

Boksit također nosi titulu „nacionalni mineral“. Razlog tome jest što se najstariji poznati rudnik boksita, Minjera, nalazi u Hrvatskoj. Ležišta boksita u dolini Mirne podno Sovinjaka otkrivena su u Srednjem vijeku.

Obično se nalazi blizu površine te se može ekonomski eksploatirati isplativo. Zbog stalnog porasta potražnje industrije prema aluminiju i stalnom porastu ekološkog pritiska, važno je nakon završene eksploatacije okoliš vratiti u izvorno stanje flore i faune.

U završnom radu opisan je postanak boksita, njegove vrste, primjena u industriji te je dan pregled eksploatacije boksita u Republici Hrvatskoj kroz povijest i danas. Pored toga dan je pregled postojećih eksploatacijskih polja u Republici Hrvatskoj dok su aktivna eksploatacijska polja opisana detaljno.

2 MINERALOŠKE ZNAČAJKE

Naziv „boksit“ potječe iz krškog reljefa na južnom dijelu Francuske, mjesta Les Baux. Prvi ga je upotrijebio francuski kemičar Pierre Berthier 1821. godine za glinoviti sediment pronađen na tom području (Valeton, 1972). Boksit je crveno-smeđi mineralni agregat, primarna ruda iz koje se dobiva aluminij. Pretežito sadrži minerale iz skupine aluminijevih hidroksida i hidroksida željeza.

Po kemijskom sastavu, boksit je polikomponentna sirovina, predstavlja skupinu minerala koji tvore kompaktnu stijenu ili meki materijal. Boksit je primarna ruda iz koje se dobiva aluminij. Osim aluminija (Al), prema Doliću, sadrži do 42 kemijska elementa među kojima su najčešći: natrij (Na), kalij (K), fosfor (P), krom (Cr), olovo (Pb) i sumpor (S) (Slovenec, 2011).

Aluminij je prisutan u obliku aluminijevih hidroksidnih minerala gibbsita $\text{Al}(\text{OH})_3$, bemita (AlOOH), dijaspora i rijede amorfno alumogela $\text{Al}(\text{OH})_3$. Uz njih redovito sadrže promjenjive količine kaolinita, haloazita, kvarca, aluminijevih klorita, hematita i getita.

Ovisno o količini i vrsti prisutnih minerala mijenja se boja boksita. Varira od bijele, sive, smeđe do crvene boje. Ako ne sadrži okside i hidrokside željeza ili fino raspršen pirit, boksit je bijele ili prljavobijele boje. Od fino raspršenog getita je žut, ako sadrži hematit je ciglastocrven, a od fino raspršenog pirita je siv (Slovenec, 2014). Najčešće imaju finu zrnatu strukturu, kompaktni su i nepravilnog loma. Ponekad mogu biti i oolitični sa zaobljenim zrnima ugrađenim u glinovitu osnovu. Geološki stari boksiti su vrlo tvrdi, dok su mlađi pretežno mekani. Tvrdoća po Mohsovoj ljestvici u rasponu je od 2 do 8. Na **slici 2-1** prikazan je boksit.



Slika 2-1 Boksit, Punjab Mineral Development Corporation.

3 POSTANAK BOKSITA

Proces boksitizacije, odnosno proces postanka aluminijskih hidroksida, veže se uz hidrolizu minerala glina, većinom kaolinita, za što je potreban ishodišni materijal tj. minerali glina i velika količina vode kako bi se procesom desilicifikacije uklonio silicij (Si). Matični materijal za postanak krških boksita može potjecati dijelom od sitnog materijala eolskog podrijetla, a dijelom i od netopivog ostatka vapnenaca i dolomita.

Boksit nastaje raspadanjem stijena prilikom kojeg se mineralna tvar po sastavu ne mijenja već se mehanički razlaže, transformira, taloži i litificira te se tako formira sedimentno ležište. Sedimentno ležište boksita također može nastati izlučivanjem rudače iz vodenih otopina.

Boksiti nastaju i nalaze se u različitim geološkim uvjetima:

- na intenzivno kemijskim trošenim silikatnim stijenama (magmatitima i metamorfitima) u uvjetima tropske vlažne klime pa ih nazivamo lateritnim ili silikatnim boksitima,
- in situ kemijskim trošenjem na karbonatnim stijenama. Tada ih nazivamo krškim ili karbonatnim boksitima i,
- Tikhvin-tip boksita koji su produkt erozije laterita.

Prema Bardossy (1982) čak 88% ležišta boksita u svijetu pripada lateritnim boksitima, 11% krškim boksitima, a Tikhvin-tipu boksita samo 1%.

3.1 Lateritni boksiti

Ležišta lateritnog boksita nastaju u vlažnim i tropskim uvjetima na povišenim područjima na kojima dolazi do jake cirkulacije meteorskih voda kroz stijene bogate aluminijem (šejlovi, dijabazi i sijeniti) koje odnose sve komponente osim aluminija. Zbog vladanja uvjeta povišene temperature i jakog izluživanja meteorskim vodama u stijenama dolazi do procesa desilicifikacije pri čemu se izlužuje silicij. Aluminij-oksidi se talože u obliku hidroksida koji kristalizira u obliku minerala gibbsita.

Zonalnu građu lateritnih profila uzrokuje migracija aluminija. Glinoviti laterit nalazi se uz nepromijenjenu matičnu stijenu na dnu, sa slabom cirkulacijom vodom. U srednjem dijelu profila je zona obogaćenja alumohidroksidima. Na površini se nalazi zona od getita i hematita koji daju crvenkastu boju. Matične stijene bogate su aluminijem, silicijem i željezom.

U ležištima lateritnog tipa nalazi se oko 90% svjetskih rezervi boksita.

3.2 Krški boksiti

Krški boksiti prevladavaju u karbonatnim stijenama, u podini se većinom nalaze vapnenci ili dolomiti. Rudna tijela boksita nastaju zapunjavanjem krških udubljenja što uzrokuje čest nepravilan, lećast oblik, rijetko slojevit. Veličina rudnih tijela varira od onih vrlo malih sve do rudnih tijela s nekoliko više milijuna tona boksita.

Geneza krških boksita nije jednoznačno definirana kao što je definirana geneza lateritnih boksita.

Prema D'argenio i Mindszenty (1995), subaersko izlaganje pogodno za boksitizaciju na karbonatnim naslagama je gotovo uvijek rezultat tektonski kontroliranog uzdizanja i popratnog relativnog pada razine mora, koji se može ili ne mora podudarati s niskim eustatičkim događajem.

Podinske i krovinske stijene ležišta boksita stratigrafski i mineraloški se bitno razlikuju. Na njihovom kontaktu javlja se hijatus, odnosno stratigrafska praznina ili prekid taloženja. Ova pojava značajno olakšava istraživanje ležišta boksita, jer hijatus omogućava jasnu identifikaciju granice između boksitnih naslaga i okolnih stijena, čime se olakšava precizno mapiranje i procjena količine mineralnih resursa.

Odnos krovine i podine može biti:

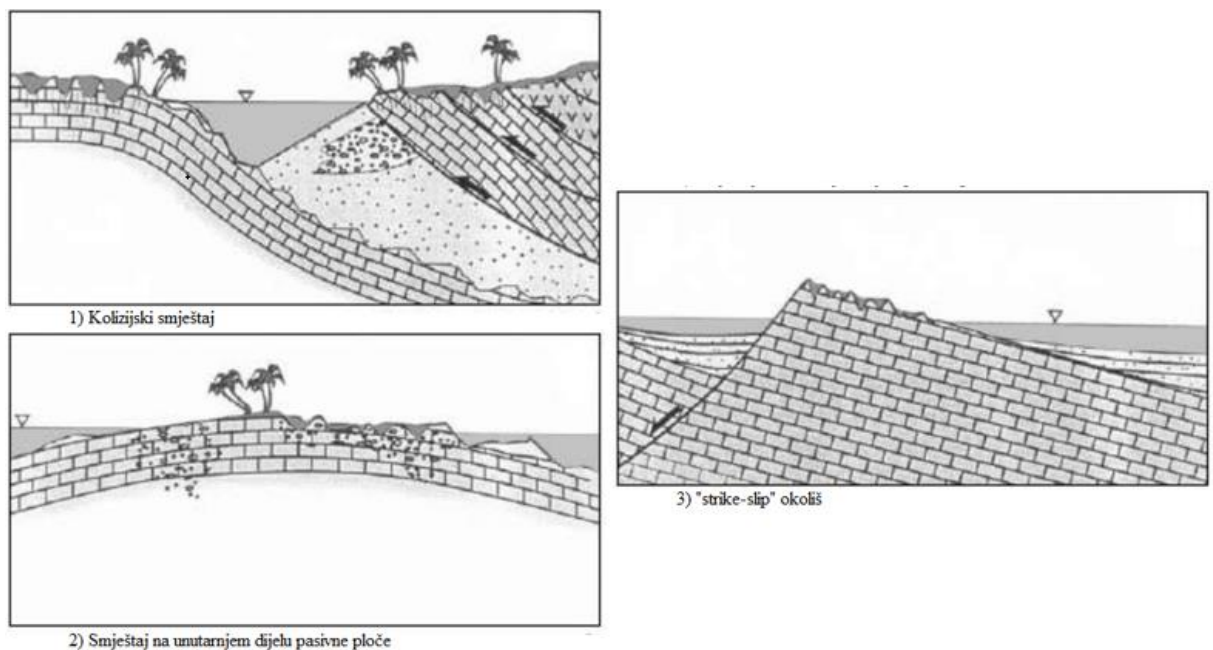
- eustatički kontroliran – Podina boksita često je erozijski diskordantna, što znači da postoji prekid u sedimentnim naslagama uslijed erozije. Litofacijes krovine ne razlikuje se značajno od litofacijesa u podini. Krovina je stabilnija i sličnija podini, a krški reljef je uglavnom nizak;
- i tektonski kontroliran – Javlja se tektonsko-erozijska diskordancija, tj. erodirani kontakt tektonski poremećenih starijih stijena u podini. Litofacijes krovine pokazuje značajne promijene u odnosu na podinu. Krški reljef je visok.

Krški boksiti nastali su za vrijeme kopnene faze postanka, to je tzv. emerzijska faza odnosno povlačenje mora te izdizanje kopna. Emerzijska faza se dogodila na području cijele Jadranske karbonatne platforme. Uzdizanje karbonatne platforme rezultiralo je izlaganjem velikih površina kopnu, čime su stvoreni uvjeti za intenzivno trošenje karbonatnih stijena i akumulaciju boksitnih minerala te je omogućeno stvaranje brojnih boksitnih ležišta.

Krški boksiti nastaju u tri osnovna tipa tektonskih okoliša:

- Kolizijski smještaj – Ovaj okoliš nastaje na izloženim ili erodiranim vrhovima navlaka ili savijenih "fore-bulges";
- Unutrašnji dio pasivne ploče – Boksiti se formiraju uslijed promjene u međuplošnom stresu unutar pasivnih ploča;
- "Strike-slip" okoliš – Boksiti se formiraju na mjestima gdje dolazi do uzdizanja uslijed transpresije ili na vrhovima rasjednim kontaktom ograničenih blokova (Durn, Ak. god. 2022./2023).

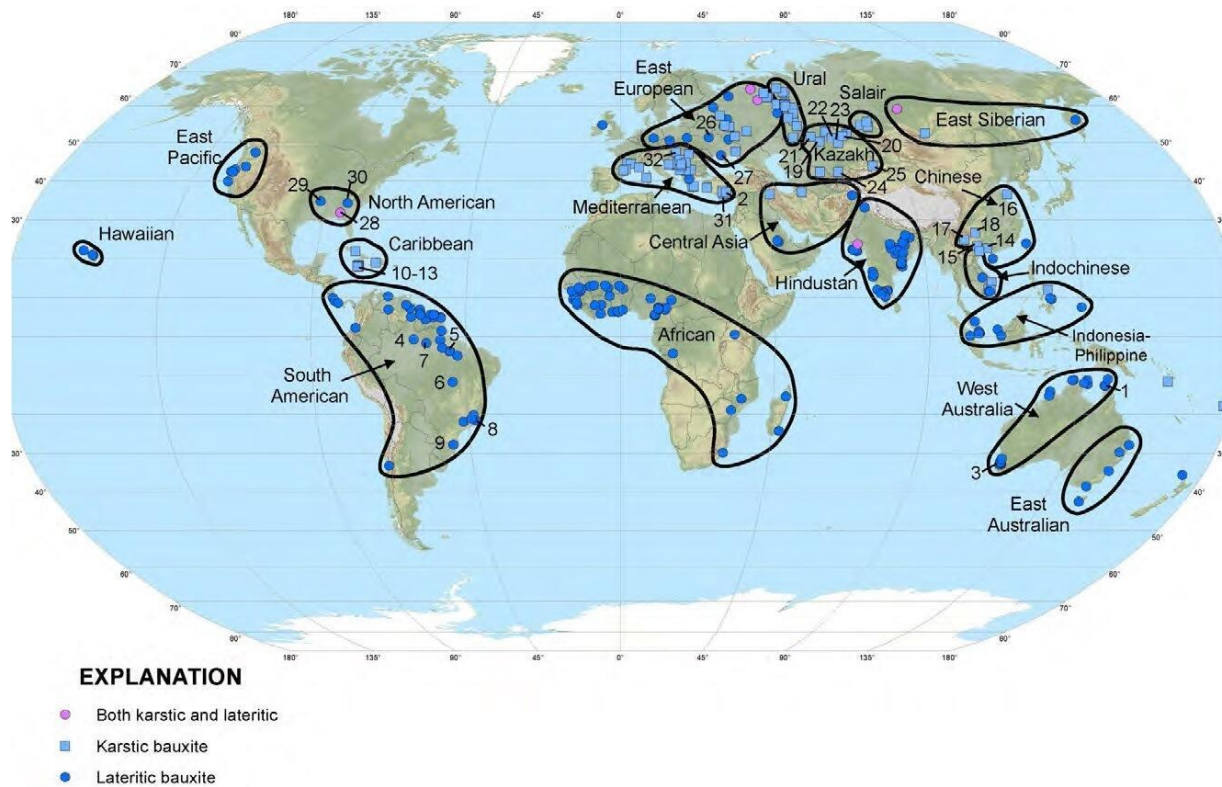
Na **slici 3-1** prikazani su osnovni tipovi tektonskih okoliša u kojima nastaju boksiti.



Slika 3-1 Osnovni tipovi tektonskih okoliša u kojima nastaju boksiti (D'argenio, B. & Mindszenty, A., 1995).

Jasno je da su nastali kemijskim trošenjem aluminosilikatnog materijala u tropskim humidnim uvjetima, ali taj materijal može imati različito porijeklo. Prema Šinkovec (1988) postoje različite pretpostavke o podrijetlu ovih minerala:

- ishodišni minerali predstavljali su primjese u matičnim karbonatnim stijenama; otapanjem karbonatnih stijena ti minerali stvaraju na površini sloj poznat kao terra rossa (zemlja crvenica), koji procesima lateritizacije prelazi u boksit;
- ishodišni minerali su produkti površinskog trošenja okolnih aluminosilikatnih stijena koji su vodom ili vjetrom preneseni na karbonatno područje;
- moguće je da je ishodišni materijal vulkanski pepeo donesen vjetrom.



Slika 3-2 Karta ležišta boksita svijeta (Mineral Resources Program, 2014).

Na **slici 3-2** vidljivo je da se boksitna ležišta pronalaze nejednoliko raspoređena diljem svijeta. Najveće rezerve nalaze se u Gvineji, Australiji, Jamajci i Brazilu. Akumulacije velikih količina boksita lateritnog tipa mogu se pronaći na području Australije, Kariba, Gvajane, Brazilskog štita, Južne Amerike, i u zapadnoj Africi.

Krških boksita ima u mediteranskim zemljama (Francuska, područje bivše Jugoslavije, Grčka i Turska), te u Mađarskoj gdje su oni mezozojske i tercijarne starosti, zatim Rusija (paleozojske i mezozojske starosti), a najmlađa i najveća ležišta nalaze se na Jamajci (Nuić, J., Galić, I., Živković, S., 2010). Ležišta boksita nalaze se i u Hrvatskoj, uglavnom u Istri i u Dalmaciji. Prema postanku, ležišta koja se pronalaze u Hrvatskoj su krški boksiti.

4 BOKSIT U HRVATSKOJ

Zbog široke rasprostranjenosti ležišta i pojave aluminijeve rude u Hrvatskoj boksit nosi naziv „nacionalni mineral“. Počeo se otkopavati već u 16. stoljeću, desetljećima je bio naša najtraženija kovinska ruda, otkopavana u Istri i Dalmaciji u velikim količinama. **Slika 4-1** prikazuje ležišta i pojave aluminijevih ruda u Republici Hrvatskoj



Slika 4-1 Ležišta i pojave aluminijevih ruda (Marković, 2002).

Boksitna rudišta nalaze se u Kordunu i okolnim područjima, u Lici, Istri, Bukovici, Promini i Moseću, od Sinja do Imotskog, a u novije vrijeme mineraloški zanimljive pojave otkrivene su i u našim sjevernim krajevima: u Ravnoj Gori, Papuku i Krndiji. Nije stoga neobično da je boksit istraživan vjerojatno više negoli ijedna druga ruda u Hrvatskoj, a rezultati tih istraživanja, osim praktične vrijednosti u obliku pronalaženja novih ležišta, od najstarijih vremena našli su svoje mjesto i u svjetskoj literaturi (Marković, 2002). Poznata „teorija terra rossa“ o postanku nekih boksita otkriće je hrvatskih znanstvenika F. Tućana i M. Kišpatića 1912. godine.

4.1 Terra rossa

Terra rossa, je crvena zemlja, tzv. crvenica koja se nalazi razvijena na karbonatnim stijenama, vapnencima i dolomitima. Sastavljena je uglavnom od glinovitog materijala, koja je adsorbirala toliko željeznoga oksida i hidroksida, da je od njih dobila crvenu boju, pa je u znanstvenoj literaturi zovu najviše talijanskim imenom terra rossa (zemlja crvenica). Nastaje, kao i boksit, otapanjem vapnenaca i dolomita, pa je s boksitom u najužoj genetskoj vezi. Zato se u njoj mogu naći minerali koji se nalaze i u boksitu.

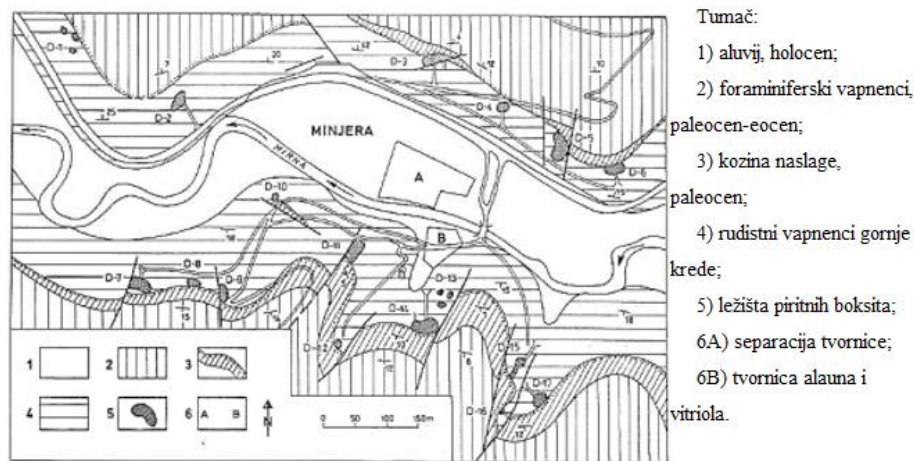
Za krajeve našega krša vrlo je važna, jer je jedino plodno tlo, na kojem uspijevaju biljke. Vapnenci i dolomiti mogu sadržavati 0,5% u vodi netopljivih mineralnih tvari. Voda (u zajednici s ugljikovim dioksidom) otapa ove stijene pretvarajući ih u kalcijski i magnezijski kiseli karbonat. Te karbonate odnosi voda, a ostaju neotopljene one mineralne tvari, kojih je bilo u vapnencima i dolomitima oko 0,5%. Zbog ovako malih količina, potrebno je dugotrajno vrijeme i da se otope goleme količine vapnenaca i dolomita, kako bi nastala crvenica. Ovako nastalu crvenicu lako raznose vjetrovi te je nanesu vode u šupljine, propuklice, udoline, ponikve, dulibe i doce, gdje se sabira kao tlo, a iza nje ostaju gole stijene vapnenca i dolomita. Zato su krajevi našega krša pretežno goli (F. Tućan, 1914).

Durn (1996) je utvrdio da je terra rossa koja se danas može naći u Istri poligenetsko tlo stvarano do kraja pleistocena u razdobljima mediteranske do subtropske klime. Procesima erozije i pretaložavanja u ishodišno lesni materijal su ukomponirani (1) stara tla tipa terra rosse koja je u području Istre mogla nastati iz neotopljenog vapnenca, dolomita i fliša (naslage u kojima se izmjenjuju škriljavi peliti ili lapori s pješčenjacima) u miocenu, pliocenu i starijem pleistocenu i (2) boksiti jurske i paleogenske starosti.

Dominantni minerali u terra rossi su kaolinski minerali, ilitični materijal i amorfnu anorganska komponenta. Crvena boja potječe od fino raspršenog hematita i getita koji su, kao i dio kaolinita, pedogenetske tvorbe, tj. nastali su u samom tlu.

4.2 Povijest eksploatacije

Eksploatacija boksita na području Hrvatske započinje u 16. stoljeću kraj Sovinjaka u dolini Mirne jugozapadno od Buzeta, na lokalitetu zvanom Minjera (tal. *Miniera* = rudnik). Rudnici su ondje otvoreni još u 16. stoljeću i do danas ih je, zajedno s tragovima nekadašnje tvornice za tehnološku preradbu, očuvano desetak. Iz njih je eksploatiran piritni boksit za dobivanje sumporne kiseline. Zagrijavanjem smjese u tvornici dobivao se čisti alaun ili stipsa. Do danas su to najstariji poznati rudnici boksita u Europi, a neka ležišta su mogla imati zalihe veće od 20 000 t. **Slika 4-2** prikazuje geološki položaj ležišta boksita u dolini Mirne.



Slika 4-2 Geološki položaj ležišta boksita u dolini Mirne (Durn, Sakač, Šinkovec, 1994).

Ležište čine brojna manja ležišta boksita koja su tijekom godina istraživana i eksploatirana, a spoznaje o njihovoj građi, sastavu i postanku su postupno nadograđivane. U drugoj polovici 20. stoljeća detaljno su istražene podinske i krovinske naslage te mineralni sastav boksita (Durn, Sakač, Šinkovec, 1994). Utvrđeno je da se u erodiranoj podini nalaze naslage cenomanskih rudistnih vapnenaca, dok krovinu boksita čine paleocenski slatkovodno-brakični vapnenci s gastropodima i biljem. Sami boksiti su intenzivno piritizirani i dominantno su sive boje, a nastali su procesima akumulacije materijala tijekom emerzijske faze, kojom je ovo područje bilo izloženo od cenomana do paleocena (Durn, 2003).

Minjera se prvi put spominje novigradski biskup Giacomo Filipo Tommasini 1646. godine kao prostor na kojem su se osamdesetak godina ranije vadile veće količine vitriola.

Vrhunac rudarske aktivnosti Minjera doživljava krajem 18. stoljeća. Zahvaljujući mletačkom poručniku Pietru Turiniju koji je izgradio golem pogon za preradu rude.

Velik doprinos Minjeri dao je mletački znanstvenik svjetskog značaja, profesor Giovanni Arduino, osmislivši gotovo sve novine u proizvodnom procesu Minjere (Nežić, 2015). Turini je 1808. godine objavio opsežan rad u kojem detaljno navodi svojstva piritiziranog boksita, kojeg naziva „pirite“, kao i tehnološki postupak njegove prerade u Minjeri. To je prvi znanstveni opis (piritiziranog) boksita, a Minjera je najstariji rudnik boksita u svijetu (Sakač, Marušić, Vujec, 1993).

Turinijev se rad, u novije vrijeme, smatra prvim stručnim radom u kojemu je boksit znanstveno obrađen.

Boksit se po pravilu pridobivao isključivo jamskim odnosno podzemnim načinom. Jamska eksploatacija tada je imala prednost nad površinskom, dok su se rudarski rad obavljali ručno. Konfiguracija terena omogućavala je uspješno otvaranje ležišta potkopom koji je tada služio za izvoz rude i odvodnjavanje rudnika, te je takav način eksploatacije također bio povoljan zbog sklonosti pirita brzom razgradnji oksidacijom i hidratacijom. Bilo je dakle potrebno podzemnim radom doći do nedirnuto, krovinskim naslagama zaštićenog piritnog boksita (Sakač, Marušić, Vujec, 1995). Svi istražni potkopi istog su poprečnog profila, a imali su i funkciju pripreme. Na trinaest od sedamnaest otkrivenih ležišta ti se istražni kopovi još dobro vide. Dužine su od nekoliko metara do više desetaka metara (Sakač, Marušić, Vujec, 1995).

4.3 Vrste boksitnih ležišta u Hrvatskoj

Ležišta boksita u Hrvatskoj postankom se dosta razlikuju, a to se odražava u načinu njihova pojavljivanja, veličini ležišta, mineralnom sastavu i kvaliteti. Prema postanku ležišta boksita i boksitičnih sedimenata na terenima RH mogu se pojednostavljeno svrstati u tri skupine:

- Ležišta boksita, glinovitih boksita, boksitičkih glina i glina trijasko starosti (Slunj, Lika), potom jurska, pa i neogenska (Tounj, Peruća, Trilj);
- Boksiti starijeg paleogena (Istra, otoci, Dalmacija) i mlađe palogenske starosti (Dalmacija) izdvaja se prema postanku kao posebnu skupinu i svrstava u boksiti „tip terra rossa“ (zemlja crvenica);
- Boksitička ležišta nastala mehaničkim putem – pretaloživanjem drugih ležišta. Najčešće je riječ o beznačajnim nalazištima koja su slabo izražena, a poznatija od ostalih su ona pronađena unutar Promina naslaga (Drniš, Studenci) (Dolić, 2015).

4.3.1 Sjeverna Hrvatska

Na sjeveru Hrvatske, male boksitne tvorevine zabilježene su na području Ravne gore, Papuka i Krndije.

Jedino značajnije nalazište nalazi se na južnoj strani Ravne gore na prevrnutom kontaktu anizičkih vapnenaca. Debljina rudnog tijela na izdanku iznosi 0,75-1,5m i pretpostavlja se da je moguće njegovo zadebljanje u dubini. Boksiti su slični boksitima Slovenije.

Manja nalazišta boksitičnih materijala uočena su u Krndiji, SI od Borovika. To je najmlađa boksitična tvorevina s krovinom otkrivena u Hrvatskoj.

U široku prostor na sjeveru omeđenim linijom Bosanci-Duga Resa- Vojnić, na jugu cestom Tounj-Slunj, do izvora Slušnice (Slunjšice) otkrivena su ležišta boksita nastala u različitom vremenu: tijekom gornjeg trijasa, gornje krede, neogena te boksitične gline nastale u starijem kvartaru.

Trijaski boksiti

Glinoviti boksiti trijaskе starosti nađeni su u okolini Slunja, a najpoznatija ležišta nalaze se kraj Kokireva sjeveroistočno od Vojnića, uz Koranu kod Veljuna i Blagaja, potom sjeverno na Marindolskom brdu, te kod Obajdina, Broćanca i Furjana jugoistočno od Slunja.

Starost ležišta većinom nije moguće dokazati te su promjenjivog litološkog sastava. Uglavnom se sastoje od glinovitog boksita s proslojcima i ugljena. Duljinom i širinom su manji od ličkih ležišta, a dubina može biti veća od 10 m.

Na **slici 4-3** prikazana su ležišta gornjotrijaske, gornjokrede i neogenske starosti u području Kupe i Korane.



Slika 4-3 Nalazišta boksita u porječju Kupe i Korane (Marković, 2002).

Gornjokredni boksiti

Gornjokredni boksiti utvrđeni su na području međurječja Kupe, Dobre i Mrežnice zapadno od Duga Rese i u Kordunu sjeverno od Veljuna. U mineralnoj genezi utvrđeni su bemit, hematit, kaolinit, hidragilit, pirit, getit i anatas. Boja je najčešće svijetlosmeđa do žuta ili blijedoružičasta do crvena. Ležišta se nalaze u obliku manjih leća ujednačene debljine, tako da nemaju gospodarske vrijednosti, a otkopavana su jedino kraj Frketića.

Neogenski boksiti

Jugoistočno od Tounja, nalaze se četiri ležišta neogenskih boksita. Ležišta su duljine izdanka 40-80 m, širine do 20 m, dok debljina rudnih tijela nije utvrđena. Lako se drobe, vrlo su mekani, crvene, smeđecrvene ili žučkasto-crvene boje. Spadaju u skupinu glinovitih boksita, koji je ispresječen brojnim žicama getita (Marković, 2002). Interesa za eksploataciju ove vrste boksita nije bilo.

Pleistocenski boksiti

Na području južno od Vukove Gorice, u okolici Bosiljeva i Bosanaca pojavljuju se glinoviti boksiti i boksitične gline za koje se smatra da su nastale u pleistocenu.

4.3.2 Lika i Kninsko područje

Boksitna ležišta Like na početku su smatrana nalazištima loše, glinovite željezne rude na Velebitu (Debeljak, Grgin brijeg, Vrace) i na ostalim lokacijama u Lici (Mazin, Rudopolje, Kijani). Tek je mineraloškim istraživanjem ležišta Grgin brijeg 1912. godine utvrđeno da se radi o boksitnim ležištima (s iznimkom ležište Debeljak).

Smatra se da su ležišta boksita u vrijeme emerzije nastajala in situ, lateralizacijom kaolitnih glina.

Geološki, ali ne i gospodarstveno zanimljiva i malobrojna ležišta boksita nalaze se u kninskom području, na Debelom brdu, sjeverozapadno od Knina.

4.3.3 Dinara i Svilaja

Na području Dinare i Svilaja vrlo su rijetka boksitna nalazišta. S obzirom da nisu gospodarski vrijedna, nalazišta nisu detaljno istraživana.

Boksiti koji se nalaze u prostranstvima Dinare i Svilaja mogu se podijeliti u tri skupine:

- Trijasko boksitične stijene,
- Donjokredni boksiti – sjeverno od Kijeva, na sjeveroistočnim padinama Kozjaka te u Crvenim gredama i oko Velikog i Malog Lupoglava na Dinari i
- Boksiti na granici donje i gornje krede – na erozijsko-transgresivnoj granici donjokrednih vapnenaca i vapnenačko-dolomitnih breča zabilježene na Dinari i Svilaji. Više povezanih izdanaka boksita pronađeno je poviše Ogorja te u blizini granice s vapnenačko-dolomitnim brečama (Marković, 2002).

4.3.4 Istra

Najpoznatija i najveća ležišta jurskih boksita nalaze se u zapadnoj Istri između Poreča i Rovinja (rezerve preko 5 milijuna tona). Korišteni su u proizvodnji cementa i u aluminijskoj industriji.

Boksiti se u Istri pojavljuju u dva stratigrafska horizonta. Sjeverno i južno od Limskog kanala razvijeni su unutar jurskih naslaga. Glavna istraživanja i rudarenja oduvijek su bila usmjerena na mlađe boksite, kojih se može naći od Umaga, do Oprtlja i preko Pazina do Labina i Barbata, u području Učke i sjeveroistočno od Pule (Marković, 2002).

Jurski boksiti

Jurski boksiti u Istri poznati su još od 1926. godine. Do sada je poznato pet većih boksitnih ležišta (Funtana, Bralići, Gradina, Kloštar, Rovinj), a na više mjesta je pronađen u tragovima. Boksit je crvenosmeđe boje, isprutan je brojnim žilama i skramama te manjim nakupinama bijeloga boksita. Ruda je masnog sjaja, lomi se oštroidno ili školjkasto, a na zraku se intenzivno raspada.

Jurskim boksitima pripadaju ležišta Funtana, Gradina, Kloštar i Rovinj. Ležište Rovinj nalazi se 3km sjeveroistočno od Rovinja te je najveće do danas poznato istarsko boksitno ležište, pretpostavlja se da na površini od 400 m x 300 m ima zalihe ruda veće od 2 milijuna tona. Glavninu ležišta čini glinoviti boksit. Ukupne zalihe istarskih jurskih boksitnih ležišta iznose više od 5 milijuna tona.

Kredno-paleogenski boksiti

Kredno-paleogenskih boksita može se naći sjeverno od Buja, sjeverno od Oprtlja, na području Učke, na jugu u predjelu Diminića te nedaleko od Pule.

Glavnina se ležišta nalazi u zoni koja počinje istočno od Umaga i pruža se prema jugoistoku, gdje u prostoru između Pazina i Žminja povija prema jugu račvajući se potom u dva kraka; južni seže do Barbana, a istočni se preko rijeke Raše nastavlja u područje Sv. Martina sve do crte Sv. Nedjelja- rudnik Raša.

Otvoreni izdanci rude su rijetki i otkopavani pri pronalasku. Ležišta spadaju u mala ležišta, 50 t do 25 000 t. Bilježe se područja u kojima se nađe od 10 do 90 ležišta na km², što uz podatak o 10 000 pronađenih ležišta do 1976. čini ovo boksitonosno područje impresivnim.

Kamenog su ili zemljasta izgleda. Zastupljeni su crveni i žuti boksiti, vrlo rijetko sivi i bijeli, a u sjevernoj i istočnoj Istri piritni boksiti.

4.3.5 Otoci

Boksit je moguće pronaći na brojnim hrvatskim otocima. Među najpoznatijima izdvajaju se Cres, Lošinj, Krk, Rab i Pag, a tu su još i Goli otok, Maun, Zeči, Ugljan, Pašman, Murter, Čiovo, Brač i Hvar.

Cres

Boksitna ležišta u obliku džepova razvijena su na otoku Cresu, gdje su erozijom otkrivena. Načinom pojavljivanja, genezom, mineralnim i kemijskim sastavom boksiti su slični istarskima i dalmatinskima. U razdoblju od 1936. do 1943. godine izvađeno je oko 156 000 t boksita, koji je sav bio pogodan za proizvodnju taljenoga cementa.

Među najvećim izdvaja se područje Grabovica, gdje je boksit otkopavan u vrijeme Drugog svjetskog rata i nakon njega. Pronađeno je nekoliko ležišta većih od 15 000t. Sjeverno od uvale Komorače pronadeno je 38 rudišta, od čega je najveće imalo oko 30 000t.

Lošinj

Glavnina nalazišta koncentrirana je sa zapadne strane brda Osor. Poznatija su rudišta u području rtova Osor i Manfred te uvale Kotorašćica, na lokalitetu Maslenica i u široj okolici Čunskoga. Boksit je otkopavan na predjelu rta Manfreda i uvale Kotorašćice.

Krk

Rudna tijela pronadena na otoku Krku imaju oblik džepova i sadrže 3-5 tisuća tona boksita. Najznačajnija su nalazišta otkrivena u području brdašca Negrit i Stare Baške, manje značajnih pojava ima uz SI rub sinklinale Omišalj-Dobrinj-Hlam-Baška. U vrijeme Austro-Ugarske boksit je otkopavam na području Negrita i Stare Baške, a potom nakon 1929., kad se spominje deset koncesija i dva rudna polja površine 270 000 m².

Rab

Ležišta i pojave boksita zabilježene su u predjelu Sorina, Kampora i Barbata te na nedalekom otočiću Dolinu. Otkopavan je u razdoblju od 1927. do 1930. kada je izvađeno 7 000 t rude.

Pag

Na sjeveroistočnoj strani otoka u 20-ak km dugačkoj zoni od Luna do Novalje, potom kraj Stare Novalje te u okolici Caske i Barbata nalaze se boksitna ležišta. Imaju oblik džepova, a ruda je najčešće žućkastosmeđa s crvenkastim pjegama.

4.3.6 Obrovačko- erveničko područje

Na Obrovačko-erveničkom području istraživanja boksita počela su još 1906. godine, a od 1922. zabilježena je rudarska aktivnost. O opsegu radova i istraživanju nema sačuvanih podataka, osim da je za vrijeme Drugog svjetskog rata za otkopavanje bilo djelomično pripremljeno najveće ležište Dračevac. 1955. nastavljaju se brojna istraživanja, od snimanja geoloških karata do primjene geofizičkih mjerenja. Do 1961. otkopano je ukupno 250 000 tona boksita, a eksploatacija raste sve do 1990.

U širem prostoru Obrovca i Ervenika boksit se nalazi u tri horizonta:

Kredno-paleogenski boksiti

Ležišta su mala, najčešće imaju oblik leće te su otkrivena ili imaju tanak pokrivač. Nalaze se JZ od Ervenika te u području Vinjerca i Ždrila.

Srednjeeocenski boksiti

Pojavljuju se u području Kučajske glave, a pronađena su samo dva ležišta i tragovi boksita.

Gornjoeocenski boksiti

Dok se većina gornjoeocenskih boksita nalazi u okolici Obrovca i Ervenika, najveća i gospodarski najznačajnija ležišta nalaze se u bazi Promina planine.

Obrovačko boksitonosno područje prostire se od Rovanjske do Bilišana. Ovdje su nađeni deseci velikih ležišta od kojih su najpoznatiji:

- Između Ždrila i Zrmanje: Rovanjska, Dračevac, Čukovac, Jasenica
- Istočno i južno od Zrmanje i u Kruševu: Selina, Stari Gaj, V. Gradina,
- SZ od Obrovca: Maričevci, Grkovac
- U predjelu Bilišana: Crvena zemlja, Njivice, Kljakovača

Ležišta su dugačka nekoliko stotina metara, promjenjive debljine (dva do deset metara).

Značajka podvelebitskih boksitnih ležišta je vrlo razveden podrudni reljef s izraženim piramidalnim oblicima visokim više od 10 m (Kruševo). Prema mineralnom sastavu postoje dva tipa ležišta: boksit mješovito hidrargilitno-bemitnog sastava i boksit u kojem dominira hidrargilit pa ima visok postotak vezane vode i niži postotak Al_2O_3 .

4.3.7 Laškovića-Promina-Drniš-Moseć

Prvi kartografski podaci i prva mineraloška istraživanja drniškog boksitonosnog područja datiraju još iz 20. stoljeća. Eksploatacija počinje 1915. godine, a traje do talijanske okupacije 1918.; rudarenje je obnovljeno 1920.

U boksitonosnom području koje se prostire od Leškovice, preko Promine te duž Moseća sve do Kljaka, Vinova i Ramljana boksiti se nalaze u četiri stratigrafska horizonta.

Ležišta boksita nastalih u eri mlađeg paleogena, odnosno u miocenu sastavni su dio brojnih tektonskih struktura Promina naslaga. Najpoznatije ležište se nalazilo u Kalunu (Trbounju), gdje se desetljećima eksploatirao. Revir „Kalun“ bio je najveći, s ukupno šest otkopnih horizonata, sve do dubine od 360 metara, odnosno do 22 metra nadmorske dubine. Svojedobno je bio najdublji rudnik boksita na svijetu. Zbog neobuzdanog prodora podzemnih voda, koje nisu mogle efikasno crpjeti ni tadašnje najmodernije crpke, ovaj je rudnik napušten i zatvoren 1963. godine (Sakač, Gaurina, Šiklič, 2003).

Kredno-paleogenski boksiti

U neznatnoj količini boksiti su pronađeni u području Varivoda. U prominskom kraju najorudnjeniji dio je duž granice gornjekrednih i paleogenih naslaga (Okalj, Agići, Suman, Klišćina, Cvijetići, sjeverozapadno od Drniša: Đidare, Čupić i Vlaka). Ležišta se najčešće pojavljuju u skupinama, imaju oblik leća, džepova ili lijevaka strmih bokova. U njima se može naći od nekoliko desetaka do nekoliko tisuća tona boksita.

Srednjeeocenski boksiti

Ležišta srednjeeocenskih boksita nalaze se u planini Promini: sjeveroistočno od najvišeg vrha Promine (lokalitet Lukovača) i na zapadnoj strani Promine (lokalitet Crljenica). Vjerojatnost nalaženja novih ležišta na ovom području je minimalna.

Gornjoeocenski boksiti

Gornjoeocenski boksiti čine najznačajnija ležišta ovog područja. Boksiti su crveno smeđe, crvene ili smeđe boje, raznovrsnog mineralnog sastava. U području Velike Promine nalazi se nekoliko skupina ležišta (Rajića doci, Đidarovac, Golubi i dr.). Znatno veći broj ležišta akumuliran je na krilima sinklinale Puljane-Razvođe, u središnjem dijelu prominsko-drniškog boksitonosnog područja i na jugozapadno dijelu Promine.

Dugogodišnjim rudarenjem otkopana je glavina boksita prominsko-mosećnog područja. Eksploatacija se vršila površinskim i jamskim načinom otkopavanja. U širem prominskom prostoru nalazi se još zaliha boksita, ali je njihova eksploatacija nepogodna zbog debele krovine i visoke cijene jamske eksploatacije.

4.3.8 Vilaja-Kozjak

Boksit se u trogirskom području pronalazi samo podno brda Vilaja. Pojave nisu detaljno istraživane zbog male veličine. Na sjevernoj strani Kozjaka pronađeno je desetak izdanaka boksita slabe kvalitete.

4.3.9 Sinj- Trilj

Prvi podaci o sinjskim boksitima potiču iz 20. stoljeća. Poslije Drugog svjetskog rata započinju opsežnija istraživanja boksita. Boksit je eksploatiran samo južno od Trilja, a korišten je kao dopuna rudarskoj industriji. Na području Sinja i Trilja boksit se pojavljuje u pet stratigrafskih horizonata.

Trijasko boksitične stijene

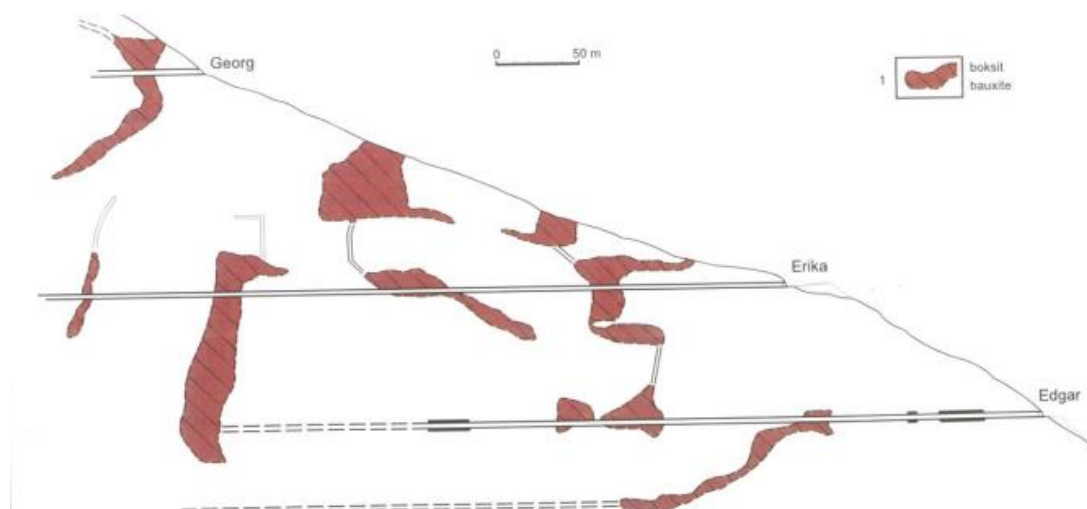
Jugoistočno od otoka Jabuke pronađeno je manje izdanaka boksitičnog sastava. Nalazišta nemaju praktične vrijednosti.

Kredno-paleogenski boksiti

Mala ležišta pronađena jugozapadno od Sinja, u području Košuta i jugoistočno od Trilja nisu eksploatirana zbog veličine i česte nepristupačnosti terena, s iznimkom ležište Donje Radošiće.

Gornjoeocenski boksiti

U sinjskoj okolini gornjoeocenski boksiti većinom su razvijeni kao kontaktna ležišta. Najveća i najpoznatija ležišta nalaze se zapadno od sela Gljeva, u području Lučana, Gornjega Radošića i u prostoru Visoke. **Slika 4-4** prikazuje presjek rudnika Visoka.



Slika 4-4 Presjek kroz jamske radove rudnika Visoka (Šušnjara i dr., 1990.).

Boksiti u bazi eocensko-oligocenskih breča

sjeverozapadno od Trilja otkriveni su manji izdanci, pojave i tragovi boksita. Ležišta nisu od gospodarske važnosti pa samim time nisu ni istraživana.

Neogenski boksiti

Boksitna nalazišta neogenske starosti nalaze se od Peruće do Košuta. Razvijena su u obliku nepravilnih leća velikih dimenzija s visokim sadržajem glina. Sva rudišta su površinski istražena, a neka i bušenjem. Neka od pronađenih ležišta su: Peruća 1-7, Košute, Grab, Šibića dolac, Ivica, Marasovići, Crveni klanac.

4.3.10 Studenci- Imotski

Rudarske aktivnosti u okolici Imotskog započinju za vrijeme Prvog svjetskog rata. Boksitonosno orudnjenje nalazi se u dva stratigrafska horizonta.

Kredno-paleogenski boksiti

Riječ je o manji ležištima s izdancima. Radi se o vrlo kvalitetnim boksitnim ležištima na području Mamutova brda, Drežnja, Metera i sjeverno od Knezovića.

Srednjeeocenski boksiti

Boksit se nalazi u okršenom reljefu, ispunjavajući udubljenja različitih oblika. Među najpoznatija ležišta spadaju Maglaj, Svib, Parnica, Stanine, Gribac, Nedio, Bekavci, Križ, Rebići, Majići, Crvena zemlja, Borak, Knezovići, Čosić.

„Intraprominski“ boksiti

Sjeverno od grebena Mamutovo brdo, u dolini Ričine pojavljuju se boksiti nastali razaranjem i pretaložavanjem boksita starijih horizonata. Gospodarski su bezvrijedna.

4.3.11 Vrgorac – Metković

Najveća boksitna nalazišta u vrgoračkom kraju nalaze se jugoistočno od Plane, gdje su zabilježene četiri pojave (najveća površine 2 290 m², a najmanja 40 m²). Raskopima su utvrđeni nepravilan oblik i nagli prijelazi u jalovinu.

5 EKSPLOATACIJSKA POLJA BOKSITA U HRVATSKOJ

Ranije je navedeno kako eksploatacija boksita u Republici Hrvatskoj ima povijesno značenje. U ovom poglavlju dan je pregled svih eksploatacijskih polja u Republici Hrvatskoj te su posebno obrađena polja koja imaju koncesiju i ovlaštenika za eksploataciju. Sukladno terminologiji preuzetoj iz Zakona o rudarstvu (ZOR, Narodne Novine, broj 83/23, 2023) eksploatacijska polja se mogu podijeliti na:

- Brisana eksploatacijska polja,
- Neaktivna eksploatacijska polja i
- Aktivna eksploatacijska polja.

5.1 Brisana eksploatacijska polja

Eksploatacijska polja koja su trajno uklonjena iz evidencije aktivnih eksploatacijskih polja nazivaju se brisanim eksploatacijskim poljima. Razlozi za brisanje mogu biti različiti, bilo da se radi o iscrpljenju mineralnih resursa, ekonomske neisplativosti ili završetku eksploatacije uz provedbu sanacije i rekultivacije područja. Jedan od najčešćih razloga brisanja EP je prestanak važenja koncesije te nemogućnost ishođenja nove koncesije.

Regulativne promjene i odluke o zaštiti okoliša mogu dovesti do zatvaranja eksploatacijskih polja. Ako novi zakoni ili propisi uvedu strože ekološke standarde koje postojeći projekti ne mogu ispuniti, ili ako se područje proglasi zaštićenim radi očuvanja prirodnih resursa i bioraznolikosti, eksploatacija može biti obustavljena.

U Hrvatskoj se trenutno nalazi 11 brisanih eksploatacijskih polja boksita. Njihov prostorni položaj prikazan je na slici 5-1.



Slika 5-1 Brisana EP (JISMS, 2024.).

Obzirom da su brisana eksploatacijska polja sanirana sukladno pravilima struke, na navedenim prostorima se može provoditi bilo koja druga djelatnost kao i na bilo kojem drugom prostoru.

5.2 Neaktivna eksploatacijska polja

Na području neaktivnog polja više se ne izvode rudarske aktivnosti. To može biti zbog iscrpljenja resursa, ekonomskih razloga, regulatornih odluka, ili privremenog prekida rada. Takva polja su napuštena ili se nalaze u stanju mirovanja.

Prema Zakonu o izmjenama i dopunama Zakona u rudarstvu (2023) neaktivna eksploatacijska polja su eksploatacijska polja na kojima je trajno obustavljeno izvođenje rudarskih radova, a na kojima nisu provedene mjere osiguranja radi sprječavanja nastanka opasnosti za ljude, imovinu, prirodu i okoliš i koja nisu brisana iz Registra eksploatacijskih polja mineralnih sirovina. Dakle, da bi se status neaktivnih eksploatacijskih polja promijenio u status brisanih eksploatacijskih polja potrebno je provesti sanacijske radove koji mogu ali i ne moraju uključivati eksploataciju mineralnih sirovina. Sanaciju neaktivnih eksploatacijskih polja dužan je provesti svaki rudarski gospodarski subjekt, sukladno provjerenim rudarskim projektom na temelju kojeg je dodijeljena koncesija. (ZOR, Narodne Novine, NN 56/13, 83/23, 2023)

Problem nesaniranih polja boksita u Hrvatskoj predstavlja značajan izazov za lokalnu zajednicu i Republiku Hrvatsku koji je potrebno riješiti u bliskoj budućnosti.

Primjer kako sanirana polja mogu donijeti korist zajednici može se pronaći u općini Jasenice podno Velebita, gdje je na području napuštenog rudnika boksita otvorena kušaonica lokalnih proizvoda i prezentacijski centar običaja, kulture i podneblja podvelebitskog kraja (Magaš, M., 2022). **Slika 5-2** prikazuje prostor napuštenog rudnika boksita danas.



Slika 5-2 MORLACCO- prezentacijski centar običaja, kulture i podneblja podvelebitskog kraja, (Morlacco 2022).

U Republici Hrvatskoj nalazi se 16 neaktivnih eksploatacijskih polja boksita prikazanih **na slici 5-3**.



Slika 5-3 Neaktivna eksploatacijska polja (JISMS, 2024).

Detaljan prikaz neaktivnih eksploatacijskih polja uključujući površinu te županiju u kojoj se nalaze dan je u **tablici 5-1**.

Tablica 5-1 Neaktivna eksploatacijska polja u Republici Hrvatskoj

| <i>Redni broj</i> | <i>Naziv</i> | <i>Površina (ha)</i> | <i>Županija</i> | <i>Rok važenja koncesije - do</i> |
|-------------------|----------------------|----------------------|--|-----------------------------------|
| 1 | BILIŠANI | 113,86 | Zadarska | 05.06.2017. |
| 2 | BUHA KUĆE | 80,04 | Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 3 | ČVELJO DOLAC | 1 840,00 | Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 4 | ERVENIK | 504,56 | Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 5 | KALUN | 371,48 | Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 6 | KOŠUTE | 5,75 | Splitsko-dalmatinska | 27.11.2017. |
| 7 | KRSTE RADAS | 330,39 | Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 8 | LABIN | 2 566,81 | Istarska | 15.06.2018. |
| 9 | LUČANE | 160 | Splitsko-dalmatinska | 14.06.2018. |
| 10 | MAMUTOVAC | 596 | Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 11 | MASLENICA | 329,53 | Zadarska | 05.06.2017. |
| 12 | MOSEĆ | 175,84 | Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 13 | PROMINA | 127,96 | Šibensko-kninska | 05.06.2017. |
| 14 | VINOVO | 196,63 | Splitsko-dalmatinska, Šibensko-kninska | 06.06.2017. |
| 15 | VIŠNJAN I-HEKI-ŽMINJ | 23 993,01 | Istarska | 15.06.2018. |
| 16 | VISOKA | 1 118,65 | Splitsko-dalmatinska | 14.06.2018. |

Iz **tablice 5-1** je vidljivo da najmanje eksploatacijsko polje ima površinu od 5,75 ha i nalazi se u Splitsko-dalmatinskoj županiji dok najveće eksploatacijsko polje ima površinu od 23 993,01 ha i nalazi se u Istarskoj županiji. Ukupna površina svih neaktivnih eksploatacijskih polja iznosi 32 510,51ha što je 0,574% kopnenog dijela Republike Hrvatske.

5.3 Aktivna eksploatacijska polja

Aktivno eksploatacijsko polje označava područje na kojemu se trenutno provode rudarske aktivnosti za eksploataciju mineralnih sirovina. To znači da se na tom polju redovito izvode radovi uključujući iskopavanje, transport, preradu i druge povezane operacije. Aktivno polje ima potrebnu infrastrukturu i resurse za kontinuiranu eksploataciju, te podliježe stalnom nadzoru i upravljanju kako bi se osigurala sigurnost radnika i minimalizirao utjecaj na okoliš.

Za eksploataciju mineralnih sirovina potrebna je koncesija za gospodarsko korištenje općeg ili drugog dobra prema Zakonu o koncesijama, odnosno koncesija za eksploataciju mineralnih sirovina. Koncesija je pravni akt kojim nadležna tijela države daju pravo određenoj tvrtki ili fizičkoj osobi (obrtu) za vađenje mineralnih sirovina na određenom području. Koncesija za eksploataciju mineralnih sirovina se izdaje na vremenski period do 40 godina, a tvrtka koja dobije koncesiju obvezna je plaćati naknadu (fiksni i varijabilni dio) te se pridržavati svih odredbi vezanih uz eksploataciju. U Republici Hrvatskoj trenutno se nalaze samo dva aktivna polja boksita; EP Rovinj i EP Kruševo.

Aktivna eksploatacijska polja prikazana su na slici 5-4.



Slika 5-4 Aktivna eksploatacijska polja boksita (JISMS, 2024).

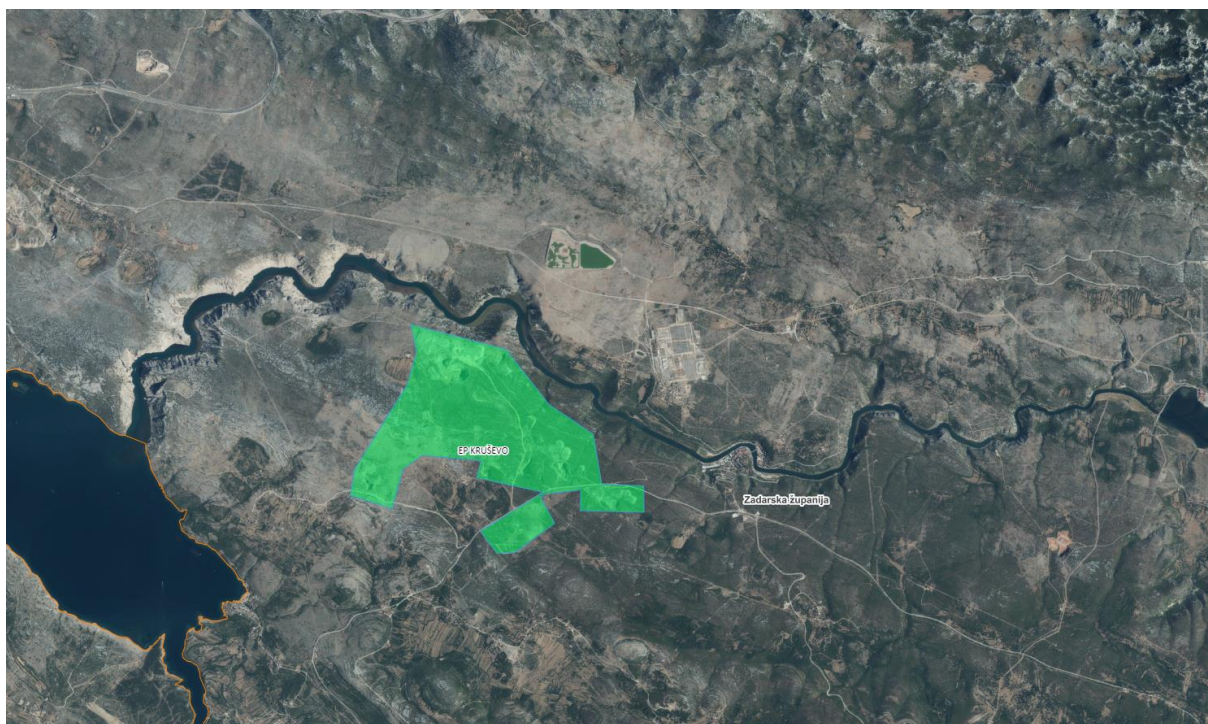
5.3.1 Eksploatacijsko polje "Kruševo"

Eksploatacijsko polje "Kruševo" smješteno je u Zadarskoj županiji, istočno od grada Zadra i u blizini grada Obrovca, eksploatacijsko polje "Kruševo", uz EP „Rovinj“ čini jedina dva aktivna eksploatacijska polja boksita u Hrvatskoj. Nalazi se uz kanjon Zrmanje na sjeveru, oko kilometar od grada Obrovca na istoku, četiri kilometra uzvodno od rijeke Zrmanje na zapadu, a na jugu presijeca državnu cestu D27.

Kanjon Zrmanje pripada zaštićenom području prirode Natura 2000 prema Direktivi o staništima i prema Direktivi o pticama.

Eksploatacijsko polje "Kruševo" u sadašnjim konturama sadrži ležišta boksita Stari Gaj I. i II. te ležište Blizanac V. i VI. koji su nazvani prema odgovarajućim toponimima.

Trenutno se na EP "Kruševo" eksploatira tehničko-građevni kamen i karbonatna mineralna sirovina za industrijsku preradu. Boksit se eksploatirao podzemno, podetažnom metodom otkopavanja sa zarušavanjem rude i krovine (Grbeš, 2020). Premda se u EP "Kruševo" trenutno ne eksploatira boksit kao mineralna sirovina postoje utvrđene rezerve i planovi za buduću eksploataciju. **Slika 5-5** prikazuje područje EP "Kruševo".



Slika 5-5 Satelitski prikaz područja EP "Kruševo" (JISMS 2024.).

Područje eksploatacijskog polja "Kruševo" pripada zoni vanjskih Dinarida i logičan je strukturni nastavak masleničkog područja od kojega ga dijeli kanjon rijeke Zrmanje. Pružanje glavnih struktura je dinarskog smjera. Glavna orudnjenja vezana su za južno krilo sinklinale i antiklinalni greben Krša (Grbeš, 2020).

Ležišta eksploatacijskog polja "Kruševo" genezom su sedimentna, nepravilno slojevita oblika. Područje eksploatacijskog polja "Kruševo" je na krškom terenu, bez površinskih vodotokova.

Istraživanje mineralnih sirovina na području eksploatacijskog polja "Kruševo" započelo je 1964. godine, a možda i za vrijeme dva svjetska rata. U eksploatacijskom polju Kruševo obuhvaćen je prostor u kojemu su otkrivena ležišta boksita Stari Gaj 1 i 2 te Stari Gaj 3, a koji se u starijim stručnim podlogama također nazivaju samo Stari Gaj ili Kruševo. Osim toga, tu su geografski lokaliteti Crvena Zemlja, Lazinovac, Bunarine, Jurice, Jurjević ili Jurjevića ograda, Juričina Glavica te Miljanića ograda. Lokalitet "Karlovac" ne označava grad Karlovac nego je također vezan uz Kruševo.

1972. godine pravnom predniku trgovačkog društva DALMATINSKI RUDNICI BOKSITA d.o.o. odobrena je eksploatacija mineralne sirovine boksita na eksploatacijskom polju "Kruševo".

U siječnju 2007. godine Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Uprava za energetiku i rudarstvo, donosi rješenje o smanjenju eksploatacijskog polja. Nakon toga dolazi do brisanja eksploatacijskog polja "Kruševo" iz prostornog plana te do ponovnog unosa eksploatacijskog polja "Kruševo" u prostorni plan.

Trenutna koncesija nad EP "Kruševo" važeća je od 24.08.2016. do 24.08.2056., a ovlaštenik je FASSA društvo s ograničenom odgovornošću za proizvodnju materijala za građenje.

Istraživanje područja Kruševa mogu se podijeliti u dva razdoblja. Prvo je razdoblje započelo 1964. godine, a trajalo je do 1987. godine. Drugo razdoblje započinje 2005. godine i traje do danas.

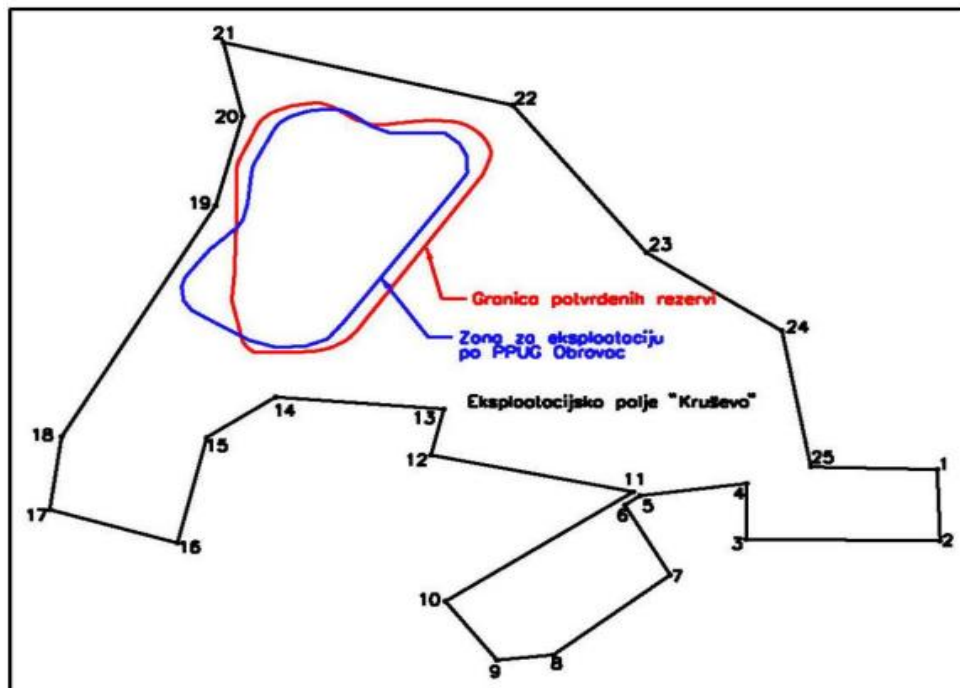
Od značajnijih istraživanja valja izdvojiti istraživanja boksita i pratećih stijena u razdoblju od 1985. do 1987. godine. Upravo su ona potvrdila dodatne rezerve od 2 milijuna tona boksita u Elaboratu o rezervama 1987. godine. Karakteristika ležišta boksita eksploatacijskog polja "Kruševo" je vrlo dobra i ujednačena kakvoća boksita s povoljnim odnosom Al_2O_3 i SiO_2 .

Od 2005. do 2007. godine obavljani su istražni radovi u svrhu dokazivanja rezervi karbonatne mineralne sirovine za industrijsku preradu i tehničko-građevnog kamena, s ciljem površinskog otkopavanja utvrđenih rezervi boksita. Odrađeni rezultati dodani su u Elaboratu o rezervama boksita, karbonatne sirovine za industrijsku preradu i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Kruševo".

Nakon posljednjeg utvrđivanja rezervi nisu obavljani rudarski radovi zbog ishođenja lokacijske dozvole.

Iako se trenutno ne eksploatira boksit, u svrhu nastavka eksploatacije istog utvrđene su rezerve mineralnih sirovina uz racionalno i svrhovito iskorištenje krovinskih naslaga.

Temeljem Elaborata o rezervama boksita, karbonatne sirovine za industrijsku preradu i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Kruševo", 2011. godine potvrđena je količina i kakvoća rezervi boksita, karbonatne sirovine za industrijsku preradu i TGK, sa stanjem na dan 31. prosinac 2010. godine (slika 5-6).



Slika 5-6 Grafički prikaz eksploatacijskog polja boksita "Kruševo" i ležišta "Kruševo" M 1 : 30 000 (Krašić, 2013).

Metodom paralelnih presjeka proračunate su bilančne rezerve, A, B i C₁ kategorije, mineralnih sirovina koje su uz eksploatacijske gubitke od 5% pretvorene u eksploatacijske rezerve.

U **tablici 5-2** prikazane su količine rezervi boksita na eksploatacijskom polju Kruševo prema Elaboratu o rezervama-prva obnova (Krašić, 2013).

Tablica 5-2 Prikaz utvrđenih rezervi EP "Kruševo".

| <i>Klasa kategorija</i> | <i>Ukupne rezerve, t</i> | | | <i>Eksploatacijski gubici, %</i> | <i>Eksploatacijske rezerve, t</i> |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | <i>bilančne</i> | <i>izvanbilančne</i> | <i>ukupne</i> | | |
| <i>A</i> | | | | | |
| <i>B</i> | 666 490 | 888 860 | 1 555 35 | 5 | 633 165 |
| <i>C1</i> | 52 510 | 141 120 | 193 630 | 5 | 49 885 |
| <i>A + B + C1</i> | 719 000 | 1 029 980 | 1 748 980 | 5 | 683 050 |

Stanje sveukupnih rezervi boksita u 2022. godini pokazalo je ukupne vrijednosti bilančnih vrijednosti 861 941 t, izvanbilančnih rezervi 1 675 343 t i ukupnu vrijednost eksploatacijskih rezervi u iznosu od 818,844 (1 000 t) (Stanje sveukupnih rezervi mineralnih sirovina u Republici Hrvatskoj na dan 31. prosinac 2022. godine).

Iz toga slijedi da eksploatacijske rezerve boksita u eksploatacijskom polju "Kruševo" čine čak 83% eksploatacijskih rezervi boksita Republike Hrvatske.

5.3.2 Eksploatacijsko polje "Rovinj"

Eksploatacijsko polje "Rovinj" nalazi se u Istarskoj županiji na području grada Rovinja (**slika 5-7**). Ovlaštenik je trgovačko društvo Geo-5 d.o.o. iz Rovinja koje se bavi projektiranjem i izvođenjem rudarskih i geoloških radova. EP "Rovinj" ima površinu od 9,04 ha. Šire područje EP "Rovinj" izgrađeno je od karbonatnih stijena, tako da su reljefni oblici tipični krški, bez stalnih površinskih tokova. Okršeni vapnenac i dolomit obiluju brojnim pukotinama. Oborinska voda prodire kroz propusne karbonate i akumuliraju se u obliku podzemne vode, s razinom ovisnom o količinama padalina i godišnjim dobima.



Slika 5-7 Satelitski prikaz EP "Rovinj" (JISMS, 2024).

Ležište boksita "Rovinj" unutar je nekadašnjeg istražnog prostora "Istra" s utvrđenim rezervama boksita 8 560 000 t, a unutar EP "Rovinj" nalazi se samo manji dio. Na tom području nalazio se jedan od mnogobrojnih površinskih kopova u okolici Rovinja gdje se eksploatirao tehničko-građevni kamen od razdoblja kasnog Srednjeg vijeka. Eksploatacija tehničko-građevnog kamena na tom području odvija se do 1955. g., a u napušteni iskopani prostor PK deponira se gradski otpad tako da je u jednom dijelu EP komunalna gradska deponija od 1960. do 2000. g. kada biva zatvorena i do 2010. g. sanirana. Deponirano je otprilike 246 000 m³ komunalnog otpada koji dominantno utječe na bilančnost rezervi boksita u podini.

Eksploatacija boksita u ležištu "Rovinj" započinje 1977. g., a do 1988. g. iz ležišta je iskopano 45 598 t visokosilicijskog glinovitog boksita.

Od 1994. g. koncesionar na lokaciji zahvata postaje trgovačko društvo GEO-5 d.o.o. kao pravni sljednik poduzeća Istarski boksiti, te nastavlja eksploataciju boksita s uporabom kao korektiv za poboljšanje silikatno-aluminatnog modula u proizvodnji portland cementa za cementare: Koromačno, Pula i Trbovlje u R. Sloveniji.

Od 2010. g. započinje korištenje boksita u proizvodnji kamene vune u tvornici Rockwool Adriatic Potpićan, tako da se količina boksita postupno povećala na 17 749 t/g. u 2022. g.

Sukladno podacima preuzetim iz JISMS-a utvrđeno EP "Rovinj" vrijedi do 30. lipnja 2026. godine, a rok se može produžiti sklapanjem ugovora o koncesiji za eksploataciju mineralnih sirovina na EP "Rovinj". Izrađen je Elaborat o rezervama boksita i tehničko-građevnog kamena na EP "Rovinj" te je ishodeno rješenje o količini i kakvoći rezervi mineralnih sirovina. Pored toga izrađen je i Idejni rudarski projekt eksploatacije boksita i tehničko-građevnog kamena na EP "Rovinj" i predan je zahtjev za procjenu utjecaja na okoliš.

U elaboratu o rezervama- sedma obnova (Mihovilović, M., Mihovilović, T. i Jurinović, A., 2023) utvrđen je popravni koeficijent 0,95 za boksit, a eksploatacijski gubitak je 5% od bilančnih rezervi. Potvrđene eksploatacijske rezerve boksita kategorije A+B s 31. 12. 2022. g. su 189 822 t. Utvrđena eksploatacijska masa boksita u idejnom rudarskom projektu (Pranjčić i Hatlak, 2023) je 179 009 t što je manje za 10 813 t, a iskorištenje potvrđenih rezervi je otprilike 94 %.

U elaboratu o rezervama- sedma obnova (Mihovilović, M., Mihovilović, T. i Jurinović, A., 2023) utvrđen je popravni koeficijent 0,68 za tehničko-građevni kamen, a eksploatacijski gubitak je 5 % od bilančnih rezervi. Potvrđene eksploatacijske rezerve tehničko-građevnog kamena kategorije A s 31. 12. 2022. g. su 55 406 m³ č.m. U **tablici 5-3** prikazane su količine rezervi boksita u Istarskoj županiji.

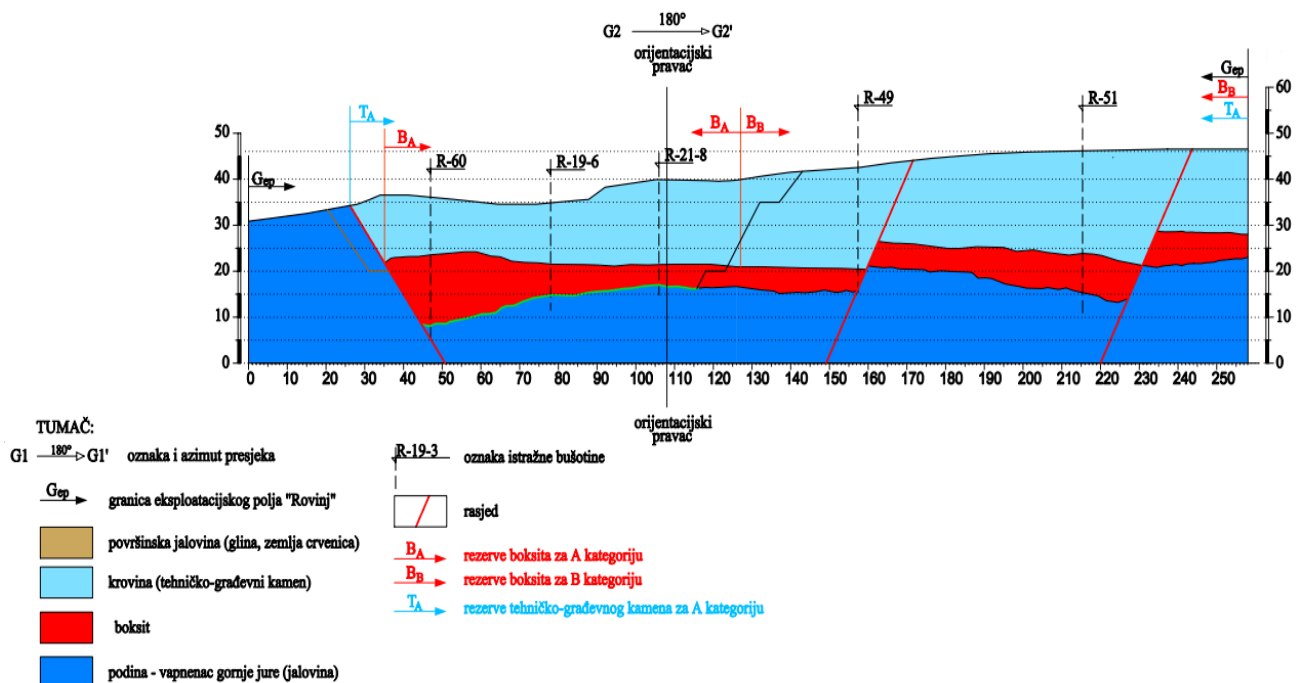
Tablica 5-3 Utvrđene rezerve boksita u Istarskoj županiji.

| <i>Klasa kategorija</i> | <i>Ukupne rezerve</i> | | <i>Eksploatacijske rezerve</i> |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|
| | <i>bilančne</i> | <i>izvanbilančne</i> | |
| <i>A</i> | 198 591 | 23 679 | 188 661 |
| <i>B</i> | 1 222 | 512 457 | 1 161 |
| <i>CI</i> | 0 | 0 | 0 |
| | 199 813 | 536 136 | 189 822 |

Ležište "Rovinj" pruža se u pravcu sjeverozapad –jugoistok, sa sjevera i juga omeđeno je rasjedima. Sa zapadne strane ležište isklinjava dok s istočne nije okontureno i zaliježe pod debelu krovinu gornje jurskih i donjo krednih naslaga.

Mineraloški sastav ukazuje da je najveći dio crvenog boksita na EP "Rovinj" nastao u oksidacijskim uvjetima, dok je vršni dio sivo-plavog boksita nastao u reduktivnim uvjetima s potpunim izostankom željeznih oksida, odnosno s pojavom pirita, sumpora i ostalih minerala i elemenata karakterističnih za redoks procese (Mihovilović, M., Mihovilović, T. i Jurinović, A., 2023).

Na slici 5-8 dan je poprečni presjek ležišta.



Slika 5-8 Grafički prikaz poprečnog presjeka ležišta EP "Rovinj" (SPP, 2023)

Nastavak rudarskih radova na EP "Rovinj" predviđen je u dvije etape. Prva (I.) etapa rudarskih radova će trajati najmanje 5,91 godinu, a druga (II.) najmanje 6,02 godine.

Idejnim rudarskim projektom (Pranjić i Hatlak, 2023) eksploatacija je razrađena s pripremom i tehničkom sanacijom područja zahvaćenog prethodnom eksploatacijom radi prilagodbe projektiranom sustavu razrade. Na početku radova zbog sigurnosti pristupa se formiranju etaža odozgo na dolje na prostoru zahvaćenom prethodnom eksploatacijom.

Na EP "Rovinj" će se rudarski radovi izvoditi u toplom i sušnom dijelu godine. Za planiranu najveću eksploataciju boksita 15 000 t/g. i eksploatacijsku masu od 179 009 t najkraće vrijeme eksploatacije je 11,93 godine. Najveća eksploatacija boksita na EP "Rovinj" kao primarne mineralne sirovine je 15 000 t/g. ili cca 6 383 m³ /g. č.m. Najveća eksploatacija tehničko-građevnog kamena kao sekundarne mineralne sirovine ovisi o dinamici eksploatacije boksita, a razradom u idejnom projektu najveća je u II. etapi rudarskih radova od 5 116 m³ /g. č.m. (Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije boksita i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Rovinj" – netehnički sažetak, studeni 2023).

U prvoj etapi radovi napreduju prema istoku do završnih kosina. Istovremeno se formiraju tehnički sanirane završne kosine u južnom dijelu. Takvim pristupom radovima omogućena je istovremena i kontinuirana sanacija i eksploatacija ležišta. Ovakvo izvođenje radova neophodno je da bi se omogućila kontinuirana tehnička sanacija i biološka rekultivacija tijekom eksploatacije.

Visinska razrada tijekom izvođenja rudarskih radova u tehničko-građevnom kamenu:

- etažna kosina visine do 8,0 m, od 35,0 m do visine terena, a maksimalno 43,0 m.,
- etažna kosina visine do 15,0 m, od 20,0 m do visine terena, a maksimalno 35,0 m,
- etažna kosina visine do 15,0 m, od 5,0 m do 20,0 m.

Visinska razrada tijekom izvođenja rudarskih radova u boksitu:

- radna etažna kosina visine do 5,0 m, od 15,0 m ili podine do krovine ili 20,0 m,
- radna etažna kosina visine do 5,0 m, od 10,0 m ili podine do 15,0 m,
- radna etažna kosina visine do 5,0 m, od 5,0 m ili podine do 10,0 m,
- radna etažna kosina visine do 2,0 m, od 3,0 m ili podine do 5,0 m.

Jalovina će se iskoristiti za tehničku sanaciju i biološku rekultivaciju završnih površina PK zahvaćenih rudarskim radovima. Površinski plodni dio jalovine (humus) se privremeno odlaže zasebno i usporedno s formiranjem završnih kosina koristi za biološku rekultivaciju završnih površinskih dijelova.

Dobivanje sekundarne mineralne sirovine, tehničko-građevnog kamena, posljedica je eksploatacije boksita uklanjanjem otkrivke koja se nalazi u krovini bilančnog boksita. Uklanjanje i iskop tehničko-građevnog kamena je u pravilu miniranjem uz prethodno bušenje

minskih bušotina bušilicom s dubinskim čekićem. Čišćenje etažnih površina od lomljenog ili miniranog tehničko-građevnog kamena je bagerom. Na mjernom mjestu kod svake promjene parametara miniranja potrebno je izmjeriti seizmičke efekte miniranja i zračni udarni val.

Utovar tehničko-građevnog kamena u sanduke kamiona za unutarnji i vanjski prijevoz je utovarivačem. Alternativno dio tehničko-građevnog kamena je moguće otkopavati i bagerom s hidrauličkim čekićem na način kako je predviđeno otkopavanje boksita, te utovar u kamione za prijevoz. Otkopavanje boksita izvodi se strojno, bagerom s hidrauličkim čekićem "pikamiranjem" u visinskom zahvatu. Za tu svrhu koristi se postojeći bager s montiranim hidrauličkim čekićem. Razrađeno je široko čelno otkopavanje s postupnim razvojem etažnih ravnina visine do 5 m. Otkopavanje će se izvoditi postupno, u sekcijama, kontinuiranim udarcima s više razine na niže, s napretkom 0,3 do 0,5 m. Bager s montiranim hidrauličkim čekićem postavlja se poprečno na čelo radilišta, a pomicanje gusjenica je usporedo s razvojem etažne kosine u zoni daljinskog i visinskog dohvata.

Zbog niske čvrstoće, iskop boksita je moguć bagerom s hidrauličkim čekićem te utovar lomljenog boksita u usipni koš mobilnog postrojenja za oplemenjivanje. Deponirani prerađeni boksit se utovarivačem odvozi i deponira ispod nadstrešnice na sušenje i prodaju. (Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije boksita i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Rovinj" – netehnički sažetak, studeni 2023). Na **slici 5-9** prikazan je iskop, utovar i primarna prerada boksita.



Slika 5-9 Iskop, utovar i primarna prerada boksita (SPP, 2023).

Kako se radi o relativno malom eksploatacijskom polju i radovi se uglavnom odvijaju u dubinu, završni izgled kosina biti će formiran tek u završnoj etapi.

U periodu od 01. 01. 1998. g. do 31. 12. 2022. g. na EP "Rovinj" eksploatirano je boksita ukupno 171 544 t tijekom prethodnih 25 godina što je u prosjeku oko 6 862 t/g. Razradom u provjerenom prvom dopunskom rudarskom projektu (Kasapović, B., Mihovilović, M. i Fabris, D., 1997), utvrđena je eksploatacijska masa 205 890 t boksita od koje je ostalo za eksploatirati još 34 346 t boksita zaključno s 31. 12. 2022. g., što je dovoljno za narednih otprilike 3,4 godine uz najveću eksploataciju boksita od 10 000 t/g., a prema rješenjima iz navedenog projekta kojim nije predviđena eksploatacija tgk. Prema varijanti "ne činiti ništa" moguća je samo eksploatacija boksita najkraće narednih 3,4 godine računajući od 01. 01. 2023. g., tehnička sanacija i biološka rekultivacija te brisanje EP "Rovinj" iz katastra eksploatacijskih polja i prestanak rudarske djelatnosti na lokaciji zahvata.

Eksploatacijom boksita i tgk nastaju proizvodi koji imaju uporabnu vrijednost i u cijelosti se prodaju i isporučuju kupcima koji su izvan lokacije zahvata. Ostatak tehnološkog procesa je dio jalovine koji se koristi za tehničku sanaciju i biološku rekultivaciju EP "Rovinj".

6 ZAKLJUČAK

Boksit je mineralna sirovina koja je značajno pridonijela razvoju ljudske civilizacije i jedna od ključnih mineralnih sirovina u procesu zelene tranzicije. Zbog kemijskog sastava bogatog aluminijevim hidroksidima koristi se za dobivanje aluminija iz glinice. Aluminij je zbog svojih svojstava (može se beskonačno reciklirati, otpornost na koroziju, itd.) neophodan za proizvodnju izdržljivih materijala za različite grane industrije.

Republika Hrvatska ima značajnu povijest eksploatacije boksita, koja seže sve do 16. stoljeća i lokaliteta Minjera. Doprinosеći industrijskom razvoju zemlje, a najviše na području Dalmacije i Istre gdje se nalaze najbogatija nalazišta boksita.

Trenutno su u RH samo dva aktivna eksploatacijska polja s potvrđenim rezervama od kojih se samo na EP Rovinj eksploatira boksit površinskom eksploatacijom. Predviđeno vrijeme eksploatacije je oko 12 godina.

Prilika za dodatnu eksploataciju boksita su neaktivna eksploatacijska polja koja je potrebno sanirati, a sanacija može biti bez ili sa eksploatacijom mineralnih sirovina. Dodatna eksploatacija prilikom sanacije neaktivnih polja pruža priliku za ekonomski isplativ projekt uz istovremeno poštivanje ekoloških standarda.

U Republici Hrvatskoj nalazi se 16 neaktivnih eksploatacijskih polja boksita. Ukupna površina svih neaktivnih eksploatacijskih polja iznosi 32 510,51ha što je 0,574% ukupne kopnene površine Republike Hrvatske.

7 LITERATURA

Aluminium is the most abundant metal in the earth's crust. URL: <https://bauxite.world-aluminium.org/mining/process/> (5.5.2024.).

D'argenio, B. & Mindszenty, A. 1995. Bauxites and related paleokarst: Tectonic and climatic event markers at regional unconformities. *Ecl. Geol. Helv.*, 88/3, 453-499 str.

Durn, G. (2003) Terra Rossa in the Mediterranean Region: Parent Materials, Composition and Origin. *Geologia Croatica*.

DURN, G. 1996. Origin, composition and genesis of terra rossa in Istria.- Unpublished PhD Thesis (in Croatian with English summary), University of Zagreb.

Durn, G. Ležišta industrijskih minerala, Predavanje 8, Ak. god. 2022./2023.

Durn, G., Sakač, K., Šinkovec, B. 1994. Pyritized bauxites from Minjera, Istria, Croatia, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Europska komisija, 2023. URL: <https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials> (10.7.2024.).

Grbeš, A. 2020. Analiza podzemne eksploatacije boksita u eksploatacijskom polju boksita „Kruševo“, s posebnim osvrtom na primjenu tehničkih normativa i mjera zaštite na radu.

Kasapović, B. Mihovilović, M. i Fabris, D., 1997. Dopunski rudarski projekt eksploatacije ležišta boksita Rovinj, GEO-5 d.o.o., Rovinj.

Krasić, O. 2013. Elaborat o rezervama boksita, karbonatne sirovine za industrijsku preradu i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Kruševo" – prva obnova. Rudist d.o.o., Zagreb.

Magaš, M. 2022. Zadar plus, Nebrušeni dijamant. URL: <https://zadarski.slobodnadalmacija.hr/> (10.7.2024.).

Marković, S. 2002. Hrvatske mineralne sirovine i kovine. Institut za geološka istraživanja, Zavod za geologiju.

Mihovilović, M., Mihovilović, T. i Jurinović, A., 2023. Elaborat o obnovi rezervi boksita i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju boksita "Rovinj" sa stanjem 31. prosinac 2022. (Sedma obnova), GEO-5 d.o.o., Rovinj.

MINGO, Stanje sveukupnih rezervi mineralnih sirovina u Republici Hrvatskoj na dan 31. prosinac 2022. godine.

Narodne novine, broj 56/2013., Zakon o rudarstvu.

Narodne novine, broj 83/23., Zakon o izmjenama i dopunama Zakona u rudarstvu.

Nežić, M., 2015. Minjera - Pregled rudarske aktivnosti i prerađivačke djelatnosti podno Sovinjaka, Buzet.

Nuić, J., Galić, I., Živković, S. 2010. Uvod u rudarstvo, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Pranjić, J. i Hatlak, M. 2023. Idejni rudarski projekt eksploatacije boksita i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Rovinj", SPP d.o.o., Varaždin.

Punjab Mineral Development Corporation, Government of the Punjab

URL: <https://punjmin.punjab.gov.pk/bauxite> (5.5.2024.).

Sakač, K., Gaurina, D., Josip Šiklič, J. 2003. Rudarstvo na drniškom području.

Sakač, K., Marušić, R. i Vujec, S. 1993. Minjera-Svjetski značajan mineraloški i rudarski lokalitet Istre, Buzetski zbornik, knjiga 18, Buzet.

Sakač, K., Marušić, R., Vujec, S. 1995. The World's oldest bauxite mining. – Travaux ICSOBA, 22, 81-98 str.

Slovenec, D. 2011. Opća mineralogija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Slovenec, D. 2014. Opća mineralogija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

SPP d.o.o., Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije boksita i tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Rovinj", studeni 2023.

Stanje sveukupnih rezervi mineralnih sirovina u Republici Hrvatskoj na dan 31. prosinac 2022. godine, MINGO.

Šinkovec, B. 1988. Rudna ležišta (rudišta).

Šušnjara i dr. 1990. Boksiti područja Sinja u Srednjoj Dalmaciji, Geol.vjesnik, 43. 169-179, Zagreb.

The Aluminum Association, 2021. Bauxite 101. URL: <https://www.aluminum.org/bauxite-101>

Tučan, F. 1914. Die Kalksteine und Dolomite des kroatischen Karstgebietes, Geološki anali Balkanskoga Poluostrva, knj. VI., 2.

UREDBA (EU) 2024/1252 EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA od 11. travnja 2024. o uspostavi okvira za osiguravanje sigurne i održive opskrbe kritičnim sirovinama i o izmjeni uredbi (EU) br. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 i (EU) 2019/1020, 2024. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1252/oj>

Valeton, I. 1972. Bauxites. Elsevier, Amsterdam.

Živković, S. A., Krasić, D. i dr. 2008. Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama RH. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.